

تحلیل اثرات تغییر اقلیم و فعالیت های انسانی بر منابع آب زیرزمینی، مطالعه موردی: دشت

دزفول-اندیمشک

مریم نعیمی^۱ سمیرا زندی فر^۲

۱- استادیار - بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران،

ایران. (naeimi@rifr-ac.ir)

۲- استادیار - بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

دشت دزفول- اندیمشک بزرگترین و مهم ترین دشت استان خوزستان از نظر کشاورزی می باشد و افزایش تقاضا به منظور استفاده از منابع آب زیرزمینی در مصارف کشاورزی رو به گسترش است. لذا ارزیابی اثرات طبیعی و انسانی بر منابع آب زیرزمینی اهمیت بسزایی داشته باشد. مطالعه اثرات تغییر اقلیم و مداخلات انسانی بر منابع آب زیرزمینی با تاکید بر عوامل مؤثر بر افت سطح آب های زیرزمینی در راستای ارائه راهکارهای مدیریتی این منابع حیاتی ضروری است. بدین منظور در پژوهش حاضر به بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی در آبخوان های محدوده مطالعاتی دزفول-اندیمشک در استان خوزستان در یک دوره آماری ۱۵ ساله منتهی به سال ۱۳۹۶ پرداخته شد. سپس به منظور شناسایی سهم فعالیت های انسانی و اقلیم، تاثیر برداشت های زیرزمینی و بررسی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی با استفاده از شاخص های خشک سالی GRI و SDI مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت دزفول-اندیمشک به طور کلی روندی نزولی دارد و سطح آب زیرزمینی در طول دوره مطالعاتی با افتی برابر ۴/۷ متر روبرو بوده است. همچنین نتایج همبستگی پایین دو شاخص خشک سالی آب های سطحی و زیرزمینی نشان داد که عامل افت سطح آب در آبخوان های دشت بر اثر برداشت های بی رویه می باشد.

واژگان کلیدی: افت سطح آب زیرزمینی، مدیریت منابع آب، دزفول-اندیمشک، مناطق خشک و نیمه خشک.

مقدمه

مدیریت منابع آب به عنوان یکی از موضوعات تاثیرگذار در توسعه صنعت و کشاورزی مطرح می باشد، که در چند دهه اخیر از دیدگاه های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (آرلی و تانیگوچی^۱، ۲۰۰۶). در سال های اخیر به طبع افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن جوامع در بسیاری از مناطق خشک و کم باران جهان برداشت آب از منابع آب زیرزمینی از میزان تغذیه سالیانه آن ها بیشتر شده است (مایر و فارس^۲، ۲۰۱۰)؛ به طوری که سطح آب های زیرزمینی در این مناطق روز به روز افت کرده و سبب خشک شدن مناطق پایین دست، کم آبی یا از بین رفتن چاه ها، قنات ها و چشمه های آن ناحیه یا فرونشست زمین (حداد و خراسانی، ۱۳۹۸) شده است. مطالعات مختلفی به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم در روند افت آب زیرزمینی با استفاده از شاخص های متفاوت توسط محققین ارائه شده است که هر یک از این شاخص ها بر اساس به کارگیری متغیرهای هواشناسی و روش های محاسباتی متفاوتی طراحی شده اند. تحلیل خشک سالی هیدرواقليمی و پیش بینی آن با استفاده از سه شاخص خشک سالی هواشناسی و هیدرولوژیکی نشان می دهد که PDSI^۳ و SPI^۴ مناسب ترین شاخص برای ارزیابی خطر خشک سالی آینده تحت آب و هوای به طور فزاینده گرم می باشند (لیو^۵ و همکاران، ۲۰۱۲ و ژانگ^۶ و همکاران، ۲۰۱۷). بررسی خشک سالی در شمال پرتغال در بازه زمانی

¹ Aureli & Taniguchi

² Mair&Fares

³ Palmer Drought Severity Index

⁴ Standardized Precipitation Index

⁵ Liu

⁶ Zhang

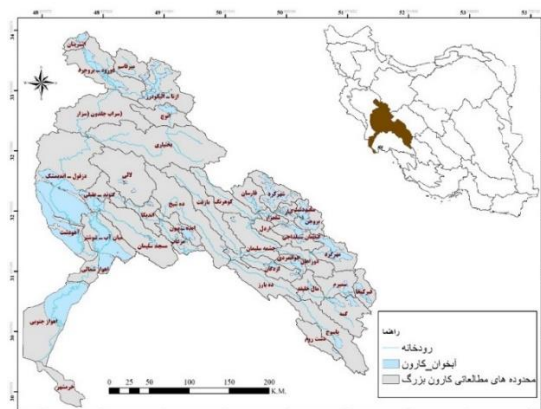
هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

۲۰۰۶-۱۹۸۶ نشان می‌دهد که تغییر اقلیم و دخالت انسان در امتداد رودخانه بسا^۷ عواقب مختلفی در ژئوهیدرولوژی حوضه داشته است (سانتوس^۸ و همکاران، ۲۰۱۴). نتایج مطالعات خشک‌سالی‌های آب زیرزمینی دشت شهرکرد نشان می‌دهد که روش زنجیره مارکوف در هر سه مرتبه از دقت خوبی در پیش‌بینی مقادیر شاخص آب زیرزمینی (GRI^۹) در یک، دو و سه ماه آینده برخوردار است، لذا از آن می‌توان برای پیش‌بینی خشک‌سالی آب زیرزمینی دشت شهرکرد استفاده کرد (خسروی دهکردی و همکاران، ۱۳۹۸). تعیین تغییر کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت کاشان با استفاده از شاخص افت آب زیرزمینی نشان می‌دهد که بیشترین مقدار افت و برداشت آب به طور میانگین در بخش‌های جنوبی و جنوب شرقی دشت رخ داده است که می‌تواند به علت تمرکز زمین‌های کشاورزی در این دو منطقه باشد (مسعودی و همکاران، ۱۳۹۴).

مطالعات پیشین در ارتباط با حوزه آبریز کارون نشان می‌دهد که فعالیت‌های انسانی اثرگذار بر رودخانه کارون در مناطق کوهستانی شامل اجرای طرح‌ها و پروژه‌های بزرگ و کوچک، سدسازی و انتقال بین حوضه‌ای آب از رودخانه‌ی کارون به حوضه‌های مجاور، تعادل هیدرولوژیکی و اکولوژیکی کارون را در مناطق بالادست به هم زده است (نعیمی و همکاران، ۱۳۹۹). نظر به بحران خشک‌سالی و کمبود آب در شمال خوزستان و در نظرگیری دشت دزفول-اندیمشک که یکی از بزرگترین دشتهای استان خوزستان و از مهمترین قطبهای کشاورزی این استان می‌باشد، میتوان اذعان داشت که این منطقه از لحاظ منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و بررسی وضعیت کشاورزی و اقتصادی آن تحت تأثیر تغییر اقلیم و مدیریت صحیح منابع آب است. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی بر خشک‌سالی منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی دزفول-اندیمشک با توجه به خشک‌سالی‌های اخیر در منطقه و تداوم آنها و همچنین تأثیر آن بر کشاورزی و منابع آب، می‌باشد که تاکنون به آن پرداخته نشده است.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی دزفول-اندیمشک با وسعت 6289 Km^2 می‌باشد. بررسی ستون زمین‌شناسی چاههای اکتشافی نشان می‌دهد که در دشت دزفول-اندیمشک در نواحی شرقی رودخانه دز آبرفت‌ها دارای دانه‌بندی درشت‌تری نسبت به سایر نواحی بوده و بر این اساس آبخوان تشکیل شده وسعتی معادل مساحت آن $2278/4 \text{ Km}^2$ دارد. از مجموع ۳۹۲ حلقه چاه عمیق در حوزه آبریز کارون، بیشترین تعداد چاه عمیق در محدوده دزفول اندیمشک با ۹۸ حلقه چاه شناسایی شده است.



شکل ۱. موقعیت محدوده های مطالعاتی دزفول-اندیمشک در حوزه آبریز کارون.

بررسی روند تغییرات آب زیرزمینی و ارزیابی تأثیر انواع خشک‌سالی‌ها بر یکدیگر در محدوده مطالعاتی اطراف شهر دزفول یک دوره آماری ۱۵ ساله از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۶ انتخاب و ابتدا میزان افت تراز آب زیرزمینی در دشت دزفول-اندیمشک صورت گرفته است

⁷ Beça

⁸ Santos

⁹ Groundwater Resources Index

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

(۵). بر این اساس، اطلاعات مربوط به چاه های مشاهده ای در آبخوان های آبرفتی هر کدام از حوزه ها تهیه و آماده سازی شد. به منظور تهیه نقشه خطوط هم تراز و هم عمق آب زیرزمینی از داده های ماه حداقل سال آخر دوره آماری سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ برای آبخوان های حوزه آبریز استفاده گردید و پهنه بندی ها توسط درون یابی رسم شده اند.

سپس به منظور بررسی ارتباط خشک سالی با تغییرات آب زیرزمینی منطقه، شاخص های جریان رودخانه ای (رضوی زاده، ۱۳۹۹) و آب زیرزمینی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت بررسی وضعیت خشک سالی هیدرولوژیکی از SDI استفاده شد. شاخص SDI مقدار دبی ماهانه هر ایستگاه هیدرومتری را بر توزیع آماری مناسبی برازش می دهد. در این خصوص شاخص SDI با استفاده از داده های دبی ماهانه در ایستگاه های هیدرومتری رودخانه، طبق روابط ۱ و ۲ محاسبه می شود.

$$SDI_{j,k} = V_{j,k} - V_k/S_k \quad (1)$$

$$V_{j,k} = \sum_{j=1}^{3k} Q_{i,j} \quad (2)$$

که در آن i سال هیدرولوژیکی؛ k دوره زمانی؛ Q سری های زمانی حجم جریان های رودخانه ای ماهانه، V و S به ترتیب میانگین مجموع حجم دبی و انحراف معیار حجم جریانات تجمعی می باشند. سیستم طبقه بندی برای تعریف شدت های خشک سالی منتج از شاخص بارش استاندارد شده در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفت (رضوی زاده، ۱۳۹۹).

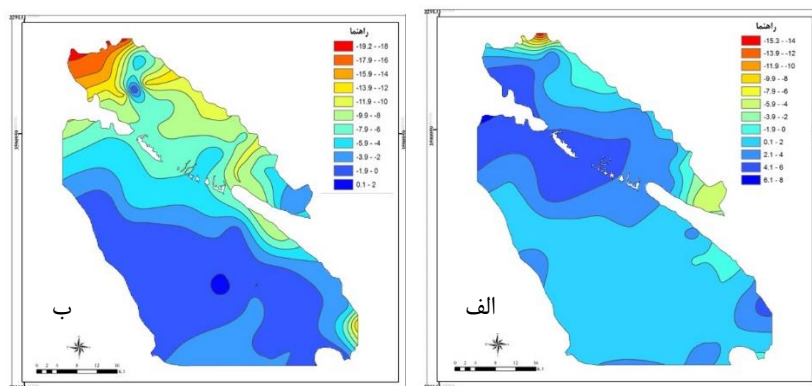
در ادامه، از GRI به عنوان الگوی معتبر و کاربردی، مورد استفاده قرار گرفت. مقدار شاخص GRI با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$GRI = \frac{D_{y,m} - \mu_{D,m}}{\sigma_{D,m}} \quad (3)$$

که در آن $D_{y,m}$ مقادیر تراز سطح آبریززمینی در سال y و ماه m و $\mu_{D,m}$ و $\sigma_{D,m}$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار مقادیر تراز آب زیرزمینی در ماه m در طول دوره آماری می باشند. طبقه بندی مقادیر شاخص GRI در ۹ گروه تقسیم شدند (نعیمی، ۱۳۹۹).

نتایج

محدوده مطالعاتی دزفول - اندیمشک شامل دو آبخوان به نام های دزفول - اندیمشک و پشمینه زار است. پهنه بندی تغییرات پنج ساله تراز آب زیرزمینی از مهر ۱۳۹۱ تا مهر ۱۳۹۶ و از مهر ۱۳۸۶ تا مهر ۱۳۹۱ انجام گرفته است (شکل ۲).

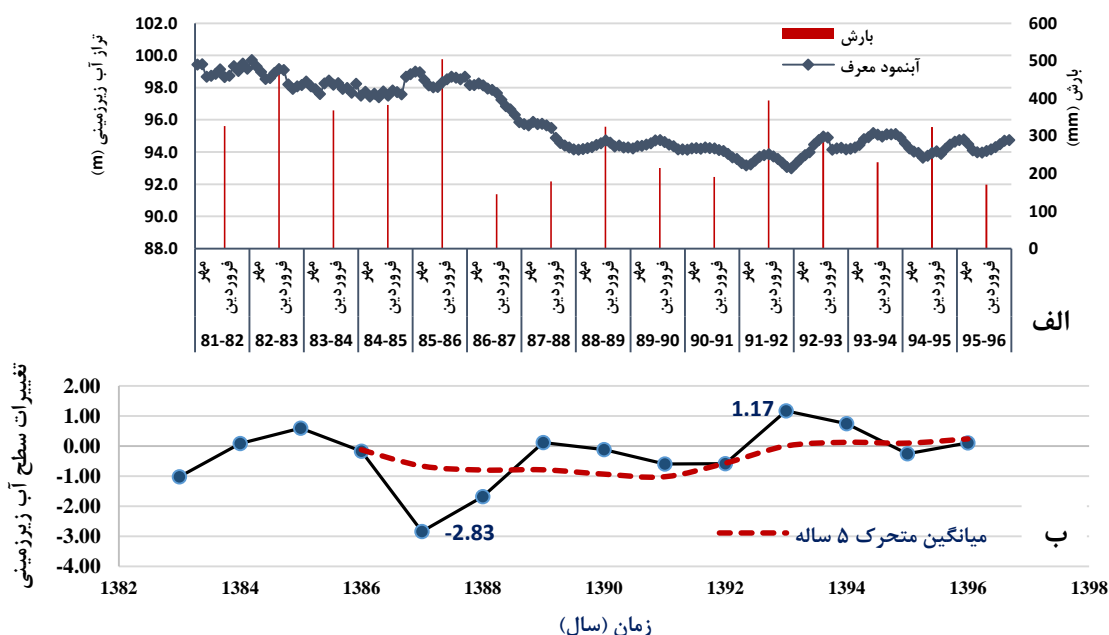


شکل ۲. پهنه بندی تغییرات پنج ساله تراز آب زیرزمینی آبخوان دزفول - اندیمشک (الف) از مهر ۱۳۹۱ تا مهر ۱۳۹۶ و (ب) از مهر ۱۳۸۶ تا مهر ۱۳۹۱.

در طی پنج سال اول ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ شمال منطقه با حدود ۱۵ m افت، بیشترین کاهش تراز آب زیرزمینی و بخش های میانی منطقه کمترین تغییرات و حتی افزایش تراز را داشته اند. اما در طی پنج سال دوم ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱ تغییرات بیشتر بوده و بیشترین کاهش تراز آب زیرزمینی در بخش های شمال غرب منطقه با افتی معادل ۱۹ m بوده است.

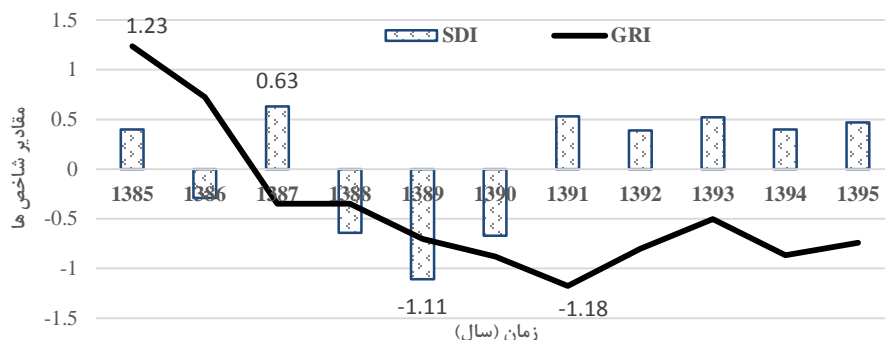
هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

آب نمود معرف و تراز سطح آبخوان دزفول- اندیمشک برای یک دوره پانزده ساله ۱۳۸۱-۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). با توجه به شکل، تراز آب زیرزمینی و میانگین بارش سالیانه از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۶ مشخص شد. بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی در طول دوره آماری مذکور حاکی از آن است که تراز آب زیرزمینی به طور کلی روندی نزولی دارد و سطح آب زیرزمینی در طول این دوره با افتی برابر ۴/۷ m روبرو بوده است. بنابراین متوسط افت سالیانه تراز آب زیرزمینی برابر ۰/۳ m محاسبه می‌شود. این در حالیست که میانگین متحرک نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی از سال ۹۲ در حال افزایش است. با توجه به ارقام آب نمود معرف، علیرغم روند نزولی طی سالهای گذشته، در سال آبی انتهایی دوره ۹۶-۹۵، تراز آب زیرزمینی به میزان ۰/۱ m خیز داشت.



شکل ۳. الف) آب نمود معرف آبخوان دزفول - اندیمشک و ب) میانگین بارش سالیانه در دشت و نمودار تغییرات سطح آب زیرزمینی برای یک دوره پانزده ساله ۱۳۸۱-۱۳۹۶.

در ادامه، جهت بررسی روند تغییرات آب زیرزمینی و ارزیابی تاثیر انواع خشک سالی ها بر یکدیگر در اطراف شهرستان دزفول یک دوره آماری یازده ساله ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ و شاخص های خشک سالی GRI و SDI مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد (شکل ۴). بر اساس این نمودار، شاخص GRI روندی نزولی دارد و از سال ۱۳۸۸ این روند حالت تشدید می‌گردد و تا پایان دوره آماری ادامه یافته به طوری که تمام مقادیر شاخص منفی است که بیان گر کاهش سطح آب زیرزمینی در منطقه است.



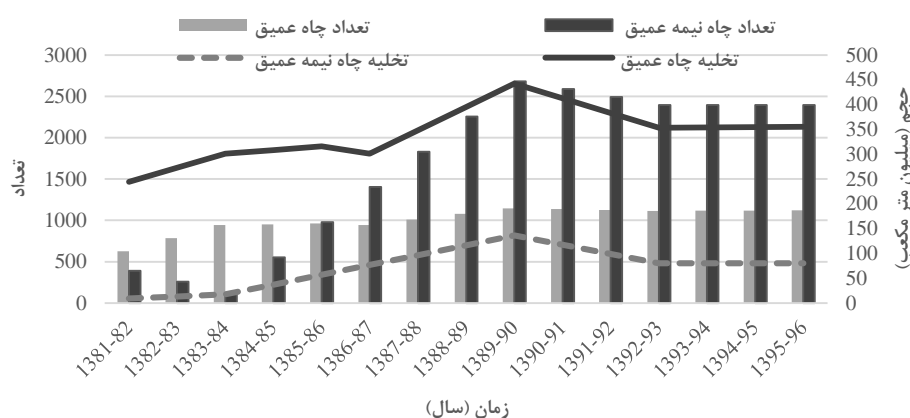
شکل ۴- تغییرات شاخص SDI و GRI در محدوده مطالعاتی دزفول- اندیمشک برای یک دوره ۱۱ ساله ۱۳۸۵-۱۳۹۶.

شدیدترین خشک سالی در سال ۱۳۹۱ با رقم شاخص ۱/۱۸- به وقوع پیوسته است. شاخص SDI در طول یک دوره یازده ساله بین وضعیت نرمال تا خشک سالی نسبتاً خشک قرار دارد (شکل ۴). شدیدترین خشک سالی ها مربوط به سال

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

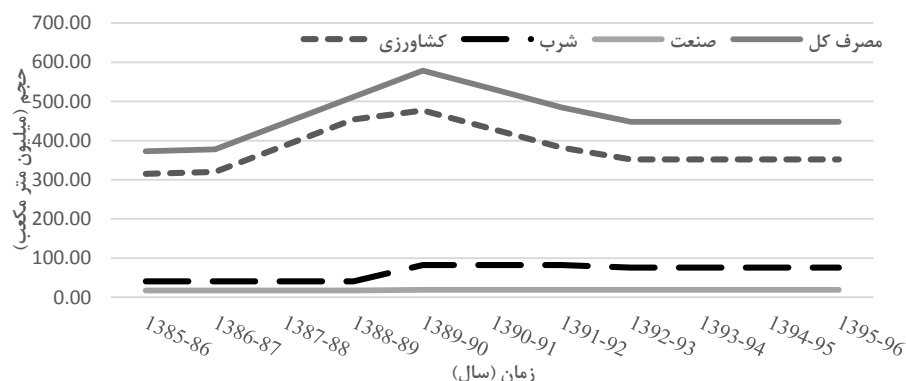
۱۳۸۹ معادل ۱/۱۱- می باشد. نتایج نشان داد که از سال ۱۳۸۸ روند خشک‌سالی در هر دو منابع آب سطحی و زیرزمینی مشاهده می‌شود. در عین حال، از سال ۱۳۹۱ تا پایان دوره با وجود وضعیت نرمال آبهای سطحی وضعیت آبهای زیرزمینی همچنان در حالت خشک‌سالی می‌باشد.

بررسی وضعیت بهره برداری و همبستگی پایین دو شاخص خشک‌سالی آب های سطحی و زیرزمینی نشان داد که عامل افت سطح آب در آبخوان‌ها را نمی‌توان تنها با خشک‌سالی توجیه نمود. بر این اساس، وضعیت بهره برداری شامل تعداد چاه های عمیق و نیمه عمیق و میزان تخلیه از محدوده مطالعاتی دزفول- اندیمشک در طی دوره آماری ۱۵ ساله با توجه به شکل ۵ مورد بررسی قرار گرفت. ۳۵۱۴ عدد از چاه های نیمه عمیق و عمیق در این محدوده با توجه به آمار سال ۹۶-۹۵ وجود دارند. نتایج نشان می‌دهد حجم اصلی تخلیه آب های زیرزمینی این محدوده از چاه های عمیق و نیمه عمیق می باشد. بیشترین و کمترین میزان تخلیه آبخوان‌های آبرفتی و سازند های سخت به ترتیب مربوط به سال آبی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به میزان $1.06 \times 449/6$ m^3 و سال آبی ۱۳۸۲-۱۳۸۱ به میزان $1.06 \times 267/37$ m^3 می‌باشد.



شکل ۵. وضعیت بهره برداری از محدوده مطالعاتی دزفول- اندیمشک حوزه آبریز کارون بزرگ.

همچنین، به منظور توجیه دلایل خشکی منابع آب زیرزمینی به بررسی روند مصارف کل، صنعت، شرب و کشاورزی به همراه GRI پرداخته شد. نتایج بررسی مصارف کل محدوده مطالعاتی دزفول- اندیمشک نشانگر روند افزایشی از سال ۱۳۸۹ به بعد است (شکل ۵). بر این اساس، مشتوان ادعای نمود که در برخی موارد برداشت‌های بی‌رویه در بخش کشاورزی و شرب تاثیر بیشتری نسبت به خشکسالی‌ناشی از تغییر اقلیم دارد و رابطه بین شاخص GRI و نمودارهای مربوط به میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی نیز موارد را تایید می‌کند. این در حالیست که روند مصرف در صنعت تقریباً ثابت می‌باشد.



شکل ۶. تغییرات مصرف کل و شاخص های خشکسالی در محدوده مطالعاتی دزفول-اندیمشک برای یک دوره ۱۱ ساله ۱۳۸۵-۱۳۹۶.

بحث و نتیجه گیری

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

با توجه به اهمیت زیاد منابع آب زیرزمینی در کشور، مطالعه عوامل مؤثر بر افت سطح آب‌های زیرزمینی، بررسی خشک‌سالی‌های هیدروژئولوژیکی و رفتارسنجی افت سطح آب‌های زیرزمینی در راستای ارائه راهکارهای حفاظت و مدیریت مناسب منابع حیاتی آب ضروری بوده که در مطالعه حاضر بدان پرداخته شد. یافته‌های حاصل از بررسی تراز و عمق آب زیرزمینی نشان داد که بالاترین سطح آب زیرزمینی مربوط به نواحی شمالی و حدود ۲۰ m است که به سمت جنوب آبخوان به تدریج کم شده به طوری که کمترین سطح آب به حدود ۴۲ m می‌رسد. نتایج حاصل از هیدروگراف‌های ترسیمی نشان داد که، تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت دزفول-اندیمشک به طور کلی روندی نزولی دارد. سطح آب زیرزمینی در طول این دوره با افتی برابر ۴/۷ m روبرو بوده است. بر اساس نتایج به دست آمده، در سال آماری ۹۰-۱۳۸۹ بیشترین میزان بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و در نه سال آخر دوره آماری بیشترین افت سطح آب زیرزمینی دیده می‌شود. مطالعات پیشین در بررسی سناریو کاهش تغذیه بر اثر خشک‌سالی و ارتباط SDI و GRI نشان داده اند که در اثر خشک‌سالی میزان تغذیه سطحی کاهش یافته و در اثر آن افت سطح ایستابی و افزایش شیب هیدرولیکی بطرف آبخوان موجب تغذیه بیشتر آبخوان توسط رودخانه میشود (روسو و لال، ۲۰۱۷). در دشت دزفول-اندیمشک همبستگی بین شاخص SDI و GRI به طور ناچیزی دیده می‌شود. نتایج با توجه به این فرض که منابع آب زیرزمینی معمولاً نماینده جزء کند سیستم هیدرولوژیکی بوده، در حالی که رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی کم عمق اجزای سریع را نشان می‌دهد (سیف^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۳ و زارع و همکاران، ۱۳۹۱) قابل تفسیر خواهند بود.

بررسی مصارف کل و تخلیه کل محدوده مطالعاتی دزفول-اندیمشک نشانگر روند کاهشی است. نتایج همبستگی پایین دو شاخص خشک‌سالی آب‌های سطحی و زیرزمینی نشان داد که عامل افت سطح آب در آبخوان‌ها را نمی‌توان تنها با خشک‌سالی توجیه نمود؛ بلکه در برخی موارد برداشت‌های بی‌رویه تاثیر بیشتری نسبت به خشک‌سالی دارد (نادریان فر و همکاران، ۱۳۹۰، حسینی زاده و همکاران، ۱۳۹۵). رابطه بین شاخص GRI و نمودارهای مربوط به میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی این مطلب را تایید می‌کند. از طرفی، در قطب‌های کشاورزی مانند دشت دزفول-اندیمشک، تغییرات سالانه ناشی از اقلیم در چاه‌ها ممکن است به صورت روند افزایشی در پمپاژ منعکس گردد (روسو و لال، ۲۰۱۷). مطالعات پیشین در منطقه دزفول-اندیمشک در پیش بینی وضعیت خشک‌سالی از دیدگاه کشاورزی (حسینی زاده و همکاران، ۱۳۹۵) با استفاده از شاخص بارش استاندارد نشان داد که منطقه مواجه با خشک‌سالی‌های هواشناسی قابل توجهی در گذشته بوده که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. با توجه به اینکه خشک‌سالی اقلیمی پدیده‌ای غیرقابل پیشگیری است، و جلوگیری از وقوع آن وجود ندارد، اما میتوان با اقداماتی اثرات منفی آن را کاهش داد. بنابراین لزوم برنامه ریزی و اعمال مدیریت صحیح منابع آب‌های زیرزمینی در منطقه ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس نتایج کاهش سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد نظر اثرات ثانویه زیادی مانند افزایش هزینه پمپاژ جهت عملیات استخراج، خشک شدن چاه‌ها، پیشروی آب‌های شور از لایه‌های عمیق تر، نشست زمین، تغییر کیفیت آب و در نتیجه آسیب رسیدن به اکوسیستم‌های آبی و خاکی، کاهش ثمردهی محصولات کشاورزی و غیره را می‌توان برشمرد. بر این اساس، مطالعات مرتبط با اثرات تغییرات کمی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر بخشی از "طرح جامع مطالعات گرد و غبار استان خوزستان" زیر پروژه "بررسی و مطالعه کمی آب‌های زیرزمینی و پهنه بندی آن در سه حوزه آبخیز غرب ایران (کرخه، کارون و جراحی-زهره)" با کد مصوب ۹۷۱۴۱۲-۹۷۰۴۲-۹۷۰۹۹-۰۹ است. در اینجا لازم می‌داند از همکاری و مساعدت ریاست محترم موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، جناب آقای دکتر جلیلی و مسئول مطالعات، جناب آقای مهندس فیاض و راهنمایی‌های ارزنده مدیران و کارشناسان دفتر مطالعات پایه سازمان مدیریت منابع آب ایران در اعتلای بیشتر تحقیق سپاسگزاری نماید.

فهرست منابع

¹⁰ Russo & Lall

¹¹ Seif

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

- ۱- حداد، ع.، خراسانی، الف. (۱۳۹۸). اثر تغییرات سطح آب زیرزمینی بر فرونشست دشت سمنان. فصلنامه علمی علوم زمین. ۲۸(۱۱۲). ۱۸۱-۱۹۰.
- ۲- حسینی زاده، ع.، سید کابلی، س.، زارعی، ح.، آخوندعلی، ع.م. (۱۳۹۵). تحلیل شدت و دوره بازگشت خشکسالی در شرایط تغییر اقلیم آتی (مطالعه موردی: دشت دزفول- اندیمشک). مجله علوم و مهندسی آبیاری (علمی کشاورزی). ۳۳، ۴۳.
- ۳- خسروی دهکردی، الف.، میرعباسی نجف آبادی، ر.، صمدی بروجنی، ح.، قاسمی دستگردی، الف. (۱۳۹۸). پایش و پیش بینی خشکسالی های آب زیرزمینی دشت شهرکرد با استفاده از شاخص GRI و مدل زنجیره مارکف. هیدروژئولوژی. ۴(۱). ۱۱۱-۱۲۵.
- ۴- زارع-ایبانه، ح.، بیات ورکشی، م.، معروفی، ص. (۱۳۹۱). بررسی نوسانات عمق آب زیرزمینی در دشت ملایر. دانش آب و خاک. ۲۲(۲). ۱۷۳-۱۹۰.
- ۵- مسعودی، ر.، زهتابیان، غ.، احمدی، ح.ف. ملکیان، . (۱۳۹۴). ارزیابی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت کاشان. مدیریت بیابان. ۳(۵). ۶۵-۷۸.
- ۶- رضوی زاده، س. (۱۳۹۹). مطالعات هیدروژئولوژی حوره آبریز کارون، مطالعات جامع گرد و غبار خوزستان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.
- ۷- نعیمی، م. (۱۳۹۹). مطالعات هیدروژئولوژی حوره آبریز کارون، مطالعات جامع گرد و غبار خوزستان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور.
- ۸- نادریان فر، م.، انصاری، ح.، ضیائی، ع.، داوری، ک. (۱۳۹۰). بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی در حوضه آبریز نیشابور تحت شرایط اقلیمی مختلف. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران. ۱(۳). ۲۲-۳۷.
- ۹- نعیمی، م.، زندی فر، س.، فیجانی، الف.، فرزین، س. (۱۳۹۹). ارزیابی آثار تغییر اقلیم و فعالیت انسانی بر منابع آب (مطالعه موردی: رودخانه کارون). اکوهیدروژئولوژی. ۷(۴). ۹۹۳-۱۰۰۵.
- ۱۰- نوذریپور، ل.، چیت سازان، م.، ندری، الف.، فرهادی منش، م. (۱۳۹۴). ارزیابی ارتباط هیدرولیکی آبخوان دشت لور اندیمشک و رودخانه دز با استفاده از مدل MODFLOW. زمین شناسی کاربردی پیشرفته، ۵(۳)، ۲۳-۳۶.
- 11- Aureli, A., & Taniguchi, M. (2006). *Groundwater Assessment under the Pressures of Humanity and Climate Changes-GRAPHIC*, Series No. 1. United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization, Paris.
- 12- Liu, L., Hong, Y., Bednarczyk, C. N., Yong, B., Shafer, M. A. & Riley, R. (2012). Hydro climatological drought analyses and projections using meteorological and hydrological drought indices: a case study in Blue River Basin Oklahoma. *Water Resources Management*, 26 (10): 2761-2779.
- 13- Mair, A., & Fares, A., (2010). Influence of groundwater pumping and rainfall spatio-temporal variation of stream flow. *Journal of Hydrology*. 393:287-308.
- 14- Russo, T. A., & Lall, U. (2017). Depletion and response of deep groundwater to climate-induced pumping variability. *Nature Geoscience*, 10(2), 105-108.
- 15- Santos, R. M. B., Fernandes, L. S., Moura, J. P., Pereira, M. G., & Pacheco, F. A. L. (2014). The impact of climate change, human interference, scale and modeling uncertainties on the estimation of aquifer properties and river flow components. *Journal of hydrology*, 519, 1297-1314.
- 16- Seif, A., Solhi, S., & Erfan, M. (2013). Determining the appropriate area for artificial feeding of groundwater aquifers using TOPSIS method in GIS environment Case study: Rafsanjan Water Basin. *Journal of Human Geography*. 5 (2), 239-252
- 17- Zhang L., Jiaoa. W., Zhanga. H., Huang. C., & Tonga. Q. (2017). Studying drought phenomena in the Continental United States in 2011 and 2012 using various drought indices. *Remote Sensing of Environment*. 190, 96-106.

Analyzing the Impact of Climate Change and human Interface on Drought of Groundwater Resources, case study: Dezful-Andimeshk

Maryam Naeimi¹ Samira Zandifar²

1. Assistant Professor, Desert Research Department, Research Institute of Forest and Rangeland, AREEO, Tehran. naeimi@rifr-ac.ir

1. Assistant Professor, Desert Research Department, Research Institute of Forest and Rangeland, AREEO, Tehran.

Abstract

Dezful-Andimeshk plain is the largest and most important plain of Khuzestan province in terms of agriculture and increasing demand for the use of groundwater resources in agriculture is expanding. Therefore, evaluation of natural and human effects on mini groundwater resources is very important. The study of the effects of climate change and human interventions on groundwater resources with emphasis on the factors affecting the decline of groundwater levels is necessary in order to provide management solutions for these vital resources. For this purpose, in the present study, the trend of quantitative and qualitative changes in groundwater in the aquifers of Dezful-Andimeshk study area in Khuzestan province in a 15-year statistical period up to 1396 was investigated. Then, in order to identify the share of human activities and climate, the impact of groundwater abstraction and the trend of groundwater level changes were analyzed using GRI and SDI drought indices. Groundwater level changes in the Dezful-Andimeshk plain are generally declining and the groundwater level has decreased by 4.7 meters during the study period. Also, the results of low correlation between surface and groundwater drought indices showed that the cause of water level decline in aquifers The plain is due to uncontrolled harvests.

Keywords: Depletion of Groundwater level, water resources management, Arid and Semi-arid lands, Dezful-Andimeshk.

تغییرات تبخیر و تعرق بالقوه در شمال شرقی ایران در دهه‌های انتهایی قرن ۲۱

سارا اسدی^۱، میلاد نوری^۲

۱- دکتری بوم‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران. پست الکترونیکی (sara.asadi@mail.um.ac.ir)

۲- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

چکیده

این مقاله به منظور شبیه‌سازی تبخیر و تعرق پتانسیل شمال شرق ایران بر اساس معادله پنمن-مانتیت از پارامترهای هواشناسی شبیه‌سازی شده توسط پنج مدل‌های گردش عمومی CMIP5 (Norsem و Miroc, gfdl apls, Hadgem) تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 در بازه زمانی ۲۰۸۱-۲۱۰۰ استفاده کرد. نتایج نشان داد که دقت شبیه‌سازی تبخیر و تعرق پتانسیل هر پنج مدل گردش عمومی با توجه به مقادیر پایین خطای مطلق برای تمامی شهرها ($NRMSE < 15\%$) بالا بود. تجزیه و تحلیل روند نیز نشان داد که تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه تحت سناریو RCP8.5 با سرعت 0.6 میلی‌متر در سال افزایش می‌یابد که تقریباً $1/5$ برابر شرایط فعلی است. به‌طور کلی، تبخیر و تعرق پتانسیل تحت هر دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 از سال ۲۱۰۰-۱۹۷۰ روندی افزایشی (به ترتیب $2/8$ و $4/6$ میلی‌متر در سال) را تجربه می‌کند. از آنجایی که تابش خورشیدی، سرعت باد و رطوبت نسبی در آینده نیز مشابه درجه حرارت تغییرات قابل توجه‌ای رو تجربه می‌کنند، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل تنها تحت تأثیر افزایش درجه حرارت نیست. انتظار می‌رود افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل در آینده چالش‌های بسیاری را برای استفاده از آب در حوضه کشاورزی در منطقه ایجاد کند.

واژگان کلیدی: پنمن مانیتیت، تبخیر و تعرق مرجع، تغییر اقلیم، مدل‌های گردش عمومی

مقدمه

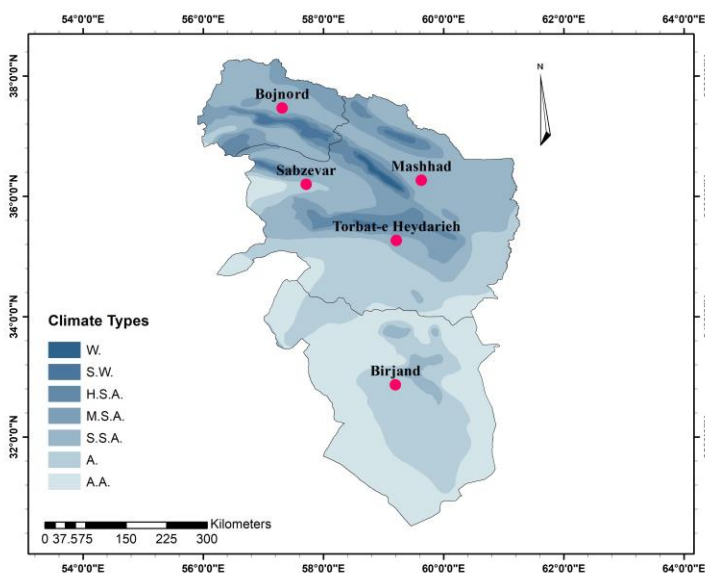
اخیراً تحولات فنی کشاورزی و اتخاذ سیاست‌های مناسب با تغییر روابط بین گیاه و آب و هوا منجر به انقلاب سوم کشاورزی شده است (Pingali, 2012). با این حال، تولید محصولات زراعی هنوز به عوامل مرتبط با آب و هوا به‌ویژه در اکوسیستم‌های با محدودیت آب، بسیار وابسته است (Bannayan et al., 2010). تغییرات جهانی آب و هوایی با تأثیر بر عوامل اقلیمی مانند بارندگی و دما، بر خروجی‌های کشاورزی و فرآیندهای زراعی تأثیر می‌گذارد (Nouri et al., 2016). محیط‌های با محدودیت آب که مشخصه آن‌ها توزیع زمانی و مکانی نامتعارف بارش است، بیشتر مستعد تغییر اقلیم هستند (Xia et al., 2017). در طی قرن بیست و یکم اگر زمین تا ۲ درجه سانتی‌گراد گرم شود مناطق خشک با محدودیت آب، حدوداً $3/2$ تا ۴ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر می‌شود (Huang et al., 2020; Bannayan et al., 2017). از سوی دیگر، افزایش درجه حرارت نیز منجر به افزایش تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET0) به‌ویژه در اواخر قرن بیست و یکم شده است (Nouri et al., 2018). نتایج تجزیه و تحلیل روند بارش و حداکثر درجه حرارت نیم قرن اخیر ایران نیز نشان‌دهنده تغییرات شدیدتر آب و هوا در مناطق نیمه خشک (به ترتیب 90 - میلی‌متر، $1/2$ سانتی‌گراد) نسبت به مناطقی با خشکی شدید، خشک و مرطوب (به ترتیب 59 - میلی‌متر، 0.7 درجه سانتی‌گراد) است (Bannayan et al., 2020). در حالی که افزایش تبخیر و تعرق طی نیم قرن اخیر در مناطق مرطوب نسبت به مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران بیشتر بوده است (Bannayan et al., 2020). این موضوع خود حاکی از روند تقریباً متفاوت پارامترهای اقلیمی در مناطق مختلف تحت تأثیر تغییر اقلیم است. از سوی دیگر، خشکسالی ناشی از تغییر اقلیم که عمدتاً همراه با افزایش شدید دما اتفاق می‌افتد، دلیل اصلی کاهش عملکرد محصولات به‌ویژه در سیستم کشت دیم است (Asadi et al., 2019). علاوه بر این، دوره‌های مکرر خشکی و نیاز آبی بیشتر به دلیل بالا رفتن دما

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

منجر به کاهش منابع آب در اراضی آبی می‌شود (Abrahão *et al.*, 2015). تغییر اقلیم همچنین می‌تواند با افزایش تقاضای آب در بخش‌های زیست محیطی و صنعتی به‌طور غیرمستقیم بر فعالیت‌های کشاورزی تأثیر بگذارد (Abrahão *et al.*, 2015). ارزیابی روند تبخیر و تعرق مرجع و متغیرهای مربوط به دما از قبیل حداقل و حداکثر درجه حرارت می‌تواند تأثیر گرم‌شدن کره زمین بر نیاز آبی گیاه^۱ (CWR) و عملکرد گیاه را بازتاب کند (Asadi *et al.*, 2018; Bannayan *et al.*, 2020). از این رو برخی دیگر اظهار داشتند که با توجه به نتایج مشابه روش هارگریوز با روش پنمن - مانیتیت در مورد تبخیر و تعرق مرجع، می‌توان برای محاسبه و تحلیل تغییرات زمانی و مکانی تبخیر و تعرق گیاه مرجع و نیاز آبی گیاهان زراعی از این روش که مبتنی بر دمای حداکثر و حداقل است، استفاده کرد (Beyazgul *et al.*, 2000; Song *et al.*, 2019). اما با توجه مطالعات انجام شده در مورد تبخیر و تعرق در مناطق مختلف ایران (Bannayan *et al.*, 2020) و گزارش حساسیت تبخیر و تعرق مرجع به سایر پارامترهای اقلیمی به جز دمای حداقل و حداکثر، بهتر است برای کاهش میزان عدم قطعیت تبخیر و تعرق مرجع براساس روش پنمن - مانیتیت محاسبه شود (Asadi *et al.*, 2018). بنابراین، در این مطالعه، به منظور افزایش کارایی مدیریت آب و استفاده پایدار از آب در آینده، تغییرات مکانی و زمانی تبخیر و تعرق مرجع را تحت تأثیر تغییرات الگوهای آب و هوا در گذشته و آینده بررسی می‌کنیم

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد نیاز: استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی با اقلیمی خشک سرد و نیمه خشک سرد در بخش شمال شرقی کشور یکی از مناطق عمده تولید محصولات کشاورزی می‌باشد (شکل ۱)، که متوسط بارشی در حدود یک چهارم



متوسط بارش جهانی، یکی از قطب‌های تولیدکننده محصولات کشاورزی در ایران می‌باشد. در این شرایط، تولید محصولات کشاورزی عمدتاً وابسته به آب زیرزمینی است. در این تحقیق، تأثیر تغییرات اقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل مناطق شمال شرقی کشور در شهرهای بیرجند، مشهد، تربیت حیدیه، سبزوار و بجنورد صورت گرفت (شکل ۱). به‌منظور برآورد تبخیر و تعرق مرجع از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک شامل حداقل و حداکثر درجه حرارت، رطوبت نسبی، تابش آفتاب و سرعت باد در بازه زمانی ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ استفاده شد.

شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی استان خراسان شمالی، رضوی و جنوبی و ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده در این مطالعه

شبه‌سازی برخی از متغیرهای اقلیمی توسط مدل‌های گردش عمومی CMIP5: روش‌های مختلفی برای شبه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آتی وجود دارد. در حال حاضر معتبرترین ابزار برای تولید سناریوهای اقلیمی، مدل‌های سه بعدی جفت‌شده گردش عمومی جو - اقیانوس^۲ (AOGCM) می‌باشند. در این مطالعه از خروجی پنج مدل Norsem و Miroc, gfdl, ipls, Hadgem

¹ Crop Water Requirements (CWR)

² Atmosphere-Ocean General Circulation Model

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 مربوط به گزارش ارزیابی پنچ IPCC استفاده می‌شود. انتخاب مدل‌ها با توجه به پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه ET_0 بر اساس روش پنمن - مانیتیت صورت گرفته است. لازم به ذکر است که، داده‌های اقلیمی از اول ژانویه ۱۹۷۱ تا آخر دسامبر ۲۰۰۰ میلادی به‌عنوان دوره پایه و اول ژانویه ۲۰۸۱ تا آخر دسامبر ۲۱۰۰ میلادی برای سناریوهای آینده در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، داده‌های اقلیمی از طریق مرکز توزیع داده IPCC اقتباس شد.

برآورد تبخیر و تعرق مرجع: تبخیر و تعرق مرجع (ET_0) بر اساس روش پنمن - مانیتیت با استفاده از معادله ۱ محاسبه می‌شود:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T_a + 273} \right) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

که در آن: ET_0 : تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر بر روز)؛ R_n : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی (مگاژول بر متر مربع بر روز)؛ T : میانگین دمای هوا (سانتی‌گراد)؛ U_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (متر بر ثانیه)؛ e_s : فشار بخار اشباع در ارتفاع ۲ متری (مگا پاسکال)؛ e_a : کمبود فشار واقعی در ارتفاع ۲ متری (مگا پاسکال)؛ $e_s - e_a$: کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (مگا پاسکال)؛ Δ : شیب منحنی فشار بخار (کیلو پاسکال بر سانتی‌گراد)؛ γ : ضریب رطوبتی (کیلو پاسکال بر سانتی‌گراد)؛ G : شار گرما به داخل خاک (مگاژول بر متر مربع بر روز) می‌باشد.

شاخص‌های ارزیابی: برای اعتبارسنجی و بررسی دقت مجموعه داده‌ها از سنج‌های آماری جذر میانگین مربعات خطا نرمال شده^۱ ($NRMSE$)، و ضریب همبستگی^۲ (r) استفاده می‌شود (معادلات ۲ و ۳).

$$NRMSE = \frac{100}{\bar{O}} * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{n}} \quad (2)$$

که در این معادلات O_i و \bar{O} مقدار و میانگین مقادیر تبخیر و تعرق مشاهده شده، S_i مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل شبیه‌سازی شده توسط مدل و n تعداد کل مشاهدات می‌باشد.

نتایج و بحث

در دهه‌های آخر قرن ۲۱، میانگین حداکثر و حداقل درجه حرارت تحت سناریو RCP4.5 به ترتیب ۴/۴۴ و ۱۲/۴ درصد (۱/۰۴) درجه سانتی‌گراد) افزایش می‌یابد (جدول ۱). این در حالی است که این پارامترها در آینده تحت سناریو RCP8.5 افزایش بیشتری (به ترتیب ۳/۸۳ و ۳/۸۷ درجه سانتی‌گراد) را تجربه می‌کنند. درصد رطوبت نسبی تحت سناریو RCP8.5 افزایش قابل توجهی نسبت به شرایط فعلی نخواهد داشت اما در RCP4.5 احتمالاً شاهد افزایش ۳۲/۳ درصد خواهیم بود. به علاوه، درصد سرعت باد و میزان تابش خورشید برخلاف درجه حرارت تحت هر دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 نسبت به شرایط فعلی کاهش می‌یابند.

جدول ۱ - میانگین پارامترهای تبخیر و تعرق شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های گردش عمومی CMIP5 در ایستگاه‌های مورد مطالعه

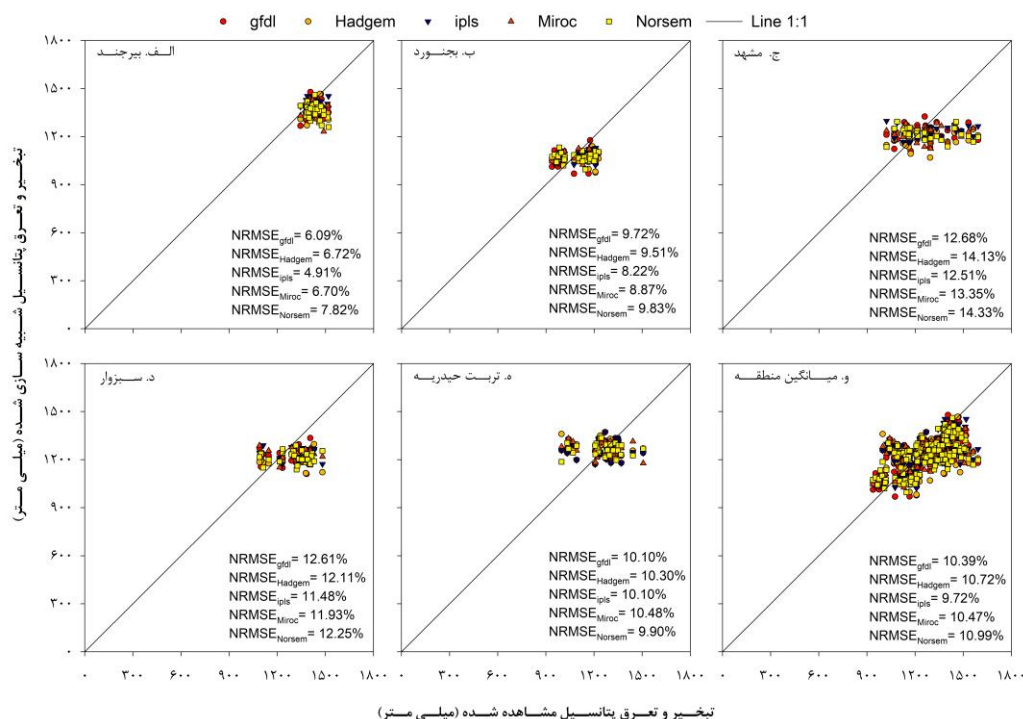
سناریو، بازه زمانی	حداکثر درجه حرارت	حداقل درجه حرارت	رطوبت نسبی	سرعت باد	تابش خورشید
	سانتی‌گراد	سانتی‌گراد	درصد	متر بر ثانیه	وات بر مترمربع
1971-2000	۲۲/۵۳	۸/۵۹	۳۷/۳۴	۱/۷۵	۲۰۶/۲۸
RCP4.5 (2081-2100)	۲۴/۵۷	۹/۶۳	۶۹/۶۹	۱/۴۸	۱۶۹/۹۴
RCP8.5 (2081-2100)	۲۷/۳۵	۱۲/۴۶	۳۸/۹۸	۱/۴۷	۱۹۹/۳۷

¹ Normalized Root Mean Square Error

² Coefficient correlation

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

به منظور بررسی دقت مدل‌های پیشرفته گردش عمومی در شبیه‌سازی تبخیر و تعرق، تبخیر و تعرق شبیه‌سازی شده و مشاهده شده در یک دوره بلند مدت ۳۰ ساله (۱۹۷۰-۲۰۰۰) با کمک سنجدده NRMSE مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۲). مقادیر خطای مطلق (NRMSE%) هر پنج مدل پیشرفته گردش عمومی (Hadgem, gfdl, ipls, Miroc, Norsem) برای شهرهای بیرجند، بجنورد کمتر از ۱۰ درصد و شهرهای مشهد، سبزوار و تربت حیدریه کمتر از ۱۵ درصد بود، که این نتایج حاکی از آن است که تمامی مدل‌ها برای این مناطق قابل اعتماد هستند و می‌توانند داده‌ها را با دقت بالایی شبیه‌سازی کنند (شکل ۲). اما برآورد مدل‌ها در تبخیر و تعرق بالا در شهرهای مشهد، سبزوار و تربت حیدریه، کمتر از مقدار مشاهده شده بود و برعکس (شکل ۲، د و ه). به علاوه، دقت شبیه‌سازی تبخیر و تعرق توسط این مدل‌ها بدون در نظر گرفتن شهرها به تفکیک نیز بالا بود (NRMSE < 11%) (شکل ۲ و ۳).

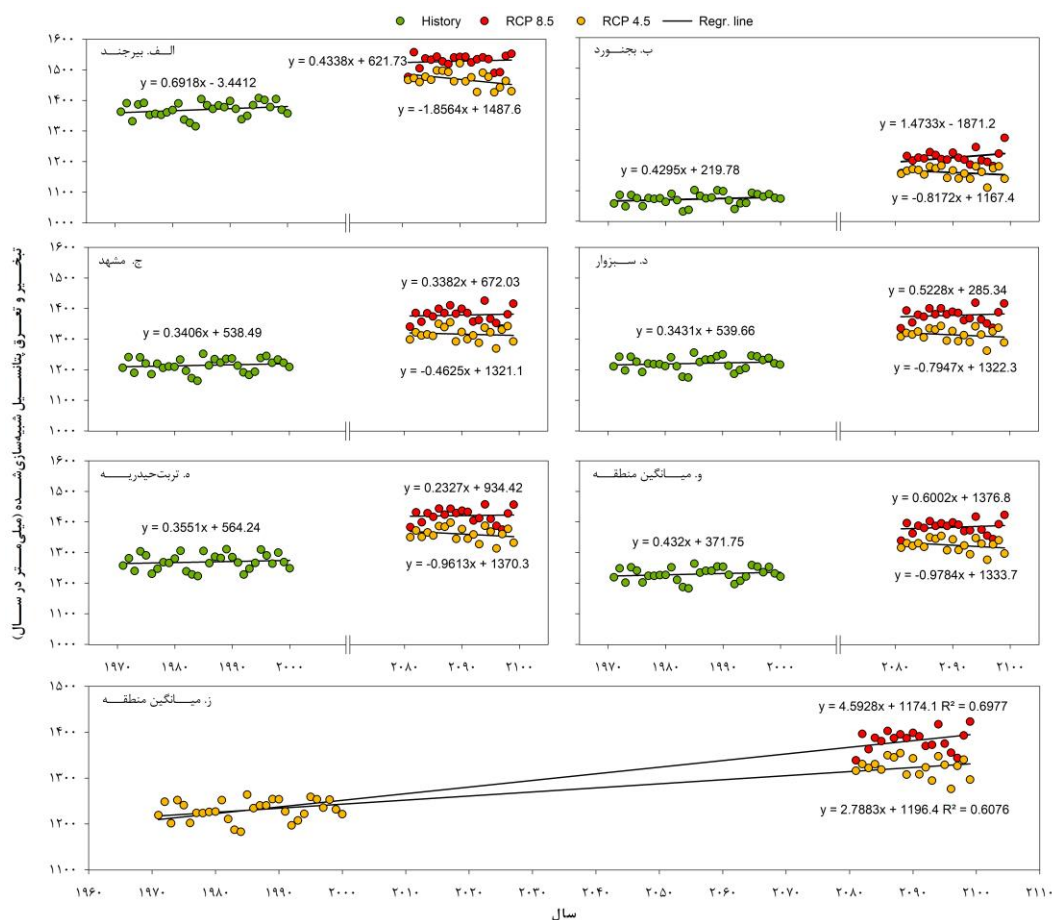


شکل ۲- تبخیر و تعرق شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های گردش عمومی CMIP5 در مقابل تبخیر و تعرق مشاهده شده با استفاده از روش پنمن مانیتث در ایستگاه‌های سینوپتیک مورد استفاده در این مطالعه

نوسانات تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه در سناریوهای مختلف بر عکس مدل‌ها برای این مناطق کم بود است. از این رو، میانگین تبخیر و تعرق سالانه مدل‌ها تحت دو سناریو در شکل ۳ نشان داده شده است. طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰، تبخیر و تعرق پتانسیل برای تمامی شهرها دارای روند افزایشی بود که بیش‌ترین افزایش در شهر بیرجند به میزان ۰/۶۹ میلی‌متر در سال بوده است (شکل ۳ الف). به‌طور میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل ۰/۴۳ میلی‌متر در سال افزایش یافت (شکل ۳). این در حالی است که در آینده (۲۰۸۱ تا ۲۱۰۰)، میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه مورد مطالعه طبق سناریو RCP8.5 در حدود ۰/۶ میلی‌متر در سال افزایش می‌یابد که تقریباً نسبت به شرایط فعلی ۵۰ درصد بیشتر است. بیشترین افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل طبق سناریو RCP8.5، برای بجنورد در حدود ۱/۴۷ میلی‌متر در سال، تقریباً سه برابر میزان فعلی رخ می‌دهد (شکل ۳ ب). اگرچه تبخیر و تعرق پتانسیل در سال‌های ۲۰۸۱ تا ۲۱۰۰ طبق سناریو RCP4.5 دارای روندی کاهشی را تجربه می‌کند اما میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل در تمامی شهرها نسبت به شرایط فعلی تقریباً ۹۰ میلی‌متر افزایش می‌یابد. از آنجایی که در این مطالعه تنها دو دهه انتهایی قرن اخیر مورد مطالعه قرار گرفته، در شکل ۳ نشان داده شده است که تبخیر و تعرق پتانسیل تحت هر دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 از سال ۱۹۷۰ تا

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

۲۱۰۰ روندی افزایشی را تجربه می‌کند که در نرخ افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل تحت سناریو RCP8.5 (۴/۶ میلی‌متر در سال) بیشتر از RCP4.5 (۲/۸ میلی‌متر در سال) است. به علاوه، با توجه به همبستگی تبخیر و تعرق با پارامترهای اقلیمی می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه که تبخیر و تعرق پتانسیل همبستگی مثبت معنی‌داری با حداکثر درجه حرارت دارد (RCP4.5: 0.94^{**} ؛ RCP8.5: 0.92^{**}). از آنجایی که تابش خورشیدی، سرعت باد و رطوبت نسبی در آینده نیز مشابه درجه حرارت تغییرات قابل توجه‌ای رو تجربه می‌کند، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل تنها تحت تأثیر افزایش درجه حرارت نیست و همبستگی مثبت معنی‌داری با سرعت باد و میزان تابش خورشیدی و همبستگی منفی معنی‌داری با رطوبت نسبی دارد.



شکل ۳- تغییرات زمانی میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های گردش عمومی CMIP5 تحت دو سناریو RCP8.5 و RCP4.5 در شمال شرق ایران

نتیجه‌گیری

این مقاله به تحلیل تغییرات مکانی و زمانی تبخیر و تعرق پتانسیل شمال شرق ایران با استفاده از مدل‌های پیشرفته گردش عمومی تحت دو سناریو RCP8.5 و RCP4.5 در انتهای قرن میلادی اخیر می‌پردازد. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که دقت تمامی مدل‌های گردش عمومی انتخابی با توجه به سنجنده آماری $NRMSE\%$ در شبیه‌سازی تبخیر و تعرق پتانسیل برای تمامی شهرها بالا ($NRMSE < 15\%$) است. همچنین، میانگین تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه تحت هر دو سناریو RCP8.5 و RCP4.5 از سال ۱۹۷۰ تا ۲۱۰۰ به ترتیب با نرخ افزایشی ۲/۸ و ۴/۶ میلی‌متر در سال روندی افزایشی را تجربه می‌کند. از آنجایی که ساعت آفتابی، سرعت باد و رطوبت نسبی در آینده نیز مشابه درجه حرارت تغییرات قابل توجه‌ای رو تجربه می‌کند، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش تبخیر

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

و تعرق پتانسیل تنها تحت تأثیر افزایش درجه حرارت نیست. از آنجا که تبخیر و تعرق پتانسیل تقاضای تبخیر اتمسفر یک مکان خاص را منعکس می‌کند، افزایش آب تبخیر و تعرق پتانسیل می‌تواند به افزایش اتلاف آب از خاک و گیاهان در صورت محدود نبودن آب منجر شود. اما در مناطق خشک، افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل و توزیع ناهموار بارش می‌تواند منجر به افزایش چشمگیرتر آب مورد نیاز گیاهان از دیدگاه کشاورزی شود و در نتیجه چالش‌های بزرگی را برای مدیریت منابع آب در این مناطق به وجود آورند. این تغییرات می‌تواند پوشش زمین را تغییر دهد و در نتیجه اکوسیستم‌های بسیار حساسی ایجاد کند و تهدیدهای جدیدی برای منابع آب محلی و اکوسیستم‌ها به وجود می‌آورد. بنابراین، درک بهتر از تغییرات تبخیر و تعرق تحت شرایط تغییر اقلیم برای مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضروری است.

فهرست منابع

اسدی، س. (۱۳۹۷). مدل‌سازی درصد پوشش و آب مصرفی گیاه زراعی گندم در دشت مشهد. رساله دکتری بوم‌شناسی، دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

- Abrahão, R., García-Garizábal, I., Merchán, D., Causapé, J. (2015). Climate change and the water cycle in newly irrigated areas. *Environ Monit Assess*, 187, 22.
- Bannayan, M., Asadi, S., Nouri, M., Yaghoubi, F. (2020). Time trend analysis of some agroclimatic variables during the last half century over Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 140, 839-857.
- Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Lotfabadi, S. S., Mohamadian, A. (2010). Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field Crops Research*, 118, 105-114.
- Beyazgül, M., Kayam, Y., Engelsman, F. (2000). Estimation methods for crop water requirements in the Gediz Basin of western Turkey. *Journal of Hydrology*, 229(1), 19-26.
- Nouri, M., Homaei, M., Bannayan, M., Hoogenboom, G. (2016). Towards modeling soil texture-specific sensitivity of wheat yield and water balance to climatic changes. *Agricultural Water Management*, 177, 248-263.
- Pingali, P. L. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *PNAS*, 109, 12302-12308.
- Song, X., Song, S., Li, Z., Liu, W., Li, J., Kang, Y., Sun, W. (2019). Past and future changes in regional crop water requirements in Northwest China. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(3-4), 2203-15.
- Xia, J., Ning, L., Wang, Q., Chen, J., Wan, L., Hong, S. (2017). Vulnerability of and risk to water resources in arid and semi-arid regions of West China under a scenario of climate change. *Climatic Change*, 144, 549-563.

Potential evapotranspiration changes in northeastern Iran in the last decades of the 21st century

Sara Asadi¹, Milad Nouri²

¹Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Agriculture, Department of Agrotechnology, P.O. Box 91775-1163, Mashhad, Iran.
Email Address (sara.asadi@mail.um.ac.ir)

²Assistant Professor of Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran.

Abstract

This paper was performed to simulate potential evapotranspiration (ET_o) in northeastern Iran based on the Penman-Monteith equation using simulated meteorological parameters by five CIMP5 general circulation models (Hadgem, ipls, gfdl, Miroc and Norsem) under two scenarios: RCP4.5 and RCP8.5 from 2081 to 2100. The results showed that the accuracy of simulation of ET_o of all five general circulation models was high due to low values of absolute error for all cities (NRMSE <15%). Trend analysis also showed that the ET_o of the region under the RCP8.5 scenario increases at a rate of 0.6 mm year⁻¹, which is approximately 1.5 times the current situation. In general, ET_o under both scenarios (RCP4.5 and RCP8.5) is experiencing an increasing trend (2.8 and 4.6 mm year⁻¹, respectively) from 1970-2100. Since solar radiation, wind speeds, and relative humidity will experience significant changes in the future similar to temperature, it can be concluded that the increase in ET_o is not only due to the increase in temperature. In general, ET_o, which is an indicator of atmospheric evaporation demand, is expected to change with global climate change and create more challenges for regional agricultural water use in the future.

Keywords: Penman-Monteith, Reference Evapotranspiration, Climate Change, General Circulation Models

بررسی عدم قطعیت پاسخ عملکرد چند محصول راهبردی دیم به تغییرات اقلیم

مهدی ققمای*^۱، و جواد پیرولی بیرانوند^۲

۱- پژوهشگر پسادکتری، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران،

* نویسنده مسئول mghamghami@ut.ac.ir

۲- استادیار و عضو هیأت علمی، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران،

jpirvali@aeoi.org.ir

چکیده

معیشت قشر گسترده‌ای از کشاورزان به کشاورزی دیم گره خورده است. این در حالی است که کشاورزی دیم به تغییر در مولفه‌های وضع هوا و اقلیم بسیار حساس است. مطالعه حاضر با هدف ارائه یک چشم‌انداز از وضعیت کشاورزی دیم در ایران، عدم قطعیت موجود در پاسخ ناهنجاری عملکرد ۴ محصول دیم شامل گندم، جو، سویا و یونجه را به تغییرات احتمالی اقلیم در ایران مورد بررسی قرار می‌دهد. سه نوع منبع عدم قطعیت شامل مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای (RCMs) و سناریوها، مدل‌های زراعی، و ماهیت تصادفی مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی برای دستیابی به نتایج متقن لحاظ می‌شوند. مدل‌های زراعی دربرگیرنده استفاده از شاخص بیلان رطوبتی SPEI در بدنه مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه است. مبتنی بر روش اعتبارسنجی متقابل، به طور متوسط بیش از ۸۰٪ مقادیر ناهنجاری‌های عملکرد درون فواصل اطمینان پیش‌بینی ۹۵٪ قرار می‌گیرند. تحلیل یافته‌ها نشان داد که تغییر اقلیم به طور معمول تأثیر منفی بر کشاورزی دیم خواهد داشت. در میان تمام محصولات دیم مورد مطالعه، یونجه تحت تأثیر سناریوی RCP8.5 و مدل EC-REGC به تغییرات اقلیم واکنش منفی تری نشان خواهد داد. بر اساس این مطالعه استفاده و توسعه روش‌های هسته‌ای به منظور تولید ارقام مقاوم به خشکسالی و پیامدهای تغییر اقلیم پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: ناهنجاری عملکرد؛ شاخص SPEI؛ اعتبارسنجی متقابل؛ خشکسالی؛ روش‌های هسته‌ای

مقدمه

تقریباً ۳۲٪ از تولید کشاورزی در کشور به صورت دیم به دست می‌آید و کشاورزی دیم ۶۰٪ از وسعت اراضی کشاورزی را در بر گرفته است (مرکز آمار ایران ۱۳۹۳). میزان تولید نهایی در کشاورزی به دو کمیت وابسته است: میزان عملکرد و وسعت زیر کشت. وسعت زیر کشت عمدتاً طی چندین سال متوالی تغییر چشمگیری ندارد. از این رو میزان تولید نهایی بسیار وابسته به عملکرد است (Kogan et al. 2005a). عملکرد یک مزرعه توسط عوامل مختلفی از جمله عوامل مدیریتی، نوع بذر مورد استفاده، عوامل اقلیمی و ... کنترل می‌شود. با این وجود کشاورزی دیم به تغییر در مولفه‌های وضع هوا^۱ به ویژه دمای هوا و میزان بارندگی بسیار حساس است (Alexandrov and Hogenboom 2000) چرا که در کشاورزی فاریاب هرگونه مواجهه با کمبود احتمالی در میزان بارش مورد انتظار و وقوع امواج گرمایی غیرمنتظره می‌تواند با آبیاری تکمیلی جبران شود. از این رو خشکسالی‌های مکرر که برهم زننده بیلان رطوبتی مزارع هستند، قادرند تولید کشاورزی دیم را کاهش داده (Paymard et al. 2019) و معیشت کشاورزان را در معرض خطر قرار دهند.

تغییر اقلیم^۲ (IPCC 2013) نیز می‌تواند باعث تغییر یا تغییرپذیری در مشخصه‌های خشکسالی‌ها (تداوم، سختی، فراوانی، وسعت) در جهت آسیب‌پذیری هر چه بیشتر بخش کشاورزی دیم شود. به گفته Babaeian et al. (2015) طی دو الی سه دهه اخیر، دمای هوا در سطح کشور افزایش و میزان بارندگی کاهش یافته است. همچنین تحلیل مکانی-زمانی^۳ انجام شده توسط Ghamghami

¹ Weather components

² Climate change

³ Spatiotemporal analysis

(Irannejad and 2019) حکایت از وجود روندهای نزولی بسیار شدید در بیان رطوبتی کشور طی سال‌های ۱۹۸۸-۲۰۱۷ دارد که بیانگر ظهور شرایط خشکی در کشور به ویژه طی دو دهه اخیر است. بنابراین نگرانی روزافزونی درباره تأثیر این شرایط بر تولید بخش دیم و مهم‌تر اینکه در آینده چه انتظاری باید داشت، وجود دارد. آگاهی از این اثرات می‌تواند به محققین و تصمیم‌گیران این امکان را دهد که چه راهکارهایی را به منظور پیشگیری از وقوع عدم امنیت غذایی اتخاذ کنند. به عنوان مثال، چنانچه معلوم شود که تغییر اقلیم قادر است عملکرد را تا ۴۰٪ کاهش دهد، روش‌هایی جهت مقاوم سازی ارقام زراعی مانند پرتودهی هسته‌ای و ... به منظور جبران افت عملکرد ناشی از تغییر اقلیم، بیش از گذشته مورد توجه و سرمایه‌گذاری قرار خواهد گرفت.

محققین مختلفی مانند کوچکی و نصیری (۱۳۸۷)، (Bannayan and Eyshi Rezaei 2014)، (Maddah et al. 2015) و ... اثر تغییر اقلیم را بر عملکرد گیاهان در هر دو شرایط دیم و فاریاب بررسی کرده‌اند. برای مثال، (Rosenzweig and Parry 1994) گزارش کردند که تولید غلات دیم در ایران تا دهه ۲۰۸۰ میلادی بین ۵ تا ۴۰٪ کاهش خواهد یافت. مطالعات دیگر نیز نتایج مشابهی را نشان می‌دهند. این بدان معناست که اگر راهبردهای سازگاری ارقام زراعی جهت کاهش اثرات تغییر اقلیم دنبال نشود، تولید کشاورزی دیم بسیار محدود خواهد شد.

برای بررسی تأثیر تغییرات در مولفه‌های وضع هوا بر عملکرد عمدتاً از طرح‌های آزمایشات استفاده می‌شود. با وجود دقت یافته‌های به دست آمده، این طرح‌ها اغلب هزینه‌بر و زمان‌بر هستند (Bannayan et al. 2007). برای دسترسی به یافته‌هایی دقیق اما کم-هزینه‌تر اغلب از مدل‌های زراعی^۱ استفاده می‌شود. این مدل‌ها فرآیندهای پویای رشد و نمو فیزیولوژیکی گیاهان را به خوبی شبیه-سازی می‌کنند. اما این مدل‌ها همچنان به طیف وسیعی از داده‌های مختلف نیازمندند که اغلب تأمین همه آن‌ها دشوار است. مضافاً، این مدل‌ها بسیار گیاه-ویژه^۲ هستند و اغلب تعمیم نتایج آن‌ها به سایر مناطق ممکن است از دقت آن‌ها بکاهد (Eyshi and Rezaie 2012). برخی مدل‌های زراعی آماری یا تجربی می‌توانند به کمک مدل‌سازی عملکرد آیند. این مدل‌ها اغلب پیوندی میان پارامترهای مهم زراعی نظیر عملکرد و مولفه‌های وضع هوا برقرار می‌کنند (Liu et al. 2010، Gohari et al. 2013).

چنانچه ذکر شد، دو مولفه مهم وضع هوا یعنی دمای هوا و میزان بارندگی، اجزای معادله بیلان رطوبتی را تشکیل می‌دهند. دما به طور غیرمستقیم از طریق مولفه تبخیر-تعرق پتانسیل جزء خروجی معادله، و بارندگی به طور مستقیم جزء ورودی معادله را شکل می‌دهد. بنابراین یک شاخص توصیف‌کننده بیلان رطوبتی قادر است تغییرات مورد انتظار در عملکرد گیاهان را کمی کند. برای مثال، (Bannayan et al. 2010) ارتباطی بین شاخص خشکی^۳ (قابلی ساده از بیلان رطوبتی) و عملکرد غلات در شمال شرق کشور برقرار کرد و دریافتند که خشکسالی نقش مهمی در تغییرپذیری‌های بین فصلی^۴ عملکرد غلات ایفا می‌کند. مطالعه حاضر بر بررسی عدم قطعیت^۵ موجود در تغییر اقلیم و اثر آن بر عملکرد چند محصول دیم (گندم، جو، سویا، و یونجه) متمرکز است. فرض اساسی در مطالعه حاضر این است که تغییر اقلیم اثرات چشمگیری بر عملکرد کشاورزی دیم خواهد داشت. با این فرض این مطالعه به دنبال کمی‌سازی این اثرات است.

داده‌ها و روش کار

سه نوع داده در مطالعه حاضر مورد استفاده قرار گرفت: الف) داده‌های ماهانه دمای هوای و بارندگی ثبت شده در ۴۵ ایستگاه سینوپتیک در سطح کشور با طول آماری ۳۸ سال (۱۹۷۶-۲۰۱۳) دریافت شده از سازمان هواشناسی کل کشور؛ ب) متوسط عملکرد گیاهان دیم مورد مطالعه (برحسب $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) شامل گندم، جو، سویا، و یونجه؛ طی سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۱۳ دریافت شده از

¹ Crop modeling

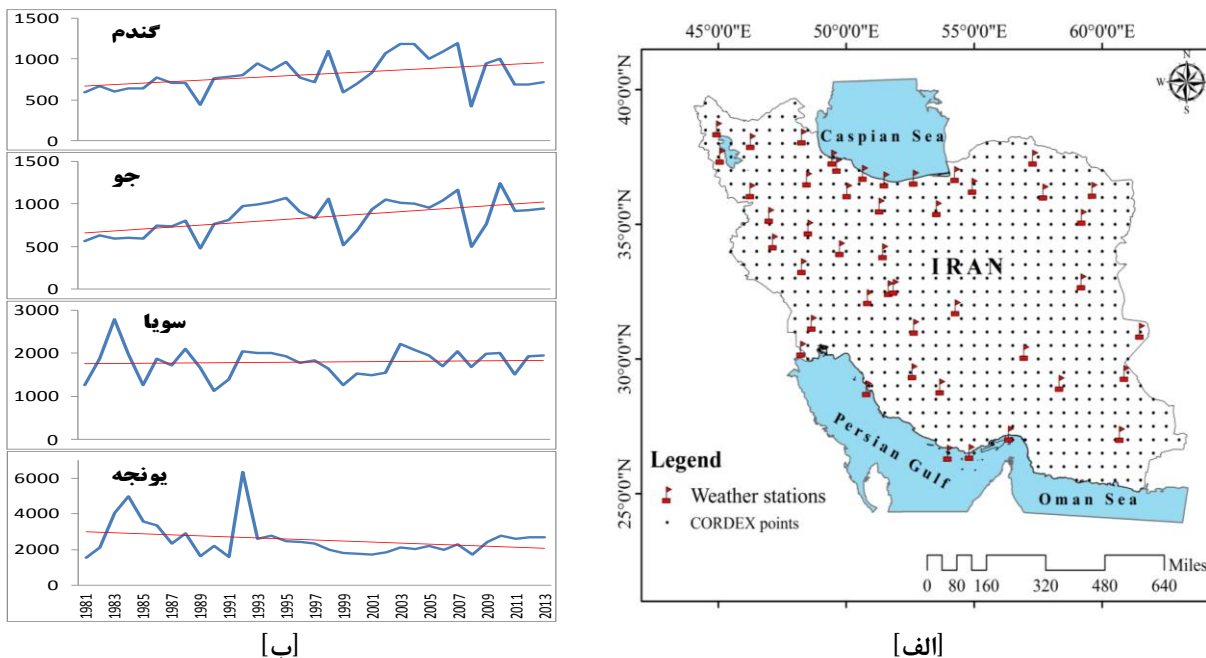
² Crop-specific

³ Aridity index

⁴ Inter-annual variability

⁵ Uncertainties

وزارت جهاد کشاورزی؛ و پ) خروجی‌های ماهانه پروژه^۱ CORDEX (Giorgi *et al.* 2009) با تفکیک مکانی حدوداً ۵۰ کیلومتر تحت سه مدل منطقه‌ای اقلیمی^۲ EC-REGC، CN-REGC و GF-REGC؛ سه سناریوی اقلیمی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5؛ و سه دوره چشم‌انداز آینده پیش‌رو یا IF^۳ (۲۰۱۱-۲۰۴۰)، آینده نزدیک یا NF^۴ (۲۰۴۱-۲۰۷۰)، و آینده دور یا FF^۵ (۲۰۷۱-۲۱۰۰). تغییرات متغیرهای هواشناسی در این دوره‌ها نسبت به دوره ۳۰ ساله مرجع (۱۹۷۶-۲۰۰۵) محاسبه شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها و نقطه‌شبکه‌ها در شکل ۱-الف آورده شده است.



شکل ۱. الف) موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک وضع هوا و نقطه‌شبکه‌های پروژه CORDEX؛ و ب) روند عمومی تغییرات میانگین عملکرد محصولات دیم مورد مطالعه (برحسب $kg \cdot ha^{-1}$) در کشور ناشی از پیشرفت یا افت فناوری از ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۳

عملکرد گیاهان همواره با تغییرپذیری‌های بین فصلی همراه است که ریشه در شرایط وضع هوا و عوامل مدیریتی (نوع بذر، کوددهی، و ...) دارد. در مورد گندم و جو، با توجه به پیشرفت فناوری و بهره‌گیری از دانش روز دنیا در کشاورزی، عمدتاً روند عملکرد با زمان یک روند صعودی داشته است (شکل ۱-ب). در مورد سویا، تقریباً روند ثابت بوده است و در مورد یونجه روند اندکی افت داشته است (شکل ۱-ب). این مهم است که تنها تغییرپذیری‌های مرتبط با وضع هوا و اقلیم برای مدل‌سازی در نظر گرفته شوند. برای جداسازی سهم مولفه‌های وضع هوا در تغییرپذیری عملکرد گیاهان و به عبارت دیگر نرمال‌سازی عملکردها، از معادله رگرسیون ساده برای روندزایی^۶ داده‌ها استفاده شد (Bannayan *et al.* 2010). مقادیر باقیمانده^۷ در صورت تأمین شرط نرمال بودن می‌توانند به عنوان سهم وضع هوا و اقلیم در نظر گرفته شوند. این مقادیر باقیمانده را ناهنجاری‌های عملکرد^۸ می‌گویند.

¹ Coordinated regional downscaling experiment

² Regional climate models

³ Imminent future

⁴ Near future

⁵ Far future

⁶ De-trending

⁷ Residuals

⁸ Yield anomalies

Landman and Mason (1999) اذعان داشتند که عمل نرمال‌سازی کمک می‌کند تا همه داده‌ها فرصت کافی برای مشارکت در فرآیند مدل‌سازی داشته باشند. در تحقیقی، Vicente-Serrano *et al.* (2010a) یک شاخص خشکسالی مبتنی بر دما و بارندگی به نام شاخص اختلاف بارش و تبخیر-تعرق پتانسیل استاندارد شده یا SPEI¹ تعریف کردند. این شاخص مزایای متعددی دارد از جمله فرآیند محاسباتی آسانی دارد و انعطاف‌پذیری چندزمانی² (بازه‌های زمانی ۱ تا ۲۴ ماهه) را حفظ کرده است. از سوی دیگر این شاخص به تغییرات تبخیر-تعرق حساس است. به همین دلیل می‌توان با بکارگیری این شاخص تاثیرات گرمایش جهانی را بر خشکسالی و آثار آن بررسی کرد. در ایران Bazrafshan (2017) پیشنهاد داد که SPEI شاخص مناسبی برای پایش خشکسالی است که این به نقش تعیین کننده دما بر می‌گردد. شاخص SPEI مبتنی بر محاسبه بیلان رطوبتی بوده که تفاضل (Δ) میان تبخیر-تعرق پتانسیل و بارندگی است. در مطالعه حاضر تبخیر-تعرق پتانسیل به روش تورنت وایت اصلاح شده (Yao *et al.* 2018) برآورد گردید که تنها به دمای هوا و عرض جغرافیایی وابسته است. در گام بعدی مقادیر تفاضل در گام‌های زمانی مختلف (در این مطالعه: ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماه) به صورت تجمعی محاسبه می‌شوند و تابع توزیع احتمالی لوگ-لجستیک سه پارامتری بر آن‌ها برازش می‌یابد. برای محاسبه SPEI، مقادیر تابع توزیع به منحنی نرمال استاندارد منتقل می‌شوند و مقدار متناظر با مقدار تابع نرمال استاندارد روی محور X معادل SPEI در نظر گرفته می‌شود. پارامترهای تابع توزیع لوگ-لجستیک براساس اطلاعات تاریخی با روش گشتاورها محاسبه و به دوره‌های آینده تعمیم یافته‌اند.

پاسخ ناهنجاری‌های عملکرد به تغییرات SPEI توسط مدل‌های رگرسیون خطی چندگانه (MLR³) ارزیابی شد. با توجه به ۵ مقیاس زمانی، ۱۲ ماه سال، و ۴۵ ایستگاه سینوپتیک، در مجموع ۲۷۰۰ متغیر پیش‌بینی کننده وجود داشتند. به منظور کاهش تعداد متغیرها، تنها متغیرهایی وارد روند مدل‌سازی شدند که ضریب همبستگی پیرسون (Pearson 1895) بین این متغیرها و ناهنجاری‌های عملکرد در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی دار باشد:

$$Y(i) = \alpha + \sum_{j=1}^N (\beta(j) \times SPEI_{HCPrs}(j)) + \varepsilon \quad (1)$$

که α عرض از مبدأ، β ضریب رگرسیون یا شیب معادله، $SPEI_{HCPrs}$ متغیرهای پیش‌بینی کننده مبتنی بر شاخص SPEI با همبستگی معنی دار، و ε جزء تصادفی معادله است. j بُعد معادله است و از ۱ تا N متغیر است که N تعداد متغیرهای دخالت داده شده در روند مدل‌سازی براساس روش گام‌به‌گام⁴ است (Draper and Smith 1981). از داده‌های دوره ۳۰ ساله ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ برای اعتبارسنجی متقابل⁵ مدل‌ها استفاده شد. هم‌چنین از داده‌های سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ برای ارزیابی کارکرد مدل‌ها در پیش‌بینی داده‌هایی خارج از مجموعه داده‌های مورداستفاده برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل‌ها استفاده شد.

به منظور پیش‌بینی ناهنجاری‌های عملکرد در دوره‌های آینده، در مطالعه حاضر سه نوع عدم قطعیت در نظر گرفته شد. اولین عدم قطعیت ناشی از خروجی‌های مدل‌های منطقه‌ای RCM بوده که ریشه در محدودیت دانش بشر برای مدل‌سازی تعاملات پیچیده بین اجزای متنوع اقلیمی دارد (Mehr *et al.* 2019). برای لحاظ این عدم قطعیت، از سه مدل و سه سناریو برای استخراج منطقی-ترین برهم‌کنش‌های اقلیمی اجزای معادله بیلان رطوبتی در آینده استفاده شد. عدم قطعیت دوم به مدل‌های پیش‌بینی ناهنجاری-های عملکرد برمی‌گردد و از آنجا نشأت می‌گیرد که یک مدل MLR به تنهایی قادر به تبیین کامل تغییرات احتمالی در آینده نیست (Gohari *et al.* 2013). برای لحاظ این عدم قطعیت در مطالعه حاضر، شش مدل MLR به طور جداگانه در مجموعه‌های مختلف اعتبارسنجی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سومین عدم قطعیت برگرفته از ماهیت تصادفی خروجی‌های مدل ریزمقیاس آماری است (Vu *et al.* 2018). با توجه به وضوح مکانی نسبتاً کم خروجی‌های مدل‌های RCM از مولد هواشناسی K نزدیک‌ترین

¹ Standardized precipitation and evapo-transpiration index

² Multi-temporal

³ Multiple linear regression

⁴ Stepwise

⁵ Cross-Validation

همسایه (KNN^۱) در کنار روش بازنمونه‌گیری هدفمند (Sharif and Burn 2006) به منظور شبیه‌سازی سری‌های زمانی دما و بارندگی برای دوره‌های آینده استفاده شد. برای لحاظ عدم قطعیت سوم، ۱۰۰ سری زمانی دمای هوا و بارندگی در مقیاس ماهانه به طور تصادفی برای هر یک از دوره‌های آینده، CRM ها و سناریوها تولید شده است. سپس متغیرهای پیش‌بینی‌کننده متناظر (SPEI) و ناهنجاری‌های عملکرد محاسبه شد. در نهایت؛ مقادیر چارک‌ها، و فواصل اطمینان ناهنجاری عملکرد پیش‌بینی شده به منظور ارزیابی اثرات تغییرات احتمالی اقلیم بر عملکرد استخراج شد.

نتایج و بحث

با تحلیل روند سری‌های زمانی SPEI (شکل‌ها ذکر نشده‌اند) براساس آزمون من‌کندال^۲ (Mann 1945) معلوم شد که بسیاری از ایستگاه‌ها دارای روندهای منفی معنی‌داری (در سطوح اطمینان ۰.۹۵، ۰.۹۹، و ۰.۹۹۹۹) هستند که نمایانگر وقوع خشکسالی بیشتر طی سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۱۳ است. همچنین مشخص شد که با افزایش مقیاس زمانی، وقوع خشکسالی‌ها شدیدتر می‌شود. به عنوان مثال، در سطح اطمینان ۰.۹۹۹۹، تعداد ایستگاه‌های با روند خشکسالی معنی‌دار براساس شاخص‌های SPEI1، SPEI3، SPEI6، SPEI9 و SPEI12 به ترتیب ۱۷، ۲۵، ۳۰، ۳۳ و ۳۴ ایستگاه بود. از سوی دیگر، با افزایش مقیاس زمانی، مقدار آماره آزمون من-کندال افزایش می‌یابد. به عنوان مثال، در حالی که این مقدار برای SPEI1 در ایستگاه یزد ۶.۷- محاسبه شد، برای SPEI12 کمتر از ۱۵- به دست آمد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که با افزایش دوره زمانی تجمعی برای محاسبه SPEI از ۱ به ۱۲ ماه، خشکسالی در کشور گسترده‌تر و مکررتر رخ داده است.

براساس شاخص خشکسالی SPEI، طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۳ سرتاسر ایران با کمبود آب مواجه بوده است. به عبارت دیگر بین بارش ماهانه که روند کاهش قابل توجه داشته و تبخیر-تعرق پتانسیل ماهانه که روند افزایش قابل توجه داشته است؛ تفاوت زیادی به وجود آمده است (Hui-Mean et al. 2018). این یافته‌ها مشابه با نتایج ارائه شده توسط Ghamghami and Irannejad (2019) و Babaeian et al. (2015) است که اذعان داشتند طی دهه‌های اخیر شدت خشکسالی کشور افزایش یافته است. این خشکسالی‌ها به ویژه در شرایط دیم، عملکرد محصولات را تحت تأثیر قرار می‌دهند. افزایش شدید تبخیر-تعرق پتانسیل به دلیل افزایش دمای هوا، تقاضای آب را افزایش می‌دهد (Pourmeidani et al. 2020). کاهش موازی بارندگی، کمبود آب را برجسته می‌کند و بنابراین انتظار می‌رود که ناهنجاری‌های عملکرد به دلیل کمبود آب کاهش داشته باشد. تحلیل همبستگی انجام شده بین شاخص SPEI و ناهنجاری‌های عملکرد نشان داد که این دو متغیر در مراحل فنولوژی اصلی (انتهای دوره رویشی و کل دوره زایشی) همبستگی‌های بالایی با هم دارند. به عنوان مثال، ناهنجاری عملکرد گندم با مقادیر شاخص‌ها طی ماه‌های مارس تا ژوئن-جولای همبستگی‌های بالای ۰.۶ دارد. به عبارت دیگر، کمبود آب طی این دوره منجر به افت شدید عملکرد محصول دیم می‌شود. این یافته، همچنین تأیید می‌کند که شاخص SPEI پتانسیل خوبی برای پیش‌بینی ناهنجاری‌های عملکرد دارد.

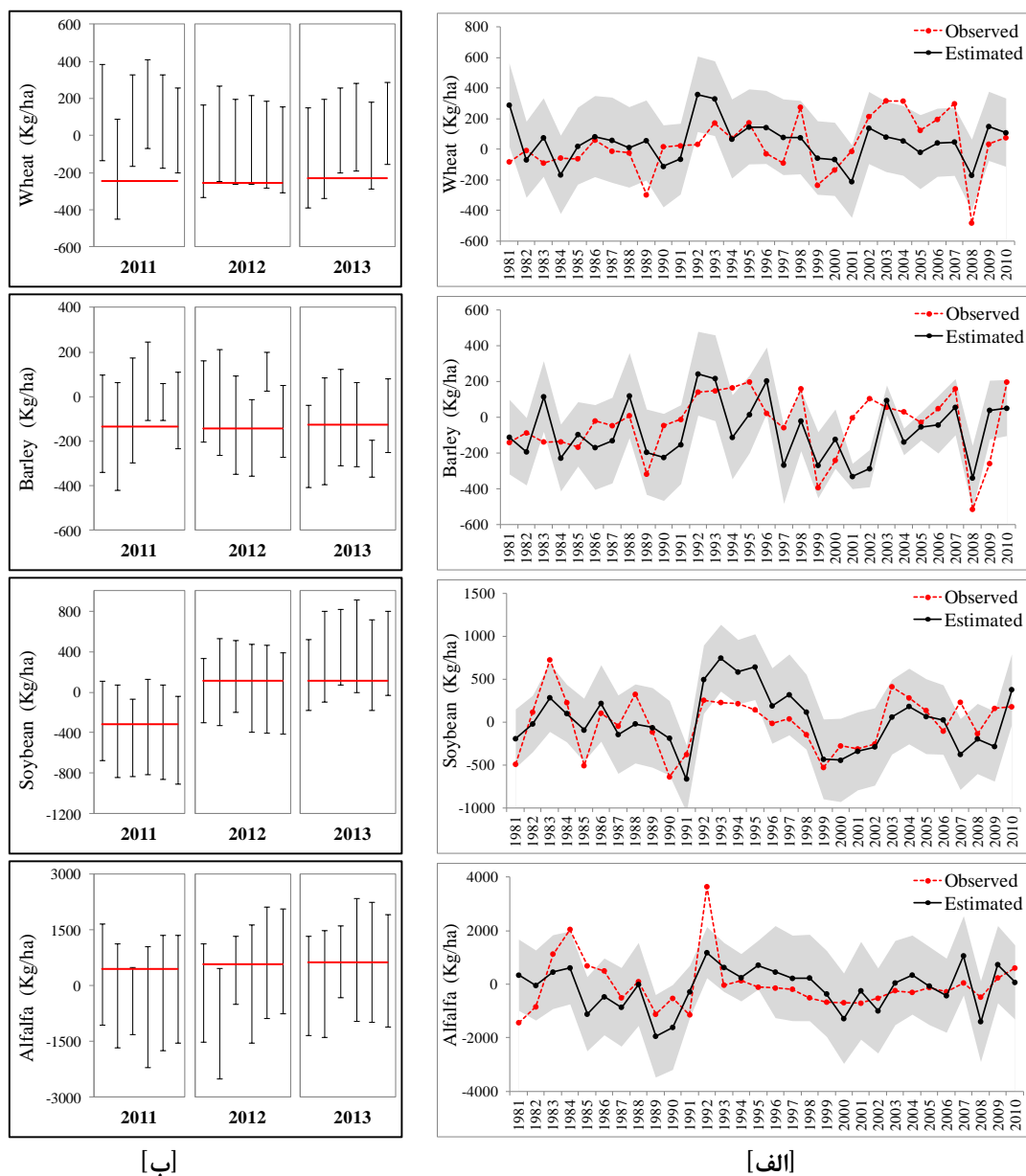
تغییر اقلیم کمی‌سازی شده توسط پروژه CORDEX حکایت از این دارد که دما از ابتدا تا انتهای قرن بیست و یکم از ۰.۷ تا ۴ درجه سانتی‌گراد براساس سناریوها و مدل‌های مختلف افزایش دارد. به عبارت دیگر جزء خروجی معادله بیلان رطوبتی در شاخص SPEI تقویت خواهد شد. همچنین معلوم شد که توزیع مکانی این تغییرات در سطح کشور تقریباً یکنواخت است. با این وجود برای بارندگی الگوهای یکنواخت زمانی و مکانی به دست نیامد. به عنوان مثال، در حالیکه الگوی غالب مکانی (روی نقطه‌شبکه‌های شکل ۱-الف) تغییر میانگین بارندگی در دوره IF نسبت به دوره مرجع تحت سناریوی RCP2.6 و مدل EC-REGC یک الگوی کاهشی بوده است؛ این الگو برای دوره NF تحت همان سناریو و مدل، یک الگوی افزایشی بوده است. بنابراین برخلاف جزء خروجی معادله بیلان رطوبتی، جزء ورودی ممکن است در برخی دوره‌های آینده تا حدی باعث جبران کمبود آب شود.

شکل ۲ کارکرد مدل‌های MLR را در پیش‌بینی ناهنجاری‌های عملکرد بیان می‌کند. در این شکل، نمودارهای [الف] کارکرد مدل‌ها مبتنی بر اعتبارسنجی متقابل را نشان می‌دهند، و نمودارهای [ب] کارکرد مدل‌ها را با داده‌های خارجی ارزیابی می‌کند. به طور

¹ K nearest neighbor

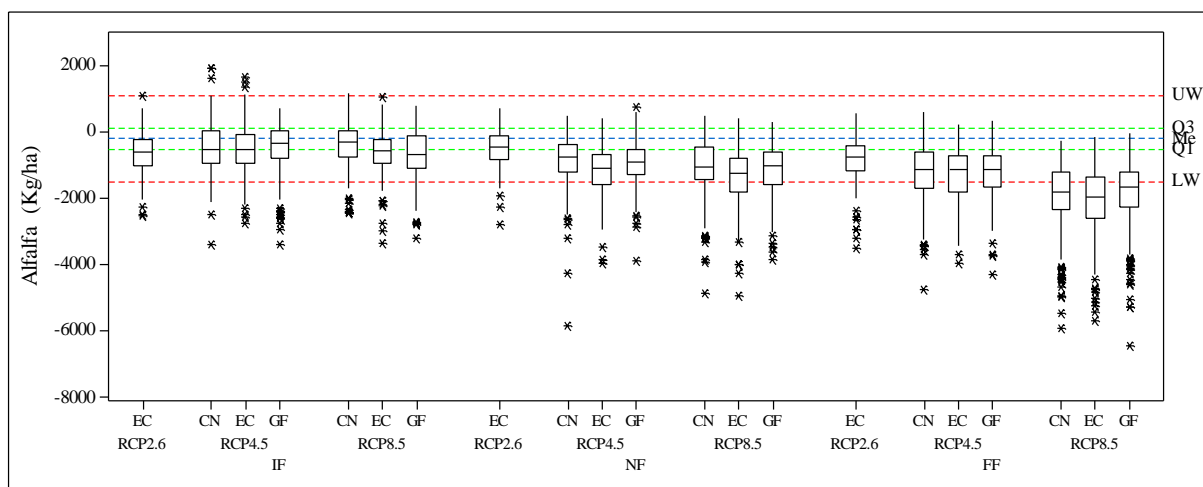
² Mann-Kendal test

کلی، مدل‌ها توانسته‌اند به خوبی ناهنجاری‌های عملکرد را پیش‌بینی کنند؛ چنانچه در حدود 0.80 ، 0.77 ، 0.80 و 0.87 مقادیر مشاهده شده در فواصل اطمینان پیش‌بینی 95% برای به ترتیب گندم، جو، سویا و یونجه قرار می‌گیرند. این فواصل اطمینان با 100 بار اجرای تصادفی مدل‌ها (جزء ϵ در معادله ۱) به دست آمده‌اند. همچنین به طور متوسط 86% مقادیر مشاهده شده در سال‌های 2011 ، 2012 و 2013 درون فواصل اطمینان پیش‌بینی قرار می‌گیرند. این ویژگی یک مزیت خواهد بود، چرا که حکایت از کارکرد خوب مدل‌ها در برخورد با متغیرهای پیش‌بینی کننده تکرار نشده دارد (Asong *et al.* 2016).



شکل ۲. [الف] فواصل اطمینان 95% برای پیش‌بینی ناهنجاری‌های عملکرد (محدوده خاکستری) به همراه مقادیر مشاهده شده (خطچین قرمز) و مقادیر برآورد شده (خط سیاه) به روش اعتبارسنجی متقابل؛ و [ب] ارزیابی مدل‌ها براساس داده‌های سال‌های 2011 ، 2012 و 2013 : مقادیر مشاهده شده خطوط قرمز و بازه‌ها عبارتند از فواصل اطمینان 95%

شکل ۳ نمودارهای جعبه و ویسکر^۱ (Hubert and Vandervieren 2008) مربوط به ناهنجاری‌های عملکرد را برای محصول یونجه به عنوان نمونه نشان می‌دهد. این نمودارها برای سه محصول دیگر نیز استخراج شد اما به دلیل ضیق نوشتار ذکر نشده است. برای هر محصول، نمودارها به تفکیک هر سه مدل، هر سه سناریو و هر سه دوره زمانی تهیه شده‌اند (اطلاعات سناریوی RCP2.6 تنها برای مدل EC-REGC موجود است). این نمودارها با مرجع مقایسه شدند به طوری که خطچین قرمز ویسکرهای بالا و پایین (UW و LW)^۲، خطچین سبز چارک ۳ و ۱ (Q1 و Q3)^۳ و خط تیره آبی میانه (Me)^۴ می‌باشد. هر نمودار شامل ۶۰۰ سری زمانی از ناهنجاری‌های عملکرد است که از حاصلضرب ۱۰۰ تحقق تصادفی تولید شده بیلان رطوبتی در ۶ مدل MLR مربوط به ۶ مجموعه اعتبارسنجی به دست آمده است. علاوه بر این، میانگین تغییرات (٪) در ناهنجاری‌های عملکرد در دوره‌های آینده با توجه به دوره مرجع در جدول ۱ ارائه شده است. به عنوان مثال، پیش‌بینی می‌شود که میانگین ناهنجاری عملکرد گندم در سطح کشور در طول دوره IF با توجه به دوره مرجع مابین یک افزایش ۰٫۷٪ (▲) و کاهش ۷٫۸٪ (▼) در نوسان باشد. همچنین، مدل‌ها و سناریوهای متناظر به منظور درک اینکه کدام مدل‌ها و سناریوها نقش مهمی در وقوع رخداد‌های حدی کشاورزی دارند به جدول اضافه شدند. از شکل و جدول می‌توان استنباط کرد که تغییر اقلیم به طور معمول تأثیر منفی بر کشاورزی داریم دارد. با بزرگتر شدن واداشت تابشی (از ۲٫۶ به ۸٫۵) کاهش در ناهنجاری عملکرد افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، این کاهش‌ها در پایان نسبت به اواسط یا اوایل قرن ۲۱ شدیدتر خواهد بود. با این وجود برخی افزایش‌های ناچیز در میزان عملکرد در برخی دوره‌ها می‌تواند از افزایش بارندگی نشأت بگیرد. در میان تمام محصولات داریم مورد مطالعه، یونجه تحت تأثیر سناریوی RCP8.5 و مدل EC-REGC به تغییرات اقلیم واکنش منفی‌تری نشان خواهد داد. این یافته‌ها با بسیاری از کارهای انجام شده تاکنون هم‌خوانی دارد. به عنوان مثال، Nassiri et al. (2006) و Bannayan and Eyshi Rezaei (2014) گزارش کردند که عملکرد گندم داریم از ابتدا تا انتهای قرن بیست و یکم از ۱٫۸ تا ۵۰٪ نسبت به داده‌های مشاهده شده کاهش دارد.



شکل ۳. نمودارهای جعبه و ویسکر مربوط به ناهنجاری‌های عملکرد یونجه برای همه مدل‌ها و همه سناریوها و هر سه دوره آینده بیانگر عدم قطعیت موجود و مقایسه با دوره مرجع (خطچین‌ها)

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

¹ Box and whisker plots
² Upper and lower whiskers
³ First and third quartiles
⁴ Median

این مطالعه دامنه عدم قطعیت موجود در پاسخ عملکرد چند محصول دیم به تغییرات اقلیمی در کشور را استخراج کرد. رهیافت مورد استفاده یک رهیافت ساده و متقن است که بر پایه معادله بیلان رطوبتی استوار است. این مطالعه نتیجه می‌گیرد که باید سیاست‌های کاهش اثرات تغییر اقلیم با سازگار کردن ارقام زراعی از طریق مقاوم‌سازی آن‌ها به خشکی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد. این مطالعه استفاده و توسعه روش‌های هسته‌ای برای جهش بذور محصولات دیم به منظور تولید ارقام مقاوم به خشکسالی و پیامدهای تغییر اقلیم را پیشنهاد می‌دهد.

جدول ۱. دامنه عدم قطعیت ناهنجاری‌های عملکرد محصولات دیم مورد مطالعه

گیاه	دوره آینده	حد بالایی (%)	مدل/سناریو	حد پایینی (%)	مدل/سناریو
گندم	IF	۰,۷	CN/RCP8.5	۷,۸	EC/RCP2.6
	NF	۱,۷	EC/RCP2.6	۱۶,۵	EC/RCP8.5
	FF	۶,۴	EC/RCP2.6	۳۷	EC/RCP8.5
جو	IF	۰,۵	CN/RCP8.5	۱۰,۱	EC/RCP2.6
	NF	۱,۳	EC/RCP2.6	۱۹,۳	EC/RCP8.5
	FF	۵,۷	EC/RCP2.6	۴۵	EC/RCP8.5
سویا	IF	۴,۶	CN/RCP8.5	۱۱,۱	EC/RCP8.5
	NF	۷,۱	EC/RCP2.6	۲۳,۸	EC/RCP8.5
	FF	۱۰,۹	EC/RCP2.6	۴۸,۸	EC/RCP8.5
یونجه	IF	۱۴,۶	CN/RCP8.5	۲۵,۵	CN/RCP8.5
	NF	۱۹	EC/RCP2.6	۵۵,۶	EC/RCP8.5
	FF	۳۴	EC/RCP2.6	۸۷,۳	EC/RCP8.5

فهرست مراجع مورد استناد

- مرکز آمار ایران (۱۳۹۳) نتایج تفصیلی سرشماری مشاغل کشاورزی کل کشور. سازمان برنامه و بودجه.
- کوچکی ا، و نصیری م. (۱۳۸۷) تاثیر تغییر اقلیم و غلظت CO₂ بر عملکرد گندم و راهبردهای سازگاری. مجله تحقیقات گیاهان زراعی ایران. ۶: ۱۳۹-۱۵۳.
- Alexandrov VA, Hogenboom G (2000) The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology* 104: 315-327.
- Asong ZE, Khaliq MN, Wheeler HS (2016) Multisite multivariate modeling of daily precipitation and temperature in the Canadian Prairie Provinces using generalized linear models. *Clim Dyn* 47:2901- 2921. DOI 10.1007/s00382-016-3004-z
- Babaeian I, Modirian R, Karimian M, Zarghami M (2015) Simulation of climate change in Iran during 2071-2100 using PRECIS regional climate modelling system. *Desert*. 20(2): 123-134.
- Bannayan M, Eyshi Rezaei E (2014) Future production of rainfed wheat in Iran (Khorasan province): Climate change scenario analysis. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19: 211-227.
- Bannayan M, Kobayashi K, Marashi H, Hoogenboom G (2007) Genebased modeling for rice: an opportunity to enhance the simulation of rice growth and development? *Journal of Theoretical Biology* 249: 593-605.
- Bannayan M, Sanjani S, Alizadeh A, Lotfabadi SS, Mohamadian A (2010) Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field Crop Res* 118:105-114. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.04.011>
- Bazrafshan J (2017) Effect of Air Temperature on Historical Trend of Long-Term Droughts in Different Climates of Iran. *Water Resour Manage*. 31: 4683-4698. DOI 10.1007/s11269-017-1773-8
- Draper N, Smith H (1981) *Applied Regression Analysis*, 2d Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc. Shapiro SS, Wilk MB (1965) An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 52(3-4): 591-611. doi:10.1093/biomet/52.3-4.591. JSTOR 2333709. MR 0205384. p. 593
- Eyshi Rezaie E, Bannayan M (2012) Rainfed wheat yields under climate change in northeastern Iran. *Meteorol. Appl.* 19: 346-354. DOI: 10.1002/met.268
- Ghamghami M, Irannejad P (2019) An analysis of droughts in Iran during 1988-2017. *SN Applied Sciences* 1: 1217. DOI: 10.1007/s42452-019-1258-x
- Giorgi F, Jones C, Asrar GR (2009) Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *WMO Bulletin*. 58 (3): 175-183.

- Gohari A, Eslamian S, Abedi-Koupaei J, Massah Bavani A, Wang D, and Madani K (2013) Climate change impacts on crop production in Iran's Zayandeh-Rud River Basin. *Science of the Total Environment* 442: 405–419
- Hubert M, Vandervieren E (2008) An adjusted boxplot for skewed distributions. *Comput. Stat. Data Anal.* 52 (12): 5186–5201. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2007.11.008>.
- Hui-Mean F, Yusop Z, Yusof F (2018) Drought analysis and water resource availability using standardized precipitation evapotranspiration index. *Atmospheric Research* 201: 102–115
- IPCC (2013) Summary for policymakers, in climate change. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., M Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kogan F, Y Banjie, W Guo, Z Pei, X Jiao (2005a) Modelling corn production in China using AVHRR-based vegetation health indices. *International Journal of Remote Sensing* 26: 2325–2336.
- Landman WA, Mason SJ (1999) Operational long-lead prediction of South African rainfall using canonical correlation analysis. *Int. J. Climatol.* 19: 1073–1090.
- Liu S, Mo X, Lin Z, Xu Y, Ji J, Wen G, Richey J (2010) Crop yield responses to climate change in the Huang-Huai-Hai plain of China. *Agricultural Water Management* 97: 1195–1209.
- Maddah V, Soltani A, Zeinali E, Bannayan M (2015) Simulating climate change impacts on wheat production in Gorgan, Iran. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 4: 58–67.
- Mann HB (1945) Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13:245–259
- Mehr AD, Sorman AU, Kahya E, and Afsar MH (2019) Climate change impacts on meteorological drought using SPI and SPEI: case study of Ankara, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1691218>
- Nassiri M, Koocheki A, Kamali GA, Shahandeh H (2006) Potential impact of climate change on rainfed wheat production in Iran. *Archeves of Agronomy and Soil Sciences*. 52: 113–124.
- Paymard P, Yaghoobi F, Nouri M, Bannayan M (2019) Projecting climate change impacts on rainfed wheat yield, water demand, and water use efficiency in northeast Iran. *Theoretical and Applied Climatology* 138:1361–1373.
- Pearson K (1895) Notes on regression and inheritance in the case of two parents. Proceedings of the Royal Society of London. 58: 240–242. [Bibcode:1895RSPS...58..240P](https://doi.org/10.1093/biomet/58.3-4.240)
- Pourmeidani A, Ghamghami M, Olya H, and Ghahreman N (2020) Determination of Suitable Regions for Cultivation of Three Medicinal Plants under a Changing Climate. *Environmental Processes*. 7:89–108. <https://doi.org/10.1007/s40710-020-00423-w>
- Rosenzweig C, Parry ML (1994) Potential impacts of climate change on world food supply. *Nature* 367:133–138
- Sharif M, Burn DH (2006) Simulating climate change scenarios using an improved k-nearest neighbor model. *J Hydrology* 325: 179–196.
- Vicente-Serrano SM, Beguería S, López-Moreno JI (2010a) A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *J. Clim.* 23: 1696–1718.
- Yao J, Zhao Y, Yu X (2018) Spatial-temporal variation and impacts of drought in Xinjiang (Northwest China) during 1961–2015. *PeerJ* 6:e4926; DOI 10.7717/peerj.4926

Determination of Uncertainty in Yield Response of a Few Rainfed crops to Climate Changes

Mahdi Ghamghami^{*1}, and Javad Pirvali Beiranvand²

¹ PostDoc. Researcher, Agricultural Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Iran.

Email: mghamghami@ut.ac.ir, * Corresponding author

² Assistant Prof., Agricultural Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Email:

jpirvali@aeoi.org.ir

Abstract

The subsistence of many farmers is dependent on the rainfed agriculture. Nevertheless, the rainfed agriculture is very sensitive to weather and climate components. In order to provide a perspective of rainfed agriculture status over Iran, this study aims to quantify uncertainties existing in yield anomalies responses to climate change in the future; for four strategic rainfed crops including wheat, barley, soybeans, and alfalfa. Three types of uncertainty were taken into account in the current study including uncertainty coming from (1) the regional climate models' outputs; (2) crop models; and (3) the stochastic nature of statistically downscaled outputs. The multiple linear regression models (MLRs) were used as crop models along with an index depicting water balance known as the standardized precipitation evapotranspiration index, SPEI. According to the cross-validation, averaging on all crops and calibration sets more than 80% of the observed values fell within the 95% prediction intervals. Findings showed that with the exception of some cases, most crops will experience a decrease in yield arising from climate change. Among under study crops, alfalfa had the most decrease in yield under RCP8.5 and EC-REGC model. Hence, management options e.g., applying nuclear techniques, should be adopted by decision-makers to mitigate climate change impacts.

Keywords: Yield anomalies; SPEI; Cross-validation; Drought; Nuclear Techniques

ارزیابی تاثیر عوامل اقلیمی در برآورد نیاز آبی در راستای مدیریت پایدار منابع آب

لاله پرویز^۱

۱- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان (laleh_parviz@yahoo.com)

چکیده

با رشد سریع جمعیت و نیاز به طرح‌های تامین آب، اتخاذ استراتژی‌های مدیریت آبیاری از اهمیت چشمگیری برخوردار است. در این تحقیق سعی در برآورد نیاز آبی گندم و سورگوم در استان آذربایجان شرقی (میان) با رگرسیون بردار پشتیبان با تاکید بر عوامل اقلیمی می‌باشد. در حالت اول از دمای کمینه، دمای بیشینه، بارندگی، سرعت باد و رطوبت نسبی در طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۱۹ به عنوان داده‌های ورودی استفاده شد. در حالت دوم انتخاب داده‌های ورودی براساس بیشینه ضریب همبستگی داده‌ها با نیاز آبی بود که دمای بیشینه و سرعت باد انتخاب شدند. در حالت دوم از میزان خطای برآورد نیاز آبی کاسته شد، به طوری که درصد کاهش RMSE و RRMSE از حالت اول به دوم در برآورد نیاز آبی گندم به ترتیب برابر با ۳۴/۰۷ و ۳۴/۳۷ و در مورد سورگوم برابر با ۵/۷۲ و ۵/۱۲ بود. میزان افزایش ضریب همبستگی در گندم و سورگوم به ترتیب برابر با ۹/۱۹ و ۱/۰۵ درصد بود. داده‌های ورودی دیگری مانند دمای کمینه و بارندگی نیز در مدل‌سازی نیاز آبی بررسی شدند که در این حالت میزان خطا (افزایش ۴۵/۱۴ درصد RMSE) نسبت به حالت اول افزایش داشت. بنابراین نوع داده‌های ورودی در مدل‌سازی نیاز آبی اهمیت دارد و نیاز به تعیین داده‌های موثر در مدل‌سازی می‌باشد.

واژگان کلیدی: داده‌های موثر، ضریب همبستگی، مدل‌سازی، نیاز آبی

مقدمه

در حال حاضر در بسیاری از مناطق جهان، کمبود آب به عنوان یکی از بحران‌های اساسی مطرح است. آب به دلیل تقاضای جمعیت در حال رشد، صنعت و کشاورزی به طور فزاینده‌ای کم و گران شده است، بویژه در طول بیست سال گذشته کمبود آب بر توسعه کشاورزی تاثیر داشته است. درگیری‌های ناشی از نیاز به آب برای آبیاری و محیط‌زیست به یک چالش تبدیل شده است، به طوری این مساله مدیریت آب را دشوار می‌سازد (Zhou and Zhao 2019). در این میان برآورد نیاز آبی با روشی کارآمد در برنامه‌ریزی‌های منابع آب و سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی از اهمیت چشمگیری برخوردار است. جهت مدیریت کم آبیاری دو محصول گندم و جو در منطقه کرج از مدل CROPWAT استفاده شد. نتیجه مهم این تحقیق مربوط به واسنجی مدل CROPWAT در ارتباط با ضرایب گیاهی و خصوصیات خاک جهت حصول به نتایج دقیق است. همچنین مدیریت مناسب کم آبیاری به عنوان راهکار موثری در کارایی مصرف آب دارای اهمیت است (رضانی اعتدالی و همکاران ۱۳۸۸). عملکرد CROPWAT در برآورد مصرف آب و میزان عملکرد محصول سویا در منطقه کرج مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سال‌های ۸۸-۱۳۸۷ و ۸۹-۱۳۸۸ انجام گرفت. CROPWAT با شرط اصلاح ضرایب گیاهی در مرحله‌های مختلف رشدی و با بکارگیری خصوصیات خاک و گیاه می‌تواند در پیش‌بینی و تعیین میزان مصرف آب، عملکرد قابل قبولی داشته باشد (سرائی تبریزی و همکاران ۱۳۹۳). در تحقیقی به تخمین و مقایسه تخمیر- تعرق واقعی در مورد ذرت با استفاده از داده‌های زمینی و CROPWAT در دو منطقه از رومانی پرداخته شد. روش مورد استفاده برای محاسبه E_t براساس بیلان انرژی بود. تجزیه و تحلیل نشان داد که مقادیر E_{TC} برآورد شده با استفاده از بیلان انرژی (با بکارگیری داده‌های استخراجی از ماهواره NOAA-AVHRR) بیشتر از مقادیر

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

شبیه‌سازی شده توسط مدل CROPWAT است (Stancalie *et al*, 2010). با در نظر گرفتن دما به عنوان عامل موثر در تغییرات اقلیمی و پارامترهای اقلیمی، با استفاده از رویکرد استوکستیکی، دمای کمینه و بیشینه در دشت مشهد مدل‌سازی شدند. سپس با استفاده از معادله تجربی هارگریوز-سامانی میزان تبخیر-تعرق پتانسیل و با انتخاب ضریب گیاهی، نیاز آبی گندم، چغندر قند، گوجه فرنگی، یونجه و سیب در طول فصل رشد برای دهه آینده و دوره پایه محاسبه شد. نتایج پیش‌بینی حاکی از افزایش ۱/۴ و ۱ درجه سانتی‌گراد در مورد دمای کمینه و بیشینه است. بیشترین تغییرات تبخیر-تعرق پتانسیل تحت تاثیر تغییرات دمای بیشینه است (شعبانی و همکاران ۱۳۹۵). بررسی تاثیر تغییرات داده‌های هواشناسی بر نیاز آبی در قالب اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی نیز مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای اقلیمی دما و بارندگی با استفاده از سناریوهای A2 شبیه‌سازی شدند (دوره‌های زمانی ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱، ۲۱۰۰-۲۰۷۱). اجرای مدل CROPWAT بیانگر افزایش نیاز خالص آبیاری برنج در سال‌های آتی تا سال ۲۱۰۰ بود (شیدائیان و همکاران ۱۳۹۳). اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی سیب هم در ایستگاه‌های ارومیه و سمیرم مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون من-کندل و شیب سن جهت بررسی روند استفاده شد. روند تبخیر-تعرق و نیاز آبی در هر دو ایستگاه افزایشی است (احمدیان و همکاران ۱۳۹۸). تنوع آب و هوایی و نیاز آبی با استفاده از تحلیل مکانی در ایتالیا (محصول ذرت) مطالعه شد. نتایج بیانگر اختلافات زیاد بین شمال و جنوب ایتالیا است، جایی که تاثیر تنوع دما شدیدتر است (Casolani *et al*, 2020). تاثیر تغییرات اقلیمی بر تبخیر - تعرق پتانسیل و نیاز آبی در اتیوپی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. میانگین تبخیر-تعرق پتانسیل سالانه به آرامی افزایش می‌یابد و در ۲۱۰۰ تحت سناریوی RCP8.5 در همه ایستگاه‌ها بسیار شدید می‌شود. متوسط تبخیر-تعرق پتانسیل در PCR8.5 از ۳۷/۶ به ۴۹/۲ درصد متغیر است، اما در RCP4.5 از ۳۰/۱ تا ۱۵/۴ درصد متغیر است. روند نیاز آبی مشابه تبخیر-تعرق پتانسیل بود (Gurara *et al*, 2021). هدف این تحقیق بررسی تاثیر داده‌های هواشناسی بر روی نیاز آبی گندم و سورگوم است. برای این منظور در ابتدا با استفاده از رگرسیون بردار پشتیبان به مدل‌سازی نیاز آبی حاصل از CROPWAT و داده‌های دمای بیشینه، دمای کمینه، رطوبت نسبی، بارندگی و سرعت باد پرداخته شد. سپس تاثیر تغییر داده‌های ورودی به رگرسیون بردار پشتیبان در مدل‌سازی نیاز آبی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه ایستگاه هواشناسی میانه در استان آذربایجان شرقی است که موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است. براساس طبقه‌بندی دومارتن اقلیم ایستگاه میانه نیمه‌خشک برآورد شد. با توجه به تغییرات اقلیمی اخیر برآورد نیاز آبی با روشی دقیق از مسایل مورد توجه است.



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه در کشور

در این تحقیق نیاز آبی محصولات منتخب با نرم افزار CROPWAT 8.0 بدست آمد و سپس تاثیر داده‌های ورودی بر نیاز آبی با استفاده از رگرسیون بردار پشتیبان مدل‌سازی شد.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

مدل CROPWAT

CROPWAT یک برنامه کامپیوتری سیستم پشتیبانی تصمیم می‌باشد که توسط فائو تهیه شده است. این مدل وابسته به تعدادی معادله برای تخمین تبخیر- تعرق پتانسیل، تبخیر و تعرق واقعی و برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از داده‌های اقلیمی، بارندگی، محصولات و خاک است. CROPWAT شامل داده‌های کلی برای ساختارهای مختلف محصولات، خصوصیات خاک و پارامترهای اقلیمی است که از محاسبه تامین آب برای الگوهای مختلف محصول در شرایط آبیاری و دیم پشتیبانی می‌کند و برنامه‌های آبیاری را بهبود می‌بخشد (Gabr and Fattouh 2020)

رگرسیون بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان با استفاده از تئوری کمینه‌سازی ریسک ساختاری، مساله بیش‌برازش را کاهش می‌دهد و اخیراً در بسیاری از رشته‌ها محبوبیت پیدا کرده است. ماشین بردار پشتیبان در مسایل طبقه‌بندی و رگرسیون کاربرد دارد. اگر داده‌های $[(x_1, y_1), \dots, (x_l, y_l)]$ به عنوان دسته آموزشی در نظر گرفته شود، به طوری که x_i بردار ورودی و y_i خروجی متناظر باشد. رگرسیون بردار پشتیبان، تابع رگرسیونی (معادله ۱) را طوری پیدا می‌کند که خروجی مشاهده شده با آستانه خطای ε به بهترین حالت توصیف شود.

$$f(x) = w^T \cdot \phi(x) + b \quad (1)$$

w و b : پارامترها و $\phi(x)$: تابع کرنل

L_ε هنگامی که داده‌ها خارج از آستانه خطا باشند، با تابع هزینه تعریف می‌شوند (معادله ۲).

$$L_\varepsilon(y_i) = \begin{cases} 0 & |y_i - [w^T \cdot \Phi(x_i) + b] - \varepsilon < \varepsilon \\ |y_i - [w^T \cdot \Phi(x_i) + b] - \varepsilon & |y_i - [w^T \cdot \Phi(x_i) + b] - \varepsilon \geq \varepsilon \end{cases} \quad (2)$$

در نهایت مساله رگرسیون بردار پشتیبان براساس مساله بهینه‌سازی فرمولبندی می‌شود (Chen et al, 2010).

در این تحقیق جهت بررسی تاثیر تغییر داده‌های ورودی بر روند مدل‌سازی نیاز آبی، از برخی آماره‌های ارزیابی از جمله MRE^۱: میانگین خطای نسبی، RMSE^۲: خطای ریشه متوسط مربعات، RRMSE^۳: خطای ریشه متوسط مربعات نسبی استفاده شد

نتایج

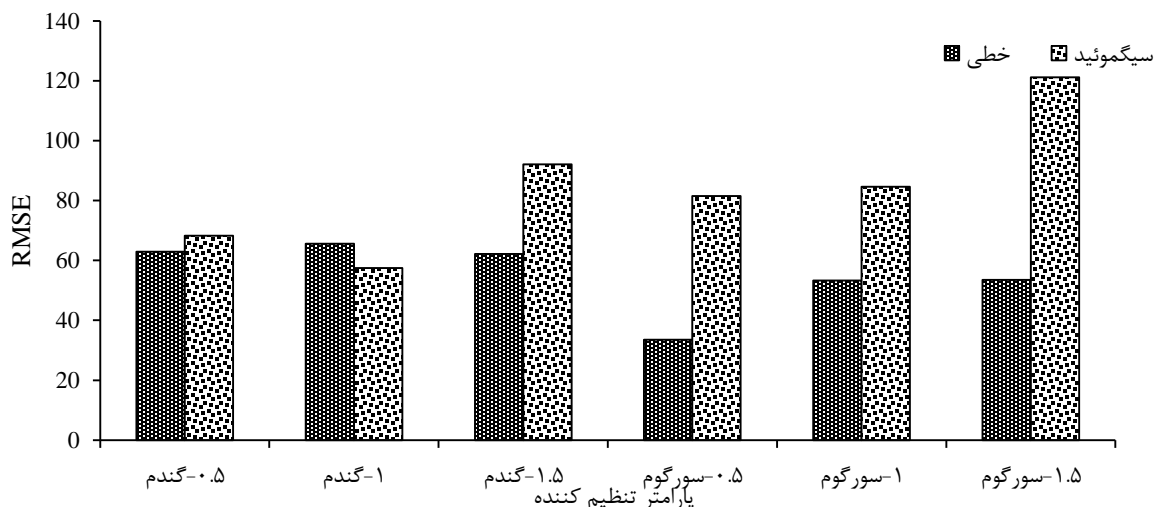
در این تحقیق از نرم افزار CROPWAT جهت تخمین نیاز آبی گندم و سورگوم استفاده شد که داده‌های ورودی شامل دمای بیشینه، دمای کمینه، رطوبت نسبی، سرعت باد، ساعات آفتابی و بارندگی در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ بودند. بیشترین مقدار نیاز آبی در هر دو محصول در سال ۲۰۱۷ و کمترین در سال ۲۰۰۲ برآورد شد. براساس آزمون من کندال نیاز آبی گندم و سورگوم دارای روند افزایشی معنی‌دار در طی دوره آماری بود. افزایش معنی‌دار نیاز آبی در تحقیق شیدائیان و همکاران (۱۳۹۳) و احمدیان و همکاران (۱۳۹۸) نیز مشاهده شد. جهت مدل‌سازی نیاز آبی با داده‌های هواشناسی از رگرسیون بردار پشتیبان استفاده شد که در این حالت داده‌های ورودی شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، رطوبت نسبی، سرعت باد و بارندگی در نظر گرفته شد. نتایج تحلیل حساسیت در شکل ۲ آورده شده است. روند تحلیل حساسیت مربوط به تابع کرنل و پارامتر تنظیم کننده می‌باشد.

¹ Mean Relative Error

² Root Mean Square Error

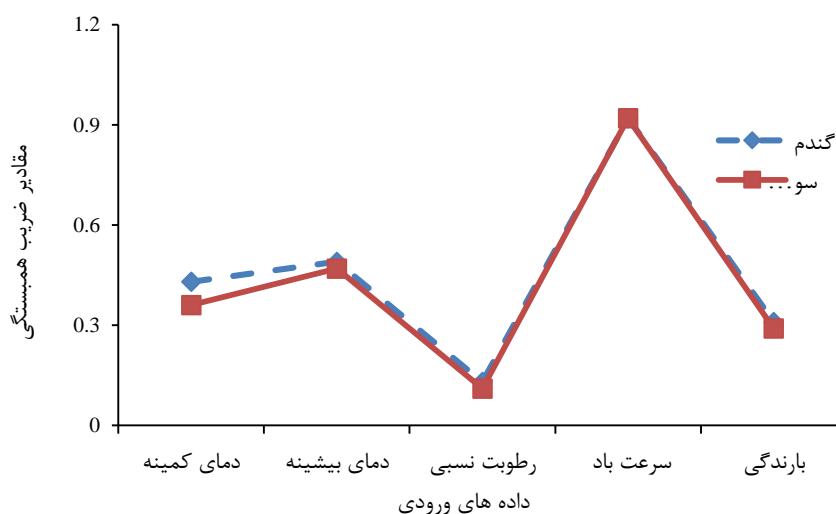
³ Relative Root Mean Squared Error

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



شکل ۲- نتایج تحلیل حساسیت تابع کرنل و پارامتر تنظیم کننده در رگرسیون بردار پشتیبان

براساس شکل ۲ کمترین میزان خطا در مورد محصول گندم مربوط به تابع سیگموئید و پارامتر تنظیم کننده برابر با ۱ و در مورد سورگوم تابع کرنل خطی و پارامتر تنظیم کننده برابر با ۰/۵ بود. تحلیل حساسیت از تاثیر چشمگیری بر روی نتایج برخوردار است، به طوری که میزان کاهش RMSE در مورد سورگوم از تابع سیگموئید به خطی در پارامتر تنظیم کننده ۰/۵ برابر با ۵۸/۸۵ درصد و در مورد گندم از تابع سیگموئید به خطی در پارامتر تنظیم کننده ۱/۵ برابر با ۳۲/۴۹ درصد بود. در بررسی دیگر تعداد داده‌های ورودی به مدل کاهش شد و در این حالت انتخاب داده‌های ورودی به رگرسیون بردار پشتیبان براساس بیشترین ضریب همبستگی داده‌های هواشناسی با نیاز آبی در نظر گرفته شد. مقادیر قدرمطلق ضرایب همبستگی در شکل ۳ آورده شده است.

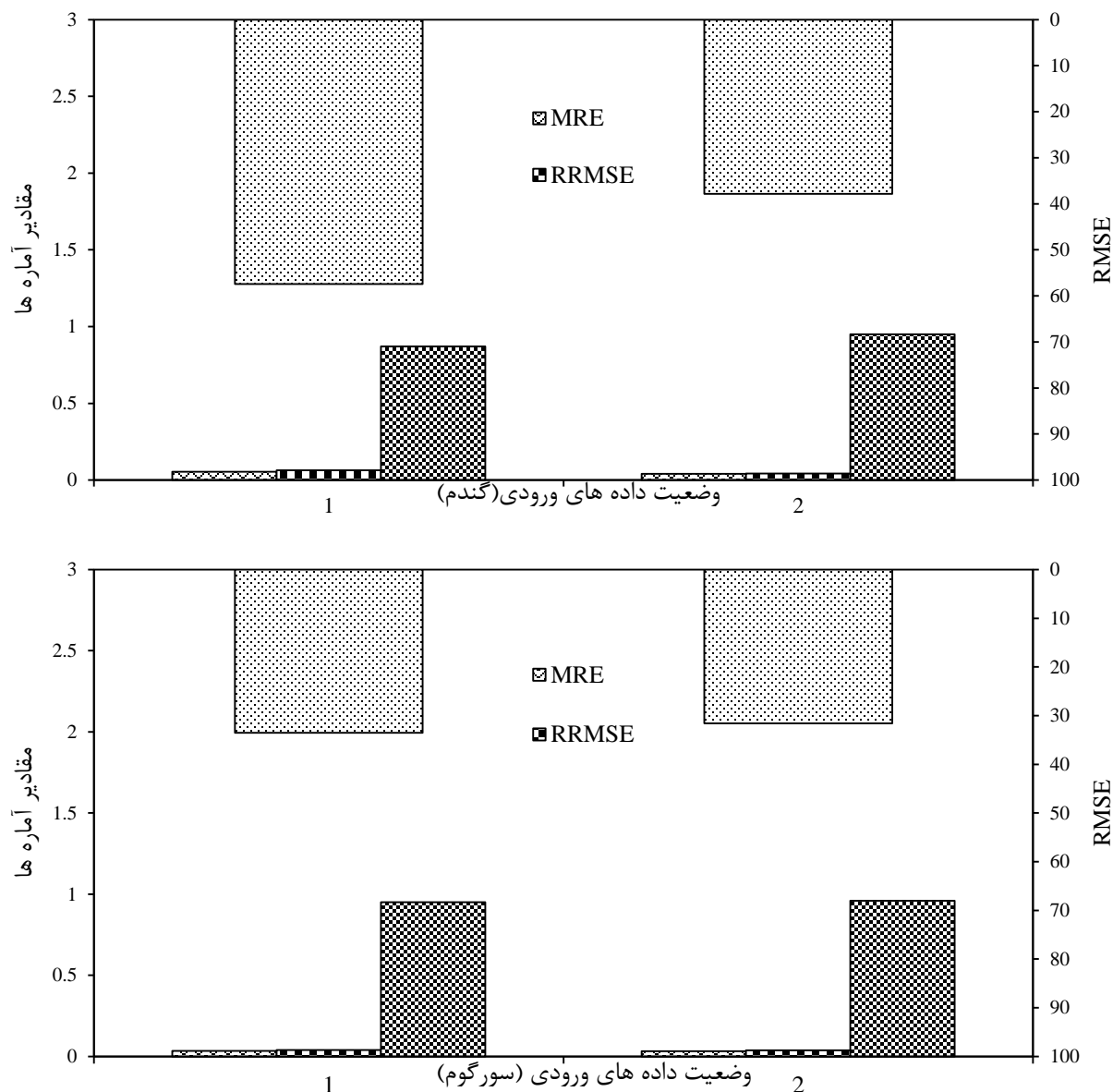


شکل ۳-مقادیر قدرمطلق ضریب همبستگی بین نیاز آبی با داده‌های هواشناسی

براساس شکل ۳، دمای بیشینه و سرعت باد دارای بیشینه مقدار ضریب همبستگی بودند. رطوبت نسبی هم دارای کمترین مقدار ضریب همبستگی بود. بنابراین جهت مدل‌سازی نیاز آبی با داده‌های هواشناسی از دمای بیشینه و سرعت باد (حالت ۲) به عنوان داده‌های ورودی رگرسیون بردار پشتیبان استفاده شد و نتایج با حالت ۵ متغیر ورودی (حالت ۱) مقایسه شد که شکل ۴ مقادیر

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

آماره‌های ارزیابی مربوط به مقایسه دو حالت را نشان می‌دهد (۲۰۱۴ - ۲۰۱۹ به عنوان دوره صحت‌سنجی در نظر گرفته شده است).



شکل ۴- بررسی تاثیر تغییر داده‌های ورودی در مدل‌سازی نیاز آبی

با توجه به شکل ۴ در صورت استفاده از داده‌های ورودی با ضرایب همبستگی بالا میزان خطای شبیه‌سازی کاهش می‌یابد، به عنوان نمونه میزان کاهش RMSE، MRE، RRMSE در مدل‌سازی نیاز آبی گندم از ورودی با تعداد ۵ به ورودی با تعداد ۲ به ترتیب برابر با ۳۴/۰۷، ۲۷/۲۷، ۳۴/۳۷ درصد و در مورد سورگوم به ترتیب برابر با ۵/۷۲، ۵/۱۲/۸۸، ۵/۵ بود. میزان افزایش ضریب همبستگی در گندم و سورگوم از ورودی با تعداد ۵ به ورودی با تعداد ۲ برابر با ۹/۱۹ و ۱۰/۵ درصد بود. میزان درصدهای کاهش خطاها و افزایش درصد مربوط به ضریب همبستگی در مدل‌سازی نیاز آبی گندم نسبت به سورگوم در وضعیت بهتری قرار دارد. همان طور که قبلا بیان شد بیشترین مقدار نیاز آبی در سال ۲۰۱۷ اتفاق افتاد که این مساله در مورد سورگوم در هر دو نوع مدل‌سازی مشاهده شد، ولی در مورد گندم فقط با تعداد دو داده ورودی این مساله حفظ شد. در حالت دوم که ملاک انتخاب براساس بیشینه

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

ضریب همبستگی بود، داده‌های دمای بیشینه و سرعت باد انتخاب شدند که دارای مقادیر بالای روند (آماره من - کندال) بودند. بنابراین برای بررسی تاثیر داده‌های ورودی بر مدل‌سازی نیاز آبی، داده‌های با بیشینه مقدار روند مورد بررسی قرار گرفتند که داده‌های دمای کمینه و سرعت باد به ترتیب دارای بیشترین مقادیر روند بودند. بنابراین مدل‌سازی با این دو داده انجام گرفت که در این حالت در مدل‌سازی نیاز آبی هر دو محصول هیچ گونه بهبودی حاصل نشد. در حالت دیگر از دمای کمینه و بارندگی به عنوان داده‌های ورودی مدل‌سازی نیاز آبی گندم استفاده شد. در این حالت نه تنها بهبودی در مقادیر نیاز آبی تخمینی مشاهده نشده بلکه مقادیر خطا در این حالت نسبت به تعداد ۵ متغیر ورودی افزایش قابل ملاحظه‌ای داشت، به‌عنوان نمونه در رگرسیون بردار پشتیبان با تابع کرنل سیگموئید و پارامتر تنظیم کننده برابر با ۱ مقدار کاهش RMSE، RRMSE و MRE از مدل‌سازی با دو داده ورودی (دمای کمینه و بارندگی) به مدل‌سازی با ۵ متغیر به ترتیب برابر با ۴۵/۱۴، ۴۵/۴۵ و ۴۰/۸۶ درصد بود. در حالت دیگر از دمای بیشینه و بارندگی به عنوان داده‌های ورودی در مدل‌سازی نیاز آبی گندم استفاده شد که در رگرسیون بردار پشتیبان با تابع کرنل سیگموئید و پارامتر تنظیم کننده برابر با ۱ مقدار کاهش RMSE، RRMSE و MRE از مدل‌سازی با دو داده ورودی (دمای بیشینه و بارندگی) به مدل‌سازی با ۵ متغیر به ترتیب برابر با ۵۱/۰۳، ۵۰/۷۶ و ۵۰ درصد بود. اگر مقایسه‌ای بین درصدهای کاهش یافته خطا در مدل‌سازی نیاز آبی گندم با داده‌های ورودی (دمای بیشینه و بارندگی) و (دمای کمینه و بارندگی) انجام گیرد، درصدهای کاهش یافته داده‌های ورودی مربوط به دمای بیشینه و بارندگی بیشتر از دمای کمینه و بارندگی است. دلیل این مساله را هم می‌توان به مقادیر بالای ضریب همبستگی دمای بیشینه نسبت داد. تغییر داده‌های ورودی به دمای کمینه و رطوبت نسبی نیز در مدل‌سازی نیاز آبی گندم مورد مطالعه قرار گرفت که خطا نسبت به حالت ۵ داده ورودی افزایش داشت. تعیین پارامترهای مهم و یا انتخاب ترکیب مناسب از آنها نقش مهمی در مدل‌سازی ریاضی و هوشمند دارد (ظهیری و همکاران ۱۳۹۰).

نتیجه گیری

تخمین نیاز آبی محصولات بخش اصلی طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های منابع آب و کشاورزی است. از عوامل موثر در برآورد نیاز آبی عوامل اقلیمی می‌باشد که این مساله در قالب مدل‌سازی داده‌های هواشناسی و نیاز آبی گندم و سورگوم انجام گرفت. داده‌های ورودی جهت مدل‌سازی با روش‌های مختلفی انتخاب شدند ۱- بیشینه ضریب همبستگی نیاز آبی با داده‌های هواشناسی ۲- بیشینه روند در داده‌های هواشناسی ۳- بصورت تصادفی. کاهش خطا و افزایش ضریب همبستگی فقط در صورت استفاده از داده‌هایی با ضریب همبستگی بالا مشاهده شد. در حالت تصادفی از چینش‌های مختلف داده‌های ورودی مانند دمای کمینه و رطوبت نسبی، دمای کمینه و بارندگی استفاده شد که این چینش‌ها نتوانستند خطاها را کاهش دهند، فقط در حالت تصادفی استفاده از داده‌های با ضریب همبستگی بالا، میزان خطا را نسبت به سایر چینش‌های تصادفی کاهش داد. بنابراین به دلیل تاثیر عوامل اقلیمی بر نیاز آبی، انتخاب دقیق متغیرهای ورودی در مدل‌سازی از اهمیت چشمگیری برخوردار است و در نهایت جهت افزایش دقت در برآورد نیاز آبی دو نکته قابل توجه است ۱- استفاده از روش دقیق و مناسب در انتخاب داده‌های ورودی موثر بر نیاز آبی ۲- استفاده از مدلی کارآمد در مدل‌سازی بین نیاز آبی و داده‌های هواشناسی.

منابع

احمدیان، م، سبحانی، ب. جهانبخش اصل، س. (۱۳۹۸). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی درخت سیب در طول دوره رشد (مطالعه موردی: ایستگاه‌های ارومیه و سمیرم). مجله مخاطرات محیط طبیعی ۸ (۲۱): ۱۶۲-۱۴۷.

رضائی اعتدالی، ه، نظیر ب. توکلی، ع. پارسی نژاد، م. (۱۳۸۸). ارزیابی مدل CROPWAT در مدیریت کم آبیاری گندم و جو در منطقه کرج. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۳ (۱): ۱۱۹-۱۲۹.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

- سزائی تبریزی، م، پارسى نژاد، م. بابازاده، ح. (۱۳۹۳). ارزیابی کارائی مدل CROPWAT 8.0 در پیش بینی و برآورد مصرف آب و میزان عملکرد محصول سویا با استفاده از داده های مزرعه ای در منطقه کرج ۱۶۱،۱۰۲ - ۱۷۰.
- شعبانی، ب، موسوی بایگی، م. جباری نوقابی، م. (۱۳۹۵). پیش بینی تغییرات نیاز آبی برخی از محصولات کشاورزی دشت مشهد ناشی از تغییرات دمای هوا. علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی آبیاری) ۳۹(۲):۱-۱۳.
- شیدائیان، م، ضیاء تبار احمدی، م.خ. فضل اولی، ر. (۱۳۹۳). تاثیر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد محصول برنج (مطالعه موردی دشت تجن). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۸(۶): ۱۲۹۷-۱۲۸۴.
- ظهیری، ع، قبایی سوق، م. مساعدی، ا. (۱۳۹۰). تعیین پارامترهای موثر و ترکیب بهینه آن ها به منظور مدل سازی دبی رودخانه های سیلابی. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۲۵(۶): ۱۴۸۰-۱۴۹۳.
- Casolani, N., Cartone, A., Postiglione, P., Liberatore, L. (2020). Climate variability in agriculture and crop water spatial analysis of Italian provinces. *Journal of Cleaner Production*, 262,121331,1-9.
- Chen, S.T., Yu, P.S., Tang, Y.H. (2010). Statistical downscaling of daily precipitation using support vector machines and multivariate analysis. *Journal of hydrology*, 385,13-22.
- Gabr, M.E, Fattouh, E.M. (2020). Assessment of irrigation management practices using FAO-CROPWAT 8, case studies: Tina Plain and East South El-Kantara, Sinai, Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*,
- Gurara, M.A, Jilo, N.B, Tolche, A.D. (2021). Impact of climate change on potential evapotranspiration and crop water requirement in upper wabe bridge watershed, Wabe Shebele River Basin, Ethiopia. *Journal of African Earth Sciences*, 27,104223,(1-15)
- Stancalie, G., Marica, A., Toullos, L. (2010). Using earth observation data and CROPWAT model to estimate the actual crop evapotranspiration. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(1-2),25-30.
- Zhou, H., Zhao W.Z. (2019). Modeling soil water balance and irrigation strategies in a flood-irrigated wheat-maize rotation system. A case in dry climate, China. *Agricultural Water Management*, 20(221),286-302.

Evaluation the effect of climatic factors on water requirement estimation for sustainable management of water resources

Laleh Parviz

Associate Professor, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University(laleh_parviz@yahoo.com)

Abstract

With rapid growth of population and the need for water supply schemes, the adoption of irrigation management strategies has great importance. In this study, water requirement of wheat and sorghum in East Azerbaijan province (Mieneh) were estimated using support vector regression with emphasis on the impact of climatic factors. In the first case, minimum temperature, maximum temperature, precipitation, wind speed and relative humidity during 2000-2019 were used as input data. In the second case, the selection of input data was basis on the maximum correlation coefficient of data with water requirement which maximum temperature and wind speed were selected. In the second case, the error values of water requirement estimation was reduced, so that the percentage reduction of RMSE and RRMSE from first to second case for wheat water requirement was 34.07% and 34.37%, respectively and for sorghum was 5.72% and 5.12%, respectively. The correlation coefficient increasing from first to second case for wheat and sorghum was equal to 9.91% and 1.05%. Other input data such as minimum temperature and precipitation were also examined to model water requirement and in this case the error value (increasing 45.14% RMSE) increased compared to the first case. Therefore, the type of input data is important in modeling of water requirement and it is necessary to determine the effective data in modeling.

Key words: Water requirement, Correlation coefficient, Modeling, Effective data

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

برآورد فرسایش پذیری بادی خاک سواحل شرقی دریاچه ارومیه

ساغر چاخرلو^{۱*}، علی اصغر جعفرزاده^۲

*دکترای پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز، saghar.chakherloo@yahoo.com

^۲استاد پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

چکیده

فرسایش‌پذیری بادی یکی از مهمترین پارامترهای تعیین‌کننده فرسایش بادی تحت شرایط آب و هوایی معین می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق تهیه نقشه فرسایش‌پذیری بادی خاک از طریق ارتباط تجربی بین تصاویر ماهواره‌ای و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی در سواحل شرقی دریاچه ارومیه می‌باشد. نتایج حاصله از آزمایش‌های تونل‌باد با ارتفاع ۲۰ سانتیمتر از کف تونل، بیانگر فرسایش‌پذیری بادی میانگین $(2/92) ((g\ m^{-2}\ min^{-1})/(m\ s^{-1}))$ است. نتایج رگرسیون گام به گام نیز نشان داد که از بین ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک‌ها، جزء فرسایش‌پذیر مهمترین ویژگی خاک است که در تخمین فرسایش‌پذیری مورد استفاده قرار می‌گیرد و با فرسایش‌پذیری بادی خاک همبستگی مثبت دارد. میانگین وزن قطر خاکدانه‌ها با فرسایش‌پذیری خاک همبستگی منفی معنی‌داری داشته و هیچ رابطه‌ای بین ویژگی‌های شیمیایی خاک و فرسایش‌پذیری یافت نشد. شبکه عصبی مصنوعی قابلیت بالاتری در طبقه‌بندی و نقشه‌برداری فرسایش‌پذیری داشته و در نهایت نتایج نشان داد که دقت کلی طبقه‌بندی ۵۷/۱٪ می‌باشد.

کلمات کلیدی: تونل باد، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، دریاچه ارومیه، نقشه‌برداری رقومی، فرسایش‌پذیری خاک

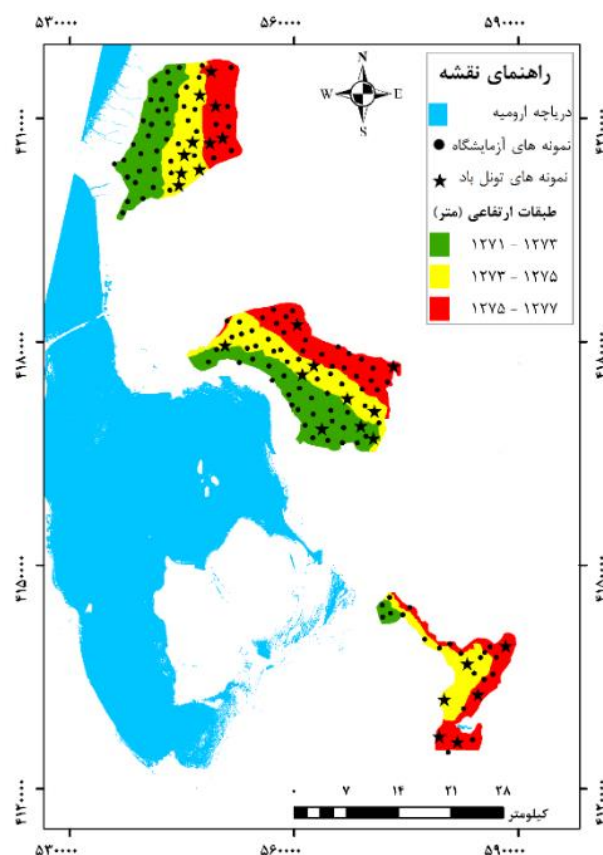
مقدمه

باد به عنوان یکی از محرک‌های اصلی فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ذرات خاک را حمل کرده و منجر به فرسایش بادی در اراضی فرسایش‌پذیر می‌شود. از جمله مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی برونزدگی‌های حاصل از پس‌روی دریاچه ارومیه است که احتمال می‌رود با خشک شدن دریاچه ارومیه و افزایش رسوبات فرسایش‌پذیر، شدت آن در منطقه افزایش یابد. فرسایش‌پذیری بادی خاک یکی از مهمترین پارامترهای تعیین‌کننده فرسایش بادی تحت شرایط آب و هوایی معین می‌باشد (حسن و مصطفی ۲۰۱۱). فرسایش‌پذیری تحت تأثیر ویژگی‌های خاک به ویژه توزیع اندازه ذرات، پایداری خاکدانه‌ها، محتوای ماده آلی و ترکیبات شیمیایی است (مصطفی و مدنی ۲۰۰۴). مطالعات نسبتاً زیادی به بررسی و آنالیز رابطه بین فرسایش‌پذیری و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک از قبیل درصد ذرات سیلت، شن، رس و نیز نسبت‌های آنها، مواد آلی، کربنات کلسیم معادل، کربن آلی، هدایت الکتریکی، رطوبت، زبری سطح، میانگین وزنی خاکدانه‌ها، جرم مخصوص ظاهری و غیره پرداخته‌اند (زمانی و محمود آبادی ۲۰۱۳). بر اساس تحقیقات نگیزی و همکاران (۲۰۱۶) اندازه و پایداری خاکدانه‌های خاک از عوامل تأثیرگذار بر فرسایش‌پذیری بادی می‌باشد. پاستور و همکاران (۲۰۱۶) بافت خاک را به عنوان یک عامل بسیار مهم و موثر بر فرسایش‌پذیری بادی خاک گزارش نموده و کولازو و بوچیازو (۲۰۱۰) نیز خاک‌های شنی را به طور ذاتی فرسایش‌پذیرتر از خاک‌های ریزبافت گزارش نموده‌اند. شاخص جزء فرسایش‌پذیری یکی از پرکاربردترین شاخص‌های فرسایش‌پذیری بادی می‌باشد که اولین بار توسط چپیل در سال ۱۹۵۰ معرفی و پس از آن این شاخص به طور وسیعی در مطالعات مربوط به فرسایش بادی استفاده شده است (سیکس و همکاران ۲۰۱۱). کاهش سطح آب دریاچه ارومیه با توجه به اینکه سال‌ها شاهد ورود و رسوب انواع زباله‌های مختلف و رسوب خود نمک‌های مختلف بوده حائز اهمیت می‌باشد. برخاستن این مواد رسوب یافته از بستر دریاچه در اثر پسرقت آب و فرسایش بادی خواهد توانست مناطق مختلف دور و

نزدیک را تحت تاثیر قرار دهد. از این رو هدف اصلی این تحقیق ایجاد رابطه بین فرسایش پذیری بادی خاک با ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آن و شبیه‌سازی ساحل شرقی دریاچه از لحاظ فرسایش پذیری بادی در محیط ArcMap 10.8 می‌باشد.

مواد و روش‌ها

دریاچه ارومیه بین $37^{\circ}9'$ تا $38^{\circ}12'$ و عرض شمالی و $45^{\circ}6'$ تا 46° طول شرقی قرار گرفته و سطح اکولوژی آن ۱۲۷۴ متر می‌باشد. در سال ۱۳۹۶ که نمونه برداری این تحقیق از ساحل دریاچه انجام گردید سطح تراز دریاچه ۱۲۷۰/۹۹ متر بوده و در شرایط فعلی (۱۳۹۹) به ۱۲۷۲ متر رسیده است. مطالعاتی در مورد کلیات منطقه مورد مطالعه انجام و منطقه به سه سایت مطالعاتی (شمالی، میانی، جنوبی) تقسیم بندی گردید که هر کدام از این سایت‌ها براساس ارتفاع از سطح آب‌های آزاد به سه لایه ارتفاعی طبق شکل ۱ تقسیم بندی شده است. منطقه شمالی دارای مساحت ۲۲۳ کیلومتر مربع، منطقه میانی با مساحت ۲۷۴ کیلومتر مربع و منطقه جنوبی دارای ۱۱۵ کیلومتر مربع مساحت انتخاب شدند (شکل ۱). جهت بررسی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک‌ها، نمونه‌ها از ۱۵۳ نقطه با مختصات ثبت شده در دستگاه مکان یاب جغرافیایی (GPS^۱) از سه لایه ارتفاعی موجود در سایت‌ها از عمق ۰-۱۰ سانتی متری تهیه و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. سپس ۲۶ نمونه تصادفی از این سه سایت انتخاب و از هر یک حدود ۱۰ کیلوگرم برای مطالعه فرسایش پذیری خاک به آزمایشگاه تونل باد منتقل و مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه برداری شده از سه منطقه شمالی، میانی و جنوبی برای آزمایشات فیزیکی شیمیایی و تونل باد.

1 Global Positioning System

همچنین تمامی نقاط نمونه برداری وارد شده به GPS همراه با مختصات طول و عرض جغرافیایی وارد محیط نرم افزار Arc Map 10.8 گردیده و روی تصویر DEM قرار گرفته و مناطق مورد مطالعه برش داده شدند. سپس با الحاق ویژگی‌هایی مثل ضریب فرسایش پذیری خاک به بانک اطلاعاتی لایه، نقاط نمونه برداری شده ارزش گذاری شدند. برای محاسبه ضریب فرسایش پذیری خاک بین دو نقطه نمونه برداری شده از کریجینگ^۱ استفاده و در نهایت نقشه فرسایش پذیری بادی خاک مناطق مورد مطالعه در محیط نرم افزار ترسیم گردید.

نتایج و بحث

بررسی‌های انجام گرفته در رابطه با ویژگی‌های فیزیکیو شیمیایی و فرسایش پذیری بادی خاک بیانگر این است که بین ویژگی‌های شیمیایی با فرسایش پذیری بادی خاک ارتباطی وجود نداشته و در بین ویژگی‌های فیزیکی خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه و جزء فرسایش پذیر خاک ارتباط قوی و معنادار با فرسایش پذیری بادی دارند (شکل ۳). نتایج تحقیقات دیگر نیز همانند (راککار و همکاران ۲۰۱۹) ارتباط این دو ویژگی را با فرسایش پذیری بادی خاک مورد تایید قرار داده‌اند. شاخص جزء فرسایش پذیر یکی از پرکاربردترین شاخص‌های فرسایش پذیری بادی می‌باشد که اولین بار توسط چپیل در سال ۱۹۵۰ معرفی شده است و پس از آن از این شاخص به طور وسیعی در مطالعات مربوط به فرسایش بادی استفاده شده است (وانگ و همکاران ۲۰۱۹). این شاخص در برخی از مدل‌های مربوط به فرسایش بادی از قبیل WEQ و RWEQ به عنوان عامل فرسایش پذیری خاک به کار گرفته شده است. مطابق تحقیقات نگیزی و همکاران (۲۰۱۶) و زمانی و محمودآبادی (۲۰۱۳)، اندازه و ثبات خاکدانه‌های خاک عوامل مؤثر در فرسایش پذیری باد هستند و با افزایش MWD میزان فرسایش پذیری خاک کاهش یافته است. زمانی و محمودآبادی (۲۰۱۳) با بررسی فرسایش پذیری بادی در سه نوع خاک با MWD های متفاوت نشان دادند که با افزایش مقدار MWD مقدار فرسایش پذیری بادی خاک کاهش می‌یابد. بر اساس تحقیقات نگیزی و همکاران (۲۰۱۶) اندازه و پایداری خاکدانه‌ها در خاک از عوامل تأثیرگذار بر فرسایش پذیری بادی می‌باشند. جزء فرسایش پذیر و میانگین وزنی خاکدانه‌ها می‌توانند منجر به پیش‌بینی دقیق‌تر فرسایش پذیری خاک شود. همبستگی بین جزء فرسایش پذیر و فرسایش پذیری بادی خاک مثبت و معنی‌دار و همبستگی بین میانگین وزنی خاکدانه‌ها با فرسایش پذیری بادی خاک منفی و معنی‌دار بوده و این بدان معنی است که با افزایش درصد ذرات فرسایش پذیر، ضریب فرسایش پذیری افزایش می‌یابد. شاخص جزء فرسایش پذیر ویژگی مؤثر در برآورد فرسایش پذیری است و می‌تواند به عنوان یک شاخص برای نشان دادن حساسیت خاک مورد استفاده قرار گیرد. معادله رگرسیون خطی ایجاد شده بین ضریب فرسایش پذیری خاک و ویژگی‌های فوق در معادله ۱ قابل مشاهده است.

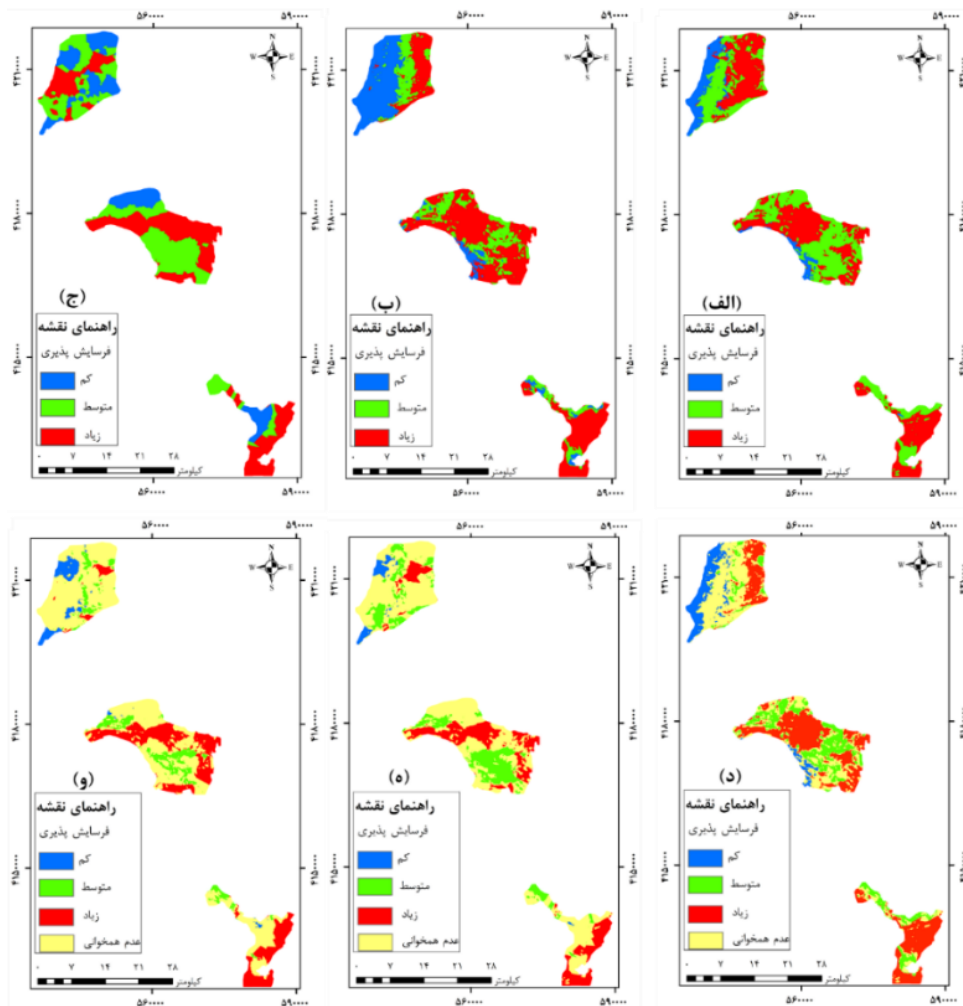
$$SE = 0.38 \times EF + 0.64 \quad (1)$$

نقشه فرسایش پذیری بادی

برای کالیبراسیون این طبقه‌بندی، فرسایش پذیری بادی برآورد شده توسط معادله توسعه یافته در ۱۲۷ نمونه و برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی، فرسایش پذیری بادی که توسط یک تونل باد روی ۲۶ نمونه اندازه‌گیری شده بود استفاده گردید که نقشه فرسایش پذیری تولید شده توسط تصویر Landsat-8 و Sentinel-2 با روش ANN^۲ و روش درون‌یابی کریجینگ در شکل ۴ نشان داده شده است.

2 Kriging

1 Artificial Neural Network



شکل ۴- نقشه فرسایش پذیری خاک منطقه مورد مطالعه ایجاد شده از تصاویر الف) Sentinel-2 و ب) Landsat-8 و روش ANN، ج) نقشه فرسایش پذیری پذیرد ایجاد شده روش درون یابی کریجینگ، همخوانی و تعارض بین نقشه های ایجاد شده از (د) تصاویر Sentinel-2 و Landsat-8، ه) درون یابی کریجینگ و Sentinel-2، و) درون یابی کریجینگ و Landsat-8.

همان طور که در نقشه مذکور مشاهده می شود قسمت جنوبی ساحل شرقی فرسایش پذیرتر از قسمت های میانی و شمالی می باشند. در قسمت شمالی، میانی و جنوبی ساحل شرقی میانگین فرسایش پذیری بادی به ترتیب $2/94$ ، $3/02$ و $((g\ m^{-2}\ min^{-1})/(m\ s^{-1}))$ می باشد. با توجه به حساسیت بیشتر مناطق جنوبی در مقابل فرسایش بادی، لذا این منطقه از اهمیت بالایی در محافظت از خاک و کنترل و پیشگیری از فرسایش بادی برخوردار است. با توجه به بررسی های میدانی صورت گرفته، یکی از مهم ترین دلایل این امر را می توان به وجود دامپروری در منطقه جنوبی ساحل اشاره نمود که به دلیل چرای مفرط موجب از بین رفتن پوشش گیاهی شده و عبور و مرور حیوانات نیز موجب تخریب سله سطحی و یا ساختمان خاک سطحی می شوند که این امر موجب فراهمی ذرات ریزتر و فرسایش پذیر در سطح خاک می گردد.

جدول ۴- توزیع کلاس‌ها، فرآیند همپوشانی و مطابقت بین نقشه‌های تولید شده توسط تصاویر Landsat-8 و Sentinel-2.

داده-روش	درصد			تعارض
	پایین	متوسط	بالا	
لندست	۲۳/۸۸	۲۴/۶۴	۵۱/۳۹	-
سنتینل	۱۰/۶۴	۴۱/۹۷	۴۷/۳۹	-
کریچینگ	۲۱/۵	۳۸/۳	۴۰/۲	-
لندست-سنتینل	۹/۶	۱۶/۸	۳۶/۸	۳۶/۸
کریچینگ-سنتینل	۲/۵۶	۱۷/۹۵	۲۱/۷۹	۵۷/۷
کریچینگ-لندست	۴/۷۸	۹/۷۸	۲۴/۷۵	۶۰/۶۹

در شکل و جدول ۴ همپوشانی بین نقشه‌های تولید شده و کریچینگ قابل مشاهده می‌باشد. کریچینگ به تنهایی قادر به نشان دادن دقت بیشتری در نقشه نبوده، اما تلفیق تصاویر ماهواره و روش درون‌یابی باهم منجر به افزایش دقت نقشه می‌گردد که تحقیقات پژوهشگران دیگر نیز این مطلب را تایید می‌کند. شهبازی و همکاران (۲۰۱۹) نیز توزیع مکانی رس و آهن خاک را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۷ و ۸، در طول سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۹۹ در ساحل شرقی دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار دادند و مدلی را برای پیش‌بینی مقدار رس و آهن خاک ارائه نمودند. مکی‌براتی و همکاران (۲۰۰۳) تکنیک‌های مختلفی از مدل‌سازی مورد استفاده در نقشه‌برداری دیجیتال خاک، رگرسیون خطی و غیرخطی، شبکه‌های عصبی، سیستم‌های فازی، سطوح روند و کریچینگ را مورد بررسی قرار دادند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که تصاویر Landsat-8 و Sentinel-2 اطلاعات مشابهی در مورد فرسایش‌پذیری نشان داده و استفاده از هر دو در نقشه‌برداری فرسایش‌پذیری در کنار هم ضروری نیست. استفاده از تصاویر ماهواره دقت و صحت بیشتری نسبت به روش درون‌یابی دارند. در بین متغیرهای فیزیکوشیمیایی بالاترین همبستگی را با دو ویژگی جزء فرسایش‌پذیر و میانگین وزنی خاکدانه نشان داد، به گونه‌ای که با کاهش میانگین وزنی خاکدانه‌ها و با افزایش جزء فرسایش‌پذیر و ذرات شن مقدار فرسایش‌پذیری بادی افزایش می‌یابد. با توجه به این که در ساحل شرقی دریاچه همبستگی قوی و معنی‌داری بین فرسایش‌پذیری بادی با دو ویژگی جزء فرسایش‌پذیر (ذرات ثانویه کوچکتر از ۰/۸۵ میلی‌متری) و میانگین وزنی خاکدانه‌ها مشاهده شد.

منابع مورد استفاده

Chepil W, 1950. Methods of estimating apparent density of discrete soil grains and aggregates. *Soil Science* 70: 351-362.

Colazo JC and Buschiazzo DE, 2010. Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma* 159: 228-236.

Hassan AA and Mustafa MA, 2011. Assessment and mapping of wind erodibility of aridisols and entisols in the River Nile State, Sudan. Pp. 425-442. The 5th Annual Conference - Agricultural and Veterinary Research - February. Khartoum.

McBratney AB, Santos MLM and Minasny B, 2003. On digital soil mapping. *Geoderma* 117: 3-52.

Mustafa MA and Medani GH, 2004. Wind erodibility of soils from Khartoum State. University of Khartoum. *Journal of Agricultural Sciences* 11: 149-164.

- Négyesi G, Lóki J, Buró B and Szabó S, 2016. Effect of soil parameters on the threshold wind velocity and maximum eroded mass in a dry environment. *Arab Journal Geoscience* 9:1-10.
- Pasztor L, Négyesi G, Laborczi A and Kovacs T, 2016. Integrated spatial assessment of wind erosion risk in Hungary. *Hazards Earth System Science* 16: 2421–2432.
- Rakkar MK, Blanco-Canqui H and Tatarko J, 2019. Predicting soil wind erosion potential under different corn residue management scenarios in the central Great Plains. *Geoderma* 353: 25-34.
- Shahbazi F, McBratney A, Malone B, Oustan Sh and Minasny B, 2019. Retrospective monitoring of the spatial variability of crystalline iron in soils of the east shore of Urmia Lake. *Geoderma* 337: 1196–1207.
- Six J, Guggenberger G, Paustian K, Haumaier L, Elliott ET and Zech W, 2001. Sources and composition of soil organic matter fractions between and within soil aggregates. *European Journal of Soil Science* 52: 607–618.
- Wang R, Li Q, Zhou N, Chang CH, Gou ZH and Li J, 2019. Effect of wind speed on aggregate size distribution of windblown sediment. *Aeolian Research* 36: 1-8.
- Zamani S and Mahmoodabadi M, 2013. Effect of particle –size distribution on wind erosion rate and soil erodibility. *Archives of Agronomy and Soil Science* 59: 1743-1753.

Soil Wind Erodibility of the Urmia Lake Eastern shores

Saghar Chakherlou^{1*}, Ali Asghar Jafarzadeh²

¹PhD in Soil Genesis, Classification and Evaluation, Soil Science Department, University of Tabriz, saghar.chakherloo@yahoo.com

²Professor of Soil Genesis, Classification and Evaluation, Soil Science Department, University of Tabriz

Abstract

Wind erodibility is one of the most important determining parameters of wind erosion under certain climatic conditions. The main objective of this research was mapping of soil erodibility through empirical relationship between satellite imagery and physicochemical properties and estimation of soil erosion using a comprehensive assessment model, Wind tunnel experiments at a distance of 20 cm from the tunnel floor, revealed wind erodibility of 2.92 ((g m² min⁻¹)/(m s⁻¹)). Also stepwise regression results showed that among the physicochemical properties of soils, erodible fraction was the most important soil property which used in estimating erodibility and has a positive correlation with soil erodibility. The mean weight of aggregate diameter had negative correlation with soil erodibility and no relationship was found between soil chemical properties and erodibility. the artificial neural network has a higher capability in classifying and mapping erodibility. Finally the results showed that the overall classification accuracy is 57.1%.

Key Words: Wind tunnel, physicochemical properties, Urmia Lake, Digital mapping, Soil erodibility

کاربرد RS و GIS در برآورد فرسایش بادی خاک ساحل شرقی دریاچه ارومیه

ساغر چاخرلو^{۱*}، علی اصغر جعفرزاده^۲

*دکترای پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز، saghar.chakherloo@yahoo.com

^۲استاد پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

چکیده

فرسایش بادی از جنبه‌های تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در این تحقیق برای برآورد فرسایش بادی خاک در ساحل شرقی دریاچه ارومیه از مدل ارزیابی جامع استفاده شد که با دقت کلی ۶۶/۱۲٪ موثر بوده و در آن از شش عامل مهم فرسایش‌پذیری بادی خاک، شاخص‌های خشکی و پوسته خاک، پوشش گیاهی، شدت باد و تعداد روزهای برفی استفاده شده است. نمونه‌ها بصورت تصادفی از سایت‌های انتخابی تهیه و جهت بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. از روش AHP برای تعیین وزن هر عامل در یک سیستم چند معیاری طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۵ استفاده و پوشش گیاهی بسیار ضعیف منطقه با تغییرات سالیانه ناچیز به عنوان مهمترین عامل موثر در مدل فرسایش بادی شناخته شد. نتایج نشان داد، فرسایش زیاد دقت (۰/۷۶)، فرسایش کم (۰/۶۴) و فرسایش متوسط (۰/۵۷) را نشان می‌دهند. صحت مدل ارائه شده در تبیین کلاس فرسایش بادی شدید ($WEI > 0.53$) بیشتر از سایر کلاس‌ها بوده و بیانگر قرار گرفتن ۴۵/۵۶٪ از منطقه مورد مطالعه است. صحت ارزیابی کلی مدل فرسایش بادی خاک ایجاد شده در این تحقیق می‌تواند کاربرد خوبی در منطقه شرق دریاچه ارومیه داشته باشد. نتایج بیانگر روند کاهش شدت فرسایش از مناطق میانی به شمالی و جنوبی است.

کلمات کلیدی: فرسایش بادی خاک، ساحل شرقی دریاچه ارومیه، AHP، GIS، RS

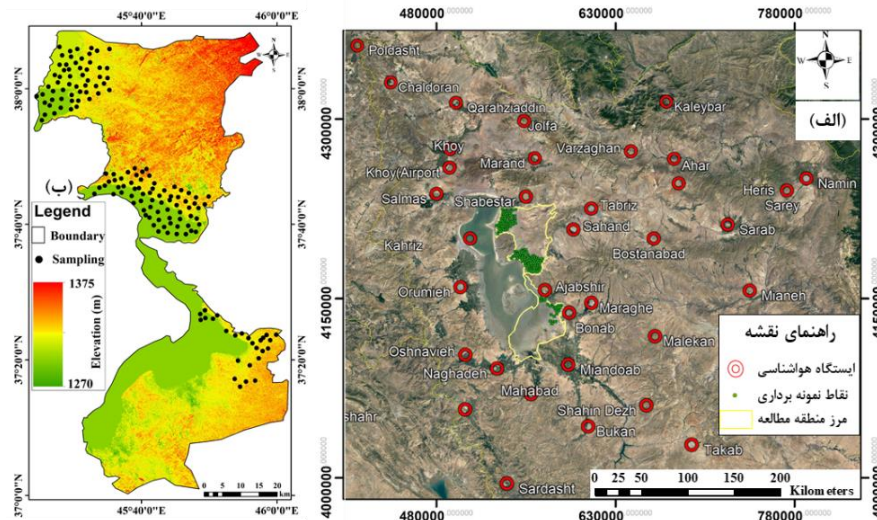
مقدمه

فرسایش بادی یکی از مشکلات جدی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه است که از پیامدهای مهم آن می‌توان به افت کیفیت هوا اشاره نمود (Vermier et al., 2005) و تشکیل طوفان‌های گردوغبار و ریزگردها (Diyaz et al., 2010) همچنین باعث کاهش میدان دید و استهلاک ماشین آلات صنعتی (Hagen et al., 2010)، تخریب ساختمان خاک (Zhao et al., 2006)، تخلیه ذرات حاصلخیز خاک (Gomez et al., 2003)، بیابان‌زایی و تخریب محصولات کشاورزی (Zamani & Mahmoodabadi, 2013) می‌گردد. برونزدهای حاصل از پسروی دریاچه ارومیه و افزایش خشکی و از بین رفتن پوشش گیاهی می‌تواند منجر به افزایش فعالیت طوفان گرد و غبار شود (Munson et al., 2011). باد به عنوان یکی از محرک‌های اصلی فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ذرات خاک را حمل کرده و منجر به فرسایش باد در اراضی فرسایش‌پذیر می‌شود. در دهه‌های اخیر، تأثیر تغییرات آب و هوایی به ویژه در اکوسیستم مناطق خشک و نیمه‌خشک مشهود بوده (Tegen et al. 2004؛ Solomon et al. 2007) و تحقیقات سیستماتیک مربوط به فرسایش بادی خاک در حال حاضر با مشاهدات میدانی انجام می‌شود (Dong et al., 2004). هدف از این تحقیق برآورد فرسایش بادی در ساحل شرقی دریاچه ارومیه با توجه به اطلاعات بدست آمده از داده‌های زمینی و سنجش از دور است (با در نظر گرفتن این مسئله که تاکنون فرسایش بادی برای این منطقه برآورد نشده بود) که در مدل ارائه شده از شش عامل مهم فرسایش‌پذیری بادی خاک، شاخص‌های خشکی و پوسته خاک، پوشش گیاهی، شدت باد و تعداد روزهای برفی استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

دریاچه ارومیه به عنوان بزرگترین سطح آبی ایران است که در مختصات جغرافیایی بین ۳۷° ۹' تا ۳۸° ۱۲' عرض شمالی و ۴۵° ۶' تا ۴۵° ۵۴' طول بوده که منطقه مورد مطالعه ما در ساحل شرقی دریاچه واقع شده است (شکل ۱). مجموعه داده‌های هواشناسی از

سایت سازمان هواشناسی کشور تهیه و بارش روزانه (میلی متر)، درجه حرارت روزانه (C°)، پوشش برف ماهانه (روز) و سرعت باد (متر بر ثانیه) در طی سال ۲۰۰۵-۲۰۱۷ از ۳۵ ایستگاه هواشناسی در منطقه مورد مطالعه و اطراف آن جمع‌آوری شد (شکل ۱).



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و توزیع ایستگاه‌های هواشناسی

شاخص نرمال سازی پوشش گیاهی (NDVI)

داده‌های NDVI از تصاویر سنجنده‌های TM، ETM⁺ و OLI ماهواره لندست سری ۷ و ۸ در طی سال ۲۰۰۵-۲۰۱۷ با قدرت تفکیک ۳۰ متری محاسبه شد. سپس NDVI ماهانه به روش ارزش‌های حداکثری^۱ (MVC) به دست آمد.

اطلاعات خاک (Soil database)

پس از نمونه‌برداری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و در مجاورت هوا خشک گردیدند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و فرسایش-پذیری خاک و توزیع اندازه خاکدانه‌ها تعیین شدند. تعیین پایداری خاکدانه‌ها به روش الک خشک (Kemper & Rosenau, 1986)، جزء فرسایش‌پذیر خاک (Lopez et al., 2007)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک (Nimmo & Perkins, 2002) بر اساس روش‌های استاندارد ذکر شده اندازه‌گیری شدند.

استاندارد سازی فاکتور

از آنجا که عوامل در واحدهای مختلف اندازه‌گیری شدند، برای حذف تفاوت واحد بین متغیرها در خصوصیات اندازه‌گیری شده (Var)، استانداردسازی لازم بوده و متغیرها را می‌توان با استفاده از معادلات (۱) و (۲) به متغیرهای با واحد کمتر (۰-۱) مورد پردازش قرار داد.

$$I_i = \frac{Var - Var_{min}}{Var_{max} - Var_{min}} \quad (\text{مثبت}) \quad (1)$$

$$I_i = \frac{Var_{max} - Var}{Var_{max} - Var_{min}} \quad (\text{منفی}) \quad (2)$$

که I_i فاکتور استاندارد شده از Var است. Var_{min} کمترین ارزش فاکتور Var و Var_{max} بیشترین ارزش فاکتور Var است.

روش وزن دهی

در این مقاله از روش AHP برای تعیین وزن هر عامل در یک سیستم چند معیاری استفاده شد.

¹ Maximum Value Composition

مدل ارزیابی جامع

چندین فاکتور برای به دست آوردن یک فهرست جامع با استفاده از یک تابع تجزیه و تحلیل فضای GIS یکپارچه شدند و روش محاسبات خطی وزنی برای محاسبه شاخص فرسایش بادی خاک^۱ (WEI) اتخاذ شد (Basso et al., 2000) که معادله به صورت زیر است:

$$WEI = \frac{\sum_{i=1}^n w_i I_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (3)$$

که WEI شاخص فرسایش خاک، w_i وزن فاکتور i و I_i ارزش تغییرات فاکتور i است.

فرسایش پذیری خاک

برای مطالعه فرسایش پذیری بادی در این تحقیق، در ۲۶ نمونه خاک انتخابی توسط تونل باد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تبریز انجام و سرعت آستانه حرکت و فرسایش پذیری نمونه‌های خاک در جهت برآورد فرسایش پذیری بادی، در آن مشخص شد. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن و عبور از الک ۸ میلی‌متری، در یک سینی تونل آزمایشی با ابعاد ۳۰×۴۰ سانتی‌متر قرار داده شده و پس از تراز شدن، در معرض سرعت باد در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری تونل باد قرار گرفتن که این سرعت آستانه فرسایش با استفاده از سرعت‌سنج HOT-WIRE 1941 در ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر مشخص شده بود. برای اندازه‌گیری فرسایش پذیری بادی خاک، سرعت باد در تونل بادی را به آرامی زیاد نموده تا به سرعتی بالاتر از سرعت آستانه نمونه خاک برسد و میزان خاک از دست رفته از سینی خاک در مدت زمان ۵ دقیقه از آزمایش را اندازه‌گیری و شدت فرسایش ($\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$) برای سرعت مورد نظر محاسبه شد. شدت فرسایش هر نمونه را در ۵ سرعت مختلف (سرعت‌های بیشتر از سرعت آستانه هر نمونه خاک) محاسبه نموده و رابطه خطی بین سرعت باد و شدت فرسایش بادی تعیین گردید و شیب خط این رابطه به عنوان فرسایش پذیری بادی نمونه در نظر گرفته شد (Zamani & Mahmoodabadi, 2013). همچنین، فرسایش پذیری بادی خاک بقیه نمونه‌ها (۱۲۷ نمونه)، با استفاده از رابطه رگرسیونی ایجاد شده فرسایش پذیری بادی خاک نمونه‌های تونل باد با جزء فرسایش پذیر خاک که یک ویژگی فیزیکی است، محاسبه گردید (Raei et al., 2020).

$$EF = \Sigma P < 0.85\text{mm}$$

که EF جزء فرسایش پذیر خاک و P ذرات خاکدانه (٪) می‌باشد.

شاخص خشکی خاک

این شاخص بر اساس بارش روزانه و سرعت باد حاصل از داده‌های هواشناسی مشاهده شده در طی سال ۲۰۱۷-۲۰۰۵، محاسبه و سپس توزیع مکانی آن با استفاده از روش درون یابی کریجینگ با وضوح مکانی ۳۰ متر بدست آمد (Zhou et al., 2015).

$$AI = 0.16 \sum T_{\geq 10C^{\circ}} / P \quad (5)$$

AI شاخص خشکی، $\sum T_{\geq 10C^{\circ}}$ دمای بیشتر از ۱۰ درجه سلسیوس در طول یک سال، P مقدار رسوب در مدتی که دما بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس است.

پوشش گیاهی

¹ Wind Erodibility Index

پوشش گیاهی به عنوان یکی از مهمترین شاخص‌ها در نظر گرفته شده و شاخص NDVI (Huete & Tucker, 1991) برای محاسبه میزان پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفت.

$$FC = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (6)$$

FC پوشش گیاهی، NDVI ارزش هر پیکسل، NDVI_{soil} حداقل ارزش تمامی پیکسل‌ها در سطح اطمینان ۰/۰۵ و NDVI_{veg} حداکثر ارزش تمامی پیکسل‌ها در سطح اطمینان ۰/۹۵ می‌باشد.

شاخص پوسته خاک

تأثیر پوسته بر فرسایش مدت زیادی است که در بسیاری از مناطق خشک وجود دارد (Veihe 2002). در این مطالعه، SCI با استفاده از داده‌های توزیع ماده آلی و اندازه ذرات خاک محاسبه شد که معادله به شرح زیر است (Du et al., 2015).

$$SCI = \frac{1}{1 + 0.0066 + C_l^2 + 0.021 * Om^2} \quad (7)$$

SCI شاخص پوسته خاک، C_l (> 0.02 میلی متر) جزء رس ($/$)، Om ماده آلی خاک ($/$).

شدت باد

فرسایش خاک در اثر باد می‌تواند هنگامی اتفاق بیفتد که سرعت باد به ۶ متر بر ثانیه برسد. این شاخص با سرعت باد روزانه بدست آمده از داده‌های هواشناسی طی سال ۲۰۱۷-۲۰۰۵ محاسبه و سپس توزیع مکانی شدت میدان باد با استفاده از روش درون یابی کریجینگ با وضوح مکانی ۳۰ متر بدست آمد.

تعداد روزهای برفی

روزهای پوششی این شاخص بر اساس داده‌های برف به دست آمده از ۳۵ ایستگاه هواشناسی مشاهده شده در طی سال ۲۰۱۷-۲۰۰۵ در اطراف دریاچه محاسبه شد، و سپس توزیع مکانی تعداد سالانه روزهای پوشاندن برف با استفاده از روش درون یابی کریجینگ با رزولوشن ۳۰ متر بدست آمد.

طبقه بندی فرسایش بادی و ارزیابی دقت

در این مطالعه، شاخص شدت فرسایش باد خاک ساحل شرقی دریاچه ارومیه در طی سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۵ در محیط ArcMap 10.8 توسط مدل ارزیابی جامع محاسبه شد.

در این مقاله، از شاخص صحت و ماتریس خطای پایه (معادلات (۸) و (۹)؛ Guo et al., 2015) برای آزمایش صحت نتایج برآورد شده استفاده گردید:

$$P_{i+} = \sum_{j=1}^n P_{ij} \quad (8)$$

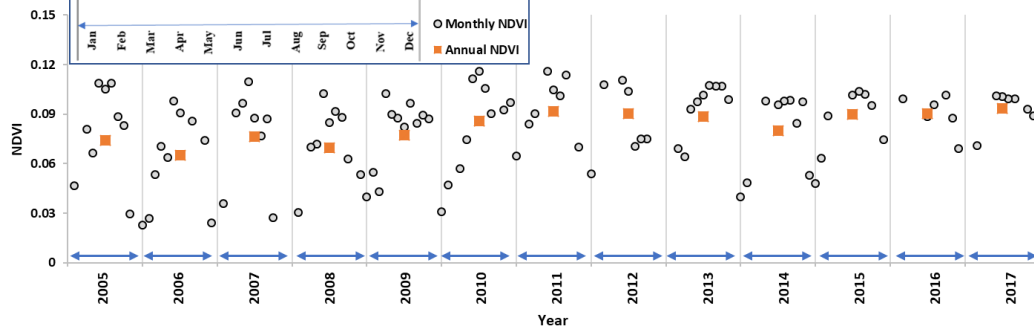
$$P_{+j} = \sum_{i=1}^n P_{ij} \quad (9)$$

n تعداد کلاس‌ها، P_{ij} کلاس‌های تغییر یافته i و j ، P_{i+} مجموع کلاس‌های ارزیابی شده i ، P_{+j} مجموع دسته بندی j می‌باشد.

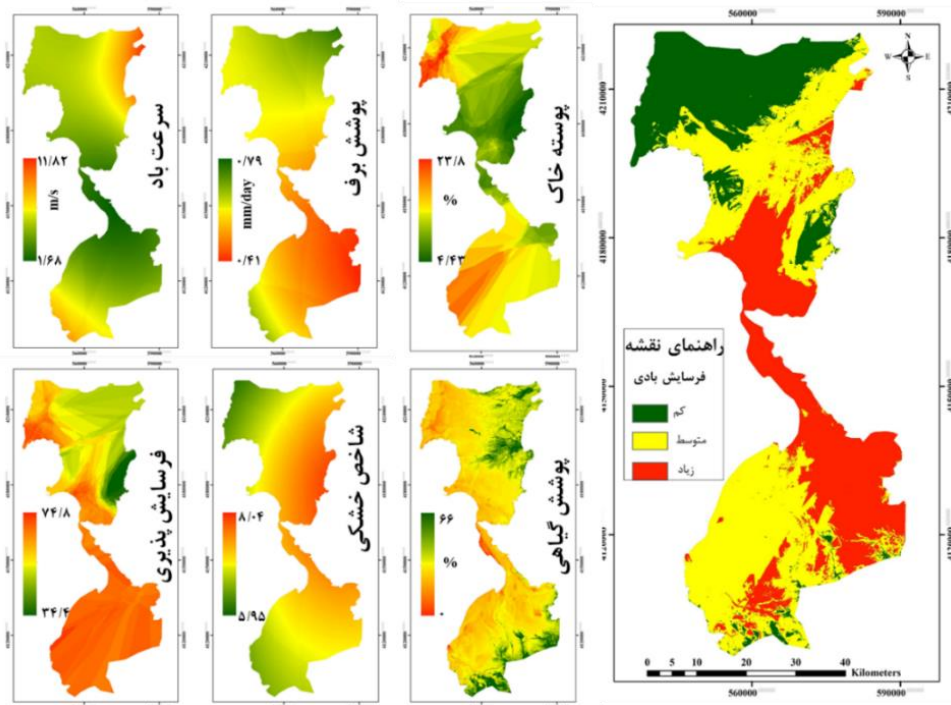
نتایج و بحث

تغییرات پوشش گیاهی

توزیع NDVI ماهانه و سالانه به عنوان شاخصی از حضور پوشش گیاهی برای منطقه مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود میانگین سالیانه و ماهیانه NDVI به ترتیب ۰/۰۹۸ و ۱۱/۶۵ است که نشان دهنده فقر پوشش گیاهی است. همچنین تغییرات سالانه زیادی در میزان پوشش گیاهی مشاهده نمی شود. بیشترین مقدار NDVI ماهیانه در اردیبهشت ماه و خرداد ماه رخ می دهد. سال های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸ کمترین و سال ۲۰۱۷ بیشترین میزان پوشش گیاهی را دارند.



شکل ۳- توزیع شاخص NDVI ماهانه و سالانه در بازه زمانی سال های ۲۰۱۷-۲۰۰۵ در منطقه مورد مطالعه نقشه پراکندگی فرسایش بادی در طول سال های ۲۰۱۷-۲۰۰۵ در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۴- نقشه فرسایش بادی ساحل شرقی دریاچه ارومیه

تمایز مکانی فرسایش باد خاک در طی سال های ۲۰۱۷-۲۰۰۵

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، فرسایش بادی شدید خاک به طور گسترده در منطقه شرق دریاچه (مساحتی بیش از ۱۴۱۲ کیلومتر مربع) وجود دارد. فرسایش بادی شدید خاک به طور مداوم در قسمت های میانی شرق دریاچه توزیع می شود. علاوه بر این، مناطق بدون فرسایش یا فرسایش کم عمدتاً در قسمت شمالی شرق دریاچه متمرکز شده بودند.

نتیجه گیری

مدل ارائه شده برای تعیین کلاس فرسایش بادی با صحت کلی ۶۶ درصد نشان دهنده مناسب بودن این روش برای بررسی فرسایش بادی خاک در ساحل شرقی دریاچه ارومیه است. روند شدت فرسایش از مناطق میانی به شمالی و جنوبی کاهش یافته و صحت مدل ارائه شده در کلاس فرسایش بادی شدید با گستره ۴۵/۵۶ درصدی در منطقه بیشتر از سایر کلاس‌های فرسایش می- باشد. در این مناطق پوشش گیاهی ضعیف‌تر، شاخص خشکی شدیدتر و فرسایش پذیری خاک نیز بیشتر از مناطق دیگر بوده و پوشش برفی بسیار کم و پوسته خاک ضعیف‌تری تشکیل شده است.

فهرست منابع

- Diaz-Nigenda, E., Tatarko, J., Jazcilevich, A.D., Garcia, A.R., Caetano, E., and Ruiz-Suarez, L.G. 2010. A modelling study of Aeolian erosion enhanced by surface wind confluences over Mexico City. *Aeolian Research*, 2: 143-157.
- Du, H.Q. Xue, X., Wang, T., and Deng, X.H. 2015. Assessment of wind-erosion risk in the watershed of the Ningxia- Inner Mongolia Reach of the Yellow River, northern China. *Aeolian Research*, 17: 193-204.
- Gomez, L., Arrue, J.L., Lopez, M.V., Sterk, G., Richard, D., Gracia, R., Sabre, M., Gaudichet, A., and Frangi, J.P. 2003. Wind erosion in a semiarid agricultural area of Spain the WELSONS project. *Catena*, 52: 235-256.
- Guo, B., Zhang, F.F., Yang, G., Sun, C.H., Han, F., and Jiang, L. 2017. Improved estimation method of soil wind erosion based on remote sensing and geographic information system in the Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2): 1752-1767.
- Hagen, L.J., vanPelt, S., and Sharratt, B. 2010. Estimating the saltation and suspension components from field wind erosion. *Aeolian Research*, 1: 147-153.
- Huete, A.R., and Tucker, C.J. 1991. Investigation of soil influences in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 12: 1223-1242.
- Huo, Z.L., Dai, X.Q., Feng, S.Y., Kang, S.Z., and Huang, G.H. 2013. Effect of climate change on reference evapotranspiration and aridity index in arid region of China. *Journal of Hydrology*, 492: 24-34.
- Kemper, W.D and Rosenau R.C. 1986. Aggregate stability and size distribution. In Klute (Ed) Method os soil analysis. Part 1. 2nd ed. ASA and SSSA, Modison, WI. 425-442.
- Lopez, M.V., de Dios Herrero, J.M, Hevia, G.G, Gracia, R., and Buschiazzo, D.E. 2007. Determination of the wind-erodible fraction of soils using different methodologies. *Geoderma*, 139: 407-411.
- Munson, S.M., Belnap, J., and Okin, G. 2011. Responses of wind erosion to climate induced vegetation changes on the Colorado Plateau. *P Natl Acad Sci U S A*. 108: 3854-3859.
- Nimmo, J.R., and Perkins, K.S. 2002. Aggregate Stability and size distribution. *Methods of soil analysis*, part4: 317-328.
- Page, ALV. And Keeney, M.R.H. 1992. *Method of Soil Analysis*. American Society of Agronomy. Madison WI. USA.
- Raei, B., Ahmadi A., Neyshaburi M.A., Ghorbani A and Asadzadeh F. 2020. Determination of soil wind erodibility in eastern urmia lake and its relationship with soil physicochemical properties. *Applied Soil Research*, 8(2): 82-98. (In Persian).
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., and Miller H.L. 2007. *Climate change 2007: the physical science basis*. Contribution of Working Groups I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge (UK): Cambridge University Press; p. 104-108.
- Veihe, A. 2002. The spatial variability of erodibility and its relation to soil types: a study from northern Ghana. *Geoderma*, 106: 101-120.
- Vermeire, L.T., Wester, D.B., Mitchell, R.B., and Fuhlendorf, S.D. 2005. Fire and grazing effects on wind erosion. Soil Water Content and Soil Temperature. *Journal of Environmental Quality*, 34: 1559-1565.
- Xu, J.X. 2006. Sand-dust storms in and around the Ordos Plateau of China as influenced by land use change and desertification. *Catena*, 65: 279-284.
- Zamani, S., and Mahmoodabadi. M. 2013. Effect of particle -size distribution on wind erosion rate and soil erodibility. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(12): 1743-1753.
- Zhang, J.Q., Zhang, C.L., Chang, C.P., Wang, R.D., and Liu, G. 2017. Comparison of wind erosion based on measurements and SWEEP simulation: a case study in Kangbao County, Hebei Province, China. *Soil & Tillage Research*, 165: 169-180. 1766 B.
- Zhou, Y., Guo, B., Wang, S.X., Tao, H.P., Liu, W.L., Yang, G., and Zhu, J.F. 2016. Dynamic monitoring of soil wind erosion in Inner Mongolia of China during 1985-2011 based on geographic information system and remote sensing. *Natural Hazards*, 83: 1-17.

Performance of RS and GIS systems in estimating wind erosion in east coast of Urmia Lake

Saghar Chakherlou^{1*}, Ali Asghar Jafarzadeh²

¹PhD in Soil Genesis, Classification and Evaluation, Soil Science Department, University of Tabriz,
saghar.chakherloo@yahoo.com

²Professor of Soil Genesis, Classification and Evaluation, Soil Science Department, University of Tabriz

Abstract

Wind erosion is one of the important aspects of land degradation in arid and semi-arid regions. In this study, a Comprehensive evaluation model with estimated accuracy of 66.12% was used to estimate soil erosion on the eastern shore of Urmia Lake, using six important soil erosion factors, soil and crustal indices, vegetation cover, Wind intensity and number of snow days are used. The AHP method was also used to determine the weight of each agent in a multi-criteria system during the years 2005–2017 and very poor vegetation cover with low annual variations was identified as the most important factor affecting the wind erosion model. The results showed that high erosion showed the best accuracy (0.76), low erosion (0.64) and moderate erosion (0.57) and low and medium erosion accuracy was due to higher field observation points. Areas of severe erosion affect the accuracy of the evaluation results. The accuracy of the model presented in the explanation of the severe wind erosion class is higher than the other classes and represents 45.56% of the study area in the severe wind erosion class (WEI <0.53), while 23.97% has erosion Moderate (0.48 > WEI > 0.53) and 30.47% have low erosion (0.48 > WEI). Consequently, the accuracy of the overall assessment of soil erosion model developed in this study could be of good application in the eastern part of Lake Urmia. results show trend reducing the intensity of erosion from the middle to the north and south.

Key words: Wind erosion of soil, East coast of Urmia Lake, AHP, GIS, RS

بررسی روند ضریب تشت تبخیر و چشم انداز مقدار تبخیر از تشت تحت سناریوهای

واداشت تابشی در چند ایستگاه منتخب ایران

آرزو گلجامجو، نوذر قهرمان

۱-دانشیار، گروه مهندسی آبیاری آبادانی دانشگاه تهران ngahreman@ut.ac.ir

۲-دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

چکیده

تبخیر از تشت یکی از مولفه‌های مهم در مدیریت منابع آب و برآوردهای نیازآبی گیاهان می باشد. این مطالعه با دو هدف بررسی روند تغییرات زمانی ضریب تشت (ET_o/E_{pan}) با استفاده از آزمونهای ناپارامتری و ارائه چشم انداز تغییرات آبی مقادیر تبخیر از تشت حاصل از مدل PenPan تحت سناریوهای تغییر اقلیم می باشد. نتایج آزمون من-کندال در دوره پایه (۲۰۱۸-۱۹۹۳) نشان دهنده روند کاهشی تبخیر از تشت در ایستگاههای اهواز، مشهد، بوشهر و روند افزایشی در ایستگاه کرمان است که در این میان، بالاترین شیب کاهشی براساس روش شیب تخمینگر سن مربوط به ایستگاه بوشهر می باشد. بررسی این روند در سه دوره آینده ۲۰۴۹-۲۰۲۰، ۲۰۷۹-۲۰۵۰ و ۲۱۰۰-۲۰۸۰ موید افزایشی در تبخیر از تشت در ایستگاه کرمان و کاهش در ایستگاههای اهواز، بوشهر و مشهد می باشد. انتظار می رود متوسط تغییرات تبخیر از تشت برای دوره آینده نزدیک، میانی و دور نسبت به دوره پایه به ترتیب ۴/۷ درصد برابر با ۵۳/۴ میلیمتر، ۶/۲ درصد برابر با ۸۲ میلیمتر و ۸/۸ درصد برابر با ۱۱۲ میلیمتر، کاهش یابد.

واژگان کلیدی: تبخیر از تشت، تغییر اقلیم، روند، مدل PenPan

مقدمه

نیاز تبخیری جو نقشی کلیدی در ترازمندی جهانی آب و انرژی ایفا می کند و تغییرات آن اهمیت زیادی در مدیریت آبیاری، پایش خشکسالی و مدیریت منابع آب دارد. یکی از سنج‌های این کمیت، تبخیر از تشت ($Pan\ Evaporation$) می باشد که در ایستگاههای هواشناسی عموماً توسط تشریح‌های فلزی استاندارد اندازه گیری شده و از رابطه $ET_o = K_p E_{pan}$ به تبخیر تعرق پتانسیل مربوط می شود. IPCC در گزارش پنجم خود در سال ۲۰۱۰ سناریوهایی تحت عنوان RCP را بر اساس میزان واداشت تابشی ارائه کرد. این سناریوها معرف مسیرهای جدیدی از سیر انتشار گازهای گلخانه‌ای و میزان آلودگی‌ها و دارای چهار حالت مختلف شامل RCP2.6, RCP4.5, RCP6, RCP8.5 هستند (IPCC ۲۰۱۳). قهرمان و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر تعرق پتانسیل در دشت مشهد طی دوره ۲۰۷۰-۲۰۲۱ تحت سناریوهای RCP و با بکارگیری یک مدل دینامیکی جهت ریزمقیاس‌نمایی پرداختند و نتیجه گرفتند که میزان تبخیر-تعرق پتانسیل در دوره‌های آبی نسبت به دوره پایه در ماه‌های گرم سال کاهش و در ماه‌های سرد سال افزایش خواهد یافت. لیو و سان (۲۰۱۷) به بررسی تغییرات آینده تبخیر از تشت به عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری نیاز تبخیری جو با استفاده از مدل Pen Pan و خروجی ۱۲ مدل اقلیمی CMIP5 در چین پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد تبخیر از تشت (E_{pan}) در طی دوره ۲۰۵۰-۲۰۲۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۰ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۰-۱۹۷۱ تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 افزایش می یابد که عمدتاً به دلیل افزایش پیش‌بینی شده در دمای هوا و کسر فشار بخار است. شکر و همکاران (۱۳۹۶) طی مطالعه‌ای به برآورد ضریب تشت با معادله‌های آلن و پروت، اورنگ، اشنایدروکوئنکا با داده‌های آماری ۱۵ ساله (۱۳۹۱-۱۳۷۷) هواشناسی اهواز پرداختند. نتایج نشان داد برای محاسبه ضریب تشت به صورت روزانه و فصلی بهتر است از روش آلن و پروت و در بازه ده روزه از روش اشنایدرو کوئنکا در شرایط اقلیمی اهواز استفاده شود. (Rotstayn et al (2006) نشان دادند مدل PenPan می‌تواند با دقت خوبی در تولید داده‌های تشت تبخیر با استفاده از مدل‌های اقلیمی در استرالیا بکار رود. هدف از این پژوهش، تکمیل مطالعات روندیابی انجام شده قبلی،

تکمیل خلا بررسی روند تغییرات ضریب تشت در مطالعات داخلی و ارائه چشم اندازی کاربردی از مقادیر تبخیر از تشت با استفاده از مدل PenPan-به عنوان یکی از نخستین مطالعات در این خصوص در ایران- با بکارگیری مدل گردش عمومی جو CNRM- CM5 تحت دوسناریوی RCP2.6 و RCP8.5 طی دوره‌های ۲۰۴۹- ۲۰۷۹، ۲۰۲۰-۲۰۵۰ و ۲۰۸۰-۲۱۰۰ است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک اهواز، مشهد، بوشهر و کرمان که دارای آمار طولانی مدت هستند، انتخاب شدند. جدول ۱ نام و موقعیت ایستگاه‌های مورد استفاده و شکل ۱ ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- نام و مشخصات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه‌های مطالعاتی

نام ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه شرقی)	عرض جغرافیایی (درجه شمالی)	ارتفاع (متر)	دوره آماری	نوع اقلیم (دومارتن گسترش یافته)
اهواز	۴۸/۷۴	۳۱/۳۴	۲۲/۵	۱۹۳۳-۲۰۱۸	خشک
کرمان	۵۶/۹۷	۳۰/۲۵	۱۷۵۳	۱۹۹۳-۲۰۱۸	خشک- سرد
بوشهر	۵۰/۸۲	۲۸/۹۷	۸/۴	۱۹۹۳-۲۰۱۸	خشک- گرم
مشهد	۵۹/۶۳	۳۶/۲۷	۹۹۹/۲	۱۹۹۳-۲۰۱۸	نیمه خشک- سرد

داده‌های هواشناسی مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، متغیرهای هواشناسی مربوط به ۴ ایستگاه سینوپتیک، بوشهر، مشهد، کرمان و اهواز که شامل دمای حداکثر، دمای حداقل، رطوبت نسبی، سرعت باد، ساعات آفتابی و تبخیر از تشت در مقیاس روزانه در طی دوره (۱۹۹۳-۲۰۱۸) از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید و از این داده‌ها برای محاسبه تبخیر تعرق مرجع استفاده شد.

محاسبه تبخیر تعرق مرجع

کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) و سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (FAO) روش فائو پنمن مانیتیت به عنوان روش استاندارد برای محاسبه تبخیر تعرق گیاه مرجع و با استفاده از داده‌های هواشناسی پیشنهاد شده است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). این معادله بر اساس روش‌های توازن انرژی و آئروپنمیک روی یک سطح مرطوب پوشیده از گیاه فرضی ارائه شده است.

$$ET_0 = - \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (1)$$

که در آن ET_0 تبخیر تعرق گیاه مرجع ($mmday^{-1}$)، R_n تشعشع خالص در سطح گیاه ($Mj m^{-2} day^{-1}$)، T متوسط دمای هوا در ارتفاع دو متری ($^{\circ}C$)، γ ثابت سایکرومتری ($Kpa^{\circ}C^{-1}$)، U_2 سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین ($m s^{-1}$)، e_a فشار بخار اشباع (Kpa)، $e_s - e_a$ کمبود فشار بخار اشباع در ارتفاع دو متری (Kpa)، Δ شیب منحنی فشار بخار ($Kpa^{\circ}C^{-1}$)، (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) می‌باشد.

تبخیر تعرق پتانسیل و ضریب تشت تبخیر (۶ ماه گرم سال) برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در بازه زمانی ۲۰۱۸-۱۹۹۳ محاسبه و سپس روندیابی شد و مبنای انجام بررسی‌های بعدی قرار گرفت.

روندیابی

روش من-کندال: ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۰) بسط و توسعه یافت. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی از مزایای استفاده از این روش است فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) اشاره بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد.

روش تخمین گر شیب سن: این روش مانند روش من - کندال براساس مفهوم تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بنا نهاده شده است. در این روش شیب بین هر جفت داده در سری زمانی محاسبه شده و میانه سری شیب‌های بدست آمده استخراج می‌گردد، سپس به یاری روابطی که در پی می‌آیند در مورد معناداری شیب نهایی داوری می‌شود. نخست محاسبه شیب بین هر جفت داده با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود. با اعمال رابطه ۸ برای هر جفت داده یک سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده حاصل می‌گردد که با محاسبه میانه این سری زمانی (Qmed) شیب خط روند به دست می‌آید. مقدار مثبت این آماره حاکی از روند صعودی و مقدار منفی آن روند نزولی سری را نشان می‌دهد (جزئیات آزمونهای روندیابی در پژوهش قره خانی و همکاران (۱۳۹۱)

داده‌های خروجی مدل‌های اقلیمی

امروزه تهیه و استخراج داده‌های خروجی مدل‌های اقلیمی (در مقیاس سالانه، ماهانه و روزانه) از طریق مراکز مختلف تحقیقاتی، امکان پذیر است. یکی از معتبرترین مراکز ارائه دهنده داده‌های ریز مقیاس شده، سایت ESGF که متعلق به مرکز هیدرولوژی و هواشناسی سوئد (SMHI) می‌باشد. مدل مورد استفاده در این پژوهش، CNRM-Cm5 است. این مدل در مرکز CNRM فرانسه طراحی شده است. تفکیک مکانی داده‌های ریزمقیاس شده در این مدل ۰/۵ درجه عرض جغرافیایی در ۰/۵ درجه طول جغرافیایی است (ESGF). خروجی مدل ریز مقیاس شده برای دوره تحت هر یک از دو سناریو مورد مطالعه در دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۱۰۰ می‌باشد که به صورت سال‌های ۳۶۵ و ۳۶۶ روزی تهیه شده‌اند. با توجه به اینکه در طی ۹۵ سال مورد مطالعه باید حداقل ۲۳ سال کبیسه وجود داشته باشد، ولی در این ۹۵ سال، فقط ۱۹ سال کبیسه وجود داشت، لذا هر ۵ سال، یک روز، یعنی روز آخر پنجمین سال حذف شده و نهایتاً سال‌ها به صورت سال ۳۶۵ روز تبدیل شدند.

سناریوهای مورد استفاده

در این مطالعه از دو سناریوی واداشت تابشی RCP 4.5 و RCP 8.5 استفاده شد

تصحیح داده‌های مدل اقلیمی

تصحیح برآوردهای مدل اقلیمی، ضریب تصحیح انحراف معیار تحت دو سناریو مورد مطالعه می‌باشد. این روش با محاسبه ضرایب تصحیح میانگین و انحراف معیار دوره پایه، برآوردهای دوره آینده تحت سناریوهای تغییر اقلیم را تصحیح می‌نماید. تصحیح انحراف معیار بدین صورت است که با محاسبه انحراف معیار کمیت مورد مطالعه برای سه دسته داده داده‌های مشاهده شده دوره پایه، داده‌های برآورده شده دوره پایه و داده‌های برآورد شده تحت سناریوهای تغییر اقلیم برای دوره آینده، طبق معادله ۲ داده‌های تولید شده برای آینده اقلیمی منطقه با حفظ میانگین تصحیح می‌شوند:

$$STD_{fut} = \frac{STD_{base}^{obs}}{STD_{base}^{GCM}} \times STD_{fut}^{GCM} \quad (2)$$

که در ای معادله، STD_{fut} بیانگر انحراف معیار داده‌های آینده اقلیمی، STD_{base}^{obs} انحراف معیار داده‌های مشاهده شده در دوره پایه، STD_{base}^{GCM} انحراف معیار داده‌های خروجی مدل برای دوره پایه و STD_{fut}^{GCM} معرف انحراف معیار داده‌های برآورد شده توسط مدل برای دوره آینده می‌باشد.

همچنین با توجه به اینکه داده‌های مورد مطالعه تشکیل یک سری زمانی را می‌دادند، به منظور تصحیح میانگین داده‌های برآورد شده مدل از روش مشابه برای تصحیح میانگین داده‌های برآورد شده برای دوره اقلیمی آینده استفاده گردید. معادله استفاده شده برای تصحیح میانگین‌ها عبارت است از:

$$\text{Mean}_{\text{fut}} = \frac{\text{Mean}_{\text{base}}^{\text{obs}}}{\text{Mean}_{\text{base}}^{\text{GCM}}} \times \text{Mean}_{\text{fut}}^{\text{GCM}} \quad (3)$$

که در این معادله نیز Mean_{fut} میانگین داده‌های آینده اقلیمی، $\text{Mean}_{\text{base}}^{\text{obs}}$ میانگین داده‌های مشاهده شده در دوره پایه، $\text{Mean}_{\text{base}}^{\text{GCM}}$ میانگین داده‌های خروجی مدل برای دوره پایه و $\text{Mean}_{\text{fut}}^{\text{GCM}}$ نیز معرف میانگین داده‌های برآورد شده توسط مدل برای دوره آینده است. با توجه به اینکه داده‌های دوره پایه در مقیاس روزانه در دسترس بودند، ابتدا داده‌ها بصورت سالانه برای دوره پایه تبدیل شده و پس از بدست آوردن ضریب تبدیل مناسب برای هر منطقه، تصحیح داده‌های مدل برای دوره آینده صورت گرفت (Babaeian and Kwon, 2004)

معادله (Pen Pan)

یک روش مدل‌سازی تبخیر از تشت، استفاده از شکل تغییر یافته معادله پنمن (۱۹۴۸) برای تبخیر تفرق پتانسیل است. (Linacre 1994) به معادله ساده پنمن خود به عنوان یک معادله Pen Pan اشاره کرد و بین تبخیر تشت ماهانه اندازه گیری شده و محاسبه شده در تعدادی از ایستگاه‌ها، هم‌خوانی خوبی به دست آورد. مزیت این روش (که براساس موازنه جرم و انرژی تشت می‌باشد) این است که دمای سطح آب در خلال به دست آوردن معادله پنمن حذف می‌شود. این روش برای دوره‌های ۲۴ ساعته و ترجیحا چند روزه طراحی شده تا ذخیره گرما در تشت قابل صرف نظر کردن باشد.

$$\text{LE}_p = \frac{s(\text{Rn}-s) + L\gamma f_h(u)\delta e}{s + \gamma f_h(u)/f_q(u)} \quad (4)$$

در این معادله E_p نرخ تبخیر تشت بر حسب $(\text{kg m}^{-2}\text{s}^{-1})$ ، L مقدار گرمای تبخیر آب بر حسب (J kg^{-1}) ، Rn تابش خالص بر حسب (w m^{-2}) ، δe کمبود فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، S شیب فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، γ ضریب سایکرومتری (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس)، u سرعت باد در ارتفاع ۲ متری بر حسب (m s^{-1}) و f_h و f_q توابع انتقال حرارت و بخار آب توسط باد بر حسب $(\text{kg m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{pa}^{-1})$.

اگر $\alpha = f_h(u)/f_q(u)$ فرض شود، معادله به صورت زیر در می‌آید:

مقدار γ بین ۲/۱ تا ۲/۵ گزارش شده است. (Thom et al, 1981)

$$f_h(u) = 1.39 \times 10^8 (1 + 1.35) \quad (5)$$

برای محاسبه γ از رابطه زیر استفاده شد:

$$\gamma = c_p P^* / 0.622L \quad (6)$$

P ، فشار هوا، c_p ، گرمای ویژه در فشار ثابت

برای محاسبه تابش طول موج کوتاه از رابطه زیر استفاده شد:

$$\text{R}_{\text{SP}} = [f_{\text{dir}} P_{\text{rad}} + 1.42(1 - f_{\text{dir}}) + 0.42 A_S] \text{R}_S \quad (7)$$

R_s تابش خورشیدی، f_{dir} بخشی از R_s که مستقیم است، A_s میزان انعکاس تابش خورشیدی از سطح زمین در اطراف تشت p_{rad} فاکتور تابش تشت که نشانگر تابش مستقیم اضافی که به دیواره‌های تشت برخورد می‌کند هنگامی که خورشید مستقیم بالای تشت تبخیر است.

$$p_{rad} = 1.32 + 4 \times 10^{-4} \phi + 8 \times 10^{-5} \phi^2 \quad (8)$$

A_s در مناطق با پوشش چمن کوتاه مقدار 0.23 و در مناطق خشک و بدون پوشش مقدار 0.3 در نظر گرفته می‌شود (با توجه به نبود پوشش گیاهی در اطراف ایستگاه‌های مطالعاتی از مقدار 0.3 در این پژوهش استفاده شد).

محاسبه ضریب تشت

در این مرحله پس از تصحیح داده‌های آینده و تبدیل آن‌ها به داده‌های ماهانه، با استفاده از نرم افزار CROPWAT، مقدار ET_0 دوره های آینده نیز حساب شد. سپس اعداد به دست آمده بر داده‌هایی که با معادله Pen Pan محاسبه شده بود که (نشان‌دهنده‌ی داده‌های تبخیر از تشت در آینده هستند) تقسیم شد تا ضریب تشت تبخیر در آینده برآورد شود. در مرحله بعد اعداد ضریب تشت با روند من- کندال و تخمین گر شیب سن بررسی شد.

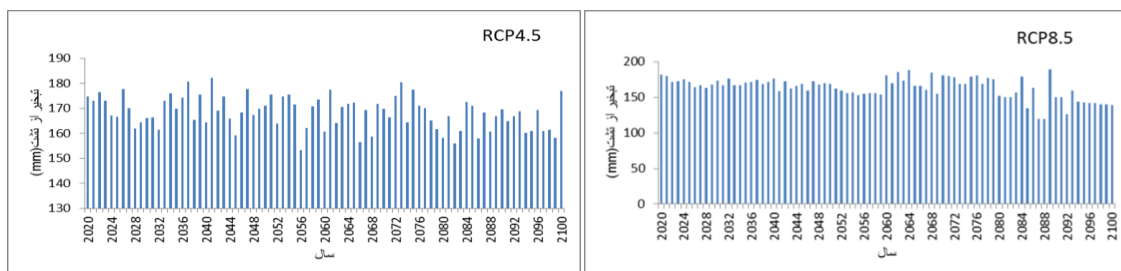
نتایج و بحث

در این بخش نمودارهای ضریب تشت تبخیر در ایستگاه‌های مطالعاتی در دوره پایه (۲۰۱۸-۱۹۹۳) نمایش داده شده است. سپس با استفاده از داده‌های تصحیح شده تبخیر از تشت محاسبه شده با مدل Pen Pan تحت هر دو سناریو محاسبه شد. شکل‌ها تغییرات تبخیر از تشت در ایستگاه‌های مطالعاتی تحت دو سناریو را نشان می‌دهد.

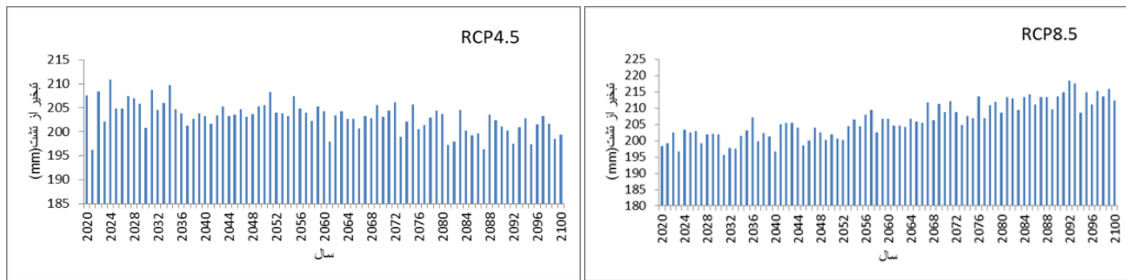
جدول ۲- نتایج آماره های آزمون من کندال و تخمین گر شیب سن برای ضریب تشت تبخیر دوره پایه (۲۰۱۸-۱۹۹۳)

ایستگاه	سال	Man-Kendall		SEN s estimator(99%)		
		Z	Signific	Q	Q min	Q max
اهواز	۱۹۹۳-۲۰۱۸	۲/۶۰	*	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۶
بوشهر	۱۹۹۳-۲۰۱۸	۴/۱۰	**	۰/۰۱۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۷
کرمان	۱۹۹۳-۲۰۱۸	-۴/۱۰	**	-۰/۰۰۹	-۰/۰۱۴	-۰/۰۰۵
مشهد	۱۹۹۳-۲۰۱۸	۴/۷۰	**	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۱

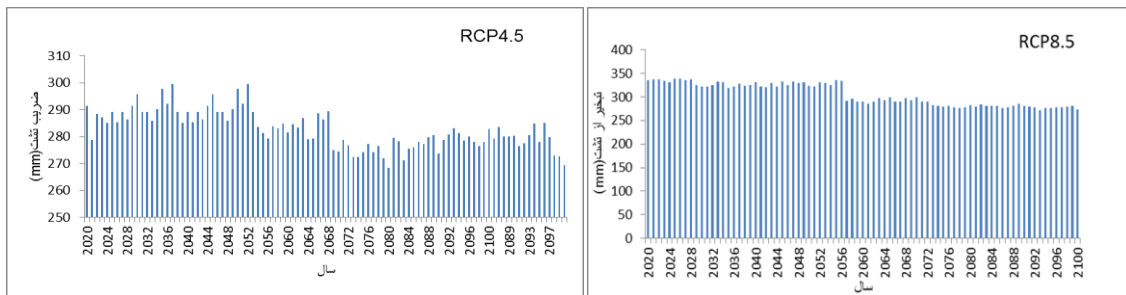
با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه به جز ایستگاه کرمان روند افزایشی را تجربه کرده‌اند. در این میان بیشترین تغییرات کاهشی در ایستگاه کرمان با $-4/10$ در سطح معناداری 99% و بیشترین تغییرات افزایشی در ایستگاه مشهد با $4/70$ در سطح معناداری 99% می‌باشد. و در ایستگاه اهواز تغییرات روند در سطح 95% معنادار است.



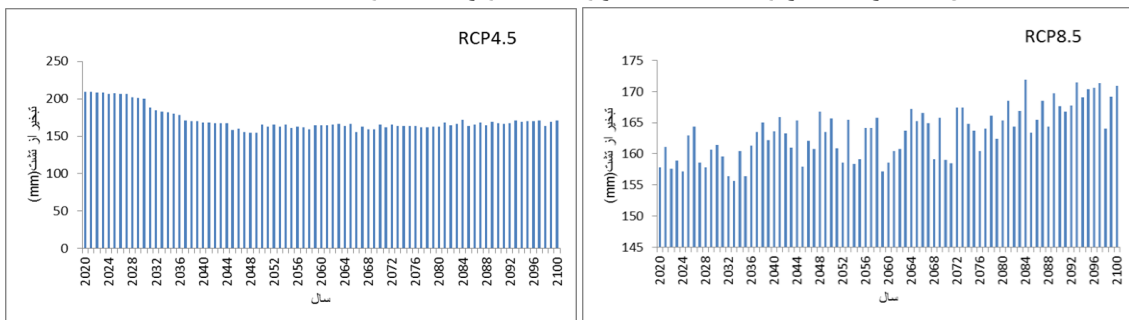
شکل ۱- تغییرات تبخیر از تشت ایستگاه مشهد تحت سناریو RCP4.5 و RCP8.5 (۲۰۲۰-۲۱۰۰)



شکل ۲- تغییرات تبخیر از تشت ایستگاه بوشهر تحت سناریو RCP4.5 و RCP8.5 (۲۰۲۰-۲۱۰۰)



شکل ۴- تغییرات تبخیر از تشت ایستگاه اهواز تحت سناریو RCP4.5 و RCP8.5 (۲۰۲۰-۲۱۰۰)



شکل ۵- تغییرات تبخیر از تشت ایستگاه کرمان تحت سناریو RCP4.5 و RCP8.5 (۲۰۲۰-۲۱۰۰)

در شکل ۱ در ایستگاه مشهد تحت سناریو RCP8.5 تغییرات در سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۴۹ ثابت اما طی سال‌های ۲۰۷۹-۲۰۵۰ تغییرات افزایشی و سپس تا ۲۱۰۰ کاهش می‌باشد. در سناریو RCP4.5 تغییرات از RCP8.5 بیشتر بوده و این تغییرات در ابتدای سال ۲۰۲۰-۲۰۴۹ افزایشی و سپس تا سال ۲۰۷۹ کاهش می‌شود. از سال ۲۰۸۰ تا ۲۱۰۰ سیر تغییرات صعودی است. در شکل ۲ در ایستگاه بوشهر در سناریو RCP8.5 از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۳ تغییرات تبخیر از تشت افزایشی، سپس تا سال ۲۰۸۶ این تغییرات کاهش می‌شود و دوباره پس از آن سیر صعودی به خود می‌گیرد. از سال ۲۰۹۵ تا ۲۱۰۰ تغییرات کاهش می‌باشد. در سناریو RCP4.5 تغییرات تبخیر از تشت نسبتاً ثابت می‌باشد. در سناریو RCP4.5 از سال ۲۰۲۰-۲۰۴۹ تغییرات تبخیر از تشت افزایشی و سپس این تغییرات تا سال ۲۱۰۰ سیر نزولی دارد. در شکل ۴-۱۹ در ایستگاه اهواز تغییرات تبخیر از تشت در سناریو RCP4.5 در سال ۲۰۲۰-۲۰۴۹ تغییرات افزایشی و سپس تا سال ۲۰۸۰ کاهش و پس از آن تا ۲۱۰۰ تغییرات افزایشی می‌باشد. در سناریو RCP8.5 در سال ۲۰۲۰-۲۰۴۹ تغییرات تبخیر از تشت تحت سناریو RCP8.5 بیشتر از RCP4.5 بوده و تغییرات افزایشی است.

تحلیل روند تبخیر از تشت برای دوره‌ی آینده

تحلیل روند تبخیر از تشت دوره‌ی آینده تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 برای سه دوره ی ۲۰۲۰-۲۰۴۹، ۲۰۷۹-۲۰۵۰، ۲۰۸۰-۲۱۰۰ مورد بررسی قرار گرفت که نتایج به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون روند برای داده های تبخیر از تشت تحت سناریو RCP4.5 (۲۰۲۰-۲۰۴۹)

RCP4.5			Kendall		Sen slope estimator		
ایستگاه	سال	N	Z	signific	Q	Qmin99	Qmax99
اهواز	۲۰۲۰-۲۰۴۹	۳۰	۰/۸۴		۰/۴۳	-۰/۰۹۵	۰/۳۱۱
کرمان	۲۰۲۰-۲۰۴۹	۳۰	۲/۷۱	**	۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۵۲
مشهد	۲۰۲۰-۲۰۴۹	۳۰	-۰/۴۳		-۰/۰۵۱	-۰/۴۲۰	۰/۳۲۲
بوشهر	۲۰۲۰-۲۰۴۹	۳۰	-۱/۷۱		-۰/۰۹۰	-۰/۲۳۰	۰/۰۶۳

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون روند برای داده های تبخیر از تشت تحت سناریو RCP8.5 (۲۰۲۰-۲۰۴۹)

RCP8.5			Kendall		Sen slope estimator		
ایستگاه	سال	N	Test Z	signific	Q	Qmin99	Qmax99
اهواز	۲۰۲۰-۲۰۴۹	۳۰	-۱/۰۹		-۰/۰۲۷	-۰/۲۹۴	۰/۱۱۴
کرمان	۲۰۲۰-۲۰۴۹	۳۰	۳/۲۱	**	۰/۲۶	۰/۰۶	۰/۵۲
مشهد	۲۰۲۰-۲۰۴۹	۳۰	۳/۲۱	**	۰/۲۶	۰/۰۶	۰/۴۲
بوشهر	۲۰۲۰-۲۰۴۹	۳۰	-۲/۵۳	*	-۰/۲۴۳	-۰/۴۳۹	۰/۰۱۸

جدول ۴- نتایج حاصل از آزمون روند برای داده های تبخیر از تشت تحت سناریو RCP4.5 (۲۰۵۰-۲۰۷۹)

RCP4.5			Kendall t		Sen slope estimator		
ایستگاه	سال	N	Test Z	signific.	Q	Qmin99	Qmax99
اهواز	۲۰۵۰-۲۰۷۹	۳۰	-۴/۴۲	**	-۰/۵۸۹	-۰/۸۶۴	-۰/۳۴۱
کرمان	۲۰۵۰-۲۰۷۹	۳۰	۱/۳۵		۰/۰۸	-۰/۰۵	۰/۲۰
مشهد	۲۰۵۰-۲۰۷۹	۳۰	-۰/۴۶		-۰/۰۷۲	-۰/۴۰۷	۰/۳۱۹
بوشهر	۲۰۵۰-۲۰۷۹	۳۰	-۱/۷۸		-۰/۰۸۸	-۰/۲۰۵	۰/۰۳۲

جدول ۵- نتایج حاصل از آزمون روند برای داده های تبخیر از تشت تحت سناریو RCP8.5 (۲۰۵۰-۲۰۷۹)

RCP8.5			Kendall		Sen slope estimator		
ایستگاه	سال	N	Test Z	signific	Q	Qmin99	Qmax99
اهواز	۲۰۵۰-۲۰۷۹	۳۰	-۲/۳۲	*	-۰/۲۳۱	-۰/۵۰۹	۰/۰۲۷
کرمان	۲۰۵۰-۲۰۷۹	۳۰	۱/۹۹		۰/۱۳	-۰/۰۲	۰/۳۳
مشهد	۲۰۵۰-۲۰۷۹	۳۰	۲/۲۸	*	۰/۶۴۱	-۰/۰۵۹	۱/۱۸۵
بوشهر	۲۰۵۰-۲۰۷۹	۳۰	-۱/۵۷		-۰/۲۱۴	-۰/۴۵۷	۰/۱۲۷

جدول ۶- نتایج حاصل از آزمون روند برای داده های تبخیر از تشت تحت سناریو RCP4.5 (۲۰۸۰-۲۱۰۰)

RCP4.5				Kendall trend		Sen slope estimate	
ایستگاه	سال	N	Test Z	signific	Q	Qmin99	Qmax99
اهواز	۲۰۸۰-۲۱۰۰	۲۱	۲/۱۴	*	۰/۲۶۸	-۰/۰۵۶	۰/۶۳۹
کرمان	۲۰۸۰-۲۱۰۰	۲۱	۰/۵		۰/۰۳	-۰/۲۲	۰/۳۳
مشهد	۲۰۸۰-۲۱۰۰	۲۱	۰/۴۵		۰/۰۸۰	-۰/۷۰۷	۰/۷۰۳
بوشهر	۲۰۸۰-۲۱۰۰	۲۱	۰/۰۳		۰/۰۰۸	-۰/۲۶۸	۰/۲۷۲

*در سطح ۹۵٪ معنی دار است.

جدول ۷- نتایج حاصل از آزمون روند برای داده های تبخیر از تشت تحت سناریو RCP8.5 (۲۰۸۰-۲۱۰۰)

RCP8.5				Kendall trend		Sen slope estimate	
ایستگاه	سال	N	Test Z	signific	Q	Qmin99	Qmax99
اهواز	۲۰۸۰-۲۱۰۰	۲۱	-۱/۱۲		-۰/۱۶۳	-۰/۵۱۸	۰/۱۸۰
کرمان	۲۰۸۰-۲۱۰۰	۲۱	۱/۶۶		۰/۲۷	-۰/۰۹	۰/۴۹
مشهد	۲۰۸۰-۲۱۰۰	۲۱	-۲/۰۸	*	-۰/۷۵۵	-۱/۸۵۹	۰/۴۱۰
بوشهر	۲۰۸۰-۲۱۰۰	۲۱	-۲/۳۳	*	-۰/۴۵۵	-۰/۹۲۷	۰/۰۴۹

نتیجه گیری

ایستگاه‌های مورد مطالعه، روند کاهشی معناداری را در ضریب تشت تبخیر تجربه کرده‌اند. بالاترین شیب کاهشی بر اساس روش شیب تخمین‌گرسن مربوط به ایستگاه بوشهر می‌باشد. نتایج آزمون من-کندال در دوره پایه (۲۰۱۸-۱۹۹۳) نشان‌دهنده روند کاهشی تبخیر از تشت در ایستگاه‌های اهواز، مشهد، بوشهر و روند افزایشی در ایستگاه کرمان است. بررسی این روند در سه دوره آینده ۲۰۴۹-۲۰۲۰، ۲۰۷۹-۲۰۵۰ و ۲۱۰۰-۲۰۸۰ موید افزایشی در تبخیر از تشت در ایستگاه کرمان و کاهش در ایستگاه‌های اهواز، بوشهر و مشهد می‌باشد. بر اساس روش تخمین‌گر شیب سن، بالاترین روند افزایشی در دوره پایه در ایستگاه کرمان با مقدار ۸/۸۲ میلی‌متر و کمترین روند کاهشی در ایستگاه اهواز با مقدار ۸/۱۲- میلی‌متر بدست آمد. در دوره آینده بر اساس روش شیب سن بالاترین روند افزایشی در ایستگاه مشهد با مقدار ۰/۶۴ پیش‌نگری شد. انتظار می‌رود متوسط تغییرات تبخیر از تشت برای دوره آینده نزدیک، میان‌مدت و آینده دور نسبت به دوره پایه به ترتیب ۴/۷ درصد برابر با ۵۳/۴ میلی‌متر، ۶/۲ (۸۲ میلی‌متر) و ۸/۸ درصد (۱۱۲ میلی‌متر)، کاهش یابد. علیرغم افزایش دما در ایستگاه‌های اهواز، بوشهر و مشهد، کاهش تبخیر از تشت مشاهده شد که این تناقض می‌تواند به استناد مطالعات پیشین با توجه به کاهش تابش رسیده به زمین، قابل توجیه باشد.

منابع

۱. شکری، س.، هوشمند، ع.، قربانی، م. (۱۳۹۶). برآورد ضریب تشت تبخیر به منظور محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در منطقه اهواز. علوم مهندسی آبیاری ۴۰(۱): ۱۲-۱.
۲. قره خانی، قهرمان، بذرافشان، ج. (۱۳۹۱). مطالعه روند تغییرات تبخیر از تشت در گستره اقلیمی ایران. پژوهش

۳. قهرمان، ن.، بابائیان، ب.، طباطبایی، م. (۱۳۹۵) ارزیابی پس پردازش برون دادهای دینامیکی مدل‌های اقلیمی در برآورد تغییرات تبخیر تعرق پتانسیل تحت سناریوهای واداشت تابشی (مطالعه موردی: دشت مشهد). فیزیک زمین و فضا. ۴۲(۳): ۶۸-۶۹۶

4. Babaeian, I., Kwon, W.T., and Im, E.S., 2004, Application of Weather Generator Technique for Climate Change Assessment Over Korea, Korea Meteorological Research Institute, Climate Research lab., pp. 98.
5. IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers
6. Linacre, E. T. (1994), Estimating U.S. Class A pan evaporation from few climate data, Water Int., 19, 5-14
7. Liu, W., and Sun, F. (2014). Projecting and attributing future changes of evaporative demand over China in CMIP5 climate models. Journal of Hydrometeorology, 18(4), 977-991
8. Thom, A. S., J. L. Thony, and M. Vauclin (1981), On the proper employment of evaporation pans and atmometers in estimating potential transpiration, Q. J. R. Meteorol. Soc., 107, 711-736.
9. Rotstayn, Leon & Roderick, Michael & Farquhar, Graham & Rotstayn, Citation. (2006). A simple pan-evaporation model for analysis of climate simulations: Evaluation over Australia. Geophysical Research Letters -. 33. 10.1029/2006GL027114.

Trend Analysis of pan coefficient and projection of pan evaporation in selected stations of Iran

Arezoo Goljamjoo¹, Nozar Ghahreman²

1. MSc Graduate, University of Tehran, 2. Associate Professor, University of Tehran

Corresponding Author : nghahreman@ut.ac.ir

Abstract

The pan evaporation is one of the major components of hydrological cycle. It is quite important in agricultural water management and water balance estimations. The current research was performed with Two main goals. First, to study the trend of pan coefficient during baseline period of 1993-2018 and second, projection of pan evaporation during three future periods under RCP climate change scenarios in 5 selected stations across Iran, namely Mashhad, Bushehr, Ahvaz, Kerman. In part one; the monthly trend of Kp values were studied using Man-Kendal and Sen's slope estimator in warm season (Spring and Summer). In second part, for projection of pan evaporation under RCP scenarios, the PenPan model, a modified form of P-M equation, was used. The required projected climate data were retrieved from CNRM-C5 model outputs under RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios. The results of Man-Kendal test during the baseline period showed a significant decreasing trend. The greatest decreasing value based on Sen's slope estimator was observed in Bushehr station. The results of Man-Kendal test revealed a decreasing trend in pan evaporation in Ahvaz, Mashhad, Bushehr and increasing trend in Kerman stations. The trend analysis for future periods of 2020-2049, 2050 to 2079 and 2080 to 2100, indicated an increasing trend of pan evaporation in Kerman station and decreasing trend in 3 other stations. According to Sen's slope estimator test, during the baseline period the most increasing trend was observed in Kerman station. For future period the most increasing trend was observed in Mashhad station (+0.64). It is projected that mean pan evaporation values during near, middle and far future periods would decrease 4.7, 6.2 and 8.8%, respectively. Despite of projected increase of air temperature in Mashhad, Bushehr and Ahvaz stations, a reduction in pan evaporation was observed which might be attributed to reduced received radiation as reported in previous studies as evaporation paradox.

Keywords: Trend, Climate Change, PenPan model, Pan Evaporation

پایش خشکسالی طولانی مدت با استفاده از شاخص‌های خشکسالی و داده‌های بارش

(مطالعه موردی: شهرستان کرمانشاه)

مهدی جوزی^{۱*}، حمید زارع ابیانه^۲، احمد خسرای^۳، نیازعلی ابراهیمی پاک^۴

۱- استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران. * نویسنده مسئول: m.jovzi@areeo.ac.ir

۲- استاد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۳- دانش‌آموخته، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۴- دانشیار، بخش آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

خشکسالی پرهزینه‌ترین فاجعه طبیعی است که چالش‌های مهمی را به امنیت غذایی و مدیریت منابع آب تحمیل می‌کند. شناسایی روند خشکسالی می‌تواند در جلوگیری از این فاجعه زیست محیطی سودمند واقع شود. هدف از این مطالعه بررسی روند بارش‌های شهرستان کرمانشاه و تشخیص دوره‌های خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی بود. این شاخص‌ها شامل بارش استاندارد شده (SPI)، درصد بارش نرمال (PNI)، Z چینی (CZI)، Z چینی اصلاح شده (MCZI)، ناهنجاری بارندگی (RAI)، عدد Z (ZSI) و دهک‌ها (DI) در دوره طولانی مدت ۶۸ ساله از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۹ بود. نتایج پایش خشکسالی نشان داد که شیب روند بارش‌ها نزولی بود و در دهه ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ خشکسالی رخ داده بود. تجزیه و تحلیل شاخص‌های خشکسالی نشان داد که وقوع یک دهه خشکسالی در تمامی آن‌ها مشهود می‌باشد. از میان تمام شاخص‌های خشکسالی، شاخص RAI همبستگی ۶۰ درصدی را با داده‌های بارش از خود نشان داد و همچنین شاخص CZI به دلیل همبستگی بالای ۹۳ درصد با شاخص SPI و حساسیت به کاهش و افزایش بارش‌ها می‌تواند جایگزین خوبی در پایش خشکسالی‌ها در منطقه مورد بررسی باشد.

واژگان کلیدی: خشکسالی، شاخص‌های خشکسالی، بارش، کرمانشاه، طولانی مدت

مقدمه

اکثر مناطق جهان هر از گاهی با پدیده خشکسالی مواجه می‌شوند، اما این وضعیت در مناطقی که از نظر اقلیمی به‌طور نامنظم و تصادفی توسط سامانه‌های مختلف آب و هوایی تحت تأثیر قرار می‌گیرند بیشتر مشاهده می‌شود (شایق و سلطانی، ۱۳۹۰). قرار گرفتن بر روی کمربند خشک جهان و ایجاد شرایط خاص سینوپتیکی، همواره سبب وقوع پدیده خشکسالی در کشور ایران گردیده است (جامعی و رادمنش، ۱۳۹۲). خشکسالی، کمبود بارندگی نسبت به مقدار قابل انتظار تعریف می‌شود (یساول حسینی و همکاران، ۱۳۸۸). در طول یک دهه گذشته، خشکسالی که یکی از پرهزینه‌ترین بلاهای طبیعی است، چالش بزرگی در مدیریت منابع آب ایران ایجاد کرده است و از بارندگی، درجه حرارت، تبخیر و تعرق، محتوای رطوبت قابل دسترس خاک و وضعیت آب زیرزمینی تأثیر می‌پذیرد و در بین بلاهای طبیعی تهدید کننده‌ی انسان و محیط زیست می‌باشد، خشکسالی هم از نظر فراوانی و هم از جنبه‌ی اندازه‌ی زیان‌های وارده در صدر قرار دارد (حیدری علمدارلو و همکاران، ۱۳۹۶).

هدفهین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

سامانه‌های پایش خشکسالی جهت طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت آن از اهمیت زیادی برخوردارند. به همین منظور از شاخص‌های خشکسالی برای بیان کمی این پدیده استفاده می‌شود (محمدیان و همکاران، ۱۳۸۹).

Wu *et al.* (2001) شاخص‌های SPI، CZI و ZSI را در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه برای چهار ایالت در کشور چین از ژانویه ۱۹۵۱ الی دسامبر ۱۹۹۸ به‌منظور نشان دادن اقلیم‌های خشک، مرطوب و وقایع سیل و زلزله بررسی کردند. در این مطالعه محاسن و معایب کاربرد هر شاخص مقایسه شد. نتایج تحقیق نشان داد شاخص‌های CZI و ZSI می‌توانند نتایج مشابه با SPI را برای همه مقیاس‌های زمانی داشته باشند. محاسبات CZI و ZSI در مقایسه با SPI راحت‌تر است و شاید شاخص‌های بهتری جهت پایش اقلیم‌های مرطوب باشند. انصافی‌مقدم (۱۳۸۶) در ارزیابی شاخص‌های خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه‌ی دریاچه نمک به این نتیجه رسید که شاخص‌های SPI و DI کارایی بیشتری نسبت به سایر شاخص‌ها از لحاظ نمایش خشکسالی بسیار شدید دارند. Morid *et al.* (2006) خشکسالی‌های استان تهران را با استفاده از شاخص‌های DI، PN، SPI، CZI، MCZI و EDI مطالعه نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که شاخص‌های SPI و EDI نسبت به شاخص‌های دیگر بهتر می‌باشد. Jain *et al.* (2015) شاخص‌های خشکسالی SPI، EDI، ZSI، CZI و RD را در حوضه‌ی رودخانه کن کشور هند بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تمام این شاخص‌ها برای گام‌های زمانی مشابه، همبستگی زیادی دارند و این همبستگی در مراحل زمانی ۹ و ۱۲ ماهه افزایش می‌یابد. Bayissa *et al.* (2018) شاخص خشکسالی SPI، SPEI، ETDI، SMDI، ADI و SRI را در حوضه‌ی نیل کشور اتیوپی مطالعه نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که شاخص‌های SPI و SPEI در شروع خشکسالی شدید دارای عملکرد خوبی است. Wable *et al.* (2019) پنج شاخص خشکسالی PDN، EDI، SPI و RDI را در یک دوره ۲۵ ساله در یک حوضه‌ی نیمه‌خشک، واقع در غرب هند ارزیابی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که SPEI، EDI و SPI به‌ترتیب بهترین عملکرد را از نظر قابلیت انعطاف‌پذیری، شفافیت، پیچیدگی و توسعه‌پذیری داشتند. Dikici (2020) شاخص‌های خشکسالی DI، SPI، SPEI و SRI را در حوضه‌ی آسی ترکیه بررسی نمود. نتایج نشان داد که شاخص‌های SRI و SPI عملکرد قابل قبولی داشت و می‌توان در منطقه مورد بررسی از این شاخص‌ها در پایش بینی خشکسالی استفاده نمود.

بررسی منابع نشان داد که در مناطق مختلف عملکرد شاخص‌های مختلف خشکسالی ممکن است متفاوت باشد. لذا هدف از این مطالعه بررسی خشکسالی‌های رخ داده در یک دوره ۶۸ ساله با استفاده از شاخص‌های خشکسالی SPI، PNI، CZI، MCZI، RAI و DI در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرمانشاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه جهت مقایسه شاخص‌های خشکسالی از آمار ۶۸ ساله بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک شهرستان کرمانشاه از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۹ میلادی استفاده شد. ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه در عرض جغرافیایی ۳۳/۴۸ درجه‌ی شمالی، طول جغرافیایی ۴۸/۳۵ درجه‌ی شرقی و ارتفاع ۱۳۰۴ متری از سطح دریا واقع شده است. میانگین طولانی مدت دمای هوا و بارش سالانه در این ایستگاه به‌ترتیب ۱۴/۲ درجه سانتی‌گراد و ۴۰۷ میلی‌متر می‌باشد.

شاخص‌های خشکسالی مورد مطالعه شامل شاخص‌های SPI، PNI، CZI، MCZI، RAI، ZSI و DI بود. به‌منظور پایش روند خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه، تمامی شاخص‌ها بصورت ماهانه محاسبه و با یکدیگر مقایسه شدند. شاخص SPI (Standardized Precipitation Index) محبوب‌ترین شاخص خشکسالی است (Karabulut, 2015) که مقدار آن با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (Hayes *et al.*, 1999; Deo, 2011).

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (1)$$

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

در این رابطه SPI شاخص خشکسالی بارش استاندارد شده، P_i میانگین بارندگی در سال i ام بر حسب \bar{P} mm میانگین بارندگی کل سالها بر حسب mm و SD انحراف معیار کل سالها می باشد.

شاخص خشکسالی PNI (Percent of Normal Index) که توسط Willeke et al (1994) به عنوان درصد بارش نرمال نیز توصیف شده است با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$PNI = \frac{P_i}{\bar{P}} \times 100 \quad (2)$$

که در این رابطه PNI شاخص خشکسالی درصد بارش نرمال، P_i مقدار بارندگی در سال i ام بر حسب \bar{P} mm بارش نرمال برای کل سالها بر حسب mm می باشد.

شاخص CZI (China Z Index) که توسط مرکز اقلیم ملی چین ارائه شده توسط رابطه زیر محاسبه شد (Ju et al., 1997).

$$CZI_{ij} = \frac{6}{C_{si}} \times \left(\frac{C_{si}}{2} \times \varphi_{ij} + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_{si}} + \frac{C_{si}}{6} P_i \quad (3)$$

در این رابطه CZI شاخص خشکسالی Z چینی، i مقیاس زمانی مورد نظر و j ماه مورد محاسبه، C_{si} ضریب چولگی و φ_{ij} ضریب تغییرات است.

شاخص MCZI (Modified China Z Index) نیز با جایگزینی میزان بارش میانه به جای میانگین بارش در رابطه ۳، محاسبه شد (Salehnia et al, 2017).

شاخص ZSI (Z-Score Index) نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Triola, 1995).

$$ZSI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (4)$$

در این رابطه ZSI شاخص خشکسالی عدد Z ، P_i مقدار بارندگی در ماه i ام بر حسب \bar{P} mm میانگین ماهانه بارش بر حسب mm و SD انحراف معیار برای هر مقیاس زمانی بر حسب mm می باشد.

شاخص RAI (Rainfall Anomaly Index) نیز با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Costa and Rodrigues, 2017).

$$RAI = 3 \times \left[\frac{(P - \bar{P})}{(\bar{m} - \bar{P})} \right] \quad (5)$$

$$RAI = -3 \times \left[\frac{(P - \bar{P})}{(\bar{m} - \bar{P})} \right] \quad (6)$$

که در این رابطه RAI شاخص خشکسالی ناهنجاری بارندگی، P بارش واقعی برای هر سال بر حسب \bar{P} mm میانگین بلند مدت بارش بر حسب mm و \bar{m} میانگین ده بارش با بیشترین مقدار برای P با هنجارهای مثبت و میانگین ده بارش با کمترین مقدار برای P با هنجارهای منفی است.

شاخص DI (Deciles Index) یک رتبه بندی بارش در یک بازه زمانی خاص در کل دوره ثبت شده می باشد (Gibbs and Maher, 1967). در این روش داده های بارش با تقسیم بندی به دهکها به صورت روزانه، هفتگی، ماهانه یا سالانه شدت خشکسالی را تعیین می کنند. برای محاسبه شاخص دهکها ابتدا توزیع احتمال تجربی با رتبه بندی داده های بارش به ترتیب صعودی برای ایستگاه هواشناسی تعیین شده در دوره مورد بررسی به دست آمد.

در جدول (۱) مقادیر طبقه بندی شاخص های خشکسالی مورد بررسی ارائه شده است.

جدول ۱- مقادیر طبقه بندی شاخص های خشکسالی

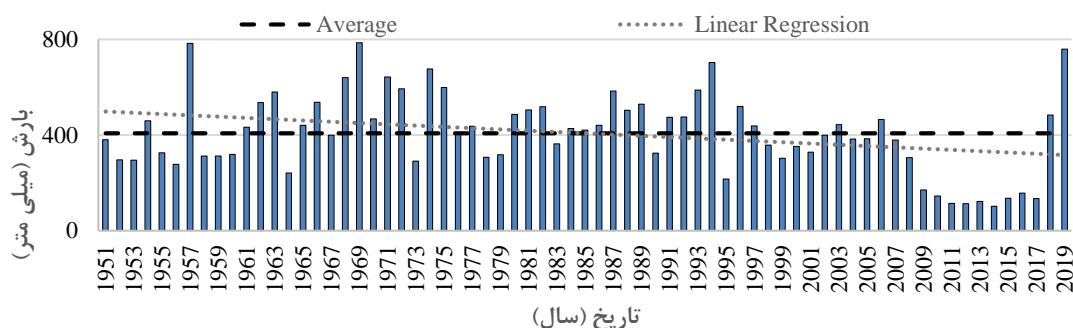
طبقات	شاخص بارش استاندارد شده	شاخص درصد بارش نرمال	شاخص دهک	شاخص Z چینی	شاخص Z چینی اصلاح شده	شاخص عدد Z	شاخص ناهنجاری بارندگی
	SPI	PNI	DI	CZI	MCZI	ZSI	RAI
شدیداً مرطوب	بیش از ۲/۰	تعریف نشده	تعریف نشده	بیش از ۲/۰	بیش از ۲/۰	تعریف نشده	بیش از ۰/۳
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹	تعریف نشده	تعریف نشده	۱/۵ تا ۱/۹۹	۱/۵ تا ۱/۹۹	تعریف نشده	تعریف نشده
مرطوب متوسط	۱/۰ تا ۱/۴۹	تعریف نشده	تعریف نشده	۱/۰ تا ۱/۴۹	۱/۰ تا ۱/۴۹	تعریف نشده	۰/۳ تا -۰/۳
مرطوب ملایم	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده	بیش از ۱۰۰	تعریف نشده	مرطوب
-۱/۲ تا -۰/۳	تعریف نشده	-۰/۹۹ تا -۰/۹۹	-۰/۹۹ تا -۰/۹۹	تعریف نشده	۸۰ تا ۱۰۰	-۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نرمال
تعریف نشده	بیش از ۰/۲۵	تعریف نشده	تعریف نشده	بیش از ۵	تعریف نشده	تعریف نشده	بدون خشکسالی
تعریف نشده	-۰/۲۵ تا	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده	تعریف نشده	خشکسالی ضعیف
تعریف نشده	-۰/۵۲ تا	تعریف نشده	تعریف نشده	۴	۸۰ تا ۷۰	تعریف نشده	خشکسالی ملایم
-۱/۲ تا -۲/۱	-۰/۸۴ تا -۰/۵۲	-۱/۰ تا -۱/۴۹	-۱/۰ تا -۱/۴۹	۳	۷۰ تا ۵۵	-۱/۴۹ تا -۱/۰	خشکسالی متوسط
-۲/۱ تا -۳/۰	-۰/۸۴ تا	-۱/۵ تا -۱/۹۹	-۱/۵ تا -۱/۹۹	۲	۵۰ تا ۴۰	-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشکسالی شدید
کمتر از -۳/۰	کمتر از -۱/۲۵	کمتر از -۲/۰	کمتر از -۲/۰	۱	کمتر از ۴۰	کمتر از -۲/۰	خشکسالی خیلی شدید

نتایج و بحث

بررسی روند بارش‌های سالانه طی دوره ۶۸ ساله در شهرستان کرمانشاه نمایانگر روند خشکسالی‌ها و ترسالی‌های شکل گرفته طی این دوره می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- تغییرات بارش سالانه در دوره ۶۸ ساله در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرمانشاه

با توجه به شکل (۱) مشاهده می‌شود که در سه سال ۱۹۵۷، ۱۹۶۹ و ۲۰۱۹ بیشترین مقادیر بارش سالانه به ترتیب با مقادیر ۷۸۳/۹، ۷۸۵/۵ و ۷۵۸/۹ میلی‌متر ثبت شده است. کمترین بارش‌ها که پایین‌تر از میانگین بارش ثبت شده کل دوره یعنی ۴۰۷ میلی‌متر می‌باشد در چندین سال رخ داده است که قابل ملاحظه‌ترین آن‌ها در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ می‌باشد که یک دهه کمبود بارش در این دوره ثبت شده است. شیب بارش‌های سالانه منفی و معادله خطی شکل گرفته برابر $Y = -2.67X + 501.5$ می‌باشد.

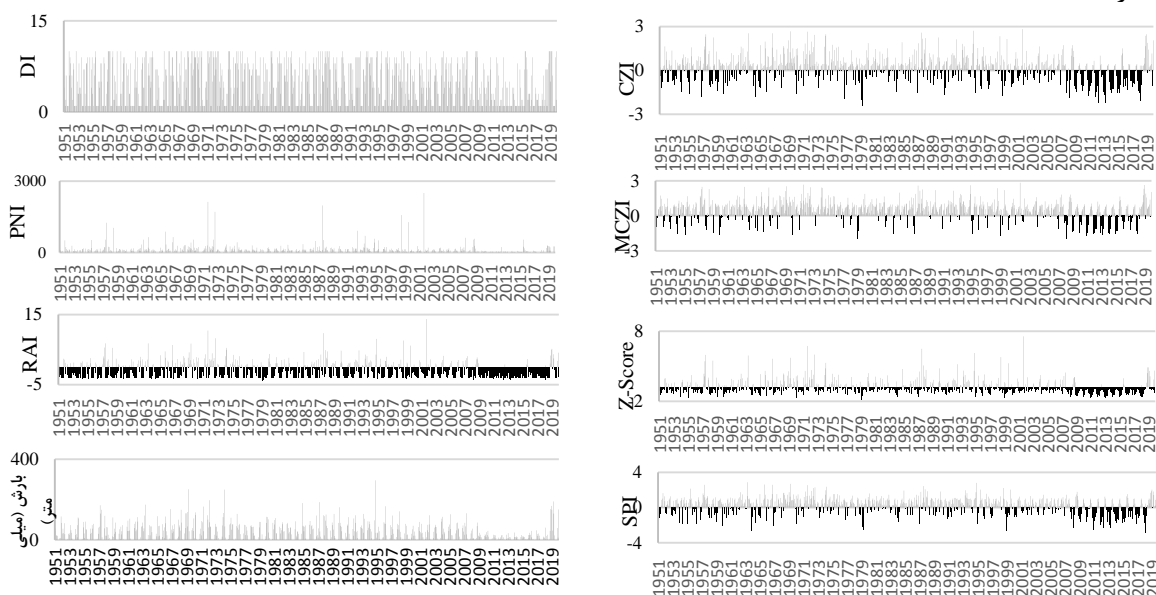
تغییرات شاخص‌های خشکسالی SPI، PNI، CZI، MCZI، RAI، ZSI و DI به تفکیک و همچنین تغییرات سالانه بارش در دوره ۶۸ ساله در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه در شکل (۲) نشان داده شده است. براساس نتایج شکل (۲) شاخص‌های خشکسالی در بازه ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ یک دوره خشکسالی را در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرمانشاه نشان دادند و در سایر سال‌ها نواحی مرطوب و خیلی مرطوب را در بر گرفته است.

تعداد خشکسالی‌ها رخ داده در دوره مورد بررسی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی SPI، PNI، CZI، MCZI، RAI، ZSI و DI به ترتیب ۱۰۰، ۱۰۱، ۸۳، ۹۹، ۱۰۰ و ۱۰۰ مورد بود.

همبستگی پیرسون بین شاخص‌های خشکسالی و بارندگی در ایستگاه کرمانشاه در جدول (۲) نشان داده شده است. بر این اساس بارندگی بیشترین همبستگی را با شاخص RAI به مقدار ۶۰ درصد داشت. همچنین شاخص MCZI کمترین همبستگی را با بارندگی به مقدار ۱۶ درصد داشت. بیشترین همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی به ترتیب بین شاخص‌های

هدفه‌مین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

SPI با CZI به مقدار ۹۳ درصد، CZI با MCZI به مقدار ۹۳ درصد، ZSI با RAI به مقدار ۹۲ درصد و SPI با MCZI به مقدار ۹۰ درصد به دست آمد.



شکل ۲- تغییرات شاخص‌های خشکسالی و بارش در دوره ۶۸ ساله در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرمانشاه

جدول ۲- همبستگی پیرسون بین شاخص‌های خشکسالی و بارندگی در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کرمانشاه

RAI	ZSI	MCZI	CZI	DI	PNI	SPI	بارش	
۰/۶۰	۰/۴۴	۰/۱۶	۰/۳۳	۰/۵۶	۰/۱۹	۰/۲۳	۱	بارش
۰/۶۰	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۹۳	۰/۵۶	۰/۴۳	۱	۰/۲۳	SPI
۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۵۰	۰/۵۸	۰/۵۶	۱	۰/۴۳	۰/۱۹	PNI
۰/۸۸	۰/۷۴	۰/۵۷	۰/۶۹	۱	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۶	DI
۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۹۳	۱	۰/۶۹	۰/۵۸	۰/۹۳	۰/۳۳	CZI
۰/۶۰	۰/۸۰	۱	۰/۹۳	۰/۵۶	۰/۵۰	۰/۹۰	۰/۱۶	MCZI
۰/۹۲	۱	۰/۸۰	۰/۸۴	۰/۷۴	۰/۸۲	۰/۷۷	۰/۴۴	ZSI
۱	۰/۹۲	۰/۶۰	۰/۷۵	۰/۸۸	۰/۸۰	۰/۶۰	۰/۶۰	RAI

نتیجه‌گیری

ارزیابی روند بارش‌ها و شاخص‌های خشکسالی SPI، PNI، CZI، MCZI، RAI، ZSI و DI در دوره ۶۸ ساله در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه نشان داد که SPI و CZI نسبت به شاخص‌های دیگر روند خشکسالی را بهتر نشان می‌دهند. در دوره ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ یک دهه خشکسالی شدید رخ داده است که شاخص‌های SPI و CZI به خوبی این دوره را پایش می‌کنند. شاخص‌های PNI و DI نسبت به خشکسالی‌های شدید حساسیت بیشتری از خود نشان دادند. شاخص RAI بیشترین همبستگی پیرسون را با داده‌های بارش به مقدار ۶۰ درصد داشته است. همچنین شاخص‌های CZI با MCZI و شاخص‌های SPI با CZI همبستگی ۹۳ درصدی را با یکدیگر داشته‌اند و می‌توانند در بررسی روند خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه جایگزین یکدیگر شوند.

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

فهرست منابع

- انصافی مقدم، ط. (۱۳۸۶). ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوزه دریاچه نمک. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، ۱۴ (۲): ۲۷۱-۲۸۸.
- جامعی، م، رادمنش، ف. (۱۳۹۲). بررسی و پایش خشکسالی ایستگاه ایدنک با استفاده از شاخص‌های خشکسالی. اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی ایران، اصفهان.
- حیدری علمدارلو، ا.، نسب پور، س.، کشتکار، ح. (۱۳۹۶). داده کاوی احتمال وقوع خشکسالی در ایران. مجله مدیریت بیابان، ۵ (۹): ۱-۱۴.
- شایق، ا.، سلطانی، س. (۱۳۹۰). مقایسه شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در استان یزد. نشریه علوم آب و خاک، ۱۵ (۵۷): ۲۳۱-۲۴۹.
- محمدیان، آ.، کوهی، م، آدینه بیگی، آ.، رسولی، ج.، بذرافشان، ب. (۱۳۸۹). مقایسه پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های DI، SPI و PNI و پهنه بندی آن‌ها (مطالعه موردی: استان خراسان شمالی). نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۷ (۱): ۱۷۷-۱۸۴.
- یساول حسینی، ا.، بوستانی، ف.، شمس‌نیا، ا.، فاخری‌فرد، ا. (۱۳۸۸). بررسی شدت، مدت و فراوانی خشکسالی‌های هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص استاندارد بارش (SPI) مطالعه موردی (استان آذربایجان شرقی). همایش ملی مدیریت بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، مرودشت.
- Bayissa, Y., Maskey, S., Tadesse, T., Van Andel, S.J., Moges, S., Van Griensven, A., Solomatine, D. (2018). Comparison of the performance of six drought indices in characterizing historical drought for the upper Blue Nile basin, Ethiopia. *Geosciences*, 8(3), 81.
- Costa, J.A., Rodrigues, G.P. (2017). Space-time distribution of rainfall anomaly index (RAI) for the Salgado Basin, Ceará State-Brazil. *Ciência e Natura*, 39(3), 627-634.
- Deo, R.C. (2011). On meteorological droughts in tropical Pacific Islands: time-series analysis of observed rainfall using Fiji as a case study. *Meteorological Applications*, 18(2), 171-180.
- Dikici, M. (2020). Drought analysis with different indices for the Asi Basin (Turkey). *Scientific Reports*, 10(1), 20739.
- Gibbs, W., Maher, J. (1967). Rainfall deciles as drought indicators, bureau of meteorology bulletin no. 48. Commonwealth of Australia, Melbourne, 117 p.
- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A., Vanyarkho, O.V. (1999). Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80(3), 429-438.
- Jain, V.K., Pandey, R.P., Jain, M.K., Byun, H.R. (2015). Comparison of drought indices for appraisal of drought characteristics in the Ken River Basin. *Weather and Climate Extremes*, 8, 1-11.
- Ju, X.S., Yang, X.W., Chen, L.J., Wang, Y.M. (1997). Research on determination of indices and division of regional flood/drought grades in China. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 8(1), 26-33.
- Karabulut, M. (2015). Drought analysis in Antakya-Kahramanmaraş Graben, Turkey. *Journal of Arid Land*, 7(6), 741-754.
- Morid, S., Smakhtin, V., Moghaddasi, M. (2006). Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *International Journal of Climatology*, 26 (7), 971-985.
- Salehnia, N., Alizadeh, A., Sanaeinejad, H., Bannayan, M., Zarrin, A., Hoogenboom, G. (2017). Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data. *Journal of Arid Land*, 9(6), 797-809.
- Triola, M.F. (1995). Elementary Statistics (6th edition). Addison-Wesley, New York, 752 p.
- Wable, P.S., Jha, M.K., Shekhar, A. (2019). Comparison of drought indices in a semi-arid river basin of India. *Water Resources Management*, 33(1), 75-102.
- Willeke, G., Hosking, J.R.M., Wallis, J.R., Guttman, N.B. (1994). The national drought atlas. U.S. Army Corps of Engineers, Water Resources Support Center, Institute for Water Resources, Virginia, 587 p.
- Wu, H., Hayes, M.J., Weiss, A., Hu, Q. (2001). An evaluation of the standardized precipitation index, the china-Z index and the statistical Z-score. *International Journal of Climatology*, 21 (6), 745-758.

Long-term drought monitoring using drought indices and rainfall data (Case study: Kermanshah city)

Mehdi Jovzi^{1*}, Hamid Zare Abyaneh², Ahmad Khasraei³, Niaz Ali Ebrahimi Pak⁴

1- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran. * Corresponding Author Email: m.jovzi@areeo.ac.ir

2- Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

3- Graduated Master Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

4- Associate Professor, Department of Irrigation and Soil Physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Abstract

Drought is the most costly natural disaster that poses significant challenges to food security and water resources management. Identifying drought trends can be helpful in preventing this environmental catastrophe. The aim of this study was to investigate the precipitation trend of Kermanshah city and to identify drought periods using drought indices. These indices include Standardized Precipitation Index (SPI), Percent of Normal Index (PNI), China Z Index (CZI), Modified China Z Index (MCZI), Rainfall Anomaly Index (RAI), Z-Score Index (ZSI) and Deciles Index (DI) in a long period of 68 years from 1951 to 2019. The results of drought monitoring showed that the slope of the rainfall trend was downward and drought occurred in the 2007-2017 decade. Analysis of drought indicators showed that the occurrence of a decade of drought is evident in all of them. Among all drought indices, RAI index showed 60% correlation with precipitation data and also CZI index due to high 93% correlation with SPI index and sensitivity to decrease and increase of precipitation can be a good alternative in monitoring droughts. Be in the study area.

Keywords: Drought, Drought indices, Precipitation, Kermanshah, Long term

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

مطالعه کانی شناسی سطوح پلايایی با درصد مواد فرسایش پذیرمختلف، نوع سله‌های سطحی و پایداری آنها در غرب دریاچه ارومیه

نیکو حمزه پور^۱، مریم حسن زاده^۲، ساراملاعلی عباسیان

^۱ دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه. nhamzhepour@maragheh.ac.ir

^۲ فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه. hasanzadeh66@yahoo.com

^۳ استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه. s.abasiyan@gmail.com

چکیده

با توجه به اینکه پتانسیل تولید گردوغبار در بخش‌های مختلف پلايای ارومیه متفاوت است و شناخت عوامل تاثیرگذار در فرسایش-پذیری سطوح پلايایی به مدیریت بهتر این اراضی می‌تواند کمک کند، هدف از تحقیق حاضر مطالعه کانی‌شناسی سطوح پلايایی با درصد مواد فرسایش‌پذیر آنها و نقش سله‌های سطحی در پایداری آنها در مقابل فرسایش بادی بود. بدین منظور از سطوح پلايایی مختلف شناسایی شده، نمونه خاک از عمق ۰-۵ سانتی متری در ۱۳۰ نقطه تهیه شد و درصد مواد فرسایش‌پذیر آنها (LEM) تعیین گردید. سپس ۱۲ نمونه خاک با درصد LEM متفاوت انتخاب و کانی‌های آنها با پراش پرتوی ایکس (XRD) تعیین گردید. همچنین برخی از خصوصیات سله‌های سطحی شکل گرفته در این مناطق مطالعه گردید. نتایج مطالعه کانی‌شناسی این سطوح نشان داد که در سطح سفره‌های شنی که بالاترین درصد LEM را دارا بودند، کانی کوارتز از بیشترین فراوانی برخوردار است و در مقابل در سطوح با کمترین میزان LEM، برشدهت پیک کانی‌های هالیت و کلسیت افزوده شده و از شدت پیک کانی کوارتز کاسته شده است. با توجه به اینکه در سطوح رسی، نمکی و شنی-نمکی، سله‌های سطحی با حداقل ضخامت یک سانتی‌متر و با مقاومت بالا به شکنندگی در حالت مرطوب و خشک وجود دارد، این مناطق با وجود دارا بودن درصد مواد فرسایش‌پذیر نسبتاً بالا در برخی نقاط، در صورت عدم دست‌کاری و تخریب، مقاومت بالایی در برابر فرسایش بادی دارند. درحالی‌که در سطح سفره‌های شنی، به دلیل عدم شکل‌گیری سله‌های سطحی، این سطوح از پتانسیل بسیار بالایی برای تولید گردوخاک برخوردار می‌باشند.

واژگان کلیدی: پوسته‌های رسی، پوسته‌های نمکی، سفره‌های شنی، کوارتز، هالیت.

مقدمه

با پیروی دریاچه ارومیه در شمال غربی کشور و تشکیل و توسعه پلايای ارومیه، سطوح مختلف پلايایی در این اراضی شکل گرفته‌اند (Motaghi et al., 2020). شکل‌گیری این سطوح رابطه تنگاتنگی با جنس رسوبات، ترکیب کانی‌شناسی آنها و فاصله از آب‌های زیرزمینی داشته و به دنبال آن، پتانسیل تولید گردوغبار توسط این سطوح نیز متفاوت می‌باشد (Motaghi et al., 2020; Alkhayer et al., 2018). عموماً نوع پلايا، اندازه، هیدرولوژی و ترکیب شیمیایی رسوبات آن، کنترل‌کننده میزان گردوخاکی است که سطوح مختلف پلايا می‌توانند تولید کنند (Goudie and Middleton, 2006; Shao et al., 2011). به‌طورکلی، غالباً یک تعادل دینامیکی بین سطح سفره‌ی آب زیرزمینی و فرایندهای بادی وجود دارد. در پلايای خشک، آب زیرزمینی با سطح زمین در ارتباط نیست زیرا از سطح زمین فاصله زیادی داشته و این نوع پلايا به‌طورمعمول سله‌های سفت و سختی دارند که گردوغبار کمی ایجاد می‌کنند. پلايای مرطوب دارای سطوح دینامیک می‌باشد که به دلیل نوسان‌های سطح سفره آب‌های زیرزمینی، ریزش‌های جوی و تبخیر به‌سرعت تغییر کرده و به دلیل فراهم نبودن شرایط برای توسعه پوسته‌های مقاوم در سطح این مناطق، مقاومت کمتری را در مقابل فرسایش دارند. مطالعات در پلايای فرانکلین در ایالات متحده آمریکا نشان داده است که این پلايا در کنار پلايای آونز در کالیفرنیا، یکی از بزرگترین منابع تولید گردوغبار می‌باشد و تنها راه کنترل تولید گردوغبار، توسعه پوسته‌های نمکی در سطح این پلايا می‌باشد (Reynolds et al., 2009).

مطالعات مربوط به ترکیب کانی‌شناسی گردوغبار حاصل از بیابان‌ها و پلاياها در نقاط مختلف دنیا نشان داده است که کانی کوارتز به عنوان جز غالب ذرات اتمسفری است و پس از آن کانی‌های کربناته و فیلوسیلیکاته فراوان‌ترین کانی‌ها هستند (Díaz-Hernandez

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

(Jiries et al., 2002؛ et al., 2011). نتایج مشابه توسط العباس و همکاران در خاورمیانه (Al-Dabbas et al., 2012) و زراسوندی و همکاران (Zarasvandi et al., 2011) در ایران گزارش شده است. بنابراین به نظر می‌رسد که در کنار سایر عوامل کنترل کننده تولید گردوغبار از یک منطقه خاص، بین کانی‌شناسی سطوح و استعداد آنها در تولید گردوغبار نیز رابطه ای وجود دارد. مطالعه کانی‌شناسی سطوح مختلف پلایایی در جنوب شرقی دریاچه ارومیه نشان داد که در سطوح حساس به فرسایش بادی فراوان‌ترین کانی‌ها کوارتز و کلسیت و دولومیت بودند. در مقابل سطوح نمکی و پهنه‌های رسی، به ترتیب به دلیل شکل‌گیری لایه‌نازکی از پوسته نمکی غنی از کلرید سدیم و سله‌های رسی، بیشترین مقاومت را در برابر فرسایش بادی داشتند. نتایج کانی‌شناسی این سطوح نیز نشان داد که کلرید سدیم و کربنات‌های کلسیم، منیزیم و سدیم ترکیبات غالب در این سطوح بودند (Motaghi et al., 2020). با توجه به اینکه برخی مطالعات اولیه در غرب دریاچه ارومیه نشان داده است بخش‌هایی از پلایای ارومیه در این منطقه مستعد فرسایش بادی می‌باشند، هدف از تحقیق حاضر مطالعه ترکیب کانی‌شناسی سطوح مختلف پلایایی با درصد مواد فرسایش پذیر مختلف و نوع سله‌های سطحی شکل گرفته و پایداری آنها در این مناطق بود.

مواد و روش‌ها

شناسایی سطوح مختلف پلایایی و نمونه برداری خاک

در این تحقیق از نتایج مربوط به مطالعه حسن زاده (۱۳۹۸) استفاده شده است که طی آن سطوح مختلف پلایای دریاچه ارومیه در غرب دریاچه ارومیه شناسایی، نمونه برداری و نقشه این سطوح ارائه شده است. در ۱۳۰ نمونه تهیه شده توسط حسن زاده (۱۳۹۸) از عمق ۰-۵ سانتی متری، ابتدا درصد مواد فرسایش پذیر (LEM) به روش ذکر شده در زیر، تعیین شدند سپس ۱۲ نمونه مختلف که هم دارای درصد LEM مختلف (بین کمتر از ۱۰ درصد تا بالای ۹۰ درصد) بودند و همچنین دربرگیرنده سطوح مختلف پلایایی نیز بودند، انتخاب و کانی‌شناسی آنها انجام شد. سله‌های سطحی و برخی از خصوصیات آنها در صحرا در این ۱۲ نمونه تعیین گردید.

آنالیزهای آزمایشگاهی

برای تعیین درصد مواد فرسایش پذیر (LEM)، ابتدا درصد خاکدانه‌های پایدار بزرگ‌تر از ۰/۸۴ میلی‌متر در حالت خشک با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری پایداری خاکدانه‌ها در حالت خشک و الک ۰/۸۴ میلی‌متر تعیین شد (Nimmo and Perkins, 2002). برای این کار، ۱۰۰ گرم خاک هوا خشک الک شده با الک ۸ میلی‌متر (برای حذف بقایای گیاهی و سنگ) که خاکدانه‌های درشت آن به‌آرامی به خاکدانه‌های طبیعی خاک شکسته شده بودن، توزین شد و بر روی الک با قطر ۰/۸۴ میلی‌متر قرار گرفت (W_1). سپس خاکدانه‌ها با استفاده از دستگاه سری الک‌های خشک به مدت ۳ دقیقه با نیروی معادل ۰/۵ mm/g تکان داده شدند. پس از پایان آزمایش خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی الک در یک ظرف ریخته شده و به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن آون خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد (W_2). برای اصلاح مقدار رطوبت خاک در نمونه اولیه نیز، نمونه دیگری تهیه شده و در داخل آون قرار گرفت تا درصد رطوبت خاک در حالت آون خشک تعیین و در محاسبات لحاظ شود. درنهایت درصد خاکدانه‌های پایدار بزرگ‌تر از ۰/۸۴ میلی‌متر با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$AS_{0.84} = \frac{W_2}{W_1^{adjusted}} \times 100 \quad (1)$$

بر اساس یافته‌های زوبک (Zobeck, 1991)، مواد سست فرسایش پذیر (LEM)^۱ عبارت از مواد خاکی غیر یکپارچه و سست با قطر کوچک‌تر از ۰/۸۴ میلی‌متر در سطح خاک است. برای تعیین مقدار LEM در یک خاک مقدار مشخصی از خاک نمونه‌برداری شده با الک ۰/۸۴ میلی‌متر الک می‌شود که درصد مواد باقی‌مانده درروی الک بیانگر درصد خاکدانه‌های پایدار بزرگ‌تر از ۰/۸۴ میلی‌متر است. با کسر کردن مقدار فوق از عدد ۱۰۰، مقدار مواد سست فرسایش پذیر به دست می‌آید که معیاری از قابلیت خاک

¹ Loose Erodible Material

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

برای فرسوده شدن توسط فرسایش بادی است. در واقع هرچقدر عدد فوق به ۱۰۰ نزدیک تر باشد، نشان دهنده فراوانی ذرات حساس به فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه است. بنابراین در نهایت LEM از روی معادله زیر محاسبه گردید.

$$\text{LEM} (\%) = 100 - (\text{AS}_{0.84} \text{ mm}) \times 100 \quad (2)$$

همچنین اندازه گیری سله های سطحی و شکنندگی آن ها بر اساس روش استاندارد ارائه شده در کتابچه مطالعات صحرایی خاک صورت گرفت (Schoeneberger et al., 2012). پس از شناسایی پایداری سطوح در برابر فرسایش بادی، از هر نوع سطح (پایداری کم، متوسط و زیاد) نمونه پودری تهیه و جهت تعیین کانی های موجود، توسط دستگاه XRD مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

در جدول ۱، خلاصه ای از سطوح پلاستی با درصد مواد فرسایش پذیر مختلف که خصوصیات کانی شناسی آنها مورد مطالعه قرار گرفته، ارائه شده است. همچنین در این جدول، ضخامت سله های سطحی مشاهده شده در صحرا و مقاومت آنها به شکنندگی در حالت خشک و مرطوب نیز ارائه شده است.

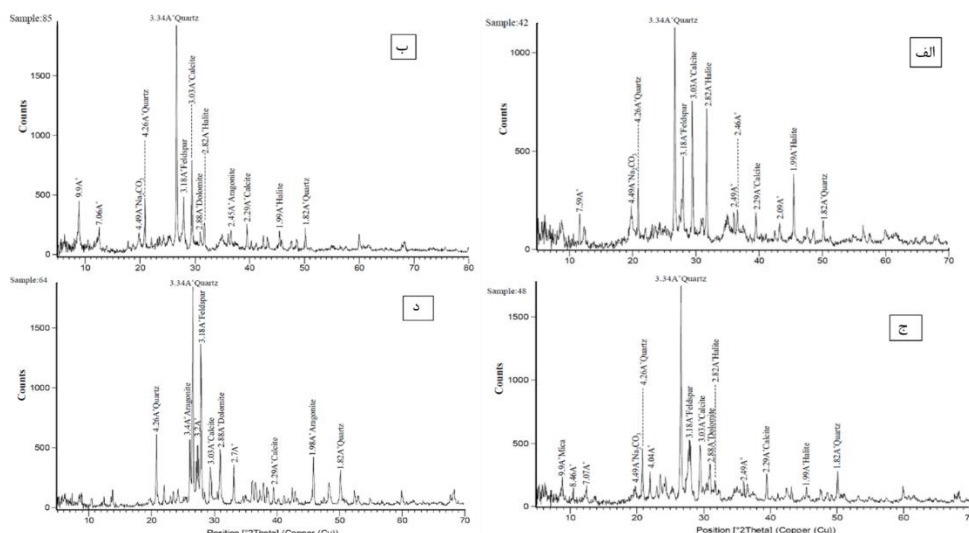
جدول ۱- مشخصات سله های سطحی در نمونه های انتخاب شده از سطوح پلاستی با درصد مواد فرسایش پذیر مختلف.

شماره نمونه	نوع سطح پلاستی	درصد مواد سست فرسایش پذیر (LEM)	ضخامت سله (میلی متر)	
			در حالت خشک	مقاومت در برابر شکنندگی در حالت مرطوب
۴۲	رسی (CF)	>۱۰٪	۱۷	VH
۷۳	رسی-نمکی (CF_SC)	>۱۰٪	۲۳	VH
۴۴	شنی-نمکی (Sa-SC)	۱۰-۳۰٪	۲۰	VR
۵۴	رسی-نمکی (CF_SC)	۱۰-۳۰٪	۱۸	VH
۷۲	رسی (CF)	۳۰-۵۰٪	۲۵	SH
۸۵	شنی-نمکی (Sa-SC)	۳۰-۵۰٪	۱۸	MH
۴۸	رسی-نمکی (CF_SC)	۵۰-۸۰٪	۱۸	MH
۷۹	رسی-نمکی (CF_SC)	۵۰-۸۰٪	۱۵	MH
۶۴	سفره های شنی (Sa-Sheets)	<۸۰٪	-	-
۸۲	رسی-نمکی (CF_SC)	<۸۰٪	۳۳	SH

E: extremely; V: very; M: moderately; S: slightly; H: hard; R: rigid.

نتایج کانی شناسی سطوح مختلف با درصد LEM متفاوت نشان داد که به طور عمومی، ترکیب کانی شناسی این سطوح تفاوت مشهودی با یکدیگر ندارند. به طوری که کانی کوارتز، کلسیت، هالیت و کربنات سدیم در عمده آنها مشاهده شد و در این بین، کانی کوارتز از فراوانی بیشتری نسبت به سایر کانی ها برخوردار بود. در مواردی نیز کانی های آراگونیت، دولومیت و گچ نیز شناسایی شدند. با وجود تفاوت های کمی که از نظر کانی شناسی بین سطوح با فرسایش پذیری مختلف وجود داشت، نتایج نشان داد که در سطوح با پایداری زیاد ($\text{LEM} < 10\%$) (شکل ۱، الف) به ترتیب فراوانی، کلرید سدیم (هالیت)، اکسید سیلیسیم (کوارتز)؛ کربنات کلسیم (کلسیت) و کربنات سدیم، ترکیبات غالب در این سطح بودند. با توجه به نتایج به دست آمده، در هر دو نمونه با پایداری متوسط ($\text{LEM} = 30$) و پایداری زیاد ($\text{LEM} < 10\%$)، کلرید سدیم، ترکیب غالب بوده است اما شدت پیک این کانی در نمونه با پایداری زیاد، بیشتر از پایداری متوسط بود. در سطوح با فرسایش پذیری زیاد (شکل ۱، ج، د) بر شدت پیک کانی کوارتز افزوده شده است. با توجه به درصد بالای شن در این سطوح و رابطه مثبت و معنادار بین فرسایش پذیری سطوح و درصد شن در خاک (Motaghi et al., 2020; Osman, 2014)، افزایش کانی کوارتز در این سطوح منجر به افزایش فرسایش پذیری آنها شده است. در عین حال، پیک کانی هالیت نیز در این نمونه ها حذف و از شدت پیک کانی کلسیت کاسته شده است. مجموع این عوامل می تواند دلیلی بر فرسایش پذیری بالای این سطوح داشته باشد.

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه



شکل ۱- کانی شناسی نمونه‌های خاک سطحی با درصد مواد فرسایش پذیر (LEM) مختلف. الف: سطح رسی-نمکی با LEM کمتر از ۱۰ درصد؛ ب: سطح رسی-نمکی با LEM بین ۳۰-۵۰ درصد؛ ج: بین سطح شنی-نمکی با LEM بین ۵۰-۸۰ درصد؛ د: سطح سفره‌های شنی با LEM بیشتر از ۸۰ درصد.

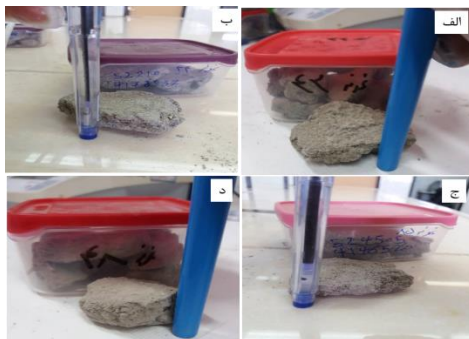
دیاز- هرماندز و همکاران (Díaz-Hernandez et al., 2011) در اسپانیا نیز بر اساس نتایج حاصل از پراش اشعه ایکس نمونه‌های پودری گردوغبار نشان دادند که کانی کوارتز به‌عنوان جز غالب ذرات اتمسفری است و پس از آن کانی‌های کربناته (کلسیت و دولومیت) و فیلسیلیکاته فراوان‌ترین کانی‌ها هستند. جیرایز و همکاران (Jiries et al., 2002) در گردوغبار جمع‌آوری شده از جنوب اردن نیز نشان دادند کانی‌های کوارتز و کلسیت حضور پررنگ‌تری را نسبت به سایر کانی‌ها داشتند. گانور و همکاران (Ganor et al., 2000) نیز با مطالعه‌ای که بر روی گردوغبار جمع‌آوری شده از شمال فلسطین اشغالی داشتند، فراوانی کانی‌های غیر رسی شامل کوارتز، فلدسپار، کلسیت و دولومیت را بیشتر از کانی‌های رسی بیان کردند. در تحقیقی که نجفی و همکاران، (۱۳۹۲) بر روی گردوغبارهای غرب و جنوب غرب ایران انجام دادند، مشخص شد کانی‌های اصلی گردوغبار ورودی به غرب ایران شامل کربنات‌ها (کلسیت) و سیلیکات‌ها (کوارتز) است و فاز فرعی کانی شامل ژپس است.

در سطوح مطالعه شده پلاپای ارومیه، برخلاف بسیاری از رسوبات دریاچه‌های شور، آنیون سولفات نسبت به کربنات‌ها و بخصوص آنیون کلر از غلظت کمتری برخوردار بوده است. فراوانی کانی‌های سولفات و کربناته در چنین محیط‌هایی پایداری سطوح را کاهش می‌دهد. با این حال به نظر می‌رسد فراوانی کلریدسديم در سطوح مورد مطالعه در غرب دریاچه ارومیه به‌خصوص در مناطقی که منجر به ایجاد پوسته نمکی هرچند نازک در سطح شده است، منجر به افزایش پایداری این سطوح در برابر باد شده است. نتایج مشابهی نیز توسط متقی (Motaghi et al., 2020) گزارش شده است. وی گزارش کرده است که در سطوح با پایداری بالا، کانی هالیت از فراوانی بیشتری نسبت به سایر کانی‌ها برخوردار است.

در جدول (۱)، خصوصیات سله‌های سطحی هرکدام از سطوحی که مطالعه کانی‌شناسی آن انجام شده است، ارائه شده است. بر اساس این جدول، ضخامت سله‌های سطحی در مناطق مورد مطالعه از عدم تشکیل سله (در سطح سفره‌های شنی) تا ۳۳ میلی‌متر متغیر بود. مقاومت سله‌ها در برابر شکنندگی در حالت خشک نیز از بسیار سفت‌وسخت (VR) تا کمی سخت (SH) متغیر بود. سطوح با LEM کمتر از ۱۰٪، دارای سله‌های سطحی بسیار سخت (VH) در حالت خشک و سخت (H) و بسیار سخت (VH) در حالت مرطوب بودند. در این سطح بالقوه پتانسیل تولید گردو خاک کمی دارند و وجود سله‌های سطحی بسیار مقاوم در سطح آن‌ها، آن‌ها را به مناطق بسیار پایداری تبدیل کرده است (شکل ۲، الف).

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

مقاومت در برابر شکنندگی سله‌ها در حالت خشک در سطوح با درصد مواد فرسایش پذیر بین ۱۰-۳۰ درصد، بین بسیار سفت‌وسخت (VR) تا بسیار سخت (VH) به دست آمد. سخت‌ترین سله در بین سله‌های مطالعه شده، سطح شنی-نمکی با LEM بین ۱۰ الی ۳۰ درصد مشاهده شد (شکل ۲، ب). این سطح در حالت مرطوب نیز از درجه H/MH برخوردار بود و بنابراین به‌طور کلی سله سطحی در این بخش بسیار پایدار است. سطوح با مواد فرسایش پذیر بین ۳۰-۵۰ درصد، دارای سله‌های با مقاومت کمی سخت (SH) تا نسبتاً سخت (MH) در حالت خشک و کمی سخت (SH) در حالت مرطوب بودند (شکل ۲، ج). سطوح با مواد فرسایش پذیر بین ۵۰-۸۰ درصد نیز دارای سله‌های سطحی نسبتاً سخت (MH) در حالت خشک و کمی سخت (SH) در حالت مرطوب بودند (شکل ۲، د).



شکل ۲- سله‌های سطحی از سطوح مختلف پلايایی با درصد مواد فرسایش پذیر مختلف. الف: سطح رسی-نمکی با LEM کمتر از ۱۰ درصد؛ ب: سطح شنی-نمکی با LEM بین ۱۰-۳۰ درصد؛ ج: بین سطح رسی-نمکی با LEM بین ۳۰-۵۰ درصد؛ د: سطح رسی-نمکی با LEM بین ۵۰-۸۰ درصد.

سطوح با LEM بیشتر از ۸۰٪، یا دارای سله سطحی نبودند، مثل سفره‌های شنی در بخش‌های شمالی منطقه مطالعاتی و یا دارای سله‌های با درجه کمی سخت (SH) در حالت خشک و مرطوب بودند و از ضخامت کافی نیز برخوردار نبودند. بنابراین این مناطق کانون‌های مهم گردوخاک می‌باشند و در صورت ورزش باد با قدرت کافی، بیش از ۸۰ درصد از خاک سطحی در این منطقه را می‌تواند جابجا کند.

نتیجه‌گیری

نتایج کانی‌شناسی سطوح مختلف با درصد LEM متفاوت نشان داد که به‌طور عمومی، ترکیب کانی‌شناسی این سطوح تفاوت مشهودی با یکدیگر ندارند. به‌طوری‌که کانی کوارتز، کلسیت، هالیت و کربنات سدیم در عمده آن‌ها مشاهده شد و در این بین، کانی کوارتز از فراوانی بیشتری نسبت به سایر کانی‌ها برخوردار بود. در مواردی نیز کانی‌های آراگونیت، دولومیت و گچ نیز شناسایی شدند. در سطوح با کمترین میزان LEM، برشده پیک کلسیت و هالیت افزوده شده است در حالی که در سطوح با بالاترین میزان LEM، پیک هالیت حذف، از شدت پیک کلسیت کاسته شده و برشده پیک کانی کوارتز افزوده شده است. نبود سله‌های سطحی در سطوح سفره‌های شنی به همراه بالا بودن درصد شن، کم بودن ماده آلی از عوامل مهم تبدیل سطح سفره‌های شنی به کانون‌های گردوخاک در منطقه مطالعاتی شده است.

فهرست منابع

نجفی، م. س.، خوش‌اخلاق، ف.، زمان زاده، س. م.، شیرازی، م.، ح. و صمدی، م. (۱۳۹۲). بررسی ترکیبات بار گردوخاک در غرب و جنوب غرب ایران. نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۲(۶)، ۱۷-۳۶.

حسن زاده، م. (۱۳۹۸). بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی سطوح پلايایی غرب دریاچه ارومیه. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه.

- Alkhayer, M., Eghbal, M.K., Hamzehpour, N. (2019). Geomorphic surfaces of eastern lake Urmia Playa and their influence on dust storms. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(8), 1511-1520.
- Díaz-Hernández, J.L., Martín-Ramos, J.D., López-Galindo, A. (2011). Quantitative analysis of mineral phases in atmospheric dust deposited in the south-eastern Iberian Peninsula. *Atmospheric environment*, 45(18), 3015-3024.
- Ganor, E., Deutsch, Y., Foner, H.A. (2000). Mineralogical composition and sources of airborne settling particles on Lake Kinneret (The Sea of Galilee), Israel. *Water, air, and soil pollution*, 118, 245-262.
- Goudie, A.S., Middleton, N.J. (2006). Desert Dust in the Global System. Springer Verlag, Heidelberg.
- Jiries, A., El-Hasan, T., Manasrah, W. (2002). Qualitative evaluation of the mineralogical and chemical composition of dry deposition in the central and southern highlands of Jordan. *Chemosphere*, 48, 933-938.
- Motaghi, F.A., Hamzehpour, N., Abasiyan, S.M., Rahmati, M. (2020). The wind erodibility in the newly emerged surfaces of Urmia Playa Lake and adjacent agricultural lands and its determining factors. *Catena*, (194), 104675.
- Nimmo, J.R., Perkins, K.S. (2002). Aggregate stability and size distribution. *Soil Science Society of American Journal*, 5, 317-328.
- Osman, K.T. (2014). Soil Degradation, Conservation and Remediation. Springer, Netherlands.
- Reynolds, R. L., Bogle, R., Vogel, J., Goldstein, H., Yount, J. (2009). Dust emission at Franklin Lake Playa, Mojave Desert (USA): Response to meteorological and hydrologic changes 2005-2008. *Natural Resources and Environmental Issues*, 15, 105-115.
- Shao, Y., Wyrwoll, K.H., Chappell, A., Huang, J., Lin, Z., McTainsh, G. H., Yoon, S. (2011). Dust cycle: an emerging core theme in Earth system science. *Aeolian Research*, 2(4), 181-204.
- Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C. (Eds.). (2012). *Field book for describing and sampling soils*. Government Printing Office.
- Zarasvandi A., Carranza E. J. M., Moore F. & Rastmanesh F. (2011). Spatio-temporal occurrences and mineralogical-geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). *Journal of Geochemical Exploration*, 111, 138-151.
- Zobeck, T. M. (1991). Abrasion of crusted soils: Influence of abrader flux and soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 55, 1091-1097.

The mineralogical study of playa surfaces with different loose erodible material content, type of their surficial crusts and their stability in western part of Urmia Lake

Nikou Hamzehpour¹, Maryam Hasanzadeh², Sara Mola Ali Abasiyan³

- 1- Associated professor, Soil and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.
Email: nhamzehpour@maragheh.ac.ir
- 2- M.Sc. graduated, Soil and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.
Email: hasanzadeh66@yahoo.com
- 3- Assistant professor, Soil and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.
Email: s.abasiyan@gmail.com

Abstract

The potential for dust generation varies among different parts of Urmia Lake playa. Therefore, recognition of the factors which are influencing the erodibility of playa surfaces can ultimately lead to the better land management. The aim of the present study was to investigate the mineralogical composition of playa surfaces with different loose erodible material (LEM) and the role of surficial crusts in their stability against wind erosion. After identification of different playa surfaces of the western part Urmia Lake, in 130 locations soil samples were gathered from depth of 0-5 cm and their LEM were measured. Later 12 soil samples from different playa surfaces with variable amounts of LEM were selected for XRD analysis. Some of the properties of soil crusts were also measured. The mineralogical studies of selected playa surfaces showed the abundance of quartz mineral in Sand sheets. In playa surfaces with low LEM, quartz peak decreased while intensity of halite (NaCl) and calcite (CaCO₃) peaks increased. The presence of surficial crusts with at least 1cm thick with high resistance both in wet and dry conditions, have made these surfaces resistant against wind erosion, unless they are disturbed. However, in Sand sheets, the absence of crusts along with their high LEM have made these areas highly vulnerable to dust generation.

Keywords: clay crusts, salt crusts, sand sheets, quartz, halite.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

نقشه برداری رقومی شوری خاک در یک منطقه خشک و نیمه خشک با استفاده از مدل های یادگیری ماشین

لیلا لطف الهی^۱، محمدمیر دلاور^۲، آسیم بیسواز^۳، محمد جمشیدی^۴، روح اله تقی زاده مهرجردی^۵

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان. amir-delavar@znu.ac.ir

۳- استادیار دانشکده علوم محیطی، دانشگاه گوئلف، گوئلف، کانادا.

۴- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۵- گروه علوم زمین، علوم خاک و ژئومورفولوژی، دانشگاه توبینگن، توبینگن، آلمان و دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه

اردکان، اردکان.

چکیده

افزایش فشارهای ناشی از کشاورزی منجر به شور شدن منابع خاک و آب شده است. استفاده از روش های نقشه برداری رقومی خاک برای شناسایی مناطق تحت تاثیر شوری اساس مطالعه ای در جنوب شرقی استان کردستان است. قسمتی از دشت چهاردولی در استان کردستان متاثر از نمک است و شور شدن خاک باعث ایجاد مشکل شده است. بنابراین، نیاز به نقشه برداری رقومی برای شناسایی مناطق شور جهت استراتژی های مدیریتی وجود دارد. با استفاده از داده های کمکی مانند متغیرهای حاصل از تصاویر سنجنش از دور اقدام به شناسایی مناطق متاثر از نمک شد. در این مطالعه ۳۰ پروفیل خاک حفر شد. از عمق های ۵-۵۰، ۱۵-۱۵۰، ۳۰-۶۰، ۹۰-۱۲۰، ۱۲۰-۱۵۰، مطابق با نقشه جهانی خاک نمونه برداری و در مجموع ۲۰۰ نمونه خاک برداشت شد. از سه مدل جنگل تصادفی، درخت تصمیم و رگرسیون خطی چندگانه برای مدلسازی توزیع مکانی شوری استفاده شد. مدل جنگل تصادفی با اختلاف کمی نسبت به مدل درخت تصمیم از دو مدل دیگر دقیق تر بود. نتایج این تحقیق نشان داد که داده های کمکی سنجنش از دور می توانند به عنوان متغیری مناسب برای شناسایی مناطق تحت تاثیر شوری استفاده شوند.

واژگان کلیدی: جنگل تصادفی، شوری، نقشه جهانی خاک، درخت تصمیم.

مقدمه

شوری خاک ناشی از عوامل طبیعی یا انسانی یک خطر عمده زیست محیطی است (Sheng et al., 2010) که به عنوان شاخص مهم کیفیت خاک شناخته شده است. شوری خاک یکی از رایج ترین اشکال تخریب زمین در مناطق خشک و نیمه خشک است و تا حد زیادی استراتژی های برنامه ریزی کاربری اراضی را کنترل می کند و به طور مستقیم بر روند تصمیم گیری در مورد مدیریت موثر زمین تأثیر می گذارد. شوری زیاد خاک منجر به بهره وری کم محصول و تسریع تخریب و بیابان زایی زمین های کشاورزی در سراسر جهان می شود. شوری خاک در کشورهای خشک و نیمه خشک مانند ایران از اهمیت بسیاری برخوردار است، چرا که بهره وری کم کشاورزی تا حد زیادی به شوری بالای خاک نسبت داده می شود (Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2014). از طرفی در مناطق خشک به دلیل افزایش تولید محصولات کشاورزی از طریق گسترش آبیاری می تواند مشکلات شور شدن خاک را تشدید کند. بنابراین، بررسی شدت و توزیع شوری خاک در مکان و زمان بسیار مهم است. از این رو، نقشه برداری رقومی خاک های تحت تاثیر نمک جهت نظارت بر تغییرات مکانی شوری خاک به منظور شناسایی استراتژی های مناسب مدیریت شوری لازم است (Sheng et al., 2010) تا برنامه های مربوط به بهبود شیوه های مدیریت کاربری اراضی و احیای خاک تدوین و اجرا شوند (Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2021).

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه قسمتی از دشت چهاردولی در جنوب شرقی استان کردستان را در بر می گیرد. منطقه با طول جغرافیایی 47°89'E تا 48°06'E و عرض جغرافیایی 34°97'N تا 35°10'N مساحتی حدود 104 Km² را داراست. شیب منطقه از

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

غرب به شرق ۲۶۸ متر کاهش می‌یابد. بطوریکه ارتفاع بلندترین نقطه ۲۰۵۱ متر و ارتفاع پایین‌ترین نقطه ۱۷۸۳ متر از سطح دریا است. میزان متوسط بارش سالیانه حدود ۳۳۲ میلیمتر است. آب و هوای منطقه به صورت نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه به ترتیب زیریک و مزیک می‌باشد. محدوده مورد مطالعه دارای رودخانه‌های دائمی و فصلی هست که میتوان رودخانه شورچای (چمشور) را نام برد. این دشت دارای ژئومورفولوژی به نسبت آرام است و بر اساس تقسیم‌بندی ماہلر (۱۹۷۰) واحدهای فیزیوگرافی منطقه شامل اراضی پست، دشتهای دامنه‌ای، فلات و تپه است و کاربری‌های اصلی منطقه شامل زراعت و مرتع می‌باشد. منطقه زیر کشت محصولات زراعی مانند گندم، جو، سیب زمینی، نخود و صیفی‌جات قرار دارد. نقاط مورد مطالعه با روش نمونه‌برداری مکعب لاتین مشروط و بسته cLHS در نرم‌افزار آر بدست آمد (Minasny and McBratney., 2006). در مجموع ۲۰۰ نمونه خاک از ۳۰ پروفیل قابل دسترس جمع‌آوری شد. پس از انتقال، تمام نمونه‌ها در دمای اتاق (۲۲ درجه سانتیگراد) خشک شده و سنگ‌ها و کلوخه‌ها حذف شد و سپس برای عبور از یک غربال ۲ میلی متری کوبیده شدند. هدایت الکتریکی خاک (Mclean, 1982) اندازه‌گیری شد. در این مطالعه از دو گروه از متغیرهای محیطی استفاده شد: ۱- متغیرهای مشتق شده از DEM و ۲- متغیرهای حاصل از تصاویر ماهواره‌ای. نخستین منبع متغیرهای محیطی پستی‌وبلندی مدل رقومی ارتفاع^۱ است که با تفکیک مکانی ۳۰ متر از پایگاه داده استر^۲ (ASTER GDEM V2, 30 m) دانلود و پیش پردازش‌های لازم در محیط ساگا انجام شد (Planchon and Darboux., 2001). مشتقات پستی‌وبلندی بر پایه روش‌های مبتنی بر تجزیه پستی‌وبلندی (Wilson and Gallant, 2000) و با استفاده از نرم‌افزار ساگا به دست آمد (Olaya and Conrad., 2009). از تصاویر ماهواره ای برای استخراج شاخص پوشش گیاهی و شاخصهای مرتبط با خاک استفاده شد. ۱۰ شاخص پوشش گیاهی و ۲۴ شاخص مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع در محیط نرم افزار ساگا (Version: 5.0.0) استخراج شد. ۶ شاخص مرتبط با خاک در محیط ArcGIS 10.5 استخراج شد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر لندست ۸ استفاده شد. تصویر مربوط به تاریخ نمونه برداری یعنی تصویر June سال ۲۰۱۹ دانلود شد. پس از انجام تصحیحات اتمسفری و رادیومتری در محیط نرم افزار انوی، با استفاده از طبقه بندی نظارت شده (Maximum Likelihood) واحدهای کاربری اراضی معین شدند. پیش پردازش و پس پردازش روی تصاویر انجام شد. در نهایت ۹ طبقه کاربری اراضی استخراج شد. کاربری‌های اراضی استخراج شده شامل ۹ کاربری می‌باشد. در مرحله چهارم آنالیز همبستگی و کاهش متغیر انجام شد. در این مطالعه از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد (Rumao, 2019). متغیرهایی که دارای همبستگی بودند در این مرحله حذف شدند. در مرحله پنجم انتخاب متغیر انجام شد. در نظر گرفتن متغیرهای مهم مدل را با پیچیدگی کمتری مواجه میکند. همچنین باعث راحتی در تفسیر، افزایش تعمیم مدل و دقت نقشه می‌شود (Rumao, 2019). در این مطالعه اهمیت متغیر با استفاده از حذف ویژگی بازگشتی (RFE) بر اساس الگوریتم جنگل تصادفی بررسی شد (Development Core Team, R., 2016). در مرحله ششم با استفاده از متغیرهای انتخاب شده فرایند مدل‌سازی انجام شد. ما از متغیرهای انتخاب شده در روش بالا به عنوان چهارچوبی برای تمام روشهای مدل‌سازی استفاده کردیم. برای مدل‌سازی رابطه بین خصوصیات خاک و متغیرهای محیطی از مدل‌های فراگیری ماشین شامل جنگل تصادفی، رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای، و درخت تصمیم که در پیش‌بینی خصوصیات خاک دارای دقت بالاتری هستند، استفاده شد. در مرحله هفتم برای ارزیابی کیفیت مدل‌های پیش‌بینی، داده‌ها به یک مجموعه آموزشی و یک مجموعه اعتبارسنجی تقسیم شده است. ۸۰ درصد نمونه‌ها بصورت تصادفی به عنوان یک مجموعه آموزشی و بقیه به عنوان یک مجموعه اعتبارسنجی انتخاب شدند. ارزیابی عملکرد مدل یکی از مولفه‌های مهم هر آزمایش است و در مقایسه مدل‌های مختلف نقشی اساسی دارد. میانگین خطای ریشه مربعات (RMSE) یک معیار دقیق برای مقایسه عملکرد مدل و در نتیجه تغییرات آن است. RMSE از طریق معادله زیر میزان خطای بین دو مجموعه داده را اندازه‌گیری می‌کند. مدلی که دارای مقدار ریشه میانگین مربعات خطا کوچکتری باشد، از دقت بیشتری در برآورد ویژگی

1 Digital Elevation Model, DEM
2 Aster

هدفهین کنکره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

خاک برخوردار است. RMSE به این صورت تعریف می‌شود: که در آن obs خاصیت خاک مشاهده شده باشد، pred ویژگی پیش‌بینی شده خاک از یک مدل داده شده است و n تعداد مشاهدات است (Rumao., 2019).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (obs_i - pred_i)^2} \quad (1)$$

باباس، خطای میانگین پیش‌بینی نامیده می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌شود

$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (obs_i - pred_i) \quad (2)$$

R^2 به عنوان مربع ضریب همبستگی نمونه (پیرسون) دقت رابطه بین مشاهدات و پیش‌بینی‌های مربوطه را اندازه‌گیری می‌کند. ضریب همبستگی پیرسون r هنگامی که روی مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده اعمال می‌شود به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (obs_i - \overline{obs}) - (pred_i - \overline{pred})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (obs_i - \overline{obs})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (pred_i - \overline{pred})^2}} \quad (3)$$

شاخص R^2 ، RMSE برای هر ویژگی برای مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده با استفاده از روش تأیید اعتبار متقابل بدست آمد. ضریب تعیین (R^2) بین ۰ و ۱ متغیر است و نزدیک بودن مقادیر پیش‌بینی شده به خط رگرسیون نصب شده بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده یا نسبت واریانس توضیح داده شده توسط پیش‌بینی کننده‌های مستقل را نشان می‌دهد. RMSE خطای میانگین مربع است. Concordance معیار اندازه‌گیری قابلیت اطمینان است که براساس همبستگی و مکاتبه‌ای که در آن خط همبستگی از مبدا عبور می‌کند و دارای شیب ۱،۰ است، استوار است (Rumao., 2019).

نتایج و بحث

نتایج نشان می‌دهد که شوری با افزایش عمق تا لایه ۶۰-۳۰ سانتیمتری کاهش و بعد از این لایه تا عمق ۱۵۰-۱۲۰ سانتیمتری روند افزایشی است (جدول ۱). مقدار شوری منطقه از ۱۲/۶-۰/۲ دسی‌زیمنس بر متر متفاوت است. شوری منطقه ضریب تغییرات بالایی دارد که بدلیل تغییرات زیاد در سطح منطقه است.

جدول ۱. توصیف آماری شوری

عمق (cm)	کمترین	چارک اول	میان	میانگین	چارک سوم	بیشترین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
۰-۵	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۱/۱	۱	۷/۷	۱/۶۳	۱/۴۸
۵-۱۵	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۸	۰/۷	۶/۸	۱/۲۱	۱/۵۱
۱۵-۳۰	۰/۲	۰/۴	۰/۵	۰/۸	۰/۹	۳/۴	۰/۹۰	۱/۱۳
۳۰-۶۰	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۱/۱	۲/۳	۰/۵۶	۰/۸
۶۰-۹۰	۰/۲	۰/۳	۰/۶	۱/۳	۱	۱۱/۴	۲/۲۲	۱/۷۱
۹۰-۱۲۰	۰/۴	۰/۵	۰/۹	۱/۹	۲	۱۲/۱	۲/۷۳	۱/۴۴
۱۲۰-۱۵۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۱/۹	۲/۲	۱۲/۶	۲/۹۲	۱/۵۴

EC
(ds.m⁻¹)

ضریب همبستگی پیرسون میان متغیرهای انتخاب شده و شوری خاک نشان می‌دهد که شوری بیشترین همبستگی را با Channel Network Base Level (r=-0.52) و Valley Depth (r=0.55) داشت و در لایه‌های ۰-۵، ۵-۱۵ و ۶۰-۹۰ سانتیمتر با متغیرهای مورد مطالعه همبستگی نداشت. متغیرهای هر لایه مورد مطالعه با استفاده از روش حذف برگشتی انتخاب شدند. بر مبنای استفاده از یک متغیر خاص در لایه‌های مختلف در یک ویژگی خاص، درصد اهمیت آن متغیر در مقایسه با همه متغیرهای مورد استفاده محاسبه شد. متغیرهای مورد استفاده در هر لایه نشان داده شده است (جدول ۲). ۶ متغیر زمینی و ۷ متغیر سنجش از دور در مطالعه شوری خاک استفاده شد. در پیش‌بینی مکانی شوری Channel Network Base Level با سهم ۱۴/۸ درصد در رتبه اول است. در این مطالعه نسبت استفاده از متغیر زمینی و متغیر سنجش از دور با هم برابر بود. Channel Network Base Level مهمترین متغیر مورد استفاده بود. متغیر Channel Network Base Level یک متغیر میانی است که برای محاسبه فاصله عمودی

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

از شبکه زهکشی استفاده می‌شود. این متغیر از ارتباط فاصله عمودی با Channel Network Base Level بدست می‌آید و برای نشان دادن عمق خاک تحت تأثیر آبهای زیرزمینی استفاده می‌شود (Campos et al., 2018). این متغیر به جدا کردن خاک‌های نزدیک به شبکه زهکشی از خاک‌هایی که در مناطق مرتفع وجود دارد کمک می‌کند.

جدول ۲. متغیرهای مورد استفاده در هر لایه

EC	
0-5	Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index, Salinity Ratio Index, Channel Network Base Level, Slope Height
5-15	Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index, Salinity Ratio Index, Channel Network Base Level, Slope Height
15-30	Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index, Salinity Ratio Index, Channel Network Base Level, Slope Height
30-60	Vertical Distance to Channel Networks, Gypsum Index, Transformed Vegetation Index
60-90	Aspect, Channel Network Base Level, Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness
90-120	Transformed Vegetation Index, Relative Slope Position, Aspect, Salinity Index, Carbonate Index
120-150	Transformed Vegetation Index, Aspect, Salinity Index, Carbonate Index

در مطالعه‌ای متغیر Channel Network Base Level یکی از سه متغیر مهم در پیش‌بینی خاک‌های منطقه مورد استفاده قرار گرفت (Mahmoudzadeh et al., 2020). بالاترین درصد شوری مربوط به مناطق با پوسته‌های نمکی دچار فرسایش شدید سطحی و قسمت‌هایی از اراضی ماندابی است. در مناطق تحت کشت با افزایش عمق شوری کاهش می‌یابد. در حالیکه در مناطق با پوسته‌های نمکی با افزایش عمق، شوری افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد علت اصلی شوری خاک این نواحی عامل ژئوپدولوژیکی است. سطح بالای شوری خاک این نواحی منجر به حجم کمتری از خاک می‌شود که برای گیاه قابل دسترسی است. در نتیجه مقدار کمتری آب و مواد غذایی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و این امر منجر به مهار رشد ریشه می‌شود (Roudier et al., 2020). علاوه بر این چون این مناطق در نزدیک Channel Network Base Level قرار دارند. مقدار قابل توجهی از مواد محلول شسته شده از ارتفاعات واقع در قسمت غرب منطقه تجمع می‌یابد. در مرتبه دوم اهمیت شاخص‌های زمینی Aspect, Slope Height و Salinity Ratio Index و شاخص سنجش از دوری Transformed Soil-Adjusted Vegetation Index قرار دارند. این متغیرها در پیش‌بینی توزیع مکانی شوری منطقه ۱۱/۱ درصد سهم دارند. در مرتبه سوم اهمیت متغیرهای Carbonate Index, Salinity Index و Transformed Vegetation Index با سهم ۷/۴ درصد قرار دارند. نتایج اعتبارسنجی شوری برای هر سه مدل نشان می‌دهد بهترین پیش‌بینی برای مدل جنگل تصادفی است.

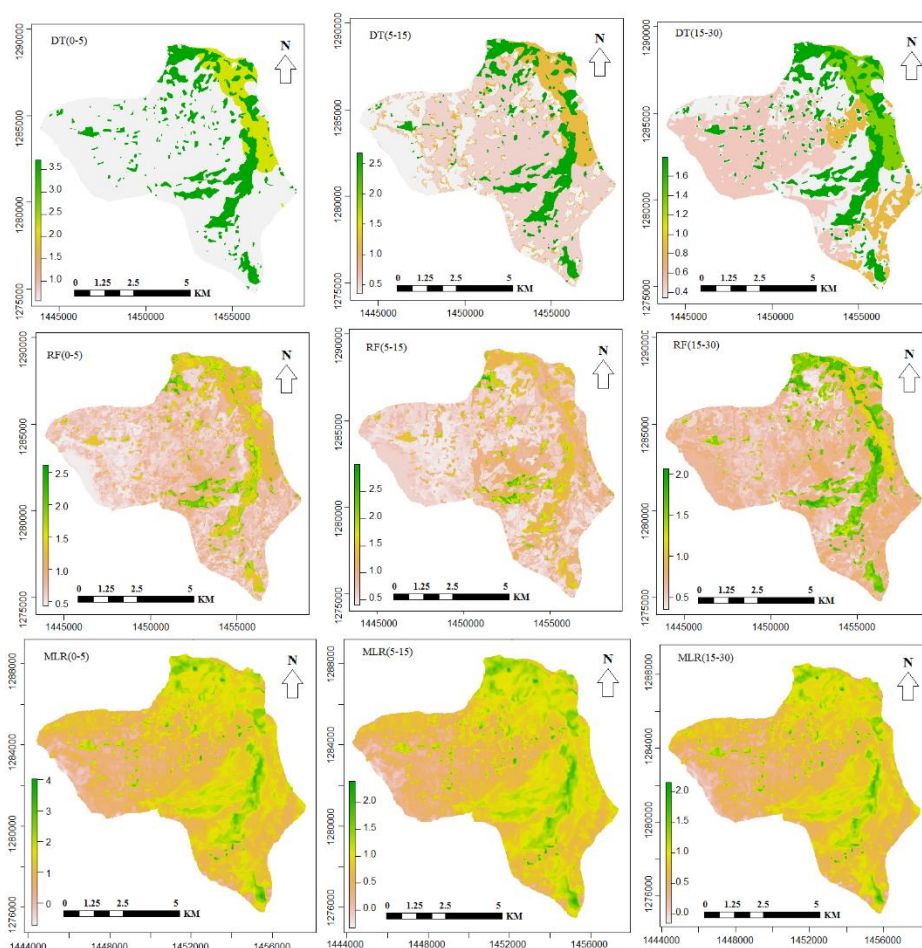
جدول ۳. نتیجه اعتبارسنجی متقابل شوری

اعتبارسنجی متقابل					
Bias	RMSE	Concordance	R ²	عمق	
-۰/۰۲	۰/۱۰	۱/۷۶	۰/۱۱	۰-۵	
-۰/۰۴	۰/۱	۱/۲۲	۰/۰۴	۵-۱۵	
۰/۰۳	۰/۱	۰/۸۸	۰/۱۵	۱۵-۳۰	
۰/۱	۰/۰۱	۰/۵۲	۰/۲۶	۳۰-۶۰	EC
۰/۵	۰/۰۱	۲/۳۲	۰/۱۲	۶۰-۹۰	
۰/۰۲	۰/۰۱	۲/۹۶	۰/۱۲	۹۰-۱۲۰	
۰/۰۶	۰	۳/۱۶	۰/۱۴	۱۲۰-۱۵۰	

در مدل جنگل تصادفی مقدار R² برای تمام لایه‌ها بالاتر از ۰/۸ بود اما برای لایه ۳۰-۶۰ دارای دقت کمتری بود (۰/۷۴). مقدار RMSE بین ۰/۲۴-۱/۰۵ بود. در مدل درخت تصمیم نیز مقدار R² بین ۴۲-۹۵ درصد بود. مقدار RMSE برای لایه‌های مختلف بین ۰/۳۵-۱/۵۱ بود. در مدل MLR نیز نتایج R² بین ۰/۶۸-۰/۱۱ درصد بود. مقدار RMSE بین ۰/۳-۳/۲۲ بود. نتایج کلی نشان می‌دهد دقت پیش‌بینی مدل‌ها به ترتیب شامل جنگل تصادفی، درخت تصمیم و سپس مدل MLR است (شکل ۱). در تحقیقی

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

نتیجه گرفتند که با توجه به مقدار $R^2=0.76$ مدل جنگل تصادفی شوری خاک را به خوبی پیش‌بینی می‌کند (Fathizad et al., 2020). Huang و همکاران برای پیش‌بینی نقشه شوری و pH خاک از مدل‌های MLR استفاده کردند (Huang et al., 2014). نتایج اعتبارسنجی متقابل در جدول ۳ آمده است.



شکل ۱- نتایج مدل‌های درخت تصمیم، جنگل تصادفی، رگرسیون خطی چندگانه (از بالا به پایین) و عمق‌های ۵-، ۱۵-، ۳۰-۱۵ (از چپ به راست)

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که استفاده از متغیرهای سنجش از دور باعث افزایش دقت نقشه پیش‌بینی می‌شود. این متغیرها می‌توانند بعنوان اطلاعات پایه برای جلوگیری و کاهش تأثیرات عمده منفی شوری خاک بر بهره‌وری کشاورزی منطقه مورد استفاده قرار گیرند. متغیرهایی مانند سطح پایه شبکه کانال با تأثیر بر میزان تخلیه، در نتیجه، فرسایش و رسوب، نقش اصلی در توزیع خاک منطقه مورد مطالعه دارد. مدل جنگل تصادفی در پیش‌بینی‌ها دقیق‌تر از دو مدل دیگر بود. نقشه‌برداری رقوم‌ویژگی‌های خاکی مانند شوری درک ما از مناسب بودن زمین را افزایش داده و به ما در حفاظت از خاک کمک می‌کند.

فهرست منابع

Campos, A. R., Giasson, E., Costa, J. J. F., Machado, I. R., Silva, E. B. D., Bonfatti, B. R. (2018). Selection of Environmental Covariates for Classifier Training Applied in Digital Soil Mapping. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42.

- Development Core Team, R. (2016). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna Austria. Fathizad, H., Ardakani, M. A. H., Sodaiezhadeh, H., Kerry, R., & Taghizadeh-Mehrjardi, R. (2020). Investigation of the spatial and temporal variation of soil salinity using random forests in the central desert of Iran. *Geoderma*, 365, 114233.
- Huang, J., Wong, V. N. L., Triantafyllidis, J. (2014). Mapping soil salinity and pH across an estuarine and alluvial plain using electromagnetic and digital elevation model data. *Soil Use and Management*, 30(3), 394-402.
- McLean E.O. (1982). Soil PH and Lime Requirement. In Miller, R. H., and Keeney, D. R. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbial Properties*. Soil Science Society of America. Madison. WI.
- Mahmoudzadeh, H., Matinfar, H. R., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Kerry, R. (2020). Spatial prediction of soil organic carbon using machine learning techniques in western Iran. *Geoderma Regional*, 21, e00260.
- Minasny, B., and A.B. McBratney. (2006). A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. *Comput. Geosci.* 32:1378–1388.
- Olaya, V., Conrad, O. (2009). Geomorphometry in SAGA. *Developments in Soil Science*, 33, 293-308.
- Planchon, O., Darboux, F. (2002). A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models. *Catena*, 46 (2-3), 159-176.
- Roudier, P., Burge, O. R., Richardson, S. J., McCarthy, J. K., Grealish, G. J., Ausseil, A. G. (2020). National Scale 3D Mapping of Soil pH Using a Data Augmentation Approach. *Remote Sensing*, 12 (18), 2872.
- Rumao, S. 2019. Exploration of Variable Importance and Variable Selection Techniques in Presence of Correlated Variables.
- Sheng, J., Ma, L., Jiang, P. A., Li, B., Huang, F., & Wu, H. (2010). Digital soil mapping to enable classification of the salt-affected soils in desert agro-ecological zones. *Agricultural Water Management*, 97(12), 1944-1951.
- Taghizadeh-Mehrjardi, R., Minasny, B., Sarmadian, F., Malone, B. P. (2014). Digital mapping of soil salinity in Ardakan region, central Iran. *Geoderma*, 213, 15-28.
- Taghizadeh-Mehrjardi, R., Schmidt, K., Toomanian, N., Heung, B., Behrens, T., Mosavi, A., & Scholten, T. (2021). Improving the spatial prediction of soil salinity in arid regions using wavelet transformation and support vector regression models. *Geoderma*, 383, 114793.
- Wilson, J. P., Gallant, J. C. (2000). *Digital Terrain Analysis. Terrain Analysis: Principles and Applications*, 6(12), 1-27.

Digital mapping soil salinity in the arid and semi arid area using machine learning models

Leila Lotfollahi¹, Mohammad Amir Delavar², Asim Biswas³, Mohammad Jamshidi⁴, Ruhollah Taghizadeh-Mehrjardi⁵

1- Ph.D Student, Department of soil science, University of Zanjan,

2- Associate Professor, Department of soil science, University of Zanjan. amir-delavar@znu.ac.ir

3- School of Environmental Sciences, University of Guelph, 50 Stone Road East, Guelph, ON N1G 2W1, Canada

4- Assistant Professor, Instructor Soil and Water Research Institute (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ministry of Agriculture.

5- Department of Geosciences, Soil Science and Geomorphology, University of Tübingen, Tübingen, Germany
Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran

Abstract

Increasing pressures due to agriculture have led to the salinization of soil and water resources. The use of digital soil mapping methods to identify areas affected by salinity is the basis of a study in the southeast of Kurdistan province. Part of Chahardoli plain in the province of Kurdistan affected by salt and soil salinization has caused a problem. Therefore, there is a need for digital mapping to identify saline areas for management strategies. Using auxiliary data such as variables from remote sensing images were used to identify the area affected by salt. At this study were drilled 30 soil profiles. From depths of 5-0, 15-5, 15-30, 60-30, 90-60, 120-90, 150-120, following the global soil map, were taken 200 soil samples. Random forest, decision tree, and multiple linear regression models were used for modeling the spatial distribution of salinity. The results showed that remote sensing auxiliary data can be used as a suitable variable to identify areas affected by salinity.

Keywords: *Decision tree, GlobalSoilMmap, Random forest, Salinity.*

مدل سازی توزیع مکانی کربنات کلسیم معادل با عمق با استفاده از مدل های جنگل تصادفی و درخت تصمیم

لیلا لطف الهی^۱، محمدمیر دلاور^۲، آسیم بیسواز^۳، محمد جمشیدی^۴، روح اله تقی زاده مهرجردی^۵

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان. amir-delavar@znu.ac.ir.

۳- استادیار دانشکده علوم محیطی، دانشگاه گوتلف، گوتلف، کانادا.

۴- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

۵- گروه علوم زمین، علوم خاک و ژئومورفولوژی، دانشگاه توبینگن، توبینگن، آلمان و دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان.

چکیده

کربن غیر آلی بزرگترین منبع کربن در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله دشت چهاردوولی غرب ایران است. اهمیت کربن غیر آلی در این مناطق برابر یا بیشتر از کربن آلی خاک است، در حالی که کمتر به آن توجه شده است. در این مطالعه، کربنات کلسیم معادل (CCE) در اعماق ۰-۵، ۵-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰، ۹۰-۱۲۰ و ۱۲۰-۱۵۰ اندازه گیری شد. در مجموع ۲۰۰ نمونه خاک از ۳۰ پروفیل موجود جمع آوری شد. روابط بین CCE و متغیرهای محیطی با استفاده از مدل های جنگل تصادفی (RF) و درخت تصمیم (DT) مدل سازی شد. مقدار متوسط CCE با عمق خاک از ۳/۵ (۰-۵ سانتی متر) به ۶۴/۵ درصد (۹۰-۱۲۰ سانتی متر) افزایش یافت. اهمیت متغیرهای سنجش از دور (RS) در مدل های یادگیری ماشین با عمق کاهش می یابد. مدل درخت تصمیم کمی بهتر از مدل RF بود. در مناطق تحت تأثیر فعالیت های رودخانه ای، استفاده از سطح پایه شبکه کانال و فاصله عمودی تا شبکه های کانال در نقشه برداری رقومی خاک می تواند دقت نقشه های پیش بینی را افزایش دهد. شبکه کانال با تأثیر بر میزان تخلیه، و در نتیجه، فرسایش و رسوب، نقش اصلی در توزیع خاک منطقه مورد مطالعه دارد. **واژگان کلیدی:** جنگل تصادفی، نقشه برداری رقومی خاک، نقشه جهانی خاک، منطقه خشک و نیمه خشک.

مقدمه

کربن به دو صورت آلی و غیرآلی در خاک ذخیره می شود. بیشتر مطالعات درباره کربن آلی است و کمتر به شکل معدنی آن توجه شده است (Amirian-Chakan et al., 2017). کربن معدنی موجود در خاک می تواند در مقادیر کم یا بیش از نیمی از کل حجم خاک را تشکیل دهد (Virto et al., 2018). خاکهای حاوی کربنات ها در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک وجود دارند (FAO., 2014). ۸۵ درصد از مساحت ایران شامل مناطق خشک و نیمه خشک است (Khosravi et al. 2014). این مناطق به درجات مختلف آهکی هستند. کربنات موجود در این مناطق عمدتاً از کربنات کلسیم با درجات مختلف منیزیم و سدیم جایگزین تشکیل شده است. وجود کربنات ها در خاک های کشاورزی طیف وسیعی از خصوصیات خاک را از قبیل بافت، تخلخل، نفوذ پذیری، هدایت هیدرولیکی، ساختمان و ظرفیت تبادل کاتیونی را تحت تأثیر قرار می دهد (Zamanian et al. 2016). یکی از این مناطق دشت چهاردوولی در غرب ایران است. این دشت یکی از دشت های مهم در استان کردستان است و به عنوان قطب کشاورزی این استان محسوب می شود. تاکنون گزارشی در مورد میزان و نحوه پراکنش کربنات کلسیم در خاک های منطقه ارائه نشده است. بنابراین نیاز به نقشه های به روز خاک در این منطقه وجود دارد. با توسعه فن آوری های جدید، پتانسیل بسیار خوبی برای پیش بینی تغییرات فضایی خاک وجود دارد. یکی از این روش ها، تکنیک نقشه برداری رقومی خاک است (Zhang et al. 2017). در نقشه برداری رقومی خاک، با استفاده از مدل های مختلف، می توان پیچیدگی های سیستم خاک را ساده کرد (Zeraatpisheh et al. 2017). این تکنیک ها بر اساس تشخیص روابط بین خاک و متغیرهای محیطی خواص خاک را پیش بینی می کنند (McBratney et al. 2003). مدیریت کارآمد و پایداری طولانی مدت اکوسیستم با توازن ورودی های مورد نیاز امکان پذیر است (Searle et al. 2020). با استفاده از این نقشه ها می توان بر ویژگی های خاکی موثر در رشد محصول نظارت کرد. یک مطالعه کربنات کلسیم معادل را در

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

مرکز ایران پیش‌بینی کرد. این مطالعه نشان داد که روشهای جنگل تصادفی و کوبیست دقیق‌تر هستند (Zeraatpisheh et al., 2019). در مطالعه دیگری، از روش درخت تصمیم برای تهیه نقشه فراوانی کربنات کلسیم خاک در سراسر استرالیا در دو عمق (۰-۱۰ و ۶۰-۸۰ سانتی متر سانتی متر) استفاده شد (Wilford et al., 2015).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در غرب ایران در دامنه رشته کوه زاگرس قرار دارد. این منطقه قسمتی از دشت چهاردولی در جنوب شرقی استان کردستان را در بر می‌گیرد. منطقه با طول جغرافیایی $47^{\circ}89'E$ تا $48^{\circ}06'E$ و عرض جغرافیایی $34^{\circ}97'N$ تا $35^{\circ}10'N$ مساحتی حدود 104 Km^2 را داراست. شیب منطقه از غرب به شرق 268 متر کاهش می‌یابد. بطوریکه ارتفاع بلندترین نقطه 2051 متر و ارتفاع پایین‌ترین نقطه 1783 متر از سطح دریا است. میزان متوسط بارش سالیانه حدود 332 میلی‌متر است. آب و هوای منطقه به صورت نیمه خشک طبقه بندی می‌شود. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه به ترتیب زیریک و مزیک می‌باشد. محدوده مورد مطالعه دارای رودخانه‌های دائمی و فصلی هست که میتوان رودخانه شورچای (چمشور) را نام برد. این دشت دارای ژئومورفولوژی به نسبت آرام است و بر اساس تقسیم‌بندی ماهر (1970) واحدهای فیزیوگرافی منطقه شامل اراضی پست، دشتهای دامنه‌ای، فلات و تپه است و کاربری‌های اصلی منطقه شامل زراعت و مرتع می‌باشد. منطقه زیر کشت محصولات زراعی مانند گندم، جو، سیب زمینی، نخود و صیفی‌جات قرار دارد. خاک‌های تشکیل شده در قسمت شرق نسبت به قسمت غرب منطقه به علت فرآیندهای متوالی فرسایش و رسوبگذاری دارای ضخامت زیاد و تحول پروفیلی کمی می‌باشند. نقاط مورد مطالعه با روش نمونه‌برداری مکعب لاتین مشروط و بسته LHS در نرم‌افزار آر بدست آمد (Minasny and McBratney., 2006). در مجموع 200 نمونه خاک از 30 پروفیل قابل دسترس جمع آوری شد. پس از انتقال، تمام نمونه‌ها در دمای اتاق (22 درجه سانتیگراد) خشک شده و سنگ‌ها و کلوخه‌ها حذف شد و سپس برای عبور از یک غربال 2 میلی متری کوبیده شدند. ویژگی‌های خاک از جمله کربنات کلسیم معادل (Richards, 1954) اندازه‌گیری شد. در این مطالعه از دو گروه از متغیرهای محیطی استفاده شد: ۱- متغیرهای مشتق شده از DEM و ۲- متغیرهای حاصل از تصاویر ماهواره‌ای. نخستین منبع متغیرهای محیطی پستی‌وبلندی مدل رقومی ارتفاع^۱ است که با تفکیک مکانی 30 متر از پایگاه داده استر^۲ (ASTER GDEM V2, 30 m) دانلود و پیش پردازش‌های لازم در محیط ساگا انجام شد (Planchon and Darboux., 2001). مشتقات پستی‌وبلندی بر پایه روش‌های مبتنی بر تجزیه پستی‌وبلندی (Wilson and Gallant, 2000) و با استفاده از نرم‌افزار ساگا به دست آمد (Olaya and Conrad., 2009). از تصاویر ماهواره ای برای استخراج شاخص پوشش گیاهی و شاخصهای مرتبط با خاک استفاده شد. 10 شاخص پوشش گیاهی و 24 شاخص مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع در محیط نرم افزار ساگا (Version: 5.0.0) استخراج شد. 6 شاخص مرتبط با خاک در محیط ArcGIS 10.5 استخراج شد. برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر لندست ۸ استفاده شد. تصویر مربوط به تاریخ نمونه برداری یعنی تصویر June سال 2019 دانلود شد. پس از انجام تصحیحات اتمسفری و رادیومتری در محیط نرم افزار انوی، با استفاده از طبقه بندی نظارت شده (Maximum Likelihood) واحدهای کاربری اراضی معین شدند. پیش پردازش و پس پردازش روی تصاویر انجام شد. در نهایت 9 طبقه کاربری اراضی استخراج شد. کاربری‌های اراضی استخراج شده شامل 9 کاربری می‌باشد. در مرحله چهارم آنالیز همبستگی و کاهش متغیر انجام شد. در این مطالعه از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد (Rumao, 2019). متغیرهایی که دارای همبستگی بودند در این مرحله حذف شدند. در مرحله پنجم انتخاب متغیر انجام شد. در نظر گرفتن متغیرهای مهم مدل را با پیچیدگی کمتری مواجه میکند. همچنین باعث راحتی در تفسیر، افزایش تعمیم مدل و دقت نقشه می‌شود (Rumao, 2019). در این مطالعه اهمیت متغیر با استفاده از حذف ویژگی بازگشتی (RFE) بر اساس الگوریتم جنگل تصادفی بررسی شد (Development Core Team, R., 2016). در مرحله ششم با استفاده از متغیرهای انتخاب شده فرایند مدل‌سازی انجام

1 Digital Elevation Model, DEM
2 Aster

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

شد. ما از متغیرهای انتخاب شده در روش بالا به عنوان چهارچوبی برای تمام روشهای مدلسازی استفاده کردیم. برای مدلسازی رابطه بین خصوصیات خاک و متغیرهای محیطی از مدل‌های فراگیری ماشین شامل جنگل تصادفی، رگرسیون لجستیک چندجمله‌ای، و درخت تصمیم که در پیش‌بینی خصوصیات خاک دارای دقت بالاتری هستند، استفاده شد. در مرحله هفتم برای ارزیابی کیفیت مدل‌های پیش‌بینی، داده‌ها به یک مجموعه آموزشی و یک مجموعه اعتبارسنجی تقسیم شده است. ۸۰ درصد نمونه‌ها بصورت تصادفی به عنوان یک مجموعه آموزشی و بقیه به عنوان یک مجموعه اعتبارسنجی انتخاب شدند. ارزیابی عملکرد مدل یکی از مولفه‌های مهم هر آزمایش است و در مقایسه مدل‌های مختلف نقشی اساسی دارد. میانگین خطای ریشه مربعات (RMSE) یک معیار دقیق برای مقایسه عملکرد مدل و در نتیجه تغییرات آن است. RMSE از طریق معادله زیر میزان خطای بین دو مجموعه داده را اندازه‌گیری می‌کند. مدلی که دارای مقدار ریشه میانگین مربعات خطا کوچکتری باشد، از دقت بیشتری در برآورد ویژگی خاک برخوردار است. RMSE به این صورت تعریف می‌شود: که در آن obs خاصیت خاک مشاهده شده باشد، pred ویژگی پیش‌بینی شده خاک از یک مدل داده شده است و n تعداد مشاهدات است (Rumao., 2019).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (obs_i - pred_i)^2} \quad (1)$$

باباس، خطای میانگین پیش‌بینی نامیده می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌شود

$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (obs_i - pred_i) \quad (2)$$

R^2 به عنوان مربع ضریب همبستگی نمونه (پیرسون) دقت رابطه بین مشاهدات و پیش‌بینی‌های مربوطه را اندازه‌گیری می‌کند. ضریب همبستگی پیرسون r هنگامی که روی مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده اعمال می‌شود به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (obs_i - \overline{obs}) - (pred_i - \overline{pred})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (obs_i - \overline{obs})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (pred_i - \overline{pred})^2}} \quad (3)$$

شاخص R^2 ، RMSE برای هر ویژگی برای مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر اندازه‌گیری شده با استفاده از روش تأیید اعتبار متقابل بدست آمد. ضریب تعیین (R^2) بین ۰ و ۱ متغیر است و نزدیک بودن مقادیر پیش‌بینی شده به خط رگرسیون نصب شده بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده یا نسبت واریانس توضیح داده شده توسط پیش‌بینی کننده‌های مستقل را نشان می‌دهد. RMSE خطای میانگین مربع است. Concordance معیار اندازه‌گیری قابلیت اطمینان است که براساس همبستگی و مکاتبه‌ای که در آن خط همبستگی از مبدا عبور می‌کند و دارای شیب ۱،۰ است، استوار است (Rumao., 2019).

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج آماری CCE را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج با افزایش عمق بر میانگین مقدار CCE افزوده می‌شود. کمترین میانگین مقدار CCE در لایه سطحی ۵-۰ سانتیمتر و بیشترین میانگین مقدار در لایه ۹۰-۱۲۰ سانتیمتر وجود دارد.

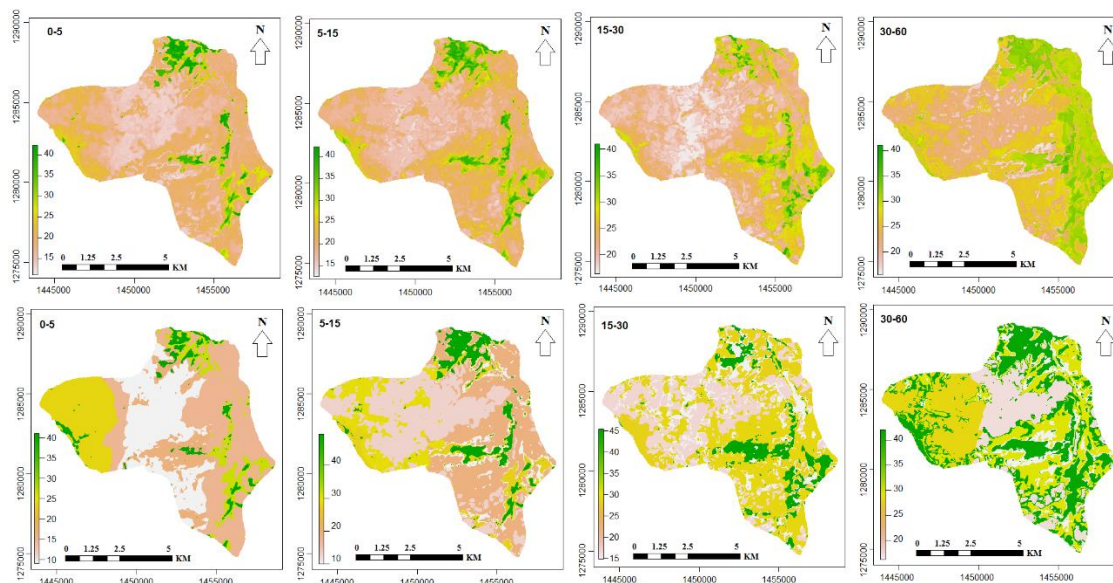
جدول ۱. توصیف آماری CCE

ویژگی	عمق (cm)	کمترین	چارک اول	میانه	میانگین	چارک سوم	بیشترین	انحراف استاندارد	ضریب تغییرات (%)
	۰-۵	۳/۵	۱۱/۶	۱۵/۱	۱۹/۴	۲۵/۵	۵۶	۱۲/۰۷	۰/۶۲
	۵-۱۵	۵	۱۴/۱	۱۸/۵	۲۱/۲	۲۵/۹	۵۶	۱۱/۵۸	۰/۵۵
	۱۵-۳۰	۹/۵	۱۵/۲	۲۰/۸	۲۳/۸	۳۱	۵۵/۵	۱۱/۱۵	۰/۴۷
CCE	۳۰-۶۰	۱۲	۱۹/۸	۲۵	۲۹/۷	۳۷	۶۳/۸	۱۳/۳۲	۰/۴۵
	۶۰-۹۰	۸	۲۳/۴	۳۰/۸	۳۴/۹	۴۷/۱	۶۱/۵	۱۵/۵۳	۰/۴۴
	۹۰-۱۲۰	۸	۱۶/۸	۳۳	۳۴/۱	۵۱/۲	۶۴/۵	۱۹/۹۶	۰/۵۹
	۱۲۰-۱۵۰	۸	۱۹	۳۲	۳۱/۹	۳۹/۸	۶۲	۱۶/۷۲	۰/۵۲

با توجه به ضریب تغییرات، در لایه سطحی ۵-۰ سانتیمتر بیشترین تغییرات را در مقدار کربنات کلسیم در منطقه داریم و در لایه ۹۰-۶۰ سانتیمتر کمترین ضریب تغییرات را داریم.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

ضریب همبستگی پیرسون میان متغیرهای انتخاب شده و خصوصیات مورد اندازه گیری خاک به تفصیل در جدول ذکر شده است. بیشترین ضریب همبستگی پیرسون میان متغیرهای انتخاب شده و کربنات کلسیم معادل با شاخص شوری ($r=0.49$) و شاخص رس ($r=0.49$) بود.



شکل ۱. مدل سازی مکانی توزیع مکانی کربنات کلسیم با مدل های جنگل تصادفی و درخت تصمیم (از بالا به پایین) برای عمق خاک ۰-۵، ۵-۱۵، ۱۵-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متر (چپ به راست).

کربنات کلسیم معادل از عمق ۳۰ سانتیمتری به بعد همبستگی معنی داری با متغیرهای محیطی مورد استفاده نداشت. متغیرهای هر لایه در ویژگی مورد مطالعه با استفاده از روش حذف برگشتی انتخاب شدند. متغیرهای مورد استفاده در مطالعه CCE خاک شامل ۸ متغیر زمینی و ۴ متغیر سنجش از دور می باشد. اگرچه نسبت استفاده از متغیرهای زمینی بیشتر از مشتقات سنجش از دور برابر می باشد اما در پیش بینی توزیع مکانی CCE متغیرهای CNBL و DVI هر کدام با سهم ۱۶ درصد از اهمیت یکسانی برخوردار می باشند. بطور کلی خاکهای منطقه دارای CCE بالایی می باشند و به دلیل وجود کربناتهای کلسیم و سدیم ذاتاً قلیایی هستند (شکل ۱). بیشترین مقدار CCE در اراضی با پوسته های نمکی و فاقد پوشش گیاهی وجود دارد و کمترین مقدار در قسمت های تحت کشت قرار دارد. در مرتبه دوم اهمیت متغیرهای Slope Height و Stream Power Index هر کدام با سهم ۱۲ درصد مهمترین متغیرها در پیش بینی توزیع مکانی CCE در منطقه می باشند. در مرتبه سوم اهمیت متغیر LC و متغیرهای سنجش از دور Thiam's Transformed Vegetation Index و Ratio Vegetation Index قرار دارند. درصد اهمیت هر کدام از این متغیرها ۸ درصد می باشد. سایر متغیرها هم که بیشتر شامل متغیرهای سنجش از دور می باشند در مرتبه چهارم اهمیت قرار دارند. بر اساس نتایج اعتبارسنجی CCE بهترین پیش بینی برای مدل جنگل تصادفی بود. در مدل جنگل تصادفی مقدار R^2 برای لایه های مختلف بین ۰/۶۵-۰/۹۴ بود. با کاهش R^2 مقدار RMSE افزایش داشت و این مقدار تغییر بین ۵-۱۸/۲ بود. در حالیکه مقدار bias با افزایش عمق کاهش داشت. در مدل درخت تصمیم نیز مقدار R^2 لایه ها بین ۰/۷۰-۰/۹۱ درصد بود. مقدار RMSE برای لایه های مختلف بین ۳/۲۰-۱۱/۰۵ بود. نتایج کلی بررسی CCE نشان می دهد که اگر چه مقدار R^2 مدل جنگل بیشتر از درخت بود اما مقدار RMSE مدل درخت خطای کمتری نسبت به مدل جنگل داشت (جدول ۲). هنگل و همکاران (۲۰۱۵) از رگرسیون خطی و RF برای پیش بینی خصوصیات خاک در قاره آفریقا استفاده کردند و دریافتند که RF عملکرد بهتری نسبت به مدل رگرسیون خطی با کاهش متوسط ۱۵-۷۵٪ در RMSE برای خواص خاک را دارد.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

جدول ۲. نتایج کالیبراسیون و اعتبار سنجی مدل‌ها.

Validation				Calibration				عمق	
bias	RMSE	concordance	R ²	bias	RMSE	concordance	R ²		
۴/۵۵	۴/۹۸	۰/۶۵	۰/۹۴	-۰/۱۲	۶/۵۸	۰/۷۵	۰/۹۱	۰-۵	RF
۷/۱۲	۷/۳۲	۰/۵۴	۰/۹۲	-۰/۰۷	۵/۹۷	۰/۷۸	۰/۸۷	۵-۱۵	
-۱/۲۶	۸/۴۰	۰/۴۳	۰/۸۵	-۰/۲۱	۵/۱۲	۰/۸۰	۰/۹۲	۱۵-۳۰	
-۱۳/۲	۱۸/۱۸	۰/۲۰	۰/۶۵	۰/۳۷	۷/۹۱	۰/۶۵	۰/۸۴	۳۰-۶۰	
-۳/۱۹	۱۱/۷۴	۰/۳۷	۰/۸۶	-۰/۰۹	۷/۰۵	۰/۸۰	۰/۹۴	۶۰-۹۰	
-۳/۳۴	۱۱/۲۳	۰/۶۰	۰/۸۸	-۰/۳۴	۱۰/۴۵	۰/۷۷	۰/۸۷	۹۰-۱۲۰	
۳/۰۷	۱۳/۴۳	۰/۴۵	۰/۹۱	-۰/۱۸	۸/۸۶	۰/۷۷	۰/۸۶	۱۲۰-۱۵۰	
-۳/۶۱	۹/۲۲	۰/۵۶	۰/۸۷	۰	۶/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۱	۰-۵	DT
۷/۱۳	۱۱/۰۵	۰/۴۱	۰/۸۵	۰	۶/۳۷	۰/۸۱	۰/۷۲	۵-۱۵	
-۱/۲۵	۸/۴۰	۰/۴۳	۰/۸۴	-۰/۲	۵/۱۲	۰/۸۰	۰/۹۲	۱۵-۳۰	
۰/۷۰	۵/۳۱	۰/۷۰	۰/۷۰	۰	۱۰/۰۵	۰/۶۰	۰/۴۳	۳۰-۶۰	
۰/۹۰	۳/۲۰	۰/۸۰	۰/۹۱	۰	۶/۸۱	۰/۸۶	۰/۸۲	۶۰-۹۰	
-۰/۰۹	۵/۵۴	۰/۸۰	۰/۹۰	۰	۱۱/۴۱	۰/۷۵	۰/۶۴	۹۰-۱۲۰	
۴/۹۶	۹/۸۰	۰/۷۰	۰/۷۲	۰	۱۰/۲۵	۰/۷۱	۰/۵۷	۱۲۰-۱۵۰	

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که استفاده از متغیرهایی مانند سطح پایه شبکه کانال و فاصله عمودی تا شبکه‌های کانال باعث افزایش دقت نقشه پیش‌بینی می‌شود. شبکه کانال با تأثیر بر میزان تخلیه، در نتیجه، فرسایش و رسوب، نقش اصلی در توزیع خاک منطقه مورد مطالعه دارد. در این مطالعه، متغیرهای RS برای خاک سطحی و متغیرهای زمینی برای عمق خاک دقت پیش‌بینی را افزایش می‌دهند. مدل RF در پیش‌بینی‌ها کمی دقیق‌تر از مدل DT بود. نتایج نشان داد که علاوه بر ناهمگنی گیاهی و تنوع مکانی کربنات کلسیم، اختلافات مدیریتی نیز از تغییرات بالایی برخوردار است. پیشنهاد می‌شود از نقشه‌های زمین شناسی دقیق در مناطق کوچک استفاده شود، زیرا یک متغیر اساسی در افزایش دقت پیش‌بینی است. نقشه‌برداری رقومی ویژگی‌های خاکی مانند CCE درک ما از مناسب بودن زمین را افزایش داده و به ما در محافظت از خاک کمک می‌کند. طبق این نقشه‌ها، درصد بالای کربنات در بخشهایی از منطقه می‌تواند کمبود مواد مغذی را برای بیشتر محصولات تشدید کند. رفع این کمبودها به برنامه‌های کوددهی و کودهای ویژه‌های نیاز دارد. در مورد محصولات چندساله استفاده از پایه‌های بادوام توصیه می‌شود.

فهرست منابع

- امیریان چکان، ع، ر، سرمیدیان، ف، محمدی، ج، تقی زاده مهرجردی، ر. ۱۳۹۶. بررسی توزیع جانبی و عمودی کربنات کلسیم در خاک با استفاده از زمین آمار و توابع اسپلاین. ۵ (۲): ۱-۱۵.
- Development Core Team, R. (2016). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna Austria.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2014). World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Hengl, T., Heuvelink, G.B., Kempen, B., Leenaars, J.G., Walsh, M.G., Shepherd, K.D., Sila, A., MacMillan, R.A., de Jesus, J.M., Tamene, L., Tondoh, J.E. (2015). Mapping soil properties of Africa at 250 m resolution: random forests significantly improve current predictions. PLoS One 10, 1-26.
- Khosravi, H., Zehabiana, G.R., Ahmadib, H., Azarnivanda, H. (2014). Hazard assessment of desertification as a result of soil and water recourse degradation in Kashan region, Iran. Desert 19 (1), 45-55.
- McBratney, A.B., Santos, M.M. and Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. Geoderma, 117(1-2), pp.3-52.

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

- Minasny, B., and A.B. McBratney. 2006. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. *Comput. Geosci.* 32:1378–1388.
- Olaya, V., Conrad, O. (2009). Geomorphometry in SAGA. *Developments in soil science*, 33, 293-308.
- Planchon, O., Darboux, F. (2002). A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models. *Catena*, 46 (2-3), 159-176.
- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (Vol. 78, No. 2, p. 154). LWV.
- Rumao, S. 2019. Exploration of Variable Importance and Variable selection techniques in presence of correlated variables.
- Searle, R., McBratney, A., Grundy, M., Kidd, D., Malone, B., Arrouays, D., Stockman, U., Zund, P., Wilson, P., Wilford, J. and Van Gool, D. (2020). Digital soil mapping and assessment for Australia and beyond: A propitious future. *Geoderma Regional*, p.e 00359.
- Virto, I., Antón, R., Apesteguía, M. and Plante, A. (2018). Role of carbonates in the physical stabilization of soil organic matter in agricultural Mediterranean soils. In *Soil Management and Climate Change* (pp. 121-136). Academic Press.
- Wilford, J., De Caritat, P. and Bui, E. (2015). Modelling the abundance of soil calcium carbonate across Australia using geochemical survey data and environmental predictors. *Geoderma*, 259, pp.81-92.
- Wilson, J. P., Gallant, J. C. (2000). Digital terrain analysis. *Terrain analysis: Principles and applications*, 6(12), 1-27.
- Zamanian, K., Pustovoytov, K., Kuzuyakov, Y. (2016). Pedogenic carbonates: Forms and formation processes. *Earth-Science Reviews*, 157, 1-17.
- Zeraatpisheh, M., Ayoubi, S., Jafari, A. and Finke, P. (2017). Comparing the efficiency of digital and conventional soil mapping to predict soil types in a semi-arid region in Iran. *Geomorphology*, 285, pp.186-204.
- Zeraatpisheh, M., Ayoubi, S., Jafari, A., Tajik, S., and Finke, P. (2019). Digital mapping of soil properties using multiple machine learning in a semi-arid region, central Iran. *Geoderma*, 338, 445-452.
- Zhang, G.L., Feng, L.I.U. and Song, X.D. (2017). Recent progress and future prospect of digital soil mapping: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(12), pp.2871-2885.

Modeling the spatial distribution of calcium carbonate equivalent to depth using random forest and decision tree models

Leila Lotfollahi¹, Mohammad Amir Delavar², Asim Biswas³, Mohammad Jamshidi⁴, Ruhollah Taghizadeh-Mehrjardi⁵

1-Ph.D Student, Department of soil science, University of Zanjan,

2- Associate Professor, Department of soil science, University of Zanjan. amir-delavar@znu.ac.ir

3- School of Environmental Sciences, University of Guelph, 50 Stone Road East, Guelph, ON N1G 2W1, Canada

4- Assistant Professor, Instructor Soil and Water Research Institute (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ministry of Agriculture.

5- Department of Geosciences, Soil Science and Geomorphology, University of Tübingen, Tübingen, Germany
Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran

Abstract

Inorganic carbon is the largest source of carbon in arid and semi-arid regions, including the Chahardowli Plain of western Iran. The importance of inorganic carbon is equal to or greater than organic soil carbon in these areas, while less attention has been paid to it. In this study, calcium carbonate equivalent (CCE) was measured at depths of 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-90, 90-120, and 120-150. A total of 200 soil samples were collected from 30 available profiles. Relationships between CCE and environmental predictors were modelled using random forest (RF) and decision tree models (DT). The mean value of CCE increased with soil depth, from 3.5 (0-5 cm) to 64.5% (90-120 cm). The importance of remote sensing (RS) variables in the machine learning models decreased with depth; as a corollary the influence of terrestrial variables increased. The DT model was slightly better than the RF model. In areas affected by river activities, the use of the channel network base level and vertical distance to channel networks as variables in digital mapping soil could increase the accuracy of soil property prediction maps. Channel network plays a principal role in soil distribution of the study area by affecting the rate of discharge, and as a result, erosion and sedimentation.

Keywords: Arid and semiarid area, Digital soil mapping, GlobalSoilMap, Random forest.

تحلیل تغییرات تولید محصول راهبردی گندم در کشور و بررسی انطباق آن با امنیت غذایی

یاسر صفری

استادیار گروه آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود (yaser.safari@shahroodut.ac.ir)

چکیده

تولید مقادیر کافی محصولات کلیدی کشاورزی در تناسب با نیاز غذایی جمعیت رو به رشد کشور، نخستین گام برای دست‌یابی به امنیت غذایی است. در این پژوهش، برای بررسی انطباق میزان تولید گندم در کشور با نیاز غذایی داخلی، سطح زیر کشت گندم و متوسط عملکرد این محصول در بازه زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۷ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج گویای این حقیقت بود که سطح زیر کشت گندم در کشور طی بازه زمانی مورد بررسی با طی کردن روندی نزولی از حدود ۷ میلیون هکتار به حدود ۵/۵ میلیون هکتار رسیده است که هشدار جدی در مورد لزوم نگهداشت کیفیت اراضی تحت کشت این محصول راهبردی می‌باشد. به‌طور معکوس، متوسط عملکرد محصول گندم در کشور در بازه زمانی مذکور روندی صعودی داشته و از ۲/۱۳ تن بر هکتار در سال نخست به ۲/۴۶ تن بر هکتار در سال پایانی بازه زمانی مورد مطالعه رسید. به نظر می‌رسد بازگرداندن بخشی از اراضی رها شده به کشت گندم و افزایش تولید در واحد سطح در اراضی تحت کشت گندم در حال حاضر، امکان‌پذیرترین راهکارها برای افزایش ناگزیر تولید گندم در کشور باشد.

واژگان کلیدی: تولیدات کشاورزی، الگوی کشت، ناامنی غذایی، سطح زیر کشت

مقدمه

امنیت غذایی یک حالت و وضعیت است که طی آن تمامی مردم در همه زمان‌ها از لحاظ فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی به غذای کافی، سالم و مغذی که نیازهای مربوط به رژیم غذایی و ترجیحات (ذائقه) آنها را برای داشتن یک زندگی سالم و فعال برطرف کند، دسترسی داشته باشند (FAO, 2009). بر این اساس، امنیت غذایی دارای چهار جنبه کلی است: تولید و در نتیجه موجود بودن مواد غذایی طی مدیریت کشت و کار منابع خاک، دسترسی به غذا با توجه به توان اقتصادی و فیزیکی خانوارها یا جوامع، سلامت غذایی و بهره‌وری آن با توجه به مغذی بودن و کیفیت بیولوژیکی آن، و در نهایت پایداری تولید غذا و قابلیت دسترسی به آن در تمامی زمان‌ها (FAO, 2011). وقتی هر یک از چهار اصل ذکر شده برقرار نباشند ناامنی غذایی رخ می‌دهد. ذکر این نکته ضروری است که هر یک از اصول چهارگانه امنیت غذایی پیش‌شرط اصل بعدی است. از این رو، ارزیابی دیگر ابعاد امنیت غذایی زمانی مفهوم پیدا می‌کند که مقدار محصولات تولیدشده پاسخگوی کامل نیاز غذایی انسان بوده و هیچ‌گونه خطری متوجه بعد فراهمی غذا نباشد (صفری، ۱۳۹۷).

نظر به روند صعودی جمعیت کشور طی سال‌های گذشته و به‌کارگیری سیاست‌های افزایش جمعیت در سال‌های پیش رو، لزوم افزایش تولیدات غذایی و در صدر آنها محصولات راهبردی کشاورزی یک حقیقت آشکار است. از سوی دیگر، بر اساس تعریف امنیت غذایی، فراهم بودن تمامی مواد غذایی شرط لازم برای وجود حالت امنیت غذایی نیست؛ بلکه تنها فراهمی غذاهای متناسب با ترجیحات یا همان ذائقه مردم مد نظر است. در این راستا، گندم به عنوان مهم‌ترین محصول راهبردی غذایی در کشور، از دیرباز پرمصرف‌ترین محصول کشاورزی توسط ایرانیان بوده است. اهمیت تولید گندم متناسب با نیاز غذایی جمعیت کشور به‌گونه‌ای بوده است که برخی از کارشناسان نیل به خودکفایی در تولید این محصول استراتژیک را یکی از ارکان جدانشدنی امنیت غذایی بیان نموده و با توجه به موقعیت ژئوپولیتیک کشور و مناسبات سیاسی در مقیاس بین‌المللی در تجارت این محصول، امنیت ملی کشور را گره‌خورده به پاسخگویی تولید داخلی گندم به نیاز غذایی جمعیت کشور قلمداد کرده‌اند (قالیباف و همکاران، ۱۳۹۵). این در

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

حالی است که طبق گزارش سازمان خواروبار جهانی در سال ۲۰۱۱، حدود یک سوم از اراضی کشاورزی جهان با درجات متفاوت تخریب شده‌اند و در کشور عزیزمان ایران، از مجموع حدود ۱۶۵ میلیون هکتار مساحت کل کشور، تنها ۱۸/۵ میلیون هکتار تحت کشت و کار است و در این میان، بیش از نیمی از اراضی به دلیل مدیریت غیر صحیح منابع در اثر مشکلاتی هم چون شوری و قلیائیت، کم‌آبی و فرسایش خاک دچار تخریب جزئی شده‌اند (FAO, 2011).

افزون بر تخریب خاک، امروزه بحران آب به تهدیدی جدی برای پایداری تولیدات غذایی در سراسر جهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک و در صدر آن، ایران تبدیل شده است. با توجه به سهم بالای کشاورزی در مصرف آب، به‌ویژه در کشور ایران که به حدود ۹۰ درصد می‌رسد، بی‌شک کنترل بحران آب در سال‌های آتی مستلزم به‌کارگیری شیوه‌های نوین مدیریت اراضی است. علاوه بر آن، گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی با سرعت قابل توجهی در حال انجام است و طبق پیش‌بینی‌های انجام شده تا چند دهه دیگر به همین روند ادامه دارند (Hurni *et al.*, 2015). بنا بر این موارد، مدیریت صحیح منابع محدود آب و خاک و بهره‌وری بهینه از منابع طبیعی و انسانی موجود برای تولید محصول گندم سالم و مغذی مورد نیاز برای جمعیت روبه‌رشد کشور، یک ضرورت آشکار است. از این رو، در این نوشتار تلاش شده است تا با بررسی روند تغییرات تولید گندم در کشور طی سال‌های گذشته، چالش‌های پیش روی امنیت غذایی کشور از نقطه‌نظر این محصول راهبردی تبیین شود.

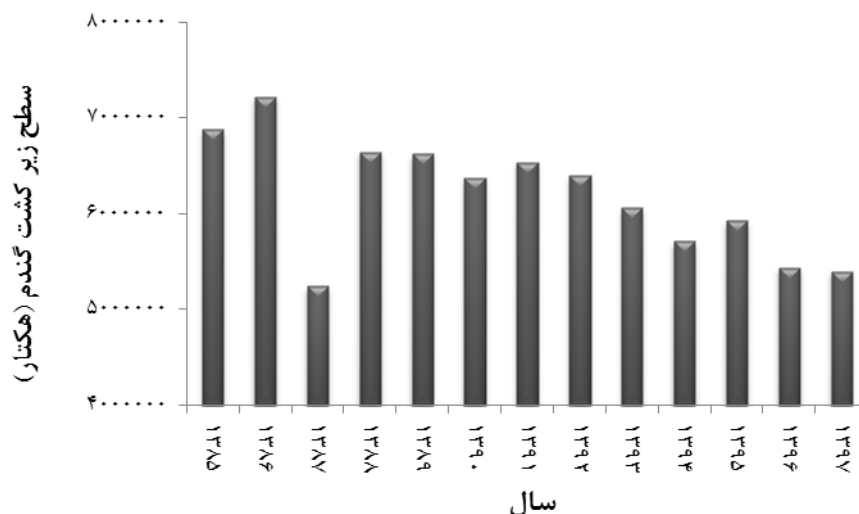
مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر از آمارنامه‌های کشاورزی منتشرشده طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۷ توسط وزارت جهاد کشاورزی به دست آمدند (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸). در این آمارنامه‌ها، اطلاعات مختلفی، از جمله مساحت زیر کشت محصولات راهبردی به تفکیک استان‌ها و نیز مقدار کل محصولات تولیدشده طی هر سال گزارش شده است. در این پژوهش، برای بررسی تغییرات تولید گندم در بازه زمانی ذکرشده، شاخص‌هایی مانند سطح زیر کشت گندم (بر حسب هکتار) و نیز عملکرد این محصول (بر حسب تن در هکتار) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نمودار تغییرات این ویژگی‌های با استفاده از داده‌های موجود در محیط نرم‌افزاری اکسل (Microsoft Excel 2013) تهیه شدند.

نتایج و بحث

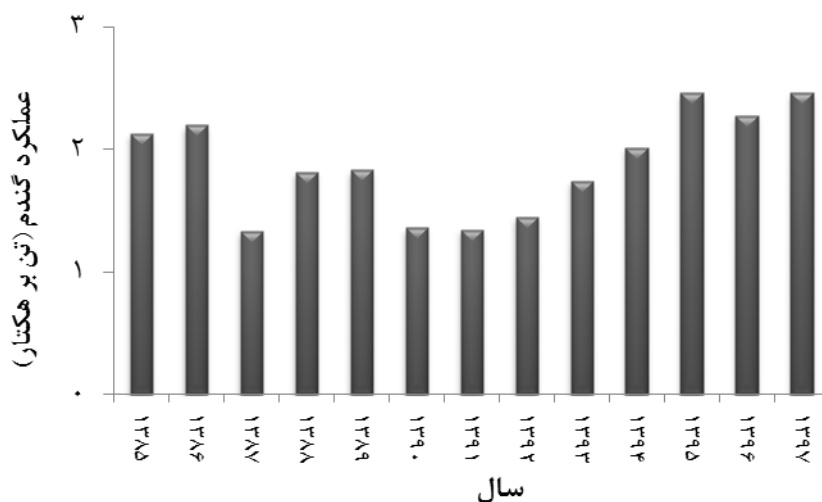
شکل ۱ تغییرات سطح زیر کشت گندم در کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات این شکل، بالاترین سطح زیر کشت گندم در کشور در سال ۱۳۸۶ و بیش از ۷ میلیون و دویست هزار هکتار بوده است؛ در حالی که تنها یک سال بعد، این شاخص کمترین مقدار خود، یعنی حدود ۵ میلیون و دویست هزار هکتار را تجربه کرده است. علاوه بر این، در مجموع نیز سطح زیر کشت گندم در کشور طی بازه زمانی مورد بررسی نوسانات قابل توجهی را طی کرده است. در توجیه این نوسانات قابل ملاحظه، ذکر این نکته خالی از لطف نیست که در دهه‌های گذشته در پی تغییرات سطح نزولات جوی در مناطق مختلف کشور و بستگی مستقیم یا غیر مستقیم محصول گندم تولیدی به این عامل، بسیاری از کشاورزان زمین‌های زراعی تحت کشت گندم را رها کرده و یا به کاربری‌های دیگر اختصاص داده‌اند (صفری و همکاران، ۱۴۰۰). از سویی، نوسانات قیمت این محصول راهبردی در بازار و عدم تناسب کافی قیمت خرید تضمینی این محصول توسط دولت با هزینه‌های تولید آن مزید بر علت شده است (قالیباف و همکاران، ۱۳۹۵). از سوی مقابل، با توجه به تحریم‌های انجام‌گرفته در ارتباط با برخی شرکت‌های تجاری و موانع موجود پیش روی واردات محصول گندم باکیفیت از دیگر کشورها طی سال‌های اخیر، دولت تأکید زیادی بر افزایش تولید گندم داخلی و در نهایت خودکفایی در تولید این محصول دارد. در همین راستا، در برخی از مناطق کشور، بخش‌هایی از اراضی که سابقاً به کاربری‌های دیگری اختصاص یافته‌اند، در سال‌های گذشته زیر کشت گندم رفته‌اند.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



شکل ۱- روند تغییرات سطح زیر کشت گندم در کشور در بازه زمانی ۱۲ ساله

دیگر نکته مهمی که از داده‌های شکل ۱ قابل دریافت است این است که سطح زیر کشت گندم در بازه زمانی مورد بررسی روندی نزولی را طی کرده و در سال ۱۳۹۷ به حدود ۵ میلیون و چهارصد هزار هکتار رسیده است که در مقایسه با بیشترین مقدار خود، کاهشی حدود ۱ میلیون و هشتصد هزار هکتار را تجربه کرده است. این نکته می‌تواند یک هشدار مهم برای برنامه‌ریزان کاربری اراضی باشد؛ چراکه رهاسازی اراضی حاصلخیز و مستعد کشت محصولات زراعی راهبردی به مرور زمان موجب تنزل کیفیت خاک شده و در نهایت، خارج شدن آنها از چرخه تولید را در پی خواهد داشت (صفری و همکاران، ۱۴۰۰). روند تغییرات عملکرد گندم در کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۷ در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲- روند تغییرات عملکرد گندم در کشور در بازه زمانی ۱۲ ساله

مشابه با روند تغییرات سطح زیر کشت گندم در بازه زمانی مورد بررسی در این پژوهش (شکل ۱)، روند تغییرات عملکرد گندم در کشور نیز با نوسانات قابل توجهی مواجه بوده است؛ به‌گونه‌ای که در اولین سال بازه زمانی به‌طور متوسط ۲/۱۳ تن گندم از هر هکتار زمین زیرکشت این محصول در کشور برداشت شده است. این رقم پس از کاهش و افزایش چندباره طی بازه زمانی مورد

هدفهین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

بررسی، در سال ۱۳۹۷ به بالاترین مقدار یعنی ۲/۴۶ تن بر هکتار رسیده است. گرچه این افزایش عملکرد تا حدی توانسته است کاهش قابل ملاحظه سطح زیر کشت گندم را جبران کند، اما مقدار کل تولید گندم در سال ۱۳۹۷ حدود ۱۳ میلیون و هفتصد هزار تن و هم‌چنان کمتر از مقدار این شاخص در سال ۱۳۸۵، یعنی حدود ۱۴ میلیون و ششصد هزار تن است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۸).

افزایش تولید محصولات کشاورزی متناسب با نیاز غذایی جامعه و با هدف تضمین بعد فراهمی امنیت غذایی می‌تواند از طریق دو راهکار مهم، شامل افزایش سطح زیر کشت محصولات و افزایش تولید در واحد سطح (افزایش عملکرد محصول) برآورده شود (Kopittke et al., 2019). راهکار نخست از طریق زیر کشت بردن اراضی جدید و مستعد تولید محصول و یا با وسعت کمتر، از طریق تغییر کاربری برخی اراضی تحت کشت گیاهان کم‌اهمیت‌تر به کشت محصولات راهبردی کشاورزی انجام می‌شود. محدودیت‌های ذاتی نسبتاً شدید اغلب اراضی که تا کنون زیر کشت نرفته‌اند موجب می‌شود این راهکار سهم بسیار کوچکی در افزایش تولید مواد غذایی در آینده داشته باشد (Hurni et al., 2015). شدت این مسأله در کشورهای دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک بیشتر است (Lal, 2009)؛ با توجه به آن که حدود ۸۵ درصد از مساحت کشور دارای اقلیم خشک یا نیمه‌خشک است و بیابان‌های غیر قابل کشت بخش عمده اراضی کشور را تشکیل می‌دهند (Khalili and Rahimi, 2018)، برخی از کارشناسان معتقدند در ایران امکان افزایش سطح زیر کشت وجود ندارد (طهرانی و همکاران، ۱۳۹۱).

به‌عنوان یک شاخه فرعی از راهکار مزبور، احیاء بخش‌هایی از اراضی که سابقاً تحت کشت و کار بوده‌اند ولی برای مدت زمانی به‌صورت بایر رها شده‌اند و بازگرداندن آنها به چرخه تولید می‌تواند تا حدی راهگشای نیاز به افزایش تولیدات غذایی باشد (Lal, 2009). بر همین اساس و با توجه به این واقعیت که در مقایسه با سطح زیر کشت گندم در سال ۱۳۸۶، حدود یک میلیون و هشتصد هزار هکتار از اراضی تحت کشت گندم در سال ۱۳۹۷ کاسته شده است، به‌نظر می‌رسد می‌توان با برنامه‌ریزی صحیح، زمینه کشت محصول راهبردی گندم در این اراضی را فراهم نمود و در نتیجه، گام مهمی در راستای افزایش تولید گندم در تناسب با نیاز داخلی برداشت.

راهکار دیگر یعنی افزایش تولید در واحد سطح نیز عمدتاً از طریق به‌کارگیری فناوری‌های نوین و بهینه‌سازی عملیات مختلف کشت‌وکار انجام می‌گیرد (Kopittke et al., 2019). این در حالی است که امروزه تنزل کیفیت اراضی ناشی از فشار بر منابع خاک همراه با چالش‌های جهانی مهمی هم‌چون بحران آب و تغییرات اقلیمی و نیز اثرات مخرب صنعت و فناوری و تغییر الگوی زندگی، حتی حفظ تولیدات کشاورزی در سطح کنونی در مقیاس ملی و جهانی در بازه زمانی طولانی‌مدت را در حاله‌ای از ابهام قرار داده است (Hurni et al., 2015). با این وجود، بر خلاف بسیاری از کشورها که از منظر شاخص تولید در واحد سطح به عقیده کارشناسان دست‌کم در مورد برخی محصولات، به حد نهایی رسیده‌اند و قابلیت افزایش آن را ندارند (Kopittke et al., 2019)، نظر به تفاوت قابل ملاحظه متوسط عملکرد محصول گندم در کشور در بازه زمانی مورد بررسی (شکل ۲) با متوسط جهانی، می‌توان انتظار داشت این راهکار در سال‌های آینده تا حدی پاسخگوی نیاز کشور به این محصول راهبردی باشد.

نتیجه‌گیری

سطح زیر کشت گندم در کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۷ با طی کردن روندی نزولی از حدود ۷ میلیون هکتار به حدود ۵/۵ میلیون هکتار رسیده است که هشدار جدی در مورد نیاز به حفظ و نگهداشت کیفیت اراضی تحت کشت این محصول راهبردی برای جلوگیری از خارج شدن آنها از چرخه تولید می‌باشد. سطح عملکرد متوسط محصول گندم در کشور در بازه زمانی مذکور روندی صعودی داشته است؛ با این وجود هم‌چنان با سطح مطلوب برداشت گندم در مقیاس جهانی فاصله معنی‌داری را نشان می‌دهد. از این رو، به نظر می‌رسد با به‌کارگیری شیوه‌های به‌روز و هوشمندانه مدیریت اراضی تحت کشت این محصول و افزایش تولید داخلی گندم بتوان تا حدی امنیت غذایی جمعیت رو به رشد کشور در سال‌های آتی را تضمین نمود.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

فهرست منابع

- صفری، ی. (۱۳۹۷). پیامدهای آلودگی خاک‌های کشور به فلزات سنگین برای امنیت غذایی. دومین همایش بین‌المللی و سومین همایش ملی کشاورزی، محیط زیست و امنیت غذایی. دانشگاه جیرفت، جیرفت. ۷-۱.
- صفری، ی.، نوری، ز.، رحمانیان، م. (۱۴۰۰). تغییرات حاصلخیزی خاک در منطقه‌ی میان‌کوه شهرکرد در پی تخریب جنگل‌های بلوط. فصلنامه پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۱۱ (۲): ۱۴۵-۱۲۹.
- طهرانی، م.م.، بلالی، م.ر.، مشیری، ف.، دریاشناس، ع.م. (۱۳۹۱). توصیه و برآورد کود در ایران؛ چالش‌ها و راهکارها. مجله پژوهش‌های خاک. ۲۶ (۲): ۱۴۴-۱۲۳.
- قالیباف، م.ب.، پیشگاهی‌فرد، ز.، افضل‌ی، ر.، حسینی، س.م. (۱۳۹۵). تحلیلی ژئوپلیتیکی بر محصول‌های راهبردی کشاورزی ایران (مطالعه موردی: گندم). پژوهش‌های جغرافیای انسانی. ۴۸ (۱): ۵۳-۶۷.
- وزارت جهاد کشاورزی جمهوری اسلامی ایران، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی. (۱۳۹۸). آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۷ (جلد دوم: محصولات زراعی).
- FAO. (2009). Declaration of the World Summit on Food Security. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Final_Declaration/WSFS09_Declaration.pdf. Accessed: April 2021.
- FAO. (2011). The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW)—managing systems at risk. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Earthscan, London.
- Hurni, H., Giger, M., Liniger, H., Mekdaschi Studer, R., Messerli, P., Portner, B., Schwilch, G., Wolfgramm, B., Breu, T. (2015). Soils, agriculture and food security: the interplay between ecosystem functioning and human well-being. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 15, 25–34.
- Khalili, A., Rahimi, J. (2018). Climate. In: Roozitalab, M.H., Siadat, H., Farshad, A. (Eds). *The Soils of Iran*. Springer. pp: 19-34.
- Kopittke, P.M., Menzies, N.W., Wang, P., McKenna, B.A., Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International*, 132, 105078.
- Lal, R. (2009). Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. *Food Security*, 1, 45-57.

Assessing the variation in the production of the strategic crop of wheat in Iran and its correspondence to food security

Yaser Safari

Assistant Professor of Soil science, Water and Soil Department, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology (Email: yaser.safari@shahroodut.ac.ir)

Abstract: Sufficient production of the key agricultural crops in correspondence to the food demand of the growing population in Iran would be the first step when achieving food security is concerned. To assess the correspondence between the wheat production in the country and the internal demand, the area under wheat cultivation and the average yield of this crop during the years of 2006 – 2018 was analyzed in the current study. The results revealed this truth that the area under wheat cultivation in the country during the mentioned period of time experienced a decreasing trend and fell from about 7 million hectares to about 5.5 million hectares, which warns about the necessity of preserving the quality of the lands under this strategic plant cultivation. Conversely, the wheat average yield in the country during the studied years in an increasing trend from 2.13 ton per hectare in the first year reached 2.46 ton per hectare in the last year. It appears that re-assigning some parts of the abandoned lands to wheat cultivation and enhancing the wheat yield in the lands currently used for wheat production would be the most feasible approaches with the aim of inevitable rise of wheat production in Iran.

Keywords: Agricultural products, Cropping pattern, Food insecurity, Area under cultivation

بررسی روند خشکسالی هواشناسی در سطح استان لرستان

یاسر سبزواری^۱، مرادعلی قنبرپوری^۲، مهدی احمدی^۳

۱- محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان

۲- محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان

چکیده

خشکسالی یک پدیده طبیعی است که تأثیر قابل توجهی بر حیات بشر دارد و بررسی تغییرات زمانی و مکانی آن می‌تواند در مواجهه با اثرات این پدیده مؤثر باشد. هدف این مطالعه بررسی روند خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص (SPI) و آزمون من-کندال در سطح استان لرستان می‌باشد. با کاربرد شاخص (SPI) داده‌های بارش ۹ ایستگاه سینوپتیک و ۲۳ ایستگاه باران‌سنجی در دوره آماری (۱۳۹۷-۱۳۷۷) در سطح استان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد به‌طور کلی استان در سال ۸۷ و ۷۸ با خشکسالی مواجه بوده است. نتایج آزمون من‌کندال نشان داد که روند تغییرات شاخص خشکسالی شهرستان سلسله در سطح احتمال ۹۵ معنی‌دار و به صورت افزایشی بوده است و مابقی شهرها فاقد معنی‌داری هستند. همچنین با در نظر گرفتن تعداد رده‌های خشکسالی در سال‌های مختلف برای ایستگاه‌های منتخب، خشک‌ترین ایستگاه، ایستگاه کوه‌دشت و مرطوب‌ترین ایستگاه، ایستگاه نورآباد معرفی گردید.

واژگان کلیدی: آزمون من‌کندال، خشکسالی هواشناسی، لرستان

مقدمه

باید امروزه به دلیل افزایش روزافزون جمعیت و گرمایش جهانی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع محیط‌زیست و همچنین کاهش بارندگی نسبت به سال‌های گذشته، اهمیت آب افزایش یافته است. کاهش نزولات جوی و نوسانات شدید بارش‌ها عواملی هستند که در سال‌های اخیر سبب تشدید بحران آب و همچنین خشکسالی‌های متعددی گردیده است. پدیده خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلاهای طبیعی است که به کمبود بارش در یک دوره بلند مدت گفته می‌شود (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴). به اعتقاد محققین، خشکسالی بر اساس پارامترهای مورد مطالعه به انواع مختلف: خشکسالی هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیک و اقتصادی-اجتماعی تقسیم می‌شود (قایناتی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Tigkas et al., 2016; Delpla et al., 2009). خشکسالی هواشناسی پیش از دیگر خشکسالی‌ها رخ داده و بعد از آن انواع دیگر خشکسالی اتفاق می‌افتد. خشکسالی هواشناسی با تاخیر زمانی در یک مکان به خشکسالی‌های کشاورزی و سپس به خشکسالی‌های هیدرولوژی منجر می‌شود (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از گام‌های اساسی در مطالعات خشکسالی و ترسالی، تعیین شاخص‌هایی است که می‌توان براساس آن‌ها میزان شدت و تداوم خشکسالی و ترسالی را ارزیابی کرد. شاخص بارش استاندارد (SPI^۱) یکی از جامع‌ترین شاخص مطالعه‌ی خشکسالی و ترسالی به شمار می‌آید که در اغلب نقاط دنیا به عنوان یک شاخص مناسب جهت پیش‌خشکسالی مورد استفاده قرار گرفته است (Ellis et al., 2010; Mishra and Singh, 2010; Hao and Singh, 2013). بررسی تغییرات مکانی و زمانی خشکسالی می‌تواند در ارائه راهکارهای بهتری برای مدیریت و برنامه‌ریزی طبیعی کارساز باشد (عابدزاده، ۱۳۹۷). روش‌های مختلفی برای بررسی تغییرات مکانی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به آزمون تحلیل روند من-کندال که یک آزمون پارامتریک است اشاره نمود. در این زمینه تحقیقات متعددی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌شود. McKee و همکاران (۱۹۹۳) شاخص بارش را برای پیش‌خشکسالی ارائه دادند و از این شاخص برای پیش‌خشکسالی در ایالت کلرادو استفاده کردند. Mishra و Desai (۲۰۰۵) به

^۱ - Standardized Precipitation Index

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

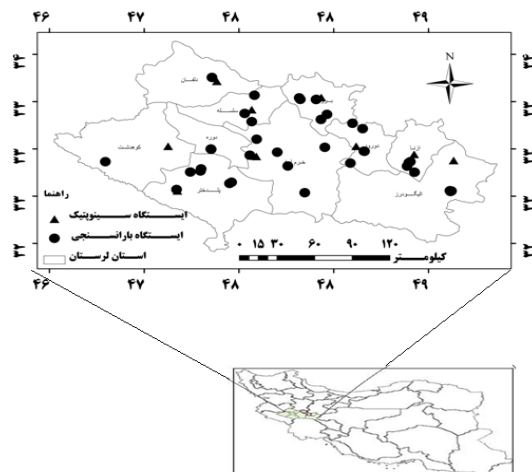
بررسی مکانی و زمانی خشکسالی دشت رودخانه کانسباتی هند با استفاده از شاخص (SPI) و (GIS) پرداختند و نتایج نشان داد در سال ۱۹۸۰ خشکسالی شدید رخ داده است. Rahman و Lateh (۲۰۱۶) خشکسالی هواشناسی در بنگلادش را با استفاده از شاخص خشکسالی (SPI) و (GIS) مورد ارزیابی قرار دادند نتایج نشان داد که مناطق شمال، شمال غربی، غربی، جنوب غربی و مرکزی به ترتیب وقوع و شدت، بیشترین مناطق خشکسالی کشور بودند. Suryabhagavan (۲۰۱۷) تغییرات اقلیمی مبتنی بر (GIS) و خصوصیات خشکسالی توسط شاخص SPI در اتیوپی در طول سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار داد، نتایج نشان داد در میان خشکسالی‌های عمده، خشکسالی‌های سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۸۵ به عنوان خشکسالی شدید در Wollo گزارش شد همچنین طولانی‌ترین دوره خشکسالی در طول سال‌های ۱۹۸۳-۲۰۱۲ در منطقه Borena در جنوب اتیوپی سپری شد. Khubaib و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی ریسک خشکسالی با استفاده از روش سنجش از راه دور ماهواره و روش‌های جغرافیایی در منطقه خوشاب پاکستان پرداختند و همچنین برای کنترل خشکسالی هواشناسی از مقادیر (SPI) استفاده کردند. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که ۳۰/۲۱ درصد از منطقه دارای خشکسالی متوسط است و شدت خشکسالی در بخش جنوبی منطقه خوشاب بیشتر از بخش شمالی است. Aladaileh و همکاران (۲۰۱۹) تغییرات مکانی و زمانی خشکسالی در اردن را با استفاده از آزمون من‌کندال و روش درونیابی کریجینگ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد براساس آزمون من‌کندال برای تمامی ایستگاه‌ها به جز madaba روند کاهشی داشته و همچنین خشکسالی هواشناسی اتفاق افتاده است. شاهیان و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از شاخص بارش و (GIS) به بررسی وضعیت خشکسالی استان فارس پرداختند نتیجه نشان داد که مناطق جنوبی و شرقی و بخشی از مناطق غربی و مرکزی بیشتر از دیگر نقاط استان شاهد خشکسالی بوده‌اند و بیشتر خشکسالی‌ها به صورت خشکسالی ملایم بوده است. تاتینا و همکاران (۱۳۸۹) خشکسالی در استان گیلان را در دوره آماری ۳۰ ساله مورد مطالعه قرار دادند، نتایج نشان داد که خشکسالی به طور متناوب و با سیکل‌های نسبتاً منظم در منطقه اتفاق افتاده و همچنین الگوی مکانی و زمانی خشکسالی بعد از پایش، حاکی از وقوع خشکسالی‌های پیوسته و ناپیوسته در محدوده مورد مطالعه است که شرایط بحرانی برای منابع طبیعی و انسانی ایجاد می‌نماید. خسروانی و همکاران (۱۳۹۲) با مطالعه آمار شش ایستگاه هواشناسی استان خوزستان با طول دوره‌ی آماری ۲۵ ساله در مقیاس زمانی سالانه نشان دادند که کمترین مقدار و بیشترین مقدار (SPI) مربوط به شهر اهواز می‌باشد. حجازی‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی خشکسالی در کرمان پرداختند و برای بررسی تغییرات روند آن از آزمون من‌کندال استفاده کردند. نتایج نشان داد که روند تغییرات در بارش بهاره‌ی استان کرمان معنی‌دار است و همچنین فصل بهار به سوی دوره‌های خشک در حال تغییر است. ملکی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۴) چهار ایستگاه سینوپتیک استان تهران را مورد مطالعه قرار دادند و بررسی روند تغییرات با آزمون من-کندال و سن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در سری زمانی فصلی روند خاصی اتفاق نمی‌افتد اما برای داده‌های ماهانه در اکثر ایستگاه‌ها طبق آزمون من‌کندال دارای روند معنی‌دار و صعودی است. کوثری و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی خشکسالی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و فراخشک جهان پرداختند. نتایج نشان داد که دامنه خشکسالی‌های طولانی مدت متوسط تا شدید و همچنین بسیار شدید در بخشی از مناطق دنیا به خصوص خاورمیانه و غرب آمریکا مشاهده می‌شود همچنین روندها نیز به صورت افزایشی و کاهشی معنادار می‌باشند. لزوم مقابله با اثرات گوناگون خشکسالی، آگاهی از وضعیت گذشته‌ی مناطق مختلف از نظر خشکسالی را ضروری می‌سازد. لذا هدف از پژوهش حاضر، پایش خشکسالی هواشناسی سالانه و بررسی روند تغییرات ۲۱ ساله‌ی آن در سطح استان لرستان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با مساحت ۲۸۰۶۴ کیلومتر در غرب ایران بین ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۲ دقیقه و ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا از مرتفع‌ترین نقطه با ارتفاع ۴۰۵۰ تا پست‌ترین نقطه در جنوب استان با ارتفاع ۵۰۰ متر متغیر می‌باشد. مرکز این استان، شهرستان خرم‌آباد می‌باشد. در شکل (۱) نقشه استان لرستان و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه داده شده است.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان لرستان و ایستگاه‌های مورد مطالعه

در این پژوهش برای پایش خشکسالی هواشناسی سالانه در سطح استان لرستان، از اطلاعات بارش ۲۱ ساله (۱۳۹۷-۱۳۷۷) مربوط به ۹ ایستگاه سینوپتیک و ۲۳ ایستگاه باران‌سنجی در سطح استان استفاده شد که این آمار از سازمان هواشناسی استان لرستان و شرکت آب منطقه‌ای استان لرستان اخذ گردید. برای بررسی روند تغییرات سالانه از آزمون من‌کندال استفاده شد. جدول ۱ مشخصات ۹ ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه این پژوهش در استان لرستان را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی استان لرستان

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	میانگین بارش سالانه (mm)	ارتفاع (متر m)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
ازنا	سینوپتیک	۴۰۹/۶	۱۸۷۲	۳۳ ۲۷'	۴۹ ۲۵'
سلسله	سینوپتیک	۴۴۴/۱	۱۵۶۷	۳۳ ۴۹'	۴۸ ۱۵'
البگودرز	سینوپتیک	۳۸۷/۷	۲۰۲۲	۳۳ ۲۴'	۴۹ ۴۲'
بروجرد	سینوپتیک	۴۵۶/۲	۱۶۲۹	۳۳ ۳۵'	۴۸ ۴۵'
پلدختر	سینوپتیک	۳۵۸/۸	۷۱۳	۳۳ ۰۹'	۴۷ ۴۳'
خرم‌آباد	سینوپتیک	۴۹۹	۱۱۴۸	۳۳ ۲۶'	۴۵ ۱۷'
دورود	سینوپتیک	۶۲۷/۱	۱۵۲۷	۳۳ ۲۹'	۴۹ ۰۴'
کوه‌دشت	سینوپتیک	۳۶۵/۸	۱۱۹۸	۳۳ ۳۱'	۴۷ ۳۹'
نورآباد	سینوپتیک	۴۶۵/۸	۱۸۶۰	۳۴ ۰۳'	۴۸ ۰۰'

شاخص بارش استاندارد شده (SPI)

شاخص بارش استاندارد شده یا (SPI) به وسیله McKee و همکارانش (۱۹۹۳) به منظور پایش وضعیت خشکسالی در کلرادو ارائه گردید. مک کی و همکارانش برای تعیین خشکی و تری در هر ایستگاه یک سیستم طبقه‌بندی تعیین و معرفی نمودند که مقادیر (SPI) به دست آمده، بیانگر شدت‌های متفاوتی از خشکسالی در یک منطقه می‌باشد. ویژگی دیگر این است که بر اساس این روش می‌توان آستانه‌ی خشکسالی را برای هر دوره‌ی زمانی تعیین کرد. بنابراین براساس این شاخص علاوه بر شدت خشکسالی، مدت آن را نیز می‌توان تعیین نمود. شاخص بارش استاندارد شده، بر اساس احتمال بارش برای هر بازه‌ی زمانی می‌باشد این شاخص برای کمی نمودن کمبود بارش در بازه‌های زمانی چندگانه طراحی شده است. این مقیاس‌های زمانی متفاوت اثرات ویژه‌ی خشکسالی را بر روی قابلیت دسترسی به منابع آبی مختلف بیان می‌کنند.

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}}{S_X}$$

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

که در آن:

$$X_i = \text{بارندگی در هر ماه.}$$

$$\bar{X} = \text{میانگین بارندگی در مقیاس زمانی.}$$

$$S_x = \text{انحراف معیار بارندگی در مقیاس زمانی می‌باشد.}$$

جدول (۲) برای طبقه‌بندی روش SPI پیشنهاد شده است.

جدول ۲- مقیاس طبقه‌بندی مقادیر SPI

طبقات	شدیداً مرطوب	خیلی مرطوب	مرطوب متوسط	تقریباً نرمال	خشک متوسط	خیلی خشک	شدیداً خشک
مقادیر SPI	> ۲	۱/۵ تا ۱/۹۹	۱ تا ۱/۴۹	-۰/۹۹ تا ۰/۹۹	-۱ تا -۱/۴۹	-۱/۴۹ تا ۱/۹۹	< -۲

آزمون من - کندال

از آزمون من کندال به منظور بررسی و تحلیل روند تغییرات سری‌های زمانی مختلف، استفاده می‌شود. این آزمون، ناپارامتریک می‌باشد که توسط من و کندال ارائه شده است (Kendall, 1975 ; Mann, 1945). تحلیل من کندال به صورت معادله‌های زیر می‌باشند:

آزمون من کندال با تعریف آماره S به صورت رابطه (۱) می‌باشد (Yue et al., 2002).

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

که در آن x_j و x_i که به ترتیب i امین و j امین داده مشاهده‌ای و n اندازه نمونه (طول دوره آماری) است. تابع علامت با رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$\text{Sgn}(X) = \begin{cases} +1 & (x_i - x_k) > 0 \\ 0 & (x_i - x_k) = 0 \\ -1 & (x_i - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

با فرض مستقل بودن و یکنواخت بودن داده‌ها، میانگین و انحراف معیار S به صورت رابطه (۳) و (۴) محاسبه می‌شوند:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$v(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m (i-1)(2t+5)}{18} \quad (4)$$

که در آن، n: تعداد داده‌ها، m: تعداد گره‌ها و t: تعداد داده‌ها در هر گره است. منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیشتر از یکی وجود داشته باشد، این مقادیر مساوی، تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره m، t می‌باشد. میزان نمره استاندارد شده Z که همان مقدار آماره من - کندال است از رابطه (۵) قابل محاسبه است:

$$v(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m (i-1)(2t+5)}{18} \quad (4)$$

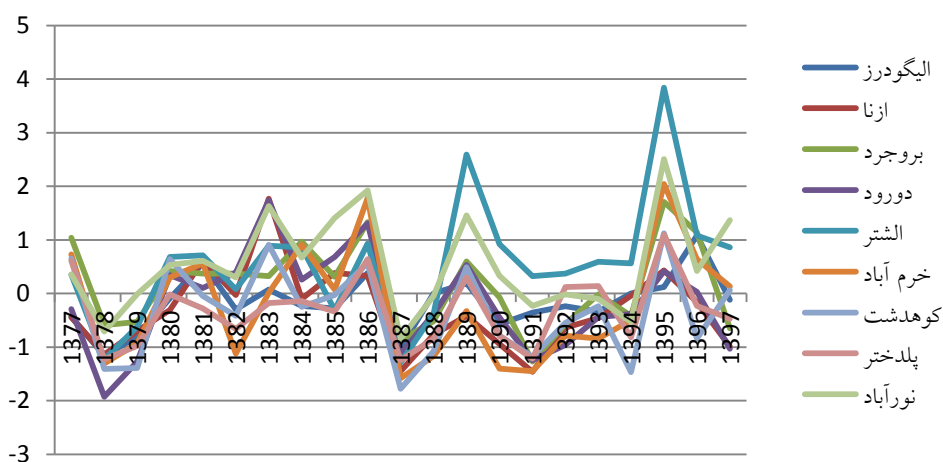
$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\text{var}(s)} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{s+1}{\text{var}(s)} & s < 0 \end{cases} \quad (5)$$

چنانچه مقدار Z بزرگ‌تر از $\pm 1/96$ باشد داده‌ها دارای روند می‌باشند و فرض صفر رد می‌شود در غیر این صورت فاقد روند است. Z: آماره توزیع نرمال استاندارد می‌باشد و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی به خود گیرد و S: پارامتر روش من - کندال است که به نحوه محاسبه آن در بالا اشاره گردید. مقدار آماره Z برای سطوح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به ترتیب برابر با ۱/۹۶ و ۲/۵۸ در نظر گرفته می‌شود.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

نتایج و بحث

برای بررسی خشکسالی در استان، نمودار روند تغییرات خشکسالی ایستگاه‌های سینوپتیک هر شهرستان به عنوان نماینده ایستگاه‌های موجود در هر شهرستان ارائه شده است. نمودارهای شکل ۲ نشان دهنده نمودار تغییرات خشکسالی شهرهای استان لرستان در طول دوره آماری ۲۱ ساله است. با توجه به شکل ۲ نتایج حاکی از آن است که با توجه به مقیاس طبقه‌بندی مقادیر (SPI)، شهرستان الیگودرز در سال‌های ۷۸ و ۸۷ خیلی خشک بوده و در سال ۱۳۹۶ مرطوب متوسط و سال ۱۳۷۹ خشکسالی متوسط اتفاق افتاده و در مابقی سال‌ها دارای وضعیتی نرمال بوده است. با توجه به نمودار تغییر روند خشکسالی در پلدختر، در سال ۷۹ جهشی مثبت نسبت با سال ۸۰ رخ داده و از وضعیت خشک متوسط به وضعیت نرمال رسیده، همچنین در سال ۹۱ وضعیت به صورت خیلی خشک بوده که در سال ۹۲ وضعیت به حد نرمال رسیده است در حالی که در سال‌های ۸۶ و ۸۷ جهش به صورت منفی اتفاق افتاده به این صورت که در سال ۸۷ وضعیت خیلی خشک رخ داده است. در شهرستان کوهدشت در سال ۱۳۸۷ خشکسالی شدید رخ داده همچنین در سال‌های ۷۸، ۸۷، ۸۸، ۹۱ و ۹۴ خشکسالی اتفاق افتاده و در مقابل وضعیت خشکسالی در سال ۹۵ مرطوب بوده است. شهر خرم آباد سال‌های ۷۸، ۸۷، ۹۰ و ۹۱ خیلی خشک و سال‌های ۹۵ و ۸۶ خیلی مرطوب بوده است. شهرستان دورود سلسله با توجه به شاخص (SPI) در سال‌های ۸۹ و ۹۵ شدید مرطوب بوده است. شهرستان دورود در سال ۷۸ در وضعیت خیلی خشک بوده و این شهرستان در سال‌های ۷۹، ۸۷، ۹۱ و ۹۷ خشکسالی متوسط به وقوع پیوسته است. شهر بروجرد در سال ۹۵ در وضعیت خیلی مرطوب و در سال ۹۱ نسبتاً خشک بوده است. در شهرستان ازنا طبق استاندارد شاخص (SPI) در سال‌های ۸۷ و ۹۱ خشکسالی خیلی مرطوب رخ داده و شهر نورآباد در سال ۹۵ شدیداً مرطوب بوده و خشکسالی در این شهر در این دوره آماری اتفاق نیفتاده است.



شکل ۲- نمودار روند تغییرات زمانی مقادیر خشکسالی سالانه ایستگاه‌های لرستان

برای بررسی روند تغییرات خشکسالی سالانه در استان لرستان در دوره آماری ۲۱ ساله از آزمون من-کندال استفاده گردید که نتایج در جدول (۳) آمده است. با توجه به جدول (۳) در سطح احتمال ۹۵ درصد مقدار شاخص SPI سلسله افزایش یافته و این افزایش معنی‌دار بوده که بیانگر روند کاهشی خشکسالی و به عبارت دیگر افزایش ترسالی در شهر سلسله می‌باشد. روند تغییرات ۲۱ ساله مقدار شاخص SPI در بقیه شهرها فاقد معنی‌داری بوده است. با این حال، در ایستگاه‌های ازنا، بروجرد، دورود و کوهدشت روند کاهشی بوده و در واقع روند کلی رو به خشکسالی بوده است. در مقابل در ایستگاه‌های الیگودرز، نورآباد، پلدختر و خرم‌آباد روند افزایشی بوده است که نشان می‌دهد روند کلی رو به ترسالی در این ایستگاه‌ها بوده است.

جدول ۳- مقادیر روند خشکسالی

شهر	الیگودرز	نورآباد	پلدختر	کوهدشت	خرم آباد	سلسله	دورود	بروجرد	ازنا
Z مقدار	۱/۶۳۲	۰/۳۶۳	۰/۵۱۴	-۰/۳۰۲	۰/۲۱۲	۲/۱۴۶	-۰/۲۱۲	-۰/۵۱۴	-۰/۳۹۳

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

نتیجه‌گیری

در این پژوهش وضعیت اقلیمی استان لرستان طی دوره آماری ۲۱ ساله با استفاده از شاخص استاندارد (SPI) بررسی گردید. نتایج حاکی از آن است که با توجه به مقیاس طبقه‌بندی مقادیر (SPI)، شهرهای دورود در سال (۱۳۷۸) و کوهدشت در سال (۱۳۸۷) شدیداً خشک بوده و سلسله در سال‌های (۱۳۸۹) و (۱۳۹۵) و شهرستان نورآباد در سال (۱۳۹۵) شدیداً مرطوب بوده است. با بررسی روند خشکسالی با استفاده از آزمون من‌کندال مشخص گردید که شهر سلسله در سطح احتمال ۹۵ دارای روندی مثبت و معنی‌دار بوده و مابقی شهرها فاقد روند معنی‌دار می‌باشند. با بررسی سری زمانی شاخص (SPI) ایستگاه‌های مختلف، سال ۹۱ به عنوان نماینده سال‌های خشک، سال ۹۵ به عنوان نماینده سال‌های تر و سال ۹۷ به عنوان نماینده سال‌های نرمال انتخاب شد. همچنین برای پهنه‌بندی خشکسالی استان در سال‌های ۹۲، ۹۵ و ۹۷، از روش کریجینگ استفاده شد زیرا نسبت به سایر روش‌ها دارای کمترین میزان خطا بود. نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی در سال‌های ۹۲، ۹۵ و ۹۷ در استان لرستان نشان می‌دهد که در سال ۹۲ و ۹۷ نواحی شرق استان لرستان بیشتر با خشکسالی مواجه شده است. به طور کلی می‌توان خشک‌ترین ایستگاه را کوهدشت و مرطوب‌ترین ایستگاه را نورآباد، معرفی کرد. با توجه به نتایج حاصله از این تحقیق و وقوع خشکسالی‌های مختلف در نقاط مختلف استان، برای مقابله با تأثیرات این پدیده، برنامه‌ریزی صحیح و مناسب منابع آب و بیمه محصولات کشاورزی خصوصاً در شهرستان کوهدشت که بیشتر از سایر مناطق استان با خشکسالی مواجه بوده است، پیشنهاد می‌شود.

فهرست منابع

- ۱) حجازادی، ز.، ناصرزاده، م.، حاتمی زرنه، د.، رضایی، م. ۱۳۹۳. کاربرد روش‌های آماری و نمایه‌های خشکسالی در تحلیل نوسانات بارش مطالعه موردی: ایستگاه کرمان. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. ۵ (۱۷): ۳۵-۵۱.
- ۲) خسروانی، ز.، پارسامهر، ا.، محمدی، ب.، فارسی، ز. ۱۳۹۲. بررسی خشکسالی استان خوزستان با استفاده از شاخص SPI و PNPI. ششمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور.
- ۳) قایناتی، ش.، فضل‌اولی، ر.، مسعودیان، م.، نادلی، م. ۱۳۹۷. بررسی ارتباط زمانی رخداد خشکسالی هواشناختی و خشک-سالی آب‌های سطحی (مطالعه موردی: حوضه تجن). هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه یزد.
- ۴) کوثری، م.، اختصاصی، م.، ملکی‌نژاد، ح. ۱۳۹۵. بررسی روند خشکسالی‌های با مقیاس زمانی بلند مدت در مناطق نیمه خشک، خشک و فرا خشک جهان. مدیریت بیابان. ۴ (۸): ۳۶-۵۳.
- ۵) محمودی، پ.، طاوسی، ت.، شاهوزئی، ع. ۱۳۹۴. خشکسالی و تاثیر آن بر کیفیت منابع آب سطحی در استان سیستان و بلوچستان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۲۹ (۱): ۳۵-۲۱.
- ۶) ملکی‌نژاد، ح.، سلیمانی مطلق، م.، جایدی، ا.، آبشوری، س. ۱۳۹۴. تحلیل روند تغییرات بارندگی و خشکسالی با استفاده از آزمون من-کندال و سن در استان تهران. مجله علمی-ترویجی سازمان هواشناسی کشور. ۳۷ (۸۰-۸۱): ۵۴-۴۳.
- ۷) منیری، ج. ۱۳۸۳. مطالعه ویژگی‌های آب و هوایی حوضه آبریز دریاچه ارومیه جهت تحلیل دوره‌های خشکسالی. پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
- 8) Abuzar, M. K., Shafiq, M., Mahmood, S. A., Irfan, M., Khalil, T., Khubaib, N. and Shaista, S. 2019. Drought Risk Assessment in the Khushab Region of Pakistan Using Satellite Remote Sensing and Geospatial Methods. *International Journal of Economic and Environmental Geology*, 10(1), 48-56.
- 9) Byun, H. R. and Wilhite, D. A. 1999. Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate*, 12(9), 2747-2756.
- 10) Delpla, I., Jung, A. V., Baures, E., Clement, M. and Thomas, O., 2009. Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environmental International* 35(8), 1225-1233.
- 11) Ellis, A.W., Goodrich, G.B. and Garfin, G.M. 2010. A hydroclimatic index for examining patterns of drought in the Colorado river basin. *Int. J. Clim.* 30 (2), 236-255.
- 12) Hao, Z. and Singh, V.P. 2013. Entropy-based method for bivariate drought analysis. *J. Hydrol. Eng.* 18 (7), 780-786.
- 13) Kendall, M. 1975. Rank Correlation Methods, Griffin, London.

- 14) Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrical*. 13, 245-259.
- 15) McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183). Boston, MA: American Meteorological Society.
- 16) Mishra, A.K. and Singh, V.P. 2010. A review of drought concepts. *J. Hydrol.* 391 (1-2), 202–216.
- 17) Suryabhagavan, K. V. 2017. GIS-based climate variability and drought characterization in Ethiopia over three decades. *Weather and climate extremes*, 15, 11-23.
- 18) Tigkas, D., Vangelis, H. and Tsakiris, G. 2016. Introducing a modified Reconnaissance Drought Index (RDIE) incorporating effective precipitation. *Procedia engineering*, 162, 332-339.

Investigation of meteorological drought trends in Lorestan province

Y. Sabzevari¹, M.A. Ghanbarpouri², M. Ahmadi³

1- Researcher, Researcher Soil and Water, Researcher and Training of Agriculture And natural Resources Lorestan

2- Researcher, Researcher Soil and Water, Researcher and Training of Agriculture And natural Resources Lorestan

3- MSC Student, Management And Water Resources Department, Lorestan University

Abstract

Drought is a natural phenomenon that has a significant impact on human life and the study of its temporal and spatial changes can be effective in dealing with the effects of this phenomenon. The purpose of this study was to investigate the trend of meteorological drought using index (SPI) and Mankendall test in Lorestan province. Using index (SPI), precipitation data of 9 synoptic stations and 23 rainfall stations in the statistical period (1998-2018) in the province were analyzed. The results showed that in general, the province faced drought in 1988 and 2008. The results of Mankendall test showed that the trend of changes in the drought index of Selseleh city at the level of 95 probability was significant and increasing and the rest of the cities were not significant. Also, considering the number of drought categories in different years for selected stations, the driest station, Kuhdasht station and the wettest station, Nurabad station were introduced.

Keywords: Mankendall test, meteorological drought, Lorestan

بررسی روند تغییرات بارش و تبخیر-تعرق مرجع در شرایط آب و هوایی دزفول

یاسر سبزواری^{۱*}، مرادعلی قنبرپور^۲

1,2- محقق، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان

چکیده

تبخیر و تعرق یکی از عوامل مهمی است که دانستن مقدار دقیق آن، برای تعیین نیاز آبی و طراحی سامانه‌های آبیاری ضروری می‌باشد. برای این منظور در این پژوهش برای بررسی روند تغییرات ET_0 دشت دزفول با استفاده از آزمون MK از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک دزفول بازه زمانی (۱۳۶۹ تا ۱۳۹۵) استفاده شد. در بررسی روند تغییرات ET_0 ماهانه با استفاده از آزمون MK، مشخص شد که در کل دوره آماری، روند، تغییر معنی‌داری نداشته. در این دوره‌ی زمانی مقدار آماره‌ی MK برابر $0/2$ بوده که نشان دهنده‌ی روند افزایشی غیر معنی‌دار می‌باشد. نتایج آزمون من-کندال به منظور بررسی روند تغییرات بارش، روند کاهشی این پارامتر را نشان می‌دهد ($Z=-1,62$). ولی با توجه به مقدار آماره من-کندال، این کاهش در سطح آماری ۹۵ درصد معنی‌دار نبوده است.

کلمات کلیدی: تبخیر-تعرق، مکندال، روند، دزفول

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

مقدمه

یکی از مهم‌ترین مشکلات جهان امروز که در آینده نیز زندگی بشر را تحت تأثیر قرار خواهد داد، مسئله‌ی کمبود آب و عدم توزیع مناسب منابع آبی می‌باشد. پیش‌بینی و بررسی روند متغیرهای اقلیمی در آینده نقش بسزایی در مدیریت بهینه منابع آب دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۰). از جمله متغیرهای اقلیمی که پیش‌بینی و بررسی روند تغییرات آن‌ها در دستیابی به الگوهای مناسب برداشت از ذخایر آبی، مدیریت کشت و کار به خصوص کشت دیم، مدیریت منابع آب، برنامه‌ریزی آبیاری و کاهش خسارات جبران ناپذیر ناشی از وقوع خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها کمک شایانی می‌کند، بارندگی و تبخیر و تعرق مرجع می‌باشد (Snyder et al., 2016; Gautam and Sinha, 2016; Gundekar et al., 2008; Lopez-Urrea et al., 2005). به منظور تعیین روند تغییرات از روش‌های مختلفی استفاده می‌گردد. یکی از متداول‌ترین روش‌های غیرپارامتریک در تحلیل روند سری‌های زمانی من کندال (MK¹) است. بدین منظور تعداد زیادی از محققین در مطالعات خود جهت بررسی روند تغییرات از این آزمون استفاده کرده‌اند. Hess, (1998) با استفاده از روش PMF₅₆ به محاسبه ET₀ پرداخت و سپس روند تغییرات آن را در منطقه خشک شمال شرق نیجریه مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که افزایش دمای هوای ایستگاه‌های مورد مطالعه به اندازه‌ای نبوده است که روی ET₀ منطقه اثر معنی‌داری داشته باشد. (Tabari et al., (2011). به بررسی روند تبخیر و تعرق مرجع در ۲۰ ایستگاه سینوپتیک غرب کشور پرداختند. نتایج نشان داد که در ۷۰ درصد ایستگاه‌ها روند ET₀ در مقیاس سالانه افزایشی بوده و همچنین روندهای افزایشی بیشتر در فصول زمستان و تابستان اتفاق افتاده است. (به محاسبه و بررسی روند تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه گیاه مرجع با استفاده از روش PMF₅₆ و آزمون MK در زابل پرداخت. نتایج این مطالعه حاکی از روند افزایشی و معنی‌دار ET₀ برای تمام ماه‌های سال در طول دوره آماری می‌باشد. (Masoompoorsamakosh et al., (2014). تغییرپذیری زمانی-مکانی و روند ET₀ را در ایران مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد بیشترین تغییر روند ماهانه در ماه مرداد و در ایستگاه‌های خشک کشور و همچنین کمترین تغییر روند ماهانه نیز در ماه‌های دی و بهمن رخ داده است. (Behmanesh and Azadlatapeh, (2015). به بررسی تغییرات پارامترهای هواشناسی موثر بر اقلیم ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد روند بیشینه، کمینه و متوسط درجه حرارت افزایشی و بارش کاهش یافته که روند آن‌ها در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است در حالیکه روند کاهش در درصد رطوبت و افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل معنی‌دار نیست. (Ahmadi et al., (2016). به ارزیابی روند تغییرات ET₀ سالانه بر اساس پارامترهای اقلیمی مؤثر در شمال-شرق کشور پرداختند. نتایج نشان داد که روند تغییرات سالانه ET₀ افزایشی بوده و دلیل این افزایش، روند افزایشی مشخصه‌های دمایی و ساعات آفتابی بوده است. (Shahid (2010) الگوهای مکانی روند بارندگی سالانه و فصلی بنگلادش را طی سال‌های ۱۹۵۸ تا ۲۰۰۷ با استفاده از روش من-کندال مورد بررسی قرار داد که نتایج، نشان دهنده روند معنی‌دار افزایش بارش سالانه بوده است. با توجه به اهمیت و ضرورت بررسی روند تغییرات بارش و تبخیر و تعرق مرجع که امری مهم در مدیریت منابع آب و آبخیزداری می‌باشد، هدف از پژوهش حاضر بررسی روند تغییرات سالانه ۳۲ ساله بارش و روند تغییرات سالانه و ماهانه ۲۷ ساله تبخیر و تعرق مرجع ایستگاه دزفول می‌باشد.

مواد و روش‌ها

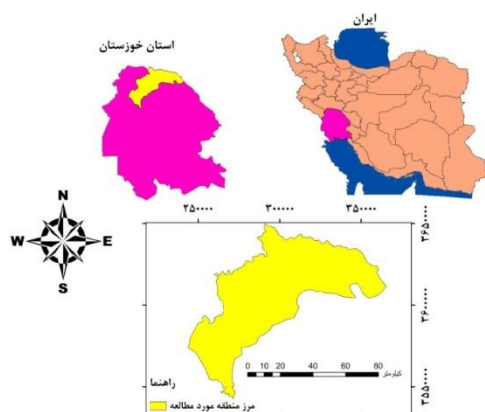
منطقه مورد مطالعه

شهرستان دزفول از شهرستان‌های استان خوزستان در جنوب غربی ایران است. شهرستان دزفول با مساحت ۴۷۶۲ کیلومتر مربع بین ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی نصف‌النهار گرینویچ و بین ۳۲ درجه و ۷۵ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و در ارتفاع ۱۴۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است. این شهرستان از شمال به استان لرستان، از غرب به شهرستان اندیمشک، از شرق به استان چهارمحال بختیاری، از جنوب شرقی به مسجدسلیمان، از جنوب به شوشتر و گتوند و از جنوب غربی به شوش محدود می‌شود. مرتفع‌ترین نقطه این شهرستان، سالن کوه با ارتفاع بیش از ۲۶۰۰ متر می‌باشد. در این پژوهش جهت

¹ - MannKendal

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

بررسی روند بارش و تبخیر و تعرق مرجع از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک دزفول استفاده شد که موقعیت جغرافیایی آن در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دزفول در ایران و خوزستان

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک دزفول

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
دزفول	۲۵° ۴۸" E	۱۶" N°32	۸۲.۹

در پژوهش حاضر، برای بررسی روند تغییرات ET_0 دشت دزفول با استفاده از آزمون MK از اطلاعات ماهانه حداقل و حداکثر دما، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی ایستگاه سینوپتیک دزفول مربوط به دوره‌ی زمانی ۲۷ ساله (۱۳۶۹ تا ۱۳۹۵) استفاده شد. برای تحلیل روند ET_0 ، این مشخصه به روش فائو-پنمن-مانتیت مورد محاسبه قرار گرفت.

محاسبه تبخیر و تعرق مرجع به روش فائو-پنمن-مانتیت

از بین روش‌های مختلف تجربی ارائه شده برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع، در سال ۱۹۹۰ از سوی کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی^۲ (ICID) و سازمان خوار و بار جهانی^۳ (FAO) روش فائو-پنمن-مانتیت به‌عنوان تنها روش استاندارد برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع از روی داده‌های اقلیمی و همچنین برای ارزیابی سایر روش‌ها پیشنهاد شده است (Hargreaves, 1994). این روش نیازمند داده‌های تابش، دما، رطوبت و سرعت باد بوده و با درجه اعتماد بالایی و در دامنه وسیعی از مناطق و اقلیم‌ها برآورد صحیحی از تبخیر و تعرق گیاه مرجع ارائه می‌کند (Allen et al, 1998). در این تحقیق برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع از روش فائو-پنمن-مانتیت به‌عنوان روش استاندارد استفاده شد و برای این منظور تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از نرم افزار ۳،۲-RefET محاسبه گردید.

در این روش تبخیر-تعرق مرجع از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$ET_0 = \frac{[0.408(R_n - G) + [(900\gamma)/(T + 273)] \times U_2 \times (e_a - e_d)]}{\Delta + \gamma \times (1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

در این رابطه ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع، بر حسب میلی‌متر بر روز R_n : تشعشع خالص بر حسب مگاژول بر متر مربع بر روز G : شار گرمایی خاک، بر حسب مگاژول بر متر مربع بر روز Δ : شیب نمودار فشار بخار اشباع نسبت به دما، بر حسب کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس γ : ثابت سایکرومتری، بر حسب کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس $e_a - e_d$: کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری، بر حسب کیلو پاسکال U_2 : میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین، بر حسب متر بر ثانیه T : میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین، بر حسب درجه سلسیوس.

²- International Commission on Irrigation and Drainage

³- Food and Agriculture Organization of the United Nations

آزمون من-کندال

آزمون من-کندال برای بررسی وجود روند زمانی برای هر سری از داده‌ها استفاده می‌شود. این آزمون بر منطق رگرسیو خطی غیر پارامتریک استوار است. نتایج این آزمون نشان می‌دهد روند افزایشی یا کاهشی قابل توجهی در سطح اطمینان مشخصی در روند سری زمانی پارامتر وجود دارد یا خیر. استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال به نرمال بودن داده‌ها حساس نیست. آزمون من-کندال ابتدا توسط (Mann, 1945) ارائه و سپس توسط (Kendall, 1975) توسعه یافت. کاربرد این روش توسط سازمان جهانی هواشناسی توصیه گردید (سلطانی‌گرددفرامزنی, 1396). از نقاط قوت روش من-کندال می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود.

این روش برای بررسی روند داده‌ها بکار می‌رود. در این روش آماره S برای ماه g ام و ایستگاه k ام به شرح زیر محاسبه می‌گردد:

$$S_{gk} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n-1} \text{sgn}(X_{jgk} - X_{igk}), \forall i < j \leq n \quad (1)$$

که در آن n تعداد داده‌های سری می‌باشد و $\text{sgn}(\theta)$ تابع علامت و θ تفاضل دو مشاهده در هر یک از پارامترهای مورد بررسی در سال‌های مختلف i و j بوده که بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta > 0 \\ 0 & \text{if } \theta = 0 \\ -1 & \text{if } \theta < 0 \end{cases} \quad (2)$$

من و کندال نشان دادند که وقتی $n \geq 10$ باشد، آماره S تقریباً بطور نرمال توزیع شده و دارای میانگین صفر و انحراف معیار زیر است:

$$(\sigma_{gg})_k = \frac{[n(n-1)(2n+5) - \sum d(d-1)(2d+5)]}{18} \quad (3)$$

که در آن d تعداد داده‌های یکسان در سری زمانی می‌باشد. در این روش S_{gk} به صورت زیر نرمال می‌شود:

$$S'_{gk} = S_{gk} - \text{sgn}(S_{gk}) \quad (4)$$

سپس آماره Z آزمون یا Z استاندارد شده که دارای توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و واریانس ۱ است، بشرح زیر بدست می‌آید:

$$Z_{gk} = \frac{S'_{gk}}{(\sigma_{gg})^{1/2}} \quad (5)$$

چنانچه مقدار Z بزرگ‌تر از $\pm 1/96$ باشد داده‌ها دارای روند می‌باشند و فرض صفر رد می‌شود در غیر این صورت فاقد روند است. Z: آماره توزیع نرمال استاندارد می‌باشد و در یک آزمون دو دامنه بسته به سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی به خود گیرد و S: پارامتر روش من-کندال است که به نحوه محاسبه آن در بالا اشاره گردید. مقدار آماره Z برای سطوح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد به ترتیب برابر با $1/96$ و $2/58$ در نظر گرفته می‌شود.

نتایج و بحث

تعیین روند ET₀ با آزمون MK

در بررسی روند تغییرات ET₀ ماهانه و کل دوره‌ی زمانی ۱۳۶۹-۱۳۹۵ با استفاده از آزمون MK، مشخص شد که در کل دوره آماری، روند، تغییر معنی‌داری نداشته است (جدول ۲). در این دوره‌ی زمانی مقدار آماره‌ی MK برابر ۰/۲ بوده که نشان دهنده‌ی روند افزایشی غیر معنی‌دار می‌باشد. (Ahmadi et al., 2016) در پژوهشی که در ایستگاه‌های شمال شرق کشور انجام گرفت، نشان دادند که روند تغییرات ET₀ در دوره زمانی ۱۳۶۵-۱۳۸۴ افزایشی بوده است. (Behmanesh and Azadatalatapeh, 2015) به این نتیجه رسیدند که روند ET₀ در ارومیه در دوره زمانی ۱۳۵۰-۱۳۸۹ افزایشی و غیر معنی‌دار بوده است. بررسی ماهانه‌ی روند تغییرات ET₀ نشان داد که روند در ماه‌های مهر و مرداد کاهشی و در بقیه‌ی ماه‌ها افزایشی است. روند تغییرات در ماه‌های فروردین، آذر، دی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده لیکن در ماه‌های آبان و بهمن در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. بیشترین روند در بهمن و کمترین روند در مرداد رخ داده است. در مطالعه‌ی (Dinpajouh, 2010) که در زابل انجام گرفت مشخص شد که ضعیف‌ترین و قویترین روند به ترتیب متعلق به تیر و اسفند است. (Masoumpoursamakuosh et al., 2014)

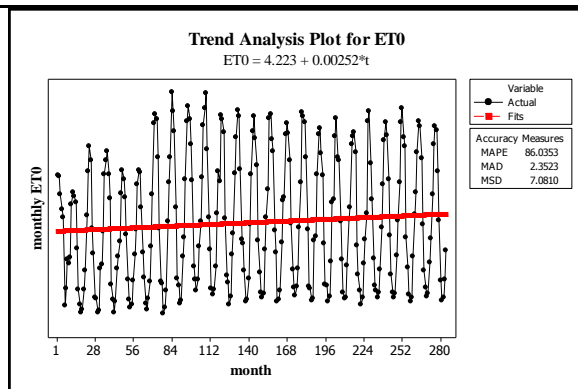
هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

نشان دادند که در ایستگاه‌های کشور، بیشترین تغییر روند در ماه مرداد و کمترین تغییر روند در ماه‌های دی و بهمن رخ داده است.

جدول ۲- آماره‌ی MK ماهانه و کل دوره مطالعاتی مربوط به ET_0 ایستگاه دزفول

Table 2: Monthly MK statistics and total study period related to ET_0 Khorramabad Station

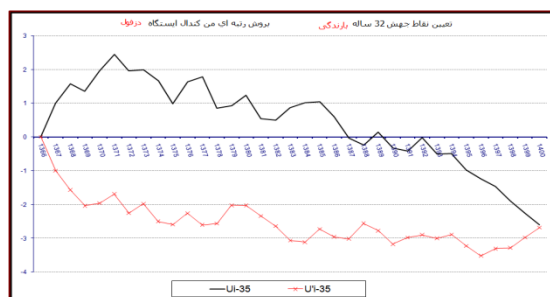
total period	Esfand	Bahman	Dey	Azar	Aban	Mehr	Shahrivar	Mordad	Tir	Khordad	Ordibehesht	Farvardi	
Z	0.2	1.8	3.5	2.1	2.5	3.4	-0.2	0.9	-0.7	1	1.1	1.1	2.2



شکل ۲- نمودار روند تغییرات ET_0

تعیین روند بارش با MK

در پژوهش حاضر با استفاده از اطلاعات بارش ۳۲ ساله‌ی (۱۳۶۶-۱۳۹۷) ایستگاه سینوپتیک دزفول اقدام به مدل‌سازی روند تغییرات بارندگی در طول زمان شده است. برای این منظور اقدام به آماده‌سازی داده‌ها (نرمال‌سازی و حذف روند)، شناخت مدل، تعیین مرتبه و پارامترهای مدل گردید. نتایج آزمون من-کندال به منظور بررسی روند تغییرات ۳۲ ساله بارش، روند کاهشی این پارامتر را نشان می‌دهد ($Z = -1.62$). ولی با توجه به مقدار آماره من-کندال، این کاهش در سطح آماری ۹۵ درصد معنی‌دار نبوده است. شکل ۲ نشان‌دهنده‌ی نمودار من-کندال مربوط به بارش سالانه دزفول می‌باشد که روند کاهشی این پارامتر را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمودار من-کندال بارش سالانه در دوره‌ی زمانی ۳۲ ساله

نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از ۶ متغیر هواشناسی در دوره آماری ۱۳۶۹-۱۳۹۳ به بررسی روند تغییرات ET_0 در کل دوره زمانی و همچنین به صورت ماهانه با استفاده از آزمون ناپارامتری MK پرداخته شد. جهت تشکیل سری زمانی، ET_0 به روش PMF_{56} مورد محاسبه قرار گرفت. آزمون MK نشان داد که در کل دوره ET_0 افزایش یافته است ولی روند معنی‌دار نبوده است. روند تغییرات ET_0 در ماه‌های فروردین، آذر، دی در سطح اطمینان ۹۵ درصد و در ماه‌های آبان و بهمن در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار و

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

افزایشی می‌باشد. قویترین روند در بهمن ماه و ضعیفترین روند در مرداد ماه رخ داده است. بررسی روند تغییرات بارش سالانه طی ۳۲ سال گذشته با آزمون من-کندال نشان داد که میزان بارش دشت دزفول طی این بازه‌ی زمانی دارای روند کاهشی بوده است ($Z < 0$) ولی با توجه به مقدار آماره Z این روند معنی‌دار نیست.

منابع

- Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Methods, London, Charles Griffin.
- Mann, H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometric Society*, 245-259.
- . Shahid S. 2010. Precipitation variability and trends of wet and dry periods in Bangladesh. *Climatology*, 30: 2299-2313.
- . Wang D, M.C. Shannon, C.M. Grieve and S.R. Yates. 2000. Soil water and temperature regimes in drip and sprinkler irrigation ,implications to soybean emergence. *Agric. Water Manage*, 43: 15-28.
- Ahmadi, H., Fallah Ghalheri, Gh.A., Shamei, A. 2016. Estimation and evaluation of annual evapotranspiration changes based on effective climatic parameters in northeastern Iran. *Journal of Water and Soil Science*. 25(2): 257-269. (In Farsi)
- Snyder, R. L., Orang, M., Matyac S., and Grismer ME 2005. Simplified estimation of reference evapotranspiration from pan evaporation data in California. *J Irrigation Drain Engineering*. 131. 3:249–253.
- Lopez-Urrea, R., Martín de Santa Olalla, F., Fabeiro, C. and Moratalla A. 2006. Testing evapotranspiration equations using lysimeter observations in a semi-arid climate. *Agriculture Water Management*. 85:15–26.
- Gundekar, H. G., Khodke, U. M, and Sarkar, S. 2008. Evaluation of pan coefficient for reference crop evapotranspiration for semi-arid region. *Irrigation Science* 26:169–175.
- Gautam, R. and Sinha, A. K. 2016. Time series analysis of reference crop evapotranspiration for Bokaro District, Jharkhand, India. *Journal of Water and Land Development*. 30 .1: 51-56.
- Hess, T.M., 1998. Trends in Reference Evapotranspiration in the North East Arid Zone of Nigeria. 1961-91, *Journal of Arid Environments*. 38: 99-115.
- Tabari H., Marofi S., Aeini A., Hosseinzadeh Talaeaa P. and Mohammadi K. 2011. Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran. *Agriculture Forest Meteorology*. 151. 2: 128-136.
- Masoumpoursamakuosh, J., Rajaei, S., Yeganehfar, M. 2014. Time-space variability and evapotranspiration of reference plant in Iran. *Journal of Applied Geosciences Research*. Fourteenth. 34: 93 .(In Farsi)
- Behmanesh, G., Azadlatapeh, N. 2015. Investigation of Changes in Meteorological Parameters Affecting the Urmia Climate. *Journal of Geography and Planning*. 19(51): 58-41 .(In Farsi)
- Allen,G.R., Pereira,S.L., Raes,D and Smith,M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome. Italy.
- Hargreaves, G. H. 1994. Defining and using reference evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 120.6: 1132-1139.

Investigation of trend of reference precipitation and evapotranspiration in Dezful climatic conditions

Yaser sabzevari^{1*}, moradali ghanbarpour²

1,2-Researcher, Soil and Water Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center

Abstract

Evapotranspiration is one of the important factors that knowing its exact amount is necessary to determine the water needs and design irrigation systems. For this purpose, in this study, to investigate the trend of ET0 changes in Dezful plain using MK test, the information of Dezful synoptic station for the period (1990 to 2016) was used. Examining the trend of monthly ET0 changes using MK test, it was found that in the whole statistical period, the trend did not change significantly. During this period, the value of MK statistic was equal to 0.2, which indicates a non-significant increasing trend. The results of Mann-Kendall test to show the trend of precipitation changes show a decreasing trend of this parameter ($Z = 1.62$). However, considering the value of Mann-Kendall statistic, this decrease was not statistically significant at 95% level.

Keywords: Evapotranspiration, McDonald, Process, Dezful

بررسی روند دمای خاک و تغییرات اقلیمی (مطالعه موردی: ایستگاه صفی آباد دزفول)

نسرین مرادی مجدا^۱، منصور چترنور^۲، غلامعباس فلاح قاهری^۳

۱-دکتری اقلیم شناسی کشاورزی، گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۲-دکتری فیزیک و آلودگی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳-دانشیار گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

چکیده

روند تغییرات دمای خاک از مهم ترین نشانه ها و اثرات تغییر اقلیم بوده که نیازمند توجه ویژه است. با توجه به اهمیت تغییر اقلیم و تغییرات دمای خاک در گرمایش جهانی بررسی آن لازم و ضروری است. لذا هدف از این پژوهش بررسی روند تغییرات دما در عمق های ۵ و ۳۰ سانتی متری خاک در طول دوره آماری ۱۹۷۵-۲۰۲۰ در صفی آباد دزفول است. جهت آشکارسازی و تعیین روند از آزمون من کندال و رگرسیون خطی استفاده گردید. مولفه روند به روش حداقل مربعات در سری مشاهداتی محاسبه شد. در این ایستگاه دما متوسط خاک در عمق ۵ سانتیمتری و ۳۰ سانتیمتری به ترتیب برابر ۲۸/۲۵ و ۲۶/۲ درجه سانتیگراد تعیین شد. با وجود اینکه ضریب تغییرات سری دما در محیط ۳۳ درصد بود اما این ضریب در عمق ۵ سانتی متری خاک به ۳۰ و در عمق ۳۰ سانتی متری ۱۹ درصد مشاهده شد. همچنین گرادیان مولفه روند دمای در ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه برابر ۰/۰۴ و عرض از مبدا آن برابر ۲۴/۵ درجه سانتیگراد تعیین شد. در بخش آخر تحقیق به تعیین ارتباط بین سری همزمان دمای هوای محیط و خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتیمتری پرداخته شد. نتایج نشان داد دمای خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتیمتری به ترتیب ۲ و ۱ درجه سانتیگراد نسبت به محیط است. همچنین گرادیان روند افزایش درجه حرارت پروفیل سطحی خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتیمتری به ترتیب برابر ۰/۴ و ۰/۳ درجه سانتیگراد در سال است.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، دمای خاک، روند تغییرات، صفی آباد

مقدمه

دمای خاک و چگونگی تغییرات آن نسبت به زمان و مکان از مهمترین عواملی است که نه تنها تبادل ماده و انرژی را در خاک تحت تاثیر قرار می دهد، بلکه میزان و جهت کلیه فرایندهای فیزیکی خاک بطور مستقیم وابسته به دما است (Mazidi and Falahzade, 2011). علاوه بر این عواملی مانند تبخیر و تعرق، جوانه زنی، تولید و تجزیه مواد مغذی، تهویه خاک و رشد گیاه، فعالیت ریشه و میکروارگانیسم های خاک، تابع دمای آن است (Alavipanah et al., 2006؛ Adrie et al, 2011). علاوه بر این رفتار رژیم دمای خاک نقش مهم و ویژه در انتخاب واریته های محصولات زراعی و مدیریت مزرعه دارد (Ping et al, 1987). تغییر اقلیم و گرمایش جهانی یکی از اصلی ترین نگرانی های جامعه امروزی می باشد. بیشتر گزارش های روند گرمایشی بر پایه افزایش روند دما استوار می باشند (Tretkoff et al, 2011). دمای خاک به دلیل اینکه همانند دیگر متغیرهای اقلیمی همچون درجه حرارت و بارش در هر مکانی در دسترس و قابل اندازه گیری نبوده و همچنین دمای خاک در عمق های مختلف، دارای رفتار زمانی و مکانی متفاوتی می باشد، کمتر مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در سال های اخیر روند افزایشی دما از مباحث تغییر اقلیم به صورت نقطه ای و در سطح حوضه های آبریز نیز مورد توجه محققین بوده است. بنابراین دمای خاک یکی از متغیرهای مهم در مطالعات هیدرولوژی، هواشناسی کشاورزی و اقلیم شناسی می باشد، برآورد دمای خاک به ویژه در نزدیکی سطح زمین که نوسانات آن بیشتر است، تا حدودی داری مشکل است (Sabziparvar et al., 2009).

Woodbury و همکاران (2009)، تغییرات دراز مدت درجه حرارت خاک و هوای ۸ ایستگاه را از سال ۱۹۶۰ در غرب کانادا مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که یک روند مشهودی در دمای خاک وجود ندارد، هرچند که درجه حرارت هوا در همه ایستگاه ها روند صعودی معنی داری داشته است. آنها بیان داشتند که روند افزایشی درجه حرارت هوا بوسیله ذوب شدگی برف و گرمای نهان در زمستان و بهار تعدیل شده است. Qian و همکاران (2011) به بررسی روند تغییرات دمای خاک در ارتباط با تغییر اقلیم در کانادا پرداختند. آنها یک روند صعودی معنی دار برای دمای خاک در فصل های بهار و تابستان مشاهده نمودند. Yesilirmark (2014) به بررسی روند درجه حرارت عمق های مختلف خاک در حوزه بویوک مندرس ترکیه در مقیاس های فصلی و سالانه پرداخت. نتایج نشان داد که دمای خاک در همه عمق های مورد مطالعه و در همه فصول افزایش داشته است. بطوری که بیشتر افزایش در فصل تابستان و خصوصا در لایه های سطحی (۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی متر) مشاهده گردیده است (Svilicic and Vucetic 2015) به بررسی تغییرات فصلی و سالانه درجه حرارت عمق های مختلف خاک در کرواسی با استفاده از آزمون من کندال و آزمون سنس پرداختند. نتایج نشان داد که در نواحی شرقی و ساحلی درجه حرارت لایه سطحی بویژه در فصول بهار و تابستان افزایش یافته است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: صفی آباد واقع در شهرستان دزفول و با طول جغرافیایی 25° و 48° و عرض جغرافیایی 16° و 32° ارتفاع از سطح دریا ۵۲ متر می باشد و که به منظور پژوهش های کشاورزی و دامپروری ساخته شده و در حال حاضر نیز به همین منظور استفاده می شود. در این منطقه انواع درختان و گیاه ها و دام ها به صورت تحقیقاتی پرورش می یابند. از نکات قابل توجه این منطقه کاشت گردو و کاج است که با در نظر گرفتن آب و هوای منطقه امری غیرممکن به نظر می رسد، این درختان به صورت اصلاح شده در این منطقه پرورش داده می شوند و با نمونه اصلی خود تفاوت هایی دارند. این شهر از سرسبزترین شهرهای شمال خوزستان می باشد که حومه آن پوشیده از درختان آکالیپتوس و باغات مرکبات می باشد و همچنین مزارع کشاورزی نیز جلب توجه می کند. در این تحقیق مقادیر دمای هوای ماهیانه و سالانه از سال ۱۹۷۵ تا سال ۲۰۲۰ میلادی به مدت ۶۰ سال از سازمان هواشناسی استان خوزستان دریافت و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور ذخیره، تجزیه و تحلیل داده ها از صفحه گسترده اکسل و نرم افزار هیدرولوژی آماری Trend استفاده شده است. آمار دریافتی بر حسب تقویم میلادی بوده که بدلیل تامین اهداف این تحقیق برگرداندن آن به تقویم شمسی صورت نگرفت.

از دمای ثبت شده خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتیمتری استفاده شد. ابتدا سری زمانی سالانه دمای محیط به صورت گرافیکی ترسیم و تحلیل مقدماتی بر روی آن انجام گرفت. در تحلیل سری زمانی درجه حرارت، نمایه های گرافیکی سری زمانی یعنی شاخص داده های خام، اسموت (هموار) شده، میانگین متحرک و تغییر پذیری، همچنین نمایه های اصلی سری های زمانی نظیر مولفه روند، چرخه ای، فصلی و غیرمنظم یا تصادفی از داده های اصلی قابل استخراج هستند. نمایش ظاهری سری زمانی دمای حاکی از وجود روند افزایشی در آن است. به منظور تبیین وضعیت وجود روند در سری زمانی از دو آزمون غیر پارامتری و پارامتری من-کندال و رگرسیون خطی استفاده شد. آزمون من-کندال آزمون با توزیع آزاد است که برای اثبات وجود روند در داده های سری زمانی کاربرد فراوانی دارد. این روش مقادیر سری زمانی $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ را با مقادیر رتبه ای $(R_1, R_2, R_3, \dots, R_n)$ جایگزین می نماید (شروع مرتبه ۱ از کمترین مقدار تا رتبه n). آماره این آزمون S ، به صورت رابطه ۱ بیان می شود.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(R_j - R_i) \right] \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن $\text{sgn}(x) = 1$ for $x > 0$, $\text{sgn}(x) = 0$ for $x = 0$, $\text{sgn}(x) = -1$ for $x < 0$ می باشد. اگر فرضیه نول درست باشد فرض سفر و سپس S از توزیع نرمال با میانگین صفر ($\mu = 0$) و واریانس $\sigma^2 = n(n-1)(2n+5)/18$ محاسبه می شود. آماره Z نیز بر اساس رابطه ۲ برآورد می گردد:

$$Z = |s| / \sigma^{0.5} \quad \text{رابطه ۲}$$

مقدار مثبت آماره S بیان کننده روند افزایشی در سری زمانی است. آزمون رگرسیون خطی یک آزمون پارامتری است که برای داده‌های با توزیع نرمال کاربرد دارد و روند خطی ارتباط بین زمان x و متغیر y را روشن می کند. گرادیان رگرسیون b و عرض از مبدا a آن بوسیله روابط زیر برآورد می شود.

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \text{رابطه ۳}$$

آماره S به صورت $s = b/\sigma$ محاسبه می شود که σ در آن برابر:

$$\sigma = \left(\frac{12 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)}{(n(n-2)(n^2-1))} \right)^{0.5} \quad \text{رابطه ۴}$$

آماره آزمون S از توزیع T با $n-2$ درجه آزادی و بر اساس فرضیه نول تبعیت می کند. داده‌های با توزیع نرمال و خطاهای مستقل (انحراف از روند) از فرض‌های آزمون رگرسیون خطی هستند که همان توزیع نرمال با میانگین صفر است. بعد از روشن شدن وجود روند در سری زمانی، مقدار آن از روش حداقل مجذور مربعات سری زمانی محاسبه شد. با تعیین مولفه روند دما در محیط، امکان انتقال آن به توده خاک توسط روابط دما خاک - محیط میسر می شود. زوج‌های دمای همزمان ثبت شده محیط و خاک مورد توجه قرار گرفت و روابط بین آنها استخراج شد. در پایان نتایج به صورت گرافیکی بیان و در خصوص آنها بحث به میان آمد.

نتایج و بحث

جدول ۱ دمای متوسط سالانه هوا ایستگاه سینوپتیک صفی آباد در طول دوره حدود ۶۰ ساله مشاهداتی را نشان می دهد. بر این اساس متوسط دمای سالانه ۲۵/۹ درجه سانتیگراد و تغییرات آن بین کمینه ۲۳/۴ تا بیشینه ۲۶/۲ سانتی گراد می باشد. دامنه تغییرات سری سالانه ۳/۴ و انحراف معیار آن کمتر از یک درجه سانتیگراد و ضریب تغییرات (CV) سری برابر ۳ درصد به دست آمد. بیشترین تغییرات دمای خاک در سطح انجام می شود و با حرکت از سطح به سمت عمق نوسانات دما کم می شود. بر همین اساس در تحقیق حاضر از درجه حرارت ثبت شده خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتیمتری استفاده شد.

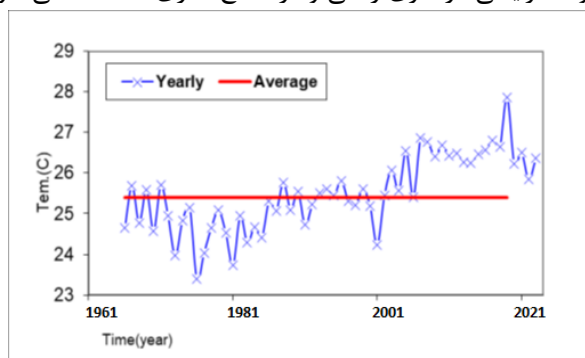
بر اساس نتایج، دمای متوسط خاک در عمق ۵ سانتیمتری و ۳۰ سانتیمتری به ترتیب برابر ۲۸/۲۵ و ۲۶/۲ درجه سانتیگراد تعیین شد. با این که ضریب تغییرات در سری دمای مشاهداتی محیط برابر ۳۳ درصد است اما این ضریب در عمق ۵ سانتی متری خاک به ۳۰ و در عمق ۳۰ سانتی متری ۱۹ درصد می رسد.

جدول ۱- پارامترهای آماری سری سالانه دما، درجه حرارت محیط و خاک در ایستگاه سینوپتیک صفی آباد (درجه سانتیگراد)

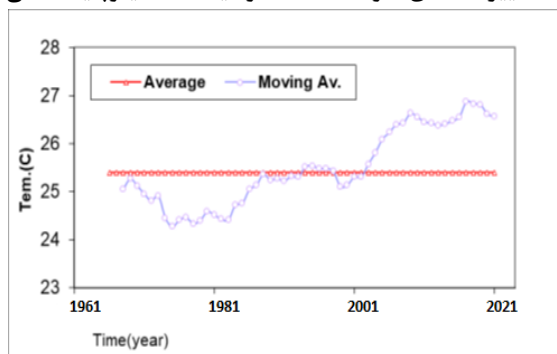
پارامترهای آماری	سری سالانه	محیط	خاک h=5 cm	خاک h=30 cm
متوسط	۲۵/۹	۲۵	۲۸	۲۶/۲
بیشینه	۲۶/۲	۴۶/۴۵	۴۹/۵	۳۷/۲
کمینه	۲۳/۴	۱/۱	۳/۶	۱۲/۴
دامنه تغییرات	۳/۴	۴۵/۴۴	۴۵/۹	۲۴/۸
انحراف معیار	۰/۹	۱۰/۲۳	۱۰/۲۹	۵/۸

۰/۱۹	۰/۳	۰/۳۳	۰/۰۳	ضریب تغییرات
------	-----	------	------	--------------

در ادامه سری زمانی سالانه دمای محیط به صورت گرافیکی ترسیم و تحلیل مقدماتی بر روی آن انجام گرفت. شکل ۱ تغییرات دمای متوسط سالانه ایستگاه سینوپتیک صفی آباد را نشان می دهد که بیانگر نوسان شدید داده های دما در میانگین ۶۰ ساله است. به منظور کاهش این نوسانات و مشاهده بهتر وضعیت سری زمانی از داده های خام میانگین متحرک ۵ ساله گرفته شد و در شکل ۲ نمایش داده شد. همان گونه که در بخش مواد و روش ها اشاره شد در تحلیل سری زمانی دمای، نمایه های گرافیکی سری زمانی یعنی شاخص داده های خام هموار شد، میانگین متحرک و تغییر پذیری، همچنین نمایه های اصلی سری های زمانی نظیر مولفه روند، چرخ های، فصلی و تصادفی از داده های اصلی قابل استخراج هستند. از میان مولفه های فوق مولفه روند در این تحقیق مهم است. شکل های ۱ و ۲ هر دو ظاهراً وجود مولفه روند در سری زمانی دمای سالانه را نشان می دهند اما این موضوع کافی نیست. بحث وجود روند در سری زمانی باید توسط آزمون های مربوطه اثبات یا رد شود. برای روشن نمودن وجود روند در سری زمانی دمای سالانه از دو آزمون غیر پارامتری و پارامتری من-کندال و رگرسیون خطی استفاده شد. نتایج تحلیل آماری در جدول ۲ منعکس شده است، نتایج تحلیل آماری که روند افزایشی در سری زمانی و در سطح آماری $\alpha=01$ معنی دار می باشد.



شکل ۱- تغییرات دمای متوسط سالانه هوا ایستگاه سینوپتیک صفی آباد

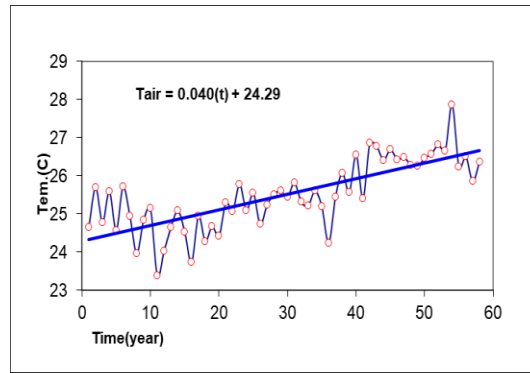


شکل ۲- میانگین متحرک ۵ ساله سری زمانی دمای سالانه هوای ایستگاه سینوپتیک صفی آباد

جدول ۲- نتایج تحلیل آماری اثبات یا رد مولفه روند در سری زمانی دما

نتیجه	$\alpha = .01$	$\alpha = .05$	$\alpha = .1$	آماره آزمون	آماره و مقادیر بحرانی
S (01/0)	۲/۷۵	۲/۰۱	۱/۷۶	۵/۶۲	آزمون من-کندال
S (01/0)	۲/۹۲	۲/۰۸	۱/۸۱	۵/۹۷	آزمون رگرسیون خطی

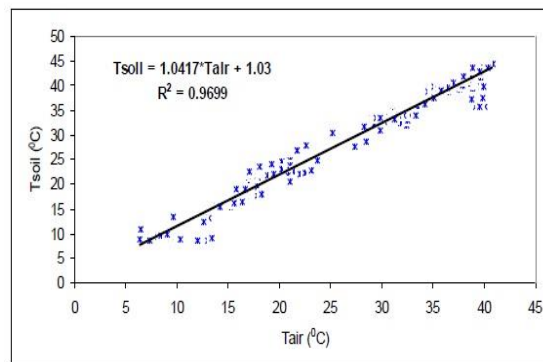
مولفه روند به روش حداقل مربعات سری مشاهداتی محاسبه و در شکل ۳ نشان داده شد. مشاهده می شود که گرادیان مولفه روند دمای در ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه برابر $0/04$ و عرض از مبدا آن برابر $24/5$ درجه سانتیگراد است.



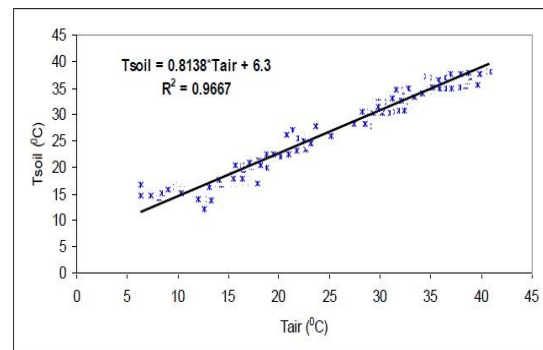
شکل ۳- نمایش مولفه روند در سری زمانی دمای سالانه ایستگاه سینوپتیک صفی آباد

در پایان به تعیین ارتباط بین سری همزمان دمای هوای محیط و خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتیمتری پرداخته شد. معمولاً تغییر دمای خاک نسبت به هوا دارای تاخیر است که به همین دلیل قبل از استخراج روابط مورد بحث از داده های متناظر، میانگین متحرک ۳ رتبه ای به منظور جلوگیری از نوسانات روزانه انجام گرفت و سپس روابط استخراج شد. این ارتباط به خوبی در شکل های ۴ و ۵ مشاهده می شود، روابط مورد بحث در سطح آماری معنی دار بود ($\alpha = 0.01$).

با ملاحظه مجدد شکل های ۳ تا ۵ روند افزایشی دمای هوا و روابط دمای خاک - محیط در اعماق ۵ و ۳۰ سانتی متری قابل بیان هستند. این تصاویر نشان می دهند که دمای خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتیمتری به ترتیب ۲ و ۱ درجه سانتیگراد نسبت به محیط بیشتر است. همچنین گرادیان روند افزایش دمای پروفیل سطحی خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتیمتری به ترتیب برابر ۰/۴ و ۰/۳ درجه سانتیگراد در سال است.



شکل ۴- رابطه دمای محیط با خاک در عمق ۵ سانتیمتری



شکل ۵- رابطه دمای محیط با خاک در عمق ۳۰ سانتیمتری

نتیجه گیری

این پژوهش با هدف تعیین میزان تغییرات دمای خاک در اعماق ۵ و ۳۰ سانتیمتری و نسبت به دمای محیط در منطقه صفی آباد انجام شد. با استفاده از دو آزمون غیر پارامتری و پارامتری من کندال و رگرسیون خطی، تغییرات روند سری زمانی دمای متوسط سالانه تایید شد. این روند افزایشی (مثبت) بوده و مقدار آن در محیط برابر ۰/۰۴ درجه سانتیگراد در سال می باشد. در این تحقیق نیز روابط دمای خاک و محیط برای اعماق ۵ و ۳۰ سانتیمتری استخراج شد. به طور کلی این رابطه نشان داد که دمای خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب ۲ و ۱ درجه سانتیگراد نسبت به محیط بیشتر است. همچنین گرادیان روند افزایش دمای پروفیل سطحی خاک در عمق ۵ و ۳۰ سانتی متری به ترتیب برابر ۰/۴ و ۰/۳ درجه سانتیگراد در سال است. با توجه به اینکه لایه های زیرین خاک به طور مستقیم در معرض تابش خورشید نمی باشند و گرمای سطحی جذب شده از نور خورشید را از طریق روش های انتقال گرما دریافت می نمایند، بنابراین تحت تاثیر ویژگی های خاک بوده و کمتر تحت تاثیر متغیرهای اتمسفری قرار می گیرند. لذا این لایه تغییرپذیری کمتری نسبت به لایه سطحی دارد. اگر چه نمود دمای خاک محدود تصور می شود اما همین تغییرات کم دمای خاک در سرنوشت رشد و نمو گیاه؛ ویژگی های خاک همچون پروفیل رطوبت دگرسانی ساختمان خاک، هدایت گرما، ظرفیت گرمایی و ضریب پخشیدگی حرارت موثر است. شواهد موجود نشان می دهد تغییر جهانی اقلیم بسیاری از متغیرهای اقلیمی کشاورزی ایران را در چند دهه آینده تحت تاثیر قرار خواهد داد.

منابع

- Adrie, f. G., heusinkveld , G.A., Holtslag, M. (2011) Long-term record and analysis of soil temperatures and soil heat fluxes in a grassland area, The Netherlands.
- Alavi Panah, S. K., Jafar Baghloo, M., Hosseini, S. Z. and Rafiee Imam , A. (2006) Investigation of spectral variability of various vegetation and water phenomena using remote sensing. "Geographical research 97-81: 38(6): 81-97.
- Mazidi, A. and Fallahzadeh, F. (2011) Annual soil temperature trend at Yazd station, Geography and Development, No. 24, 39-50 p.
- Ping, C. L. (1987) Soil temperature profiles in two Alaskan soils. Soil Science Society of America. 51: 1010-1018.
- Qian, B., Gregorich, E. G., Gameda, S., Hopkins, D. W., Wang, X. L. (2011) Observed soil temperature trends associated with climate change in Canada. Journal of Geophysical Research. 116. (D02106). Doi: 10.1029/2010JD015012.
- Svilicic, P. and Vucetic, V. (2015) Spatial and Seasonal Variability of Extreme Soil Temperature in Croatia. Geophysical Research. 17: 26-36.
- Sabziparvar, A. and Zare Abyaneh, H. Countdown, M. (2009) Comparison of nerve-fuzzy comparative inference network model with regression models to estimate soil temperature in three different climates. Water and Soil Journal of Agricultural Sciences and Technology 24 (2): 274-285.
- Tretkoff, E. (2011) Soil temperature trends in Canada. Journal of Geophysical Research. 92 (17). Doi: 10.1029/2011EO170012.
- Trumbore, S. E., Chadwick, O. A., Amundson, R. (1996) Rapid exchange between soil carbon and atmospheric carbon dioxide driven by temperature change. Science. 272: 393-395.
- Woodbury, A. D., Bhuiyan, A. K. M. H., Hanesiak, J., Akinremi, O. O. (2009) Observations of northern latitude ground-surface and surface-air temperatures, Geophys. Res. Lett., 36, L07703.
- Yesilirmark. E. (2014) Soil temperature trends in B`uy` uk Menderes Basin, Turkey. Meteorol. Appl. 21: 859-866.

ارزیابی میزان انتشار گازهای گلخانه ای متان، دی اکسید کربن و اکسید نیتروس در اراضی زراعی استان خوزستان

نسرین مرادی مجد^۱، غلامعباس فلاح قاله‌ری^۲، منصور چترنور^۳

۱-دکتری اقلیم شناسی کشاورزی، گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۲-دانشیار گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۳-دکتری فیزیک و آلودگی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده

مزارع کشاورزی یکی از منابع عمده تولید کننده گازهای گلخانه ای است. با توجه به اینکه استان خوزستان یکی از مهم ترین استان های تولید برنج، گندم و نیشکر در کشور می باشد، از این رو میزان انتشار گازهای گلخانه ای برای این سه کشت در استان قابل توجه به نظر می رسد. لذا این پژوهش با هدف تعیین نرخ تصاعد گازهای گلخانه ای متان، اکسیدنیتروس و دی اکسید کربن در اراضی زراعی خوزستان انجام گرفت. برای این منظور ابتدا میزان انتشار این گازها در اراضی برنج، گندم و نیشکر، با استفاده از اتاقک ساکن و کروماتوگرافی گازی اندازه گیری شد. بر اساس نتایج، بیش ترین نرخ تصاعد گازهای برآورد شده برای متان مدل شده در ایستگاه باغملک (۲/۱۱ تن در هکتار در سال)، برای اکسیدنیتروس در ایستگاه شوش، (تن در هکتار در سال ۰/۱۰۴)، برای دی اکسید کربن ایستگاه شوش (تن در هکتار در سال ۱/۵۵) تعیین شد. همچنین براساس رتبه بندی گازها در روش TOPSIS، گاز متان دارای بالاترین رتبه و بیشترین اولویت و گاز اکسید نیتروس نیز کمترین رتبه و کمترین اولویت در ایستگاه باغملک مشاهده گردید.

واژه های کلیدی: اولویت بندی، اکسیدنیتروس، تاپسیس، دی اکسید کربن، متان.

مقدمه

بخش مهمی از تغییرات آب و هوا مربوط به تولید بیش از حد گازهای گلخانه ای است (Moharri, 2003). از جمله موضوعاتی که اقلیم بر آن اثر گذاشته و از آن تاثیراتی پذیرفته است، فعالیت های کشاورزی می باشد. بخش کشاورزی به عنوان منبع و ترسیب کننده چندگاز گلخانه ای مهم از جمله متان، اکسید نیتروس، دیاکسید کربن، آمونیاک، و اکسید نیتریک مطرح است (etal., 2009). سهم کشاورزی در پدیده تغییر اقلیم حدود ۱۳/۵ درصد می باشد (IPCC, 2001). منابع اصلی این گازها سوخت های فسیلی استفاده شده در فعالیت های کشاورزی، تلفات کربن خاک به دلیل عملیات خاکورزی، سوزاندن بقایای گیاهان زراعی و درختان جنگلی، دامداری و استفاده از کودهای دامی، ساخت و بهره برداری از کود نیتروژن است (Kochaki & Kamali, 2010). پژوهش های بسیاری در زمینه انتشار گازهای گلخانه ای صورت گرفته است. Gaillard و همکاران (۲۰۱۷) به برآورد گاز اکسید نیتروس با مدل های DAYCENT، DNDC و EPIC پرداختند. در پژوهش آنها تجزیه و تحلیل رگرسیون نشان داد که مدل ها مقدار روزانه و شار اکسید نیتروس تجمعی را کم تر از مقدار اندازه گیری شده نشان داده اند. نتایج برآورد مدل ها تغییرات قابل توجهی از میزان تنفس هتروتروف، دنیتریفیکاسیون، و مقادیر NH_4^+ و NO_3^- خاک را نشان دادند که باید اطلاعات دیگری نیز به عنوان ورودی مدل اضافه کرد. این موضوع نشان دهنده نیاز روزافزون فرایند مدل سازی به جمع آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات لازم به منظور بهبود مدل ها توسعه آنها در آینده است. Guest و همکاران (۲۰۱۷) به مدل سازی فرآیندهای خاک در شرق کانادا با استفاده از مدل های DAYCENT، DNDC و STICS پرداختند. به دلیل داده های کافی و تنوع اندازه گیری، نیتروژن خاک دقت برآورد قابل قبولی را نشان داد. نتایج آنها در هر سه منطقه در برآورد نیتروژن معدنی نشان داد که مدل DNDC بهترین عملکرد و سپس

DAYCENT و STICS قرار گرفتند. Gurung و همکاران (۲۰۲۱) به مدل سازی تصاعد آمونیاک ناشی از کاربرد کود اوره به خاک‌های کشاورزی با مدل DayCent را انجام دادند. در این پژوهش نوسانات NH_3 با ریشه میانگین مربعات خطای ۱۵۸ و ضریب تعیینی (R^2) با مقدار ۰/۳۹ محاسبه شد. Bilotto و همکاران (۲۰۲۱) روند معدنی سازی فصلی نیتروژن خاک برای افزایش رشد مرتع را با استفاده از سه مدل اکوسیستم زراعی APSIM، DayCent و DairyMod بررسی کردند. در این پژوهش تفاوت در دقت NO_3 و NH_4 شبیه سازی شده از مدل‌ها بیشتر بود و به طور کلی، همه مدل‌ها N_2O تجمعی را به خوبی شبیه سازی کردند. همچنین نشان داده شد که کانی سازی نیتروژن از DayCent نسبت به سایر مدل‌ها حساسیت بیشتری دارد.

استان خوزستان از مهم ترین بخش‌های کشاورزی و صنعتی کشور بوده و هر ساله به دلیل عدم مدیریت، علاوه بر مسئله آلودگی گسترده آب و خاک، تولید گاز گلخانه ای را نیز شاهد هستیم. منبع عمده تولید گاز گلخانه ای فعالیت های صنعتی و کشاورزی است که عدم توجه به تغییرات اقلیمی سبب شده است که مشکلات فراوانی در منطقه جنوب غربی ایران به وجود بیاید. از مهم ترین آنها می توان به ریزگرد و سیل اشاره کرد. در بین محصولات کشاورزی، گندم، برنج و نیشکر از پرکاربرد ترین کشت ها در استان بوده که سهم ویژه ای از مصرف آب و انواع کودهای نیترا ته را به خود اختصاص داده اند که نیاز است میزان انتشار گاز گلخانه ای در این کشت ها بررسی گردد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: ایستگاه‌های مورد بررسی در این پژوهش شامل ۴ ایستگاه شوش، شوشتر، باغملک و آبادان است. شوش در شمال غربی اهواز بین ۳۲ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی قرار گرفته و گندمزارهای این شهرستان در حدود ۶۲ هزار هکتار است. شهرستان باغملک در فاصله ۱۴۰ کیلومتری اهواز بین ۴۹ و ۳۳ تا ۵۰ و ۱۵ طول شرقی و ۳۱ و ۱۳ تا ۳۱ و ۴۳ عرض شمالی است و هر ساله با آغاز فصل کشت برنج، بیش از ۳ هزار هکتار از شالیزارهای این شهرستان زیر کشت برنج می‌رود. مزارع نیشکر شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی، میرزا کوچک خان، امیرکبیر، دعبل خزایی و سلمان فارسی با مساحت تقریبی ۶۲ هزار هکتار در جاده اهواز- آبادان با موقعیت جغرافیایی طول ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه و شرکت کشت و صنعت امام خمینی، دهخدا، کارون و هفت تپه با مساحت تقریبی ۴۸ هزار هکتار در جاده اهواز- شوشتر بین ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی است.

برداشت نمونه های گازی

برای اندازه گیری گاز اکسیدنیتروس، متان و دی اکسید کربن تولید شده از سطح خاک، از روش اتاقک بسته و کروماتوگرافی گازی استفاده شد. جهت بررسی میزان تصاعد گازها ۲۰ نقطه از مناطق مورد مطالعه انتخاب گردید. جهت برداشت نمونه های گازی متصاعد شده، از اتاقک های بسته ساکن استفاده گردید. دمای داخل اتاقک ها به وسیله دماسنج جیوه ای که در قسمتی از بدنه اتاقک ها تعبیه شده بود، اندازه گیری گردید. لازم به ذکر است که برداشت نمونه های گازی فصل پاییز در کاربری کشاورزی بعد از انجام عملیات شخم و پیش از کاشت محصولات صورت گرفت. به منظور تعیین زمان حداکثر تجمع گازهای گلخانه ای، نمونه برداری از اتاقک بسته شاهد، به وسیله سرنگ، در زمان های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ ساعت انجام گردید. نمونه ها بلافاصله پس از برداشت در ویال های مخصوص تزریق و درپوش ویال ها بوسیله پارافیلیم پوشانده شدند و در ظروف مخصوص قرار داده تا از خروج گازها جلوگیری شود. نمونه ها به آزمایشگاه انتقال داده شد و گازهای متان و دی اکسیدکربن با دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و گاز اکسیدنیتروس در دستگاه آنالایزر مدل APNA-370 قرائت شدند. دستگاه کروماتوگرافی گازی، نوع گازها و مقدار پی پی ام حجمی نمونه ها را قرائت نموده و سپس بر اساس حجم اتاقک بسته، دمای خاک در حین برداشت نمونه گازی و وزن مولی گازها، مقدار گازهای متصاعد شده، بر حسب جرم در واحد سطح و زمان ($\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$) از رابطه ۱ محاسبه گردید.

رابطه ۱

$$V_m = (V_v)(12/187)(M_v)/(273/15+t)$$

در رابطه ۱: V_v عدد قرائت شده دستگاه برحسب ppm، V_m میزان تصاعد گاز بر حسب mg/m^3 ، t دمای خاک هنگام نمونه برداری بر حسب درجه سانتیگراد و M_v وزن مولی گاز مورد نظر برحسب mol/kg است. بر اساس نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها، مشخص گردید حداکثر تصاعد کربن در ۶ ساعت پس از نصب اتاقک بسته حاصل می گردد. بر این اساس نمونه برداری از اتاقک های بسته در ۲۰ نقطه مورد نظر در هر فصل پس از گذشت ۶ ساعت از نصب اتاقک های بسته انجام گرفت. پس از طی این زمان، به وسیله سرنگ ۲۰ میلی لیتری که به نوک آن سه راهی مخصوص نمونه گیری نصب شده بود، نمونه برداری از هوای درون اتاقک انجام گرفت. به منظور تعیین میزان گاز درون اتاقک های بسته قبل از نمونه برداری، همزمان با نمونه گیری از اتاقک ها، از هوای آزاد اطراف اتاقک ها نیز یک نمونه گازی به عنوان نمونه شاهد تهیه شد. میزان گاز محاسبه شده از نمونه شاهد از اعداد قرائت شده گاز درون اتاقک بسته کسر گردید تا میزان خالص تصاعد گاز از خاک به دست آید. در صورتی که گاز محاسبه شده از درون اتاقک بسته کمتر از نمونه هوای آزاد باشد، یک تصاعد گاز منفی به دست می آید که نشان دهنده جذب آن گاز توسط خاک از اتمسفر می باشد.

روش نزدیکی به حد ایده آل TOPSIS:

روش TOPSIS یک روش تصمیم گیری قوی و تکنیکی است که برای اولین بار توسط یونگ و هوانگ ارائه شد. در این روش گزینه ها بر اساس شباهت به حد ایده آل رتبه بندی می شوند و مشخص می شود کدام گاز اولویت بالاتری را دارد. بدین ترتیب که هر چه یک گزینه به حد ایده آل نزدیک تر و از ضد ایده آل دورتر باشد رتبه بیشتری می گیرد. در تابع TOPSIS تعداد m گزینه به وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می گیرند و هر مساله را می توان به عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت. در این روش علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه A_i از نقطه ایده آل، فاصله آن از نقطه ایده آل منفی هم در نظر گرفته می شود. یعنی گزینه انتخابی باید دارای کمترین فاصله از جواب ایده آل بوده و در عین حال دارای دورترین فاصله از جواب ایده آل منفی باشد. الگوریتم حل مسئله به صورت زیر است:

ماتریس D را با کمک نرم اقلیدسی به یک ماتریس بی مقیاس تبدیل شد. ماتریس بدست آمده N_D نام دارد.

$$r_{ij} = \frac{r_{ij}}{\left(\sum_{i=1}^m r_{ij}^2 \right)^{\frac{1}{2}}}, \quad (j = 1, \dots, n) \quad (2)$$

ماتریس بی مقیاس موزون تولید گردید:

$$V = N_D * W_{n*n} \quad (3)$$

که در آن ماتریس بی مقیاس موزون W یک ماتریس قطری از وزن های به دست آمده برای شاخص ها می باشد.

در ادامه راه حل ایده آل مثبت (A_i^+) و راه حل ایده آل منفی (A_i^-) مشخص شد:

$$A^+ = \left\{ \left(\max_j V_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\min_j V_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, 2, \dots, n \right\}$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_j V_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\max_j V_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, 2, \dots, m \right\}$$

$$A_i^+ = (V_1^+, V_2^+, \dots, V_n^+) \quad \text{به ازاء عناصر مثبت شاخص ها } \{ J_1 = \{1, 2, \dots, n\} \text{ بطوریکه}$$

$$A_i^- = (V_1^-, V_2^-, \dots, V_n^-)$$

$$J_2 = \{1, 2, \dots, n\} \text{ به ازاء عناصر منفی شاخص ها}$$

سپس اندازه فاصله بر اساس نرم اقلیدسی به ازاء راه حل ایده آل منفی و گزینه مثبت و همین اندازه را به ازاء راه حل ایده آل مثبت و گزینه منفی به صورت زیر بدست آمد:

$$d_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

$$d_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

نزدیکی نسبی A_i به راه حل ایده‌آل از رابطه (۵) محاسبه گردید:

$$C_i = \frac{d_i^-}{(d_i^- + d_i^+)} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (۴)$$

چنانچه $A_i = A_i^+$ باشد، آنگاه $d_i^+ = 0$ و $C_i = 1$ می‌شود و در صورتی که $A_i = A_i^-$ باشد، آنگاه $d_i^- = 0$ و $C_i = 0$ خواهد شد، بنابراین هر گزینه A_i به راه حل ایده‌آل نزدیکتر باشد، مقدار C_i آن به یک نزدیکتر خواهد بود. رتبه‌بندی گزینه‌ها در مرحله آخر انجام گرفت و بر اساس ترتیب نزولی C_i می‌توان گزینه‌های موجود را بر اساس بیشترین اهمیت رتبه‌بندی نمود (Jozi & Majd, 2014).

نتایج و بحث

با در نظر گرفتن الگوی نرخ شار گاز در چهار ایستگاه، میزان تصاعد سالانه بر اساس نمونه‌های مشاهداتی محاسبه شد. بیش‌ترین نرخ تصاعد گازهای برآورد شده برای متان مدل شده در ایستگاه باغملک (۲/۱۱ تن در هکتار در سال)، برای اکسیدنیتروس در ایستگاه شوش، (تن در هکتار در سال ۰/۱۰۴)، برای دی اکسیدکربن ایستگاه شوش (تن در هکتار در سال ۱/۵۵) تعیین شد. همچنین کمترین نرخ تصاعد گازها برای متان در ایستگاه‌های شوشتر و آبادان (تن در هکتار در سال ۰/۰۰۷)، برای اکسیدنیتروس در ایستگاه باغملک، (تن در هکتار در سال ۰/۰۰۳) برای دی اکسیدکربن نیز ایستگاه شوشتر (تن در هکتار در سال ۱/۲۰۴) به دست آمد (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین گازهای متان، نیتروس اکسید و نیتریک اکسید در هکتار در سال در ایستگاه‌های مورد نظر

شار گاز	ایستگاه	اندازه‌گیری شده
متان	باغملک	2.110
	شوش	0.248
	شوشتر	0.007
	آبادان	0.007
اکسید نیتروس	باغملک	0.003
	شوش	0.104
	شوشتر	0.102
	آبادان	0.095
دی اکسید کربن	باغملک	1.257
	شوش	1.55
	شوشتر	1.2
	آبادان	1.23

برای اولویت بندی شار گازها به روش TOPSIS پرداخته شد. که در این روش نتیجه حاصل از ارزیابی و اولویت بندی اهمیت شار گازهای مورد مطالعه در مناطق مذکور در این رابطه به عنوان یک ستون از ماتریس تصمیم در نظر گرفته شد، پس از اجرای تکنیک نتایج به این صورت بود که گاز متان در ایستگاه باغملک رتبه ۱ و اکسید نیتروس در در همین ایستگاه رتبه ۱۰ را نشان داد، نتایج سایر رتبه بندی ها در جدول ۲ ارائه شده است (جدول ۲). بر این اساس گاز متان با داشتن کمترین رتبه بالاترین میزان

تصاعد را دارد و گاز اکسید نیتروس کمترین میزان تصاعد را دارد. با توجه به داده های مشاهداتی دی اکسید کربن بالاترین میزان انتشار را دارا بود ولی کمترین میزان تصاعد از گاز اکسید نیتروس بوده است. با توجه به این که میزان پتانسیل گرمایش جهانی گاز اکسید نیتروس ۲۶۵ برابر و گاز متان ۲۸ برابر گاز دی اکسید کربن است میزان ناچیز تصاعد این گازها تاثیر زیادی بر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم دارد.

رتبه اول بیشترین تصاعد گاز مربوط به کشت برنج و تصاعد گاز متان، که با توجه به نوع کشت و فعالیت متانوژنز در کشتزارهای برنج قابل پیش بینی می باشد. رتبه دوم مربوط به کشت گندم و انتشار گاز دی اکسید کربن، رتبه سوم مربوط به کشت برنج و تصاعد گاز دی اکسید کربن، رتبه چهارم و پنجم مربوط به کشت نیشکر و انتشار گاز دی اکسید کربن، رتبه ششم از کشت گندم و تصاعد گاز متان، رتبه هفتم و هشتم از انتشار گاز اکسید نیتروس در مزارع گندم و نیشکر و رتبه نهم از کشت نیشکر و انتشار گاز متان بدست آمد. کمترین میزان تصاعد گاز نیز از انتشار اکسید نیتروس در کشتزارهای برنج باغملک تعیین شد که با توجه به نوع کشت غرقابی و عدم انتشار این گاز در این حالت قابل قبول است.

جدول ۲- رتبه بندی با استفاده از روش TOPSIS

رتبه بندی	CL	D-	D+	ایستگاه	شار گاز
1	3.771	1.748	0.864	باغملک	متان
6	2.433	1.494	1.59	شوش	
9	2	1.571	0.645	شوشتر	
9	2	1.571	0.645	آبادان	
10	1.808	0.921	1.038	باغملک	اکسید نیتروس
7	2.229	1.383	1.623	شوش	
7	2.229	1.383	1.623	شوشتر	
8	2.134	2.29	1.486	آبادان	
3	2.851	1.969	2.231	باغملک	دی اکسید کربن
2	2.981	2.059	2.231	شوش	
5	2.631	1.383	1.631	شوشتر	
4	2.725	1.678	1.602	آبادان	

نتیجه گیری کلی

در این پژوهش انتشار گازهای متان، نیتروس اکسید و دی اکسید کربن در اراضی زراعی برنج، گندم و نیشکر خوزستان در چهار ایستگاه به دست آمد. بر اساس نتایج بیشترین نرخ تصاعد گازهای برآورد شده برای متان مدل شده در ایستگاه باغملک (۲/۱۱ تن در هکتار در سال)، برای اکسید نیتروس در ایستگاه شوش، (تن در هکتار در سال ۰/۱۰۴)، برای دی اکسید کربن ایستگاه شوش (تن در هکتار در سال ۱/۵۵) تعیین شد. همچنین کمترین نرخ تصاعد گازها برای متان در ایستگاههای شوشتر و آبادان (تن در هکتار در سال ۰/۰۷)، برای اکسید نیتروس در ایستگاه باغملک، (تن در هکتار در سال ۰/۰۳) برای دی اکسید کربن نیز ایستگاه شوشتر (تن در هکتار در سال ۱/۲۰۴) به دست آمد. همچنین براساس رتبه بندی گازها در روش تاپسیس گاز متان دارای بالاترین رتبه و بیشترین اولویت و گاز اکسید نیتروس نیز کمترین رتبه و کمترین اولویت در ایستگاه باغملک مشاهده گردید. محاسبه تصاعد گازهای گلخانه ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از فعالیت های کشاورزی می تواند زمینه ساز پیش بینی دقیق تر تغییرات اقلیمی در منطقه و ارائه هشدارهای لازم به برنامه ریزان و سیاست گذاران بخش کشاورزی و حفاظت محیط زیست کشور باشد تا برای توجه بیشتر و حمایت های مالی ضروری، اقدامات لازم را انجام دهند.

- Bilotto, F., Harrison, M.T., Migliorati, M.D.A., Christie, K.M., Rowlings, D.W., Grace, P.R., Smith, A.P., Rawnsley, R.P., Thorburn, P.J., Eckard, R.J. (2021) Can seasonal soil N mineralisation trends be leveraged to enhance pasture growth?, *Science of The Total Environment*, Volume 772, 145031.
- Gaillard, R. K., Jones, C.D., Ingraham, P., Collier, S., Izaurralde, R.C., Jokela, W., Osterholz, W., Salas, W., Vadas, P., Ruark, M.D. (2017) Underestimation of N₂O emissions in a comparison of the DayCent, DNDC, and EPIC models, *Ecological applications*, 28(3):694-708.
- Guest, G. Kröbel, R. Grant, B. Smith, W., Sansoulet, J., Pattey, E., Desjardins, R., Jégo, G., Tremblay, N., and Tremblay, G. (2017) Model comparison of soil processes in eastern Canada using DayCent, DNDC and STICS, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, volume 109, pages 211–232.
- Gurung, R.B., Ogle, S.M., Breidt, F.J., Williams, S., Zhang, Y., Del Grosso, S.J., Parton, W.J., Paustian, K. (2021) Modeling ammonia volatilization from urea application to agricultural soils in the DayCent model, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, <https://doi.org/10.1007/s10705-021-10122-z>.
- Jozi, SA., Majd, NM. (2014) Health, safety, and environmental risk assessment of steel production complex in central Iran using TOPSIS, *Environmental monitoring and assessment* 186 (10), 6969-6983.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2001) *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* (Eds J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White) 1032 pp. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Kochaki, A. R. & Kamali, A. (2009) *Climate Change and Rainfed Wheat Production in Iran*. Iranian Journal of Agricultural Research.
- Moharri, A. (2003) *The Role of Domestic Animals in the Production of N₂O as a Greenhouse Gas*, Third Regional Climate Change Conference, Isfahan, Iran Meteorological Organization, University of Isfahan.
- Motallebi, M., Ghorbani, M., Danesh, Sh., Darijani, A., Koocheki, A.R. and Danesh Mesgaran, M. (2009) *Estimation and Valuation of greenhouse gases in Khorasan Razavi Dairy farms and recognition of its influencing factors (Case Study Mashhad)*. MS Thesis. University of Mashhad.

مدل سازی تصاعد گاز دی اکسید کربن از مزارع گندم و کلزا (مطالعه موردی: شهرستان ایذه)

نسرین مرادی مجد^۱، غلامعباس فلاح قاله‌ری^۲، منصور چترنور^۳

۱-دکتری اقلیم شناسی کشاورزی، گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۲- دانشیار گروه اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۳-دکتری فیزیک و آلودگی خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده

دی اکسید کربن از مهم ترین گازهای گلخانه‌ای و عامل گرمایش زمین به شمار می رود. هدف از این پژوهش استفاده از مدل‌های DAYCENT و DNDC در برآورد نرخ تصاعد گاز دی اکسید کربن در اراضی زراعی گندم و کلزا در شهرستان ایذه واقع در استان خوزستان است. برای این منظور ابتدا میزان انتشار این گاز در اراضی کشاورزی با استفاده از اتاقک ساکن و کروماتوگرافی گازی اندازه گیری شد. در ادامه برای برآورد انتشار گازها از مدل‌های DAYCENT و DNDC استفاده گردید. بر اساس نتایج، میانگین میزان تصاعد این گاز در فصل بهار بیشتر از فصل پاییز بدست آمد. روند تغییرات آزادسازی دی اکسید کربن از کشت‌های زراعی، حداکثر بودن آزادسازی در مرحله ساقه‌دهی و به خوشه رفتن را نشان داد. میزان انتشار گاز در کشت گندم با ۱/۳۸۲ گرم کربن بر مترمربع در روز و در کشت کلزا با ۱/۱۵۵ گرم کربن بر مترمربع بدست آمد. بیشترین مقدار برآورد گاز دی اکسید کربن در کشت گندم در مدل DAYCENT و کمترین مقدار برای مدل DNDC در کشت کلزا تعیین شد.

واژگان کلیدی: اتاقک ساکن، دی اکسید کربن، شهرستان ایذه، گاز کروماتوگرافی.

مقدمه

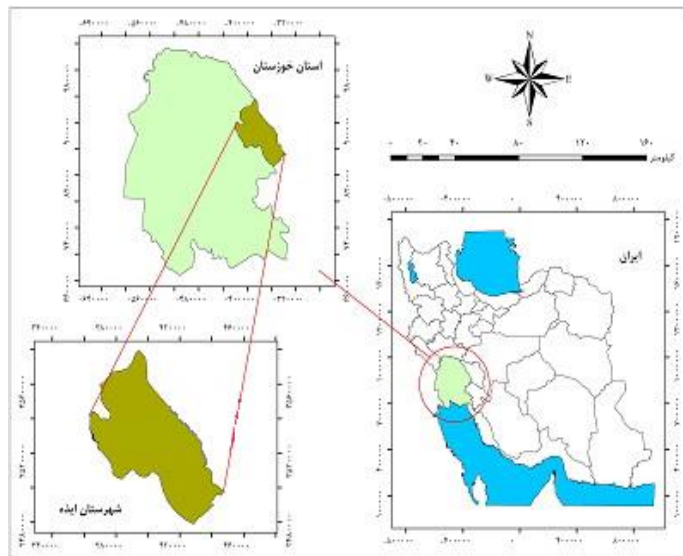
از جمله چالش‌های زیست محیطی در سالهای اخیر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای بوده که سبب تغییرات اقلیمی گسترده ای شده است (Rosenzweig and Tubiello, 2007). افزایش غلظت گازهای گلخانه ای (GHG) در اتمسفر سبب تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی می گردد که در بین گازهای گلخانه ای دی اکسید کربن از مهم ترین آنها است. (Lal, 2004). خاک های کشاورزی منبع اصلی گازهای گلخانه ای اتمسفر و مشارکت کننده اصلی تغییرات اقلیمی جهانی هستند و در میان آنها دی اکسید کربن به تنهایی ۲۵ درصد از گازهای گلخانه ای متصاعد شده از اراضی کشاورزی را شامل می شود. تقریباً به طور متوسط سالیانه ۷۹٪ از کل دی اکسید کربن آزاد شده به اتمسفر، از اراضی زراعی آزاد می شوند، که بیشترین مقدار دی اکسید کربن رها شده نسبت به سایر اراضی می باشند و پس از آن اراضی مرتعی قرار دارند. کمترین میزان انتشار CO₂ از اراضی جنگلی آزاد می شوند که تقریباً ۹۵٪ از کل انتشار CO₂ سالانه را شامل می شود (Kurganova et al., 2003). اگرچه کشاورزان قادر نیستند مستقیماً شرایط اقلیمی را کنترل کنند، ولی تغییر در مدیریت مربوط به آبیاری، کود دهی و خاک ورزی، انتخاب رقم محصول، استفاده از تکنولوژی جدید کشت محصولات زراعی، می تواند سبب کاهش تولید گاز گلخانه ای شوند.

پژوهش های بسیاری در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای صورت گرفته است. Grant و همکاران (۲۰۱۵) به مقایسه مدل‌های DAYCENT و DNDC برای برآورد گازهای گلخانه ای در کشور کانادا پرداختند. نتایج آنها نشان داد که هر دو مدل در برآورد تغییرات گاز های گلخانه ای با ضرایب تعیین (R²) از ۰/۵۶ به ۰/۷۳ و ۰/۵۱ به ۰/۷۰ برای DAYCENT و DNDC به ترتیب مؤثر بودند. Gaillard و همکاران (۲۰۱۷) به برآورد گاز اکسید نیتروس با مدل‌های DAYCENT، DNDC و EPIC پرداختند. در پژوهش آنها تجزیه و تحلیل رگرسیون نشان داد که مدل‌ها مقدار روزانه و شار اکسید نیتروس تجمعی را کم تر از مقدار اندازه گیری شده نشان داده اند. نتایج برآورد مدل‌ها تغییرات قابل توجهی از میزان تنفس هتروتروف، دنیتریفیکاسیون، و مقادیر NH₄⁺ و NO₃⁻

خاک را نشان دادند که باید اطلاعات دیگری نیز به عنوان ورودی مدل اضافه کرد. Yue و همکاران (۲۰۱۹) چهار روش مدل سازی DAYCENT، DNDC، رگرسیون خطی و عوامل انتشار اولویت IPCC را برای ارزیابی انتشار اکسیدنیترژن در حوزه کشاورزی مقایسه کردند. ارزیابی دقت این مدل ها نشان داد که مدل های DAYCENT و DNDC الگوهای زمانی روزانه اکسیدنیترژن را به طور مؤثر شبیه سازی کرده اما هر دو مدل در شبیه سازی زمان بندی شار اکسید نیترژن پس از کود دهی و رژیم آب مشکل داشتند. نتایج تحقیقات Chen و همکاران (۲۰۱۹) در اکوسیستم های مرتعی حوضه رودخانه زیلین در نزدیکی مغولستان نشان داد که، میزان انتشار گاز دی اکسیدکربن در مناطق استپی بین ۰ تا ۹۲ میلی گرم کربن در مترمربع در ساعت و در مراتع بین ۰ تا ۱۱۰ میلی گرم کربن در متر مربع در ساعت می باشد. استان خوزستان یکی از مهم ترین مراکز کشاورزی و تولید کننده کلزا و گندم در کشور می باشد، از این رو میزان انتشار گاز دی اکسید کربن برای این دو کشت در استان قابل توجه به نظر می رسد. با نظر به اهمیت کشت های مذکور و اینکه در ایران مطالعات اندکی در خصوص گازهای گلخانه ای صورت گرفته است، استفاده از انواع مدل های رایج و مقایسه کارایی آن ها در هر منطقه، نقش مهمی در ارزیابی وضعیت انتشار گازهای گلخانه ای خواهد داشت. بنابراین این پژوهش باهدف مطالعه شار گاز دی اکسیدکربن با دو مدل DAYCENT و DNDC در اکوسیستم های زراعی گندم و کلزا در استان خوزستان و شهرستان ایذه انجام گرفته است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: ایستگاه های مورد بررسی در این پژوهش ایستگاه ایذه است که در شرق استان خوزستان در طول شرقی: ۵۰ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی: ۳۱ درجه و ۱۳ دقیقه و ۳۲ ثانیه قرار گرفته و از نظر اقلیمی دارای تابستان گرم و زمستان معتدل تا خنک است. مساحت اراضی زیر کشت کلزا در این شهرستان ۱۳۰۰ هکتار و اراضی گندم ۲۶ هزار هکتار می باشد. شکل ۱ موقعیت شهرستان ایذه در کشور و استان خوزستان را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت شهرستان ایذه در استان خوزستان

برداشت نمونه های گازی

پژوهش حاضر در قالب نمونه گیری تصادفی با دو عامل نوع کشت و تاریخ اندازه گیری شار گاز دی اکسید کربن اجرا شد. در زمان های نمونه گیری آزادسازی گاز، مرتبه اول در حال وارد شدن به مرحله سه برگی، مرتبه دوم در مرحله پنجه

زنی، مرتبه سوم در مرحله ساقه دهی و به خوشه رفتن، مرتبه چهارم در مرحله زرد شدن و سخت شدن دانه، مرتبه پنجم پس از برداشت و مرتبه ششم در زمان آیش مزرعه بود.

برای اندازه‌گیری گاز دی اکسید کربن تولیدشده از سطح خاک، از روش اتاقک بسته و کروماتوگرافی گازی استفاده شد. جهت بررسی میزان تصاعد گازهای دی اکسید کربن ۲۰ نقطه از مناطق مورد مطالعه انتخاب گردید. جهت برداشت نمونه های گازی متصاعد شده، از اتاقک های بسته ساکن استفاده گردید. دمای داخل اتاقک ها به وسیله دماسنج جیوه ای که در قسمتی از بدنه اتاقک ها تعبیه شده بود، اندازه گیری گردید. به منظور کاهش اثر گرمای محیط و عدم تاثیر آن بر دمای داخل اتاقک، اطراف اتاقک های بسته با پشم شیشه پوشانده شد. لازم به ذکر است که برداشت نمونه های گازی فصل پاییز در کاربری کشاورزی بعد از انجام عملیات شخم و پیش از کاشت محصولات صورت گرفت. به منظور تعیین زمان حداکثر تجمع گازهای گلخانه ای، نمونه برداری از اتاقک بسته شاهد، به وسیله سرنگ، در زمان های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ ساعت انجام گردید. نمونه ها بلافاصله پس از برداشت در ویال های مخصوص تزریق و درپوش ویال ها بوسیله پارافیلیم پوشانده شدند و در ظروف حاوی یخ قرار داده شدند تا از خروج گازها از ویال ها جلوگیری به عمل آید. پس از آن، بلافاصله نمونه ها به آزمایشگاه انتقال داده شد و با دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) مدل 2560 GC قرائت شدند. دستگاه کروماتوگرافی گازی، نوع گازها و مقدار پی پی ام حجمی نمونه ها را قرائت نموده و سپس بر اساس حجم اتاقک بسته، دمای خاک در حین برداشت نمونه گازی و وزن مولی گازها، مقدار گازهای متصاعد شده، بر حسب جرم در واحد سطح و زمان ($\frac{mg}{m^3}$) از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$V_m = (V_v)(12/187)(M_v)/(273/15+t)$$

رابطه ۱

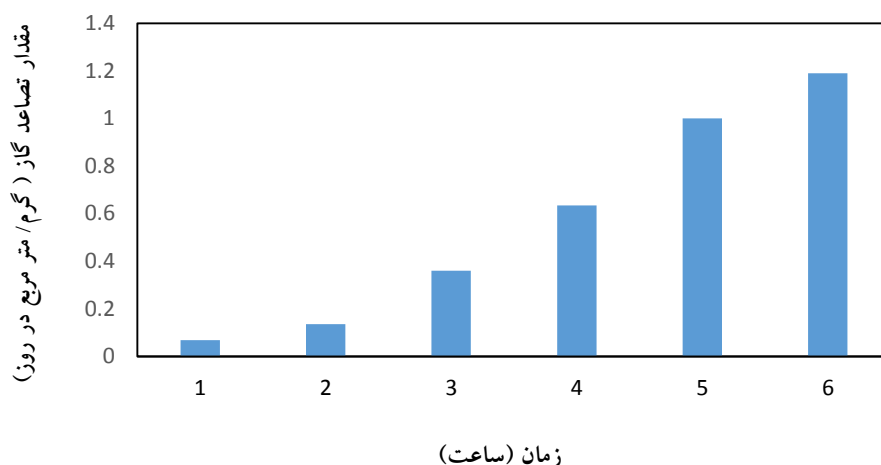
در رابطه ۱: V_v عدد قرائت شده دستگاه بر حسب V_m ppm میزان تصاعد گاز بر حسب mg/m^3 ، t دمای خاک هنگام نمونه برداری بر حسب درجه سانتیگراد و M_v وزن مولی گاز مورد نظر بر حسب mol/kg است. بر اساس نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها، مشخص گردید حداکثر تصاعد کربن در ۶ ساعت پس از نصب اتاقک بسته حاصل می گردد. بر این اساس نمونه برداری از اتاقک های بسته در ۲۰ نقطه مورد نظر در هر فصل پس از گذشت ۶ ساعت از نصب اتاقک های بسته انجام گرفت. پس از طی این زمان، به وسیله سرنگ ۲۰ میلی لیتری که به نوک آن سه راهی مخصوص نمونه گیری نصب شده بود، نمونه برداری از هوای درون اتاقک انجام گرفت. به منظور تعیین میزان گاز درون اتاقک های بسته قبل از نمونه برداری، همزمان با نمونه گیری از اتاقک ها، از هوای آزاد اطراف اتاقک ها نیز یک نمونه گازی به عنوان نمونه شاهد تهیه شد. میزان گاز محاسبه شده از نمونه شاهد از اعداد قرائت شده گاز درون اتاقک بسته کسر گردید تا میزان خالص تصاعد گاز از خاک به دست آید. در صورتی که گاز محاسبه شده از درون اتاقک بسته کمتر از نمونه هوای آزاد باشد، یک تصاعد گاز منفی به دست می آید که نشان دهنده جذب آن گاز توسط خاک از اتمسفر می باشد. **مدل DAYCENT**: اینمدل شامل زیر مدلی در مرحله تولید گیاهان و زیر مدلی برای پویایی مرحله به مرحله روزانه جریان گاز کمیاب، گردش مواد مغذی، جریان آب و مواد آلی خاک (SOM) است. برنامه مدل DAYCENT در زبان برنامه نویسی FORTRAN و C نوشته شده و می تواند از پنجره DOS یا یک پلت فرم لینوکس استفاده شود. ورودی های مدل DAYCENT شامل بارش روزانه مشاهده شده و حداکثر و حداقل دمای روزانه؛ ورودی متغیرهای خاک شامل بافت، چگالی تراکم، ضخامت، ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی، pH، هیدرولیک اشباع شده و رسانایی برای ۱۴ لایه خاک می باشد. این مدل با استفاده از داده های مشاهده شده مربوط به تولید گیاهان، ماده آلی خاک، گردش مواد مغذی و گازهای کمیاب اعتبارسنجی شده است (Hartman et al., 2011).

مدل DNDC: یک مدل شبیه ساز روزانه، مزرعه مقیاس، و قابلیت استفاده در زمینه تجزیه و دنیتریفیکاسیون را دارد (Li et al., 1992) که برای واکنش های بیوشیمیایی کربن و نیتروژن در اکوسیستم های کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. DNDC دارای چهار زیر مدل شامل: ۱- زیر مدل اقلیم- خاک (مجموع دمای ساعتی و روزانه خاک و رطوبت یک بعدی) ۲- زیر مدل رویش محصول (مجموع شبیه سازی تجمع زیست توده محصول و تقسیم بندی آن) ۳- زیر مدل تجزیه (تجزیه، نیتریفیکاسیون NH_3 و تولید CO_2) ۴- زیر مدل دنیتریفیکاسیون (ردیابی کاهش بیوشیمیایی متوالی از NO_3^- تا NO_2^- ، NO ، N_2O و N_2) می باشد (Li et al., 1992; Li, 2000; Abdalla et al., 2010). مدل دارای دو حالت قابل شبیه سازی ۱- حالت محلی ۲- حالت منطقه ای. در حالت محلی ورودی های

مدل در سه دسته تقسیم می‌شوند ۱- ورودی‌های اقلیم ۲- ورودی‌های خاک ۳- ورودی‌های مدیریت زراعی. مدل در دو بخش گیاه و خاک امکان اعتبار سنجی دارد.

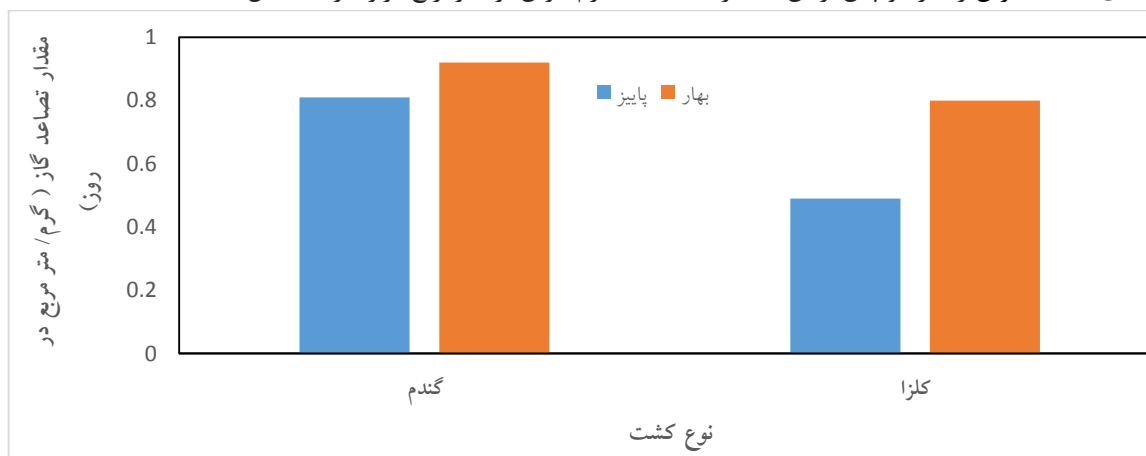
نتایج و بحث

از آنجایی که زمان عامل بسیار مهمی در میزان تجمع گازهای متصاعد شده از خاک می باشد، جهت مشخص شدن زمان حداکثر تجمع نمونه های گازی در اتاقک بسته، در زمان های ۱ تا ۶ ساعت، نمونه برداری از داخل فضای اتاقک های بسته به وسیله سرنگ ۲۰ میلی لیتری که نوک آن سه راهی مخصوص نمونه گیری نصب شده بود، انجام گرفت و میزان تصاعد گاز کربنه آنها اندازه گیری گردید. نتایج نشان داد که حداکثر تجمع گازهای کربنه در داخل اتاقک بسته بعد از گذشت ۶ ساعت صورت می گیرد (شکل ۲).



شکل ۲- میزان تصاعد گاز دی اکسیدکربن در زمان های مختلف

نتایج مقایسه میانگین میزان تصاعد گاز دی اکسید کربن در دو فصل پاییز و بهار نشان می دهد، که میانگین میزان تصاعد این گاز در فصل بهار بیشتر از فصل پاییز می باشد. نتایج همچنین نشان داد، که گندم با $1/382$ گرم کربن بر مترمربع در روز بیشترین تصاعد دی اکسید کربن را دارد و پس از آن به کلزا با $1/155$ گرم کربن بر مترمربع قرار دارند (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه اثر متقابل میانگین تصاعد گاز دی اکسیدکربن در فصل پاییز و بهار در کشت های مختلف

از دوره زمانی T_1 به T_2 با توجه به رشد گیاه و افزایش رشد ریشه و تشدید فعالیت های گیاه در این بازه زمانی، افزایش آزادسازی مشاهده شد. از تاریخ T_2 به T_3 نیز مطابق با افزایش فعالیت گیاه (در مراحل ساقه دهی و خوشه دهی حداکثر فعالیت گیاه وجود

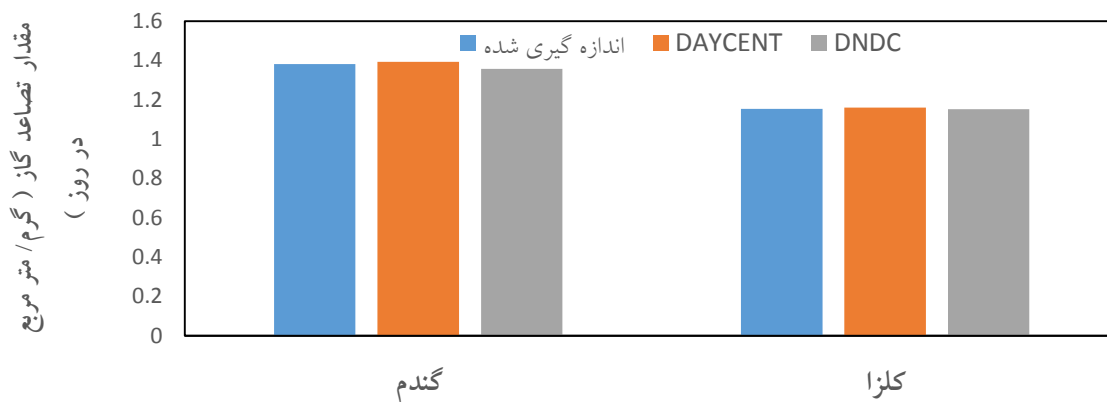
دارد و هرگونه تنش‌ی در این دوران می‌تواند بر عملکرد و بیوماس تأثیر بسزایی داشته باشد) دوباره افزایش آزادسازی مشاهده شد. در T₄ به دلیل کاهش زیاد در فعالیت ریشه و گیاه (به دلیل رسیدن گیاه به پایان رشد و فعالیت و وارد شدن به مرحله رسیدگی) کاهش آزادسازی مشاهده شد. از طرفی دیگر در T₅ و شروع تجزیه بقایای گیاهی افزایش آزادسازی نسبت به T₄ مشاهده شد. نمونه برداری T₆ در زمان آیش مزرعه، عدم وجود بقایای گیاهی و در زمان سردی هوا صورت گرفت که روند کاهش را نشان می‌دهد و نشان می‌دهد که اثر مهمی بر آزادسازی گاز از خاک دارد. آزادسازی گاز از زمین آیش به دلیل نبود گیاه طبیعتاً کمتر بدست آمد. Bowden و همکاران (۱۹۹۳) و Andrews و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که تقریباً ۳۰ تا ۵۰ درصد از تنفس خاک از گاز رها شده از تنفس ریشه و مانده آن از تنفس ریز جانداران خاک آزاد می‌شود، در زمین آیش نیز گاز آزاد شده وابسته به زندگی و کارکرد ریز جانداران خاک است.

در کشت گیاه گندم و کلزا در خاک همراه با شخم بهم خوردگی خاک افزایش پوکی خاک، مصرف کود اوره وجود شرایط دمایی رطوبتی مناسب برای فعالیت میکروبی در مزرعه همچنین اتمام برداشت برنج در مزرعه تغییر شرایط به سمت هوازی شدن در نتیجه تسریع تجزیه ماده آلی خاک در این مزرعه میتواند عامل مهمی در جهت افزایش فعالیت میکروبی تصاعد بیشتر CO₂ از خاک مزارع باشد. Dugas and Mielnick (۱۹۹۸) و Davidson (۲۰۰۰) در بررسیهای خود بر وجود رابطه ای مستقیم نمای بین دمای خاک تصاعد CO₂ تأکید کرده اند. همچنین Lafleur (2005) در بررسی اکوسیستم های گیاهی، رابطه مستقیمی بین تصاعد CO₂ و دمای محیط یافته و این موضوع را مربوط به تأثیر دما بر تنفس اکوسیستم دانسته است. تصاعد CO₂ از خاک در درجه اول به وضعیت استقرار گیاه پوشش گیاهی در سطح خاک عملیات شخم کشت کار وابسته است در درجه بعد بیشترین همبستگی را با دما دارد. باقی گذاشتن بقایای گیاهی در مزارع باعث افزایش تصاعد CO₂ نسبت به مزارعی شود که بقا سوزانده شده اند، ولی می بایست در نظر داشت که در مزارعی که بقایا سوزانده می شوند بخش زیادی کربن طی سوزاندن به صورت CO₂ به جو آزاد می شود. همچنین باقی گذاشتن بقایا سبب افزایش کربن آلی خاک می شود در کل موجب افزایش میزان حبس کربن در خاک می شود و میزان کل تصاعد CO₂ با احتساب مقادیر تصاعد ناشی از سوزاندن بقا یا، در مزارعی که بقایا باقی گذاشته می شوند کمتر از مزارع است که بقا سوزانده می شوند. میزان تصاعد گازها کربنه اندازه شده در مزارع گندم و کلزا در این تحقیق را توان به مناطقی با شرایط خاک و اقلیم مشابه خوزستان تعمیم داد.

نتایج حاصل از مدل سازی گاز دی اکسیدکربن بر اساس دو مدل DAYCENT و DNDC در جدول ۱ آورده شده است. بر این اساس، بیشترین مقدار اندازه گیری شده گاز دی اکسیدکربن در ایستگاه ایزه برای کشت گندم از مدل DAYCENT و کمترین مقدار برای کشت کلزا از مدل DNDC مشاهده گردید. در مدل DAYCENT برای هر دو کشت میزان شار بدست آمده از میزان اندازه گیری شده بیشتر و در مدل DNDC شار بدست آمده از میزان اندازه گیری شده کمتر بدست آمد (شکل ۴).

جدول ۱- میانگین گازهای دی اکسیدکربن در هکتار در سال در کشت های مورد نظر

شار گاز	کشت	DAYCENT	DNDC	اندازه گیری شده
دی اکسید کربن	کلزا	۱/۱۶۰	۱/۱۵۳	۱/۱۵۵
	گندم	۱/۳۹۴	۱/۳۵۸	۱/۳۸۲



شکل ۴- میانگین گازهای دی اکسید کربن در هکتار در سال در کشت های مورد نظر

نتیجه گیری

در این پژوهش انتشار گاز دی اکسید کربن در اراضی زراعی کلزا و گندم شهرستان ایذه در استان خوزستان با روش اندازه گیری اتاقک ساکن و روش کروماتوگرافی تعیین شد و مدلسازی با استفاده از دو مدل DAYCENT و DNDC به دست آمد. نتایج مقایسه میانگین میزان تصاعد گاز دی اکسید کربن در دو فصل پاییز و بهار نشان می دهد، که میانگین میزان تصاعد این گاز در فصل بهار بیشتر از فصل پاییز می باشد. نتایج همچنین نشان داد، که کشت گندم با $1/382$ گرم کربن بر مترمربع در روز بیشترین تصاعد دی اکسید کربن را دارد و پس از آن کشت کلزا با $1/155$ گرم کربن بر مترمربع قرار دارند. همچنین روند تغییرات آزادسازی دی اکسید کربن از کشت های زراعی، حداکثر بودن آزادسازی در مرحله ساقه دهی و به خوشه رفتن را نشان می دهد. در ادامه نتایج مدلسازی نشان داد که بیشترین مقدار اندازه گیری شده گاز دی اکسید کربن در ایستگاه ایذه برای کشت گندم از مدل DAYCENT و کمترین مقدار برای کشت کلزا از مدل DNDC مشاهده می شود. در مدل DAYCENT برای هر دو کشت میزان شار مدلسازی شده از میزان اندازه گیری شده بیشتر و در مدل DNDC شار مدلسازی شده از میزان اندازه گیری شده کمتر بدست آمد.

منابع

- Abdalla M, Jones M, Yeluripati J, Smith P, Burke J and Williams M. (2010) Testing DAYCENT and DNDC model simulations of N_2O fluxes and assessing the impacts of climate change on the gas flux and biomass production from a humid pasture. *Atmos. Environ.* 44 (25), 2961–2970.
- Busse, M.D., Sanchez, F.G., Ratcliff, A.W., Butnor, J. R., Carter, E.A., Robert, F. (2009) Soil carbon sequestration and changes in fungal and bacterial biomass following incorporation of forest residues. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(2): 220-227.
- Chen, W., Zheng, X., Wolf, B., Yao, Z., Liu, C., Butterbach-Bahl, K., and Brüggemann, N. (2019) Long-term grazing effects on soil-atmosphere exchanges of CO_2 , CH_4 and N_2O at different grasslands in Inner Mongolia: A soil core study. *Ecological indicators*, 105, 316-328.
- Gaillard, R. K., Jones, C.D., Ingraham, P., Collier, S., Izaurrealde, R.C., Jokela, W., Osterholz, W., Salas, W., Vadas, P., Ruark, M.D. (2017) Underestimation of N_2O emissions in a comparison of the DayCent, DNDC, and EPIC models, *Ecological applications*, 28(3):694-708.
- Galbally, I.E., Kirstine, W.V., Meyer, C., Wang, Y.P. (2008) Soil-atmosphere trace gas exchange in semiarid and arid zones. *Journal of Environmental Quality*, 37(2): 599-607.
- Grant, B. B., Smith, W.N., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Lemke, R.L., Kröbel, R., McConkey, B.G., Smith, E.G., Lafond, G. P. (2015) Comparison of DayCent and DNDC Models: Case Studies Using Data from Long- Term Experiments on the Canadian Prairies, First published, Book Series: Advances in Agricultural Systems Modeling.
- Kurganova, I., De Gerenyu, V.L., Rozanova, L., Saproinov, D., Myakshina, T., Kuddeyarov, V. (2003) Annual and seasonal CO_2 fluxes from Russian southern taiga soils. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 55: 338–344.

- Hartman M, Merchant ER, Parton WJ, Gutmann MP, Lutz S and Williams SA. (2011) Impact of historical land-use changes on greenhouse gas exchange in the U.S. Great Plains, 1883–2003. *Ecological applications*, 21(4):1105–1119.
- Henderson, D.C., Ellert, B.H., Naeth, M.A. (2004) Grazing and soil carbon along a gradient of Alberta rangelands. *Journal of Range Management*, 57(4): 402-411.
- Lal, R. (2004) Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1): 1-22.
- Li C. (2000) Modelling trace gas emissions from agricultural ecosystems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 58, 259–276.
- Li C, Frolking S and Frolking TA. (1992) A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: 2. Applications. *J. Geophys. Res.-Atmos.* 97 (D9), 9777–9783
- Rosenzweig C and Tubiello FN. (2007) Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of potential synergies. *Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change*, 12: 855–873.
- Sainju, U. M., Jabro, J.D., Stevens, W.B. (2008) Soil carbon dioxide emission and carbon content as affected by irrigation, tillage, cropping system, and nitrogen fertilization. *Journal of Environmental Quality*, 37(1): 98-106.
- Tan, Z., Lal, R. (2005) Carbon sequestration potential estimates with changes in land use and tillage practice in Ohio, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 111 (1): 140-152.
- Yue, Q., Cheng, K., Ogle, S., Hillier, J., Smith, P., Abdalla, M., Ledo, A., Sun, J., Pan, G. (2019) Evaluation of four modelling approaches to estimate nitrous oxide emissions in China's cropland, *Sci Total Environ.*, 20(652):1279-1289.
- Zornoza, R., Acosta, J.A., Gabarrón, M., GómezGarrido, M., Sánchez-Navarro, V., Terrero, A., Martínez-Martínez, S., Faz Cano, Á., Pérez-Pastor, A. (2018) Greenhouse gas emissions and soil organic matter dynamics in woody crop orchards with different irrigation regimes. *Science of The Total Environment*, 644: 1429-1438.

مدیریت منابع طبیعی (آب و خاک) با بهره‌وری سبز ((Green Productivity) (GP))

و افزایش توسعه اقتصادی در ایران

۱* میثم مهری چروده 2 سینا محمدی

mehri1334@gmil.com

۱- *دکتری مدیریت صنایع دانشگاه آزاد اسلامی کرج (رئیس هیئت مدیره شرکت نمای پدیده شفق)

۲- دکتری مدیریت صنایع دانشگاه آزاد اسلامی کرج

چکیده

بهره‌وری سبز، به کارگیری تکنولوژی‌های مناسب و تکنیک‌های مدیریتی صحیح در راستای تولید کالاها و خدمات سازگار با محیط زیست و در جهت افزایش بهره‌وری و سوددهی است. در همین راستا بهره‌وری سبز از دو اصل بهره‌وری و محیط زیست حاصل شده است. اصل پاسخگویی زیست محیطی مسئولیت پذیری را ایجاد نموده است تا مسئولیت اصلاح خسارات وارده زیست محیطی بر گردن آلوده کننده باشد. پیشگیری از آلودگی، تولید پاکتر و کاهش منابع ورودی سازمان، اصل دیگر بهره‌وری سبز، اصل بهره‌وری و سوددهی است. در این اصل، منافع در شرایط رقابت پذیر و مورد نظر است. همگی براساس اصل حفاظت از محیط زیست بنا شده‌اند. در رویکرد بهره‌وری سبز، سوددهی پایه و اساس هر کسب و کاری است، اما سوددهی از طریق صرفه جویی در مواد اولیه مورد تاکید قرار می‌گیرد. این امر با تمرین اثربخشی منابع، بهره‌وری، کیفیت و فروش، ارتقاء یافته و محقق می‌گردد (Green Productivity) (GP) اهمیت این اصل را تصدیق می‌کند که فعالیت‌های اقتصادی به هر شکلی که باشند، بایستی پایدار و سودده باشند. منافع رقابتی که خواهان جایگاهی در بازار و حفظ آن است جز الزامات کسب و کار است. اما این اصل، رقابت در قیمت گذاری، کیفیت و دوستی با محیط زیست را مورد حمایت قرار می‌دهد.

واژگان کلیدی : (Green Productivity) (GP)، بهره‌وری سبز، توسعه اقتصادی، حمایت محیط زیست

از آن جا که محیط زیست، بنیان هستی آدمی بوده و بهره وری سبز کلید اصلی رشد و توسعه پایدار برای تحقق آرمان های صنعتی، اقتصادی و اجتماعی در جوامع بشری است، ضرورت تقویت تفکر زیست محیطی و ایجاد فرهنگ زیست محیطی در تک تک نهاد های جامعه محسوس است. بهره وری سبز در واقع نوعی استراتژی برای ارتقای بهره وری از محیط زیست برای توسعه کلان اقتصادی- اجتماعی است. به عبارت دیگر بهره وری سبز یعنی کاربرد روش ها، تکنولوژیها و سیستم های مدیریتی خاص برای تولید کالاها و خدمات سازگار با محیط زیست. بهره وری سبز مفهومی در ارتباط با توسعه اقتصادی اجتماعی و یکی از موضوعهای مطرح در مبحث توسعه پایدار است. توسعه پایدار توسعه ای است که نیازهای فعلی جامعه را بدون به خطر انداختن توانایی نسلهای آینده برطرف میکند و بهره وری سبز یعنی حداکثر بهره وری از محیط زیست به بهای حداقل آسیب به آن. دستیابی به اهداف توسعه پایدار، لزوم دقت در مصرف منابع را در کشور مورد تاکید قرار میدهد، لذا تهیه و تدوین موازین و اصول اقتصاد سبز، بهره وری سبز و دولت سبز به منظور صرفه جویی خردمندانه در منابع محدود و حفظ منابع طبیعی برای نسلهای بعدی امری ضروری است. به همین منظور در ماده ۶۶ قانون برنامه چهارم توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور به این امر پرداخته شده است. تحقیقات به عمل آمده نشان میدهد که تمامی رو کیردهای پیشینیان برای حمایت از محیط زیست منجر به نادیده گرفتن یا حذف برخی از فعالیت های اقتصادی شده و تکن کیهای پاکسازی انتهای فرآیند نیز بسیار گران بوده و از آنجایی که بسیاری از این راهکارهای حفظ محیط زیست توجه چندانی به بهره وری نداشته، لذا تاثیر مثبت قابل توجهی بر محیط نداشته است. اما تاکنون به نظر می رسد که بهره وری سبز بر رو کیردهای قدیمی فایده آفرین بوده و حمایت از محیط زیست موجبات کاهش هزینه ها و بوجود آمدن رقابت را فراهم ساخته است. باید یادآور شد که بهره وری سبز، خلاقیت، ابداع و نوآوری را نیز مورد تشویق و ترغیب قرار داده است. برای ارتقای بهره وری، داشتن معیارهای زیست محیطی بسیار ضروری است و بهره وری سبز کلید این یکپارچگی به حساب می آید.

تعریف بهره وری سبز

بهره وری سبز، به کارگیری تکنولوژیهای مناسب و تکن کیهای مدیریتی صحیح در راستای تولید کالاها و خدمات سازگار با محیط زیست و در جهت افزایش بهره وری و سوددهی است. در همین راستا، بهره وری سبز از دو اصل بهره وری و محیط زیست حاصل شده است. اصل پاسخگویی زیست محیطی، مسئولیت پذیری را ایجاد نموده است تا مسئولیت اصلاح خسارات وارده زیست محیطی بر گردن آلوده کننده باشد. بهره وری سبز کیاستراتژی چند بعدی است که عملکرد تجارت و از همه مهمتر کیفیت زندگی را بهبود میبخشد. بهره وری سبز به عنوان کلید فلسفه توسعه، از آنت الف دو استراتژی مهم بهبود بهره وری و حمایت از محیط زیست شکل گرفت هاست همچنین راهبردی برای افزایش بهره وری و عملکرد زیست محیطی به منظور توسعه فراگیر و جامع اقتصادی، اجتماعی م یباشد. به بیانی دیگر، بهره وری سبز عبارت است از بکارگیری نظام مدیریت، تکنولوژیها و فنون مناسب و صحیح برای تولید کالا و ارائه خدمات سازگار با محیط زیست و استفاده بهینه از منابع در راستای ایجاد کمترین آلاینده و در نهایت بهره وری سبز یعنی: به حداقل رساندن ضایعات و آلودگی در چرخه عمر کی محصول یا یک نوع خدمت از طراحی تا مصرف. شش گام در روش تحلیل GP

هدف GP تضمین حفاظت از محیط زیست و در عین حال، سودده نمودن کسب و کار است. نه حفظ محیط زیست و نه توسعه، هیچ یک نمی توانند به قیمت از دست دادن دیگری محقق قشوند GP. تصدیق می کند که محیط زیست و توسعه، دو روی کی سکه اند. با بسط این شناخت، مفهوم GP نشان می دهد که برای آن که هر استراتژی توسعه ای

پایدار باشد، نیاز به تمرکز بر کیفیت، سوددهی و محیط زیست که تمرکز سه گانه GP خوانده می شود، وجود دارد. از آنجا که GP بر بهبود بهره وری و تولید زیست محیطی تمرکز می کند؛ بنا بر این اصل عمومی روانشناختی GP عبارتست از سنجش و ارزیابی مجدد فرایندهای تولید برای کاهش دادن اثرات زیست محیطی و مشخص شدن طریق بهبود بهره وری و کیفیت تولید. اجرای این گزینه ها ما را به چرخه دیگری از بازنگری و ارتقای بهبود مستمر بهره وری رهنمون میسازد. شش گام آغازین روش شناختی GP عبارتست از:

۱ _ مرحله آغاز: این مرحله شامل تشکیل تیم GP و حرکت از طریق بررسی برای کسب اطلاعات پایه و تعیین حدود مساله می باشد. در این مرحله به منظور تضمین این که نیروی انسانی کافی و منابع مورد نیاز برای موفقیت برنامه GP فراهم باشد، جلب حمایت مدیران ارشد ضروری است.

۲ _ برنامه ارزیابی: این مرحله استفاده از اطلاعات بدست آمده در بررسی های مرحله آغازین و تعدادی از ابزارهای تحلیل اطلاعات می باشد. مسایل و دلایل مشخص شده پیرو این هدف گذاری براساس حوزه مساله انجام میشود و شاخصهای اجرا نیز تعیین میشوند. ابزارهای تحلیل اطلاعات GP به قرار ذیل میباشد:

تبادل مواد material balance

محک زنی Bench marking

دیاگرام ECO. mapping

استاندارد ایزوی مور استفاده در این مورد، گواهی نامه ایزو ۱۴۰۰۰ میباشد که استاندارد های زیست محیطی سازمان جهانی استاندارد میباشد.

۳ _ ایجاد و ارزیابی راهها و روشهای: GP این مرحله دربرگیرنده توسعه راههایی برای مواجهه و دستیابی به اهداف تعیین شده در مرحله برنامه ارزیابی می باشد که در برگیرنده بازنگری فرایندهای جلوگیری و کنترل آلودگی که قبلاً وجود داشته و یا استفاده نشده، میباشد. روشها در دورهای اقتصادی و بر اساس توانمند یهای فنی و فواید بالقوه اولویت بندی و مجزا میشوند و پس از آن در یک برنامه اجرایی ترکیب میشوند.

۴ _ اجرای روشهای GP:

اجرای روشهای انتخاب شده در برنامه GP مشتمل بر دو مرحله است؛ آماده سازی و اجرا. مرحله آماده سازی شامل، توسعه مهارتها و ساختار یادگیری است که از طریق بکارگیری سیستمها و ابزارها به همراه مجریان آموزش و کارورزی تجربی انجام میشود.

۵ _ بازبینی و نظارت:

هریک از روشهای برگزیده GP که اجرا شده اند، اعم از این که عملکرد مطلوبی دارند یا نه، لازم است کنترل شوند و نیز نظارت های عمومی بر سیستم GP متضمن هدایت صحیح و فرآیند دستیابی به اهداف میباشد و نتایج حاصل از نظارت به منظور بازبینی به مدیریت گزارش میشود.

۶ _ نگهداری و پشتیبانی:

برای شناسایی و مقابله با مسایل و چالشهای جدید لازم می نماید در حین اجرای برنامه کی سیستم باز خود اجرا شود. بدین ترتیب چرخه بازگشتی دارد به مسایل مربوط تا فرآیندی که شامل بهبود مستمر راست، به نحوی که ارتباط و اثربخشی مستمر فرآیند GP تضمین شود. در پرتو یافتنهای ارزیابی GP فعالیتهای اصلاحی می تواند در جهت حفظ اهداف GP انجام شود.

اقتصاد قهوه ای در مقابل اقتصاد سبز

اقتصاد قهوه ای با پروژهای بزرگ انرژی درگیر است در صورتی که اقتصاد سبز بر ذخیره انرژی و انرژی تجدیدپذیر تمرکز دارد. اقتصاد قهوه ای تیکه بر استخراج و استفاده بدون کنترل دارد و ضایعات را در محیط رها می کند در حال کیه اقتصاد سبز بر تقلیل

ضایعات و استفاده مجدد و بازیافت مواد تیکه دارد. اقتصاد قهوه ای بدون هیچ وابستگی اخلاقی، قانونی و فرهنگی به پیشرفت و تکنولوژی وابسته است، در صورتی که اقتصاد سبز از منابع و انرژی بطور موثری استفاده میکند و محیط زیست فیز کی و اجتماعی را سالم و بهینه می کند. اقتصاد سبز از اندازه گیری کنترل استفاده می کند و تغ ییر روند طوری خواهد بود که از سرایت آلودگی به محیط زیست جلوگیری خواهد کرد. اقتصاد قهوه ای از بسته بندی کم حجم ولی غیرقابل بازیافت استفاده م یکنند، در صورتی که در اقتصاد سبز تولیدات به طریقی ایجاد م یشود که بتوان موارد استفاده شده را مجددا استفاده و بازیافت کرد، مانند بازیافت کاغذ، پلاستیک و غیره. در بخش خدمات اقتصاد قهوه ای، اقتصاد دانان و حسابرسان خبره میدانند که مخارج واقعی در مدیریت منابع و مسایل مربوط به آلودگی وجود دارد. اما عمدتا از آنها چشم پوشی کرده و آنها را در حساب شرکت منظور نمی کنند در صورتی که در اقتصاد سبز روش جدیدی برای قیمت تمام شده در نظر گرفته شد هاست و تشویق به عمل می آید که خیلی از مخارج در ترازنامه منظور شود. راهکارهای پیاده سازی بهره وری سبز در سازما نها:

۱ _ صرفه جویی در مصرف آب و برق و گاز برخی راهکار ها جهت کاهش مصرف آب عبارتند از: آموزش جهت جلوگیری از مصرف بی رویه آب، تعویض فلاش تانکها، تعویض لول ههای فرسوده ،تع یین شاخص مصرف آب و کنترل مصرف آب مطابق شاخص، بررسی علل افزایش مصرف آب، استفاده از شیرآلات هوشمند و استفاده از آب چاه جهت آبیاری فضای سبز و..... برخی از راهکارها برای کاهش مصرف برق عبارتند از : تعویض لامپ های معمولی با لامپ کم مصرف، خاموش کردن لامپ اتاق ها پس از ترک اتاق ها، نهایت استفاده از نور طبیعی، آموزش جهت کاهش مصرف برق، انجام تعمیرات و سرویسهای منظم تجهیزات گرمایشی و سرمایشی، طراحی مناسب اتا قها و کانال های کولر به نحوی که سرما به یک میزان در تمام اتاق های سازمان توزیع شود.

۲ _ صرفه جویی در مصرف کاغذ در بین مواد مصرفی کاغذ از اهمیت بیشتری برخوردارست، چراکه مواد اولیه کاغذ یعنی درختان کیی از منابع مهم تولید اکسیژن بر روی کره زمین است. باید توجه داشت که در زمینه بازیافت مواد، کیی از رای جترین و پراهمیت ترین مقول ههای بازیافت، استفاده مجدد از کاغذهای باطله میباشد. به عبارت دیگر میتوان تاکید کرد با استفاده مجدد از کاغذ و بازیافت آن به ازای هر تن کاغذ باطله می توان ۱۴ اصله درخت تنومند را نجات داد. برخی راهکار ها جهت کاهش مصرف کاغذ عبارتند از : آموزش کارکنان، استفاده از پست الکترونیکی ، تفکیک کاغذ از سایر زباله ها، استفاده از هردو روی کاغذ، استفاده از کاغذ هایببا ابعاد کوچک جهت یادداشتها و پیامهای کتبی کوتاه، استفاده از تابلواعلانات برای یادداشت گذاری و استفاده از دستگاه هوای گرم برای خشک کردن دست به جای دستمال کاغذی.

۲ _ بازیافت مواد زاید

انواع زباله همیشه برای جوامع مختلف به عنوان مشکل و معضل مطرح بود هاست و هنوز این مسئله در بسیاری از نقاط ادامه دارد، بازیافت مواد زاید جامد که به اختصار زباله نامیده میشود، هم اکنون در چارچوب برنامه های محیط زیست اهمیت ویژه ای یافته است.

۴ _ کاهش مصرف سوخت خودرو بر اساس شواهد حاضر، حدود سه چهارم از آلودگی هوا ناشی از تردد خودروهای یاست که مصرف بنزینی بیش از توان تولیدی پالایشگا ههای داخلی را دارند و همین امر سبب شد هاست تا روزانه مبالغ زیادی از درآمد ملی ما صرف خرید بنزین از خارج کشور شود که با این اوصا فاستفاده از سوختههای جایگزین بهترین گزینه در جهت بهره وری سبز میباشد. برخی راهکار ها جهت کاهش مصرف سوخت خودرو عبارتند از: از رده خارج کردن خودرو های فرسوده، گاز سوز کردن خودروها، معاینه فنی خودروها به طور مرتب و استفاده از فناور یهای کاهنده مصرف سوخت

۵ _ کاهش تولید مواد زاید خطرناک ناشی از تولیدات صنعتی و گلخانه ای با توجه به اثرات مخرب این مواد بر محیط زیست ؛ بهترین راه حل در کاهش این اثرات مخرب جلوگیری از پخش پسا بها و دفع پسا بها مطابق با اصول زیست محیطی میباشد

کاهش آلودگیهای صوتی

GP از طریق به کارگیری مستم راستراژی هایی نظیر به حداقل رساندن مصرف منابع طبیعی، جلوگیری از ایجاد ضایعات و تصاعد گازها در محل، کاهش مصرف و تولید مواد سمی و بهبود عملکرد اقتصادی و زیست محیطی یک سازمان حاصل میشود.

GP به پارادایم جدیدی از توسعه اقتصادی - اجتماعی با هدف دنبال نمودن رشد اقتصادی و رشد بهره‌وری و در عین حال، حفاظت از محیط زیست، معنا می‌دهد.

بهره‌وری سبز همبستگی و یکپارچگی ارتقای بهره‌وری با رویکرد محیط زیست را با ایجاد فرصت‌های شغلی جدیدی خلق خواهند نمود تا منافع رقابتی را در بازاری که تمرکز آن بر کیفیت است، تامین می‌کند. مدیریت در دو سطح دارای اهمیت است. یکی تعهد مدیریت ارشد است زیرا اوست که برای سازمان، اولویتها را مشخص می‌کند، منابع را اختصاص می‌دهد و کارکنان را دارای انگیزه و تشویق می‌کند. پیش شرط آن که GP با موفقیت در کسب و کار پذیرفته شود، تعهد مدیریت ارشد نسبت به پذیرش این رویکرد سبز است. سطح دوم، مشارکت کارکنان از اعمال GP است. بدون مشارکت و تعهد کارکنان صنف، اجرای موثر GP ممکن نخواهد بود. هدف GP تضمین حفاظت از محیط زیست و در عین حال، سودده نمودن کسب و کار است. نه حفظ محیط زیست توسعه هیچ یک، نمی‌توانند به قیمت از دست دادن دیگری محقق گردند. GP تصدیق می‌کند که محیط زیست و توسعه، دو روی یک سکه‌اند. با بسط این شناخت، مفهوم GP نشان می‌دهد که برای آن که هر استراتژی توسعه‌ای پایدار باشد، نیاز به تمرکز بر کیفیت، سوددهی و محیط زیست که تمرکز سه‌گانه GP خوانده می‌شود وجود دارد. کیفیت به کمک صدای مشتری، هم در مورد کالاها و هم در مورد خدمات القا می‌شود. محیط بر روی تضمین کیفیت از طریق افزایش مصرف مواد جدیدتر و ایمن‌تر، افزایش فرآیند گرایبی و اثربخشی تولید و بهبود شرایط کاری، شکل می‌گیرد. هدف محیط همچنین این است که عملکرد و ارزش بیشتری را از طریق مصرف کمتر منابع شامل انرژی و ایجاد ضایعات کمتر، در اختیار مصرف‌کننده گذارد. خصوصاً فعالیتها و به استفاده موثرتر و دائمی‌تر مواد و انرژی منجر می‌گردد. (بازده بیشتر با ورودی کمتر) این امر، هم در مورد محیط زیست و هم در مورد کسب و کار، منطقی به نظر می‌رسد. چون منابع طبیعی حفاظت شده‌اند و به موجب آن، تخریب محیط زیست کاهش می‌یابد. کاهش تعداد مواد و انرژی مورد استفاده برای تولید کالاها و خدمات یا عرضه آنها، می‌تواند مستقیماً از هزینه کسب و کار کاسته و به موجب آن سوددهی تضمین می‌گردد. صرفه‌جویی‌ها ممکن است ناشی از تولید کمتر، بنابراین، GP در جهت دستیابی به سطح بهره‌وری بالاتر برای برآوردن نیازهای جامعه و حفاظت و توسعه محیط زیست، هم در منطقه و هم در جهان با تمرکز بر کیفیت، محیط و بهره‌وری تلاش می‌کند. هزینه‌های زباله کمتر و یا تعهدات زیست‌محیطی بالقوه باشد. بهره‌وری عبارت است از به حداکثر رساندن استفاده از منابع، نیروی انسانی و تمهیدات به طریق علمی به منظور کاهش هزینه‌ها و رضایت کارکنان، مدیران و مصرف‌کنندگان. تعاریف دیگر، بهره‌وری نیروی انسانی را حداکثر استفاده مناسب از نیروی انسانی به منظور حرکت در جهت اهداف سازمان با کمترین زمان و حداقل هزینه داشته‌اند. تر اساس دیدگاه سازمان بهره‌وری ملی ایران، بهره‌وری یک نگرش عقلانی به کار و زندگی است. این مشابه یک فرهنگ بوده که هدف آن هوشمندانه‌تر کردن فعالیتها برای یک زندگی بهتر و متعالی است. بهره‌وری عبارت است به دست آوردن حداکثر سود ممکن از نیروی کار، توان، استعداد و مهارت نیروی انسانی، زمین، ماشین، پول، تجهیزات زمان، مکان و ... به منظور ارتقاء رفاه جامعه، به گونه‌ای که افزایش آن به عنوان یک ضرورت، در جهت ارتقاء سطح زندگی انسانها و ساختن اجتماعی همواره مدنظر صاحب‌نظران سیاست، مدیریت و اقتصاد قرار دارد. پاسخگویی، اصل راهنمایی است که به مسئولیت‌پذیری در قبال اقداماتی که در جهت توسعه صورت می‌گیرند، تاکید دارد. این اصل نیاز کسب و کار را به پاسخگو بودن در مقابل ذی‌نفعان مختلف، مقرر می‌دارد. واحدهای کاری به واسطه قانون، در مقابل قانون‌گذاران پاسخگو هستند. با این وجود، سایر ذی‌نفعان چون عرضه‌کنندگان، مشتریان، مصرف‌کنندگان و عموم مردم، به طور فزاینده‌خواهان پاسخگویی در مقابل اقدامات و تاثیراتی هستند که فعالیت‌های واحد کاری به جای می‌گذارد. اصل پاسخگویی در قبال محیط زیست و جامعه از یک سو از سازمان آلوده‌کننده می‌خواهد که نسبت به آلودگی ایجاد شده احساس مسئولیت کند و همچنین جلوگیری از منشا آلودگی را با رویکرد آینده‌گرا مورد حمایت قرار می‌دهد. این روش، نوعاً در موقعیت‌هایی قابلیت به کارگیری دارد، که تاثیر یک واقعه، طولانی مدت و غیر قابل برگشت است. هسته اصلی GP، حفاظت از محیط زیست است، یعنی گام نخستینی که در تطابق با مقررات زیست‌محیطی برداشته می‌شود. تحت مفهوم GP، می‌توان به تطابق زیست‌محیطی در تلازم با اثربخشی هزینه از طریق پیشگیری از آلودگی با جایگزینی مواد و بهبود طراحی و عملیات فرآیندهای تولید دست یافت. هدف GP زمانی محقق می‌گردد که مواد خام، آب، انرژی و سایر منابع به شکلی کارا تر مورد استفاده قرار گیرند، مواد با خطرات کمتر یا بی‌خطر جایگزین مواد خطرناک شوند. پسماندها و آلاینده‌ها بایستی به منظور تطابق با استانداردهای زیست‌محیطی، در مدیریت کاربردی گردند.

GP فرآیند سیستماتیک بهبود مستمر است. علاوه بر بهبود فرآیندهای تولید، تغییر محصولات و الگوهای مصرف و اصلاح روشی که طی آن خدمات ارائه می گردند را نیز مدنظر دارد GP. استفاده از ابزارهای مدیریت زیست محیطی مختلفی را توصیه می کند که عبارتند از:

- سیستم مدیریت زیست محیطی، طراحی برای محیط زیست، ارزیابی چرخه حیات، ارزیابی عملکرد زیست محیطی

و گزارش دهی زیست محیطی شرکت. شماری از برنامه های ارتقای بهره وری، مستقیماً به GP مربوط می شوند. به طور مثال، حذف ضایعات و بهبود مستمر، اصول اصلی TPM، کایزن و فلسفه S ۵ می باشند. این روش ها، فرصت هایی را برای جلوگیری از آلودگی ایجاد می کنند، زیرا فلسفه اصلی آنها به حداقل رساندن ضایعات است. نگهداری بهره ور، نگهداری از تجهیزات را نشان می دهد. S ۵، خانه داری سازمانی و سیستماتیکی را در بنگاه تضمین نموده و کایزن فلسفه ای متعهد به بهبود مداوم است. تمام این برنامه ها با ارتقای اثر بخشی منابع و به حداقل رساندن ضایعات، به کاهش هزینه منجر می شوند. تخریب محیط زیست، نتیجه تمامی مراحل فعالیت اقتصادی است نه فقط مرحله تولید. یک رویکرد یکپارچه مسئولیت پذیری زیست محیطی، بایستی تمامی مراحل چرخ حیات یک محصول را شامل گردد. این مراحل عبارتند از: طراحی، تولید، بسته بندی، نگهداری و دفع نهایی. در حالی که دستیابی به تطابق زیست محیطی و افزایش سوددهی، مشخصه های ممتاز GP می باشند، GP ممکن است به موقعیت منجر شود که یک راه حل کلی برای مشکل محیط زیست پیش پا گذارد که آن ارزیابی چرخه حیات و خرید سبز می باشد.

LCA تاثیرات زیست محیطی یک محصول را در مراحل مختلف چرخ حیات آن شناسایی می کند. با استفاده از این اطلاعات، تولید کنندگان محصول می توانند مفهوم طراحی برای محیط زیست از طریق تقاضای مواد ایمن تر و بی خطرتر زیست محیطی را بنیان نمایند. این جایی است که خرید سبز وارد چارچوب بهره وری سبز می شود. به خرید سبز، در دو سطح می توان دست یافت:

(۱) زمانی که تولید کننده از مواد، محصولات و خدماتی استفاده می کند که با محیط زیست سازگارترند.

(۲) زمانی که مصرف کنندگان، خواهان محصولات و خدمات پایدارتری هستند.

در مفهوم خرید سبز، به خریداری مواد و محصولاتی اولویت داده می شود که علاوه بر ملاحظات قیمت و کیفیت، بار کمتری را به محیط زیست وارد می کنند. خرید سبز دارای تاثیراتی بر زنجیره تامین صنایع می باشد که سهل الوصول نیستند. این تاثیر، خصوصاً در مورد SME ها بسیار اهمیت دارد.

گام های لازم برای استقرار برنامه بهره وری سبز

GP از طریق به کارگیری مستمر استراتژی هایی نظیر به حداقل رساندن مصرف منابع طبیعی، جلوگیری از ایجاد ضایعات و تصاعد گازها در محل، کاهش مصرف و تولید مواد سمی و بهبود عملکرد اقتصادی و زیست محیطی یک شرکت حاصل می شود. برای دستیابی به سطح بالای بهره وری سبز، برنامه ای توصیه می شود که شامل بررسی جامعی از عملیات های یک بنگاه با هدف حداکثر سازی بهره وری و سازگاری زیستی باشد. برای موثر واقع شدن این برنامه لازم است تمامی ذی نفعان را گرد هم آورده تا از شناسایی و اجرای حداکثر فرصت ها اطمینان حاصل کنید. مفهوم بهبود مستمر از طریق پذیرفتن اصول چرخه PDCA، شامل ۱۵ وظیفه که به ۶ مرحله تقسیم شده و در تصویر زیر نشان و شرح داده شده است، حاصل می شود.

بهره وری سبز همبستگی و یکپارچگی ارتقای بهره وری با رویکرد محیط زیست را با ایجاد فرصت های شغلی جدیدی خلق خواهند نمود تا منافع رقابتی را در بازاری که تمرکز آن بر کیفیت است، تامین می کند. مدیریت در دو سطح دارای اهمیت است. یکی تعهد مدیریت ارشد است

نتیجه گیری: نتایج فراوان حاصل از پرداختن به بهره‌وری سبز در سازمانهای تولیدی و خدماتی بر کسی پوشیده نیست، اما اینکه چگونه بعضی از سازمانها توانسته‌اند بخوبی از آن استفاده نمایند و تعدادی دیگر کمتر یا هیچ استفاده نکرده‌اند، بستگی به میزان اقدامات اجرایی سازمانها در این زمینه دارد. تخریب محیط زیست، نتیجه تمامی مراحل فعالیت اقتصاد یاست نه فقط مرحله تولید. یک رویکرد یکپارچه مسئولیت پذیری زیست محیطی، باید تمامی مراحل چرخ حیات یک محصول را شامل شود. این مراحل عبارتند از: طراحی، تولید، بسته بندی، نگهداری و دفع نهایی. قطعاً بهره‌وری سبز حرکتی پایدار خواهد بود و صنایع هرچه زودتر این مسئولیت را تشخیص دهند بهتر خواهد بود. در نهایت صنایع هستند که به طور مستقیم یا غیر مستقیم با تولید محصولات باعث آلودگی می‌شوند و دولت‌ها بایستی انگیزه و ابزار لازم برای ایجاد این حرکت را در صنایع فراهم کنند و نیز روند اقتصاد قهوه‌ای باید به اقتصاد سبز تغیر یابد، لذا نباید به مصرف سبز به عنوان کی دردسر نگاه کرد، بلکه باید آن را به عنوان فرصت طلایی در نظر گرفت. سود نصیب کسانی خواهد شد که زودتر اقدام کنند و در نهایت هدف اساسی هر برنامه راهبردی بهره‌وری سبز اثرگذاری در هزینه‌ها، سودآوری، افزایش توان رقابت و بهبود محیط زیست می‌باشد.

منابع:

۱. احدی نیا، ناصرالدین "راهکارهای افزایش بهره‌وری" مجله تدبیر شماره، ۱۵۷
۲. خاکی، غلامرضا «مدیریت بهره‌وری و تجزیه و تحلیل آن در سازمان» مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی
۳. محرم نژاد، ناصر، آذرکمند، سحر "بررسی وضعیت مدیریت بهره‌وری سبز در بخش غیر دولتی" نشریه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره ۲ تابستان ۸۸
۴. ارگان اطلاع رسانی نظام مدیریت سبز «، خبرنامه دولت سبز، سازمان حفاظت محیط زیست، شماره ۹، ۱۳۸۴ ماهنامه استاندارد شماره ۲۳۰ - بهمن و اسفند ۹۱

Natural resource management efficiency, green (((Green Productivity) (GP))) Increasing economic development in Iran

Abstract

Green Productivity, employing appropriate technologies and management techniques in order to correctly produce goods and services more environmentally friendly and to increase productivity and profit. In this regard, the two principles of green productivity and environmental efficiency have been achieved. Originally created to address environmental responsibility, liability for damages on environmental reform, pollution has on the neck. Pollution prevention, cleaner production and reduction of input sources, the other green productivity, primary productivity and profit. In principle, the benefits in terms of competitiveness and is desired. All are built on the principle of environmental protection. Green Productivity Approach, the foundation of any business is profitable, but profitability through savings in raw materials is stressed. This training resource efficiency, productivity, quality, sales, and improvements to be achieved. (Green Productivity) (GP) acknowledges the importance of this principle is that economic activity in any way, they must be sustainable and profitable. Competing interests that want to maintain its position in the market and the requirements of the business. But this principle, competitive pricing, quality and friendly environment will be protected.

Key words : (Green Productivity) (GP), green productivity, economic development, environmental protection

مطالعه رابطه بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک با نوع سطح پلایایی در غرب دریاچه ارومیه

نیکو حمزه پور^۱، مریم حسن زاده^۲

^۱ دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه. nhamzhepour@maragheh.ac.ir

^۲ فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه. m.hasanzadeh@maragheh.ac.ir

چکیده

در اراضی برجای مانده از پسروی دریاچه ارومیه سطوح مختلف پلایایی در حال تشکیل و تکامل می‌باشد. این سطوح تحت شرایط خاص، می‌توانند منشأ تولید گردوخاک باشند و از این رو، مطالعه خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر مطالعه رابطه بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک با نوع سطح پلایایی در غرب دریاچه ارومیه بود. بدین منظور تمام اراضی برجای مانده از پسروی دریاچه ارومیه در حاشیه غربی آن انتخاب گردیدند. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزارهای Google Earth سطوح مختلف مشاهده شده، جداسازی شدند و نوع سطح پلایایی در صحرای تعیین گردید. سپس ۱۳۰ نمونه خاک از عمق ۵-۰ سانتی متری سطوح مختلف در طی فصل بهار تا پائیز ۱۳۹۷ برداشته شد و برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد. مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک در سطوح مختلف پلایایی نشان داد که اختلاف آماری معناداری بین خصوصیات مثل هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم، ماده آلی، املاح محلول، بافت خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و درصد مواد فرسایش پذیر در سطوح مختلف پلایایی وجود دارد. از میان سطوح مطالعه شده، سفره‌های شنی که در بخش‌های شمالی منطقه مطالعاتی و در مجاورت روستای جبل کندی واقع شده‌اند، کمترین میزان رس و ماده آلی و بالاترین مقدار مواد فرسایش‌پذیری را دارا بودند و در مقابل بالاترین درصد رس و ماده آلی و کمترین میزان فرسایش‌پذیری در سطوح رسی مشاهده شد. این نتایج نشان داد که تکامل سطوح پلایایی در نقاط مختلف تابعی از مجموعه خصوصیات خاکی است و خود می‌تواند شاخصی برای شناسایی اولیه مناطق مستعد فرسایش بادی باشد.

واژگان کلیدی: پلایای دریاچه ارومیه، سطوح رسی، سفره‌های شنی، درصد مواد فرسایش پذیر.

مقدمه

طوفان‌های گردوغبار در جهان امروز به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، روی تمام جنبه‌های زندگی مردم تاثیر منفی دارد. پلایاها یکی از زمین‌منظرهای غالب در مناطق خشک هستند که از بزرگ‌ترین منابع تولید گردوخاک معدنی به شمار می‌روند (Washington et al., 2006). عموماً نوع پلایا، اندازه، هیدرولوژی و ترکیب فیزیکوشیمیایی رسوبات آن، کنترل‌کننده میزان گردوخاکی است که سطوح مختلف پلایا می‌توانند تولید کنند (Shao et al., 2011). مطالعات نشان داده است که مناطق خشک که بیش از ۴۰ درصد از سطح زمین را تشکیل می‌دهند، می‌توانند منشأ مهم گردوخاک باشند (Dehkordi and Huh Abu Nasr, 2015) و تقریباً ۳۰ درصد از انتشار جهانی گردوغبار، حاصل از پلایاهای نمکی خشک شده است (Ginoux et al., 2012). خشک شدن دریاچه‌ها از جمله دریاچه ارومیه، امکان حرکت نمک‌ها را به وسیله باد به اراضی کشاورزی فراهم می‌آورد که این امر می‌تواند باعث شوری ثانویه اراضی شود و بهره‌وری زمین‌های کشاورزی را به شدت کاهش دهد (Middleton, 2017). تجربیات به‌دست آمده از دریاچه‌های مشابه دریاچه ارومیه از جمله آرال، آونز لیک، گریت سالت لیک و سالتون لیک نشان داده است که نمک به همراه سایر ذرات در اندازه سیلت می‌تواند تا کیلومترها توسط باد منتقل شود (King et al., 2011; Goudie, 2009). نمک منتقل شده نه تنها منجر به شور شدن اراضی و از بین رفتن باغات و زمین‌های زراعی می‌شود، بلکه مشکلات سلامتی متعددی را نیز می‌تواند شامل شود.

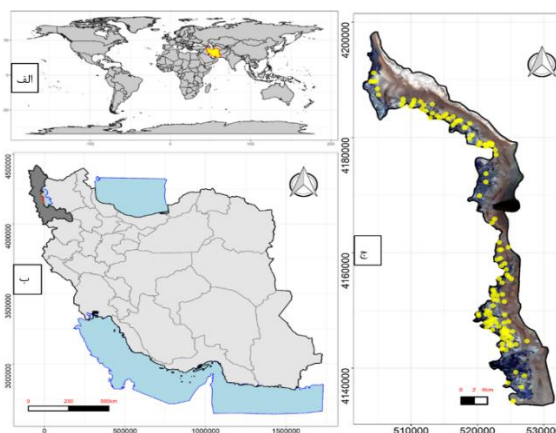
هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

انتشار گردوغبار از سطح پلایا به طور گسترده‌ای متفاوت است و بستگی به سطح رطوبت، زبری سطح، وجود انواع پوسته‌های سطحی از جمله پوسته‌های نمک و نیز به مقدار زیاد به خصوصیات فیزیکوشیمیایی رسوبات دارد (Sweeney et al., 2016; Nield et al., 2015). نتایج تحقیقات الخیر (Alkhayer et al., 2019) در شرق و متقی (Motaghi et al., 2020) در جنوب شرقی دریاچه ارومیه نشان داده‌اند که انواع سطوح پلایایی در حاشیه دریاچه ارومیه تکامل یافته‌اند که هرکدام از این سطوح خصوصیات فیزیکوشیمیایی متعدد و در نتیجه پتانسیل تولید گردوغبار متفاوتی دارند. از آنجایی که مطالعه خصوصیات فیزیکوشیمیایی نقاط مختلف پلایای ارومیه و پایش دائمی آنها کاری زمان‌بر و هزینه‌بر است، و از سوی دیگر، شناسایی سطوح غالب پلایایی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سایر روش‌های سنجش از دور در زمان کوتاه‌تری امکان‌پذیر است، هدف از انجام تحقیق حاضر مطالعه رابطه بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و سطوح پلایایی در حاشیه غربی دریاچه ارومیه بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال غربی ایران و در حاشیه غربی دریاچه ارومیه واقع شده است. این منطقه شامل تمام اراضی است که از پس‌روی دریاچه ارومیه در حاشیه غربی آن در مجاورت دشت ارومیه برجای مانده‌اند. مختصات جغرافیایی منطقه مطالعاتی بین $37^{\circ} 16' 02''$ و $45^{\circ} 12' 25''$ طول شرقی و $37^{\circ} 21' 28''$ و $53^{\circ} 50' 53''$ عرض شمالی است (شکل ۱). میانگین بارش سالیانه 367 میلی‌متر، میانگین دمای سردترین ماه سال، $5/2-$ درجه سانتی‌گراد و گرم‌ترین ماه سال 32 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط تبخیر در منطقه مطالعاتی 900 الی 1170 میلی‌متر است. تغییرات ارتفاعی در منطقه مطالعاتی نیز بین 1274 الی 1278 متر از سطح آب‌های آزاد است.



شکل ۱- منطقه مطالعاتی در غرب دریاچه ارومیه. الف و ب: به ترتیب موقعیت ایران در جهان و دریاچه ارومیه در شمال غربی کشور؛ ج: منطقه مطالعاتی در حاشیه غربی دریاچه ارومیه. نقاط زرد رنگ نشان دهنده نقاط نمونه برداری می‌باشند.

در این منطقه مطالعاتی، سطوح مختلف پلایایی با توجه به بازتاب سطوح و شاخص‌های استخراج شده از باندهای مختلف تصاویر ماهواره لندست ۸ تعیین گردید. پس از آن سطوح مختلف شناسایی شده در تصاویر ماهواره‌ای با توجه به تغییرات در مساحت سطوح ژئومورفولوژیکی و غالبیت آنها نمونه‌برداری شدند و در مجموع 130 نمونه خاک از عمق $0-5$ سانتی متری جمع‌آوری شد.

آنالیزهای آزمایشگاهی

پس از هواخشک کردن نمونه‌ها و عبور آنها از الک 2 میلی‌متر، برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی در نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند از جمله اندازه‌گیری سدیم محلول با دستگاه فلیم فتومتر؛ اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم محلول به روش تیتراسیون با EDTA؛ قابلیت هدایت الکتریکی و واکنش خاک در گل اشباع؛ درصد کربن آلی به روش سوزاندن تر؛ اندازه‌گیری کربنات کلسیم معادل به روش

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

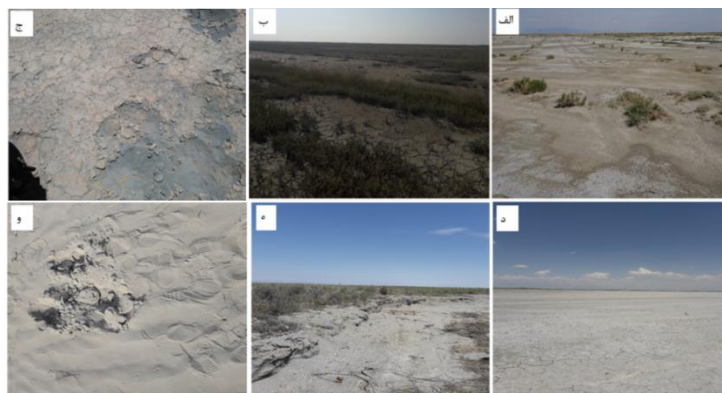
تیتراسیون برگشتی با HCl؛ بافت خاک به روش هیدرومتری؛ میانگین وزنی قطر خاکدانه ها (MWD) با سری الک خشک با قطرهای ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲ و ۴/۷۵ میلیمتر. اندازه‌گیری درصد ذرات بزرگتر از ۰/۸۴ میلی متری و محاسبه درصد مواد سست فرسایش پذیر (Zobeck, 1991).

آنالیزهای آماری

آنالیزهای آماری مربوط به تغییرات خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه‌های مطالعه شده در سطوح مختلف پلايایی، بر پایه طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار انجام شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. جهت آنالیزهای آماری از نرم‌افزار SAS نسخه ۹،۱ استفاده شد.

نتایج و بحث

شش سطح مختلف پلايایی در منطقه مطالعاتی تعیین گردید که شامل پهنه‌های رسی (CF)؛ پهنه‌های رسی-نمکی (CF-SC)؛ سطوح نمکی (SC)؛ سطوح شنی-نمکی (Sa-SC)؛ سفره‌های شنی (Sa-sheets)؛ و شن ساحلی (sa-beach) بودند. در منطقه مطالعاتی، سطوح رسی، در اراضی نزدیک به دشت ارومیه و در دورترین فاصله از بستر کنونی دریاچه ارومیه واقع شده‌اند. این سطوح، از رسوبات دانه‌ریز سیلت و رس با سله‌های سطحی به نسبت سفت و محکم تشکیل شده‌اند و پوشش گیاهی متراکم تا پراکنده در این مناطق مشاهده گردید (شکل ۲، ب). اگر از سمت دشت ارومیه به سمت دریاچه ارومیه پیش روی شود، پهنه‌های رسی-نمکی عمدتاً بعد از پهنه‌های رسی و در حفاصل بین پهنه‌های رسی و سطوح شنی-نمکی واقع شده‌اند (شکل ۲، الف). تفاوت این سطوح با سطوح رسی در فاصله تا آب زیرزمینی است. در سطوح رسی-نمکی، سطح آب زیرزمینی در مقایسه با سطوح رسی، در فاصله نزدیک‌تری به سطح زمین واقع شده است و همین امر باعث شده است تا نمک طی حرکت کاپیلاری به سمت بالا حرکت کند و در سطح تجمع یابد. از این جهت در این سطوح بیرون‌زدگی‌های نمکی به صورت لکه‌ای قابل مشاهده است (شکل ۲، د). اما میزان نمک در این سطوح در حد سطوح شنی-نمکی و نمکی نیست. سطوح نمکی (SC) در انتهایی‌ترین قسمت منطقه مطالعاتی و در دورترین فاصله از پهنه‌های نمکی شکل گرفته‌اند. در این اراضی، سطح آب زیرزمینی نزدیک به سطح زمین است و نوسانات زیادی ندارد. از این جهت حرکت دائمی نمک از لایه‌های زیرین به سطح زمین و رسوب آن در سطح، منجر به ایجاد لایه‌های نمکی در سطح این اراضی شده است.

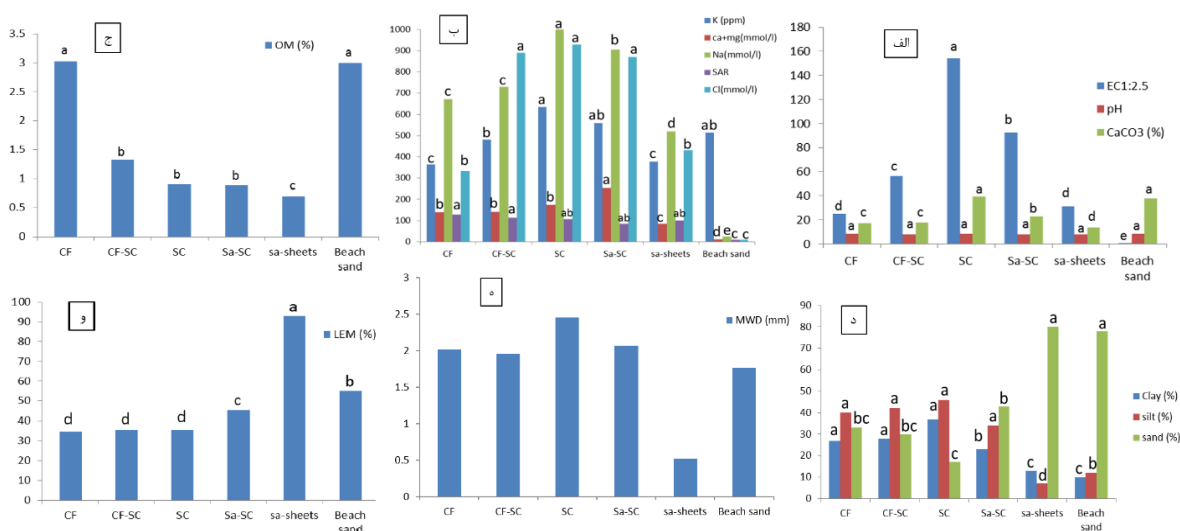


شکل ۲- الف: سطح رسی-نمکی (CF-SC)؛ ب: سطح رسی (CF)؛ ج: سطح شنی نمکی (sa-SC)؛ د: سطح نمکی (SC)؛ ه: شن ساحلی (beach sand)؛ و: سفره‌های شنی (sa-sheets).

در شکل ۳، نمودارهای مربوط به مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکوشیمیایی در هر سطح پلايایی ارائه شده است تا امکان بررسی تغییرات در این خصوصیات در بین سطوح مختلف فراهم شود. در شکل (۳، الف)، میانگین هدایت الکتریکی، واکنش خاک و کربنات

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

کلسیم در سطوح مختلف پلايایی ارائه شده است. بر اساس این شکل، اختلاف معناداری از نظر آماری بین میزان هدایت الکتریکی در سطوح مختلف وجود دارد. بالاترین میزان هدایت الکتریکی، در سطوح نمکی (SC) و بعد از آن سطوح شنی-نمکی (Sa-SC) مشاهده گردید. کمترین میزان آن نیز در شن ساحلی دیده شد. نمودار مربوط به میانگین املاح محلول در سطوح مختلف پلايایی در شکل (۳ب)، ارائه شده است. بر اساس این شکل، اختلاف آماری معناداری بین میزان املاح مختلف سطوح پلايایی وجود دارد که نشان از تغییر در شرایط تشکیل این سطوح و نوع رسوباتی است که هر کدام از این سطوح در آن تکامل یافته‌اند و نیز مدت زمانی که از تشکیل آن‌ها می‌گذرد. بالاترین میزان املاح محلول در سطوح نمکی و سطوح شنی-نمکی و کمترین میزان آن در شن ساحلی تعیین گردید. یکی از دلایل عمده، بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی و عدم شست و شوی املاح از این سطوح می‌باشد. همچنین به دلیل نزدیکی به مرکز دریاچه، تجمع عمده املاح در این سطوح صورت می‌گیرد. در سطح شن‌های ساحلی، فاصله تا آب‌های زیرزمینی به همراه شست و شوی املاح دلیل پایین بودن املاح در آن می‌باشد. این نتایج با نتایج به دست آمده از هدایت الکتریکی خاک‌ها در انطباق است.



شکل ۳- نمودارهای مربوط به مقایسه میانگین برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی در بین سطوح مختلف پلايایی.

در شکل (۳، ج)، میانگین درصد ماده آلی در سطوح مختلف پلايایی ارائه شده است. همان‌طور که بر اساس مشاهدات صحرایی دیده شد، بالاترین درصد پوشش گیاهی در سطح دیده شد (شکل ۲، تصاویر ب، ه). بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین مقادیر ماده آلی در سطوح مختلف پلايایی بالاترین میزان درصد ماده آلی در بین سطوح مطالعه شده، متعلق به سطوح رسی و شن‌های ساحلی بود که از نظر آماری نیز اختلاف معناداری با سایر سطوح نشان دادند. کمترین میزان ماده آلی، در سطح سفره‌های شنی دیده شد. در شکل (۳، د)، میانگین درصد شن، سیلت و رس در سطوح مختلف پلايایی ارائه شده است. بر اساس این شکل، بالاترین درصد رس در سطح پهنه‌های نمکی مشاهده شد که اختلاف آماری معناداری با سایر سطوح داشت و کمترین میزان آن در سطح شن ساحلی دیده شد. در مقابل، بالاترین میزان شن در سفره‌های شنی و شن ساحلی مشاهده گردید. در این دو سطح کمترین مقادیر سیلت نیز مشاهده گردید. به نظر می‌رسد بالا بودن درصد شن به همراه کم بودن درصد ماده آلی (شکل ۳، ج) و درصد آهک (شکل ۳، الف) منجر به بالا بودن حساسیت این سطح به فرسایش بادی شده است (Wang et al., 2018). در شکل (۳، ه)، نتایج مربوط به رابطه بین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) در سطوح مختلف پلايایی ارائه شده است. بالاترین میانگین MWD در سطوح نمکی مشاهده شد. به نظر می‌رسد بالا بودن درصد رس (شکل ۳، د) در کنار بالا بودن درصد نمک و آهک در این سطوح منجر به بزرگ بودن اندازه قطر خاکدانه‌ها در این سطوح شده است. فریدگیگلو و همکاران نیز نشان دادند که کربنات کلسیم و رس اثر مثبت

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش مدیریت آب در مزرعه

معناداری در افزایش اندازه خاکدانه‌ها دارند (Farid Giglo et al., 2014). کمترین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها نیز مربوط به سفره‌های شنی بود. در این سطوح بالا بودن درصد شن و پایین بودن مقدار آهک و نمک و همچنین ماده آلی از عوامل مهم دخیل در کوچک بودن میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها بود.

در شکل (۳، و)، درصد مواد سست فرسایش پذیر (LEM) در سطوح مختلف پلایایی ارائه شده است. بر اساس این شکل، بالاترین LEM، مربوط به سطح پلایایی سفره‌های شنی به دست آمد. در این سطح، کمترین میزان هدایت الکتریکی و آهک، کمترین میزان ماده آلی، کمترین میزان رس و همچنین کمترین MWD مشاهده شده است. با توجه به اینکه از عوامل مهم تأثیرگذار روی فرسایش پذیری خاک، بافت خاک، مواد آلی، پایداری خاکدانه‌ها و آهک خاک می‌باشند و تمامی این خصوصیات خاکی در کمترین میزان در سطح سفره‌های شنی وجود داشتند، از این رو بالاترین میزان مواد فرسایش پذیر نیز در این سطح پلایایی دیده شد. طبق تحقیقات انجام شده بین مواد آلی و عامل فرسایش پذیری همبستگی منفی و معنی دار وجود دارد و لذا نقش ماده آلی در کاهش فرسایش پذیری به دلیل بهبود پایداری خاکدانه‌ها و نفوذپذیری خاک می‌تواند حائز اهمیت باشد (Rodríguez et al., 2006). کمترین میزان LEM نیز در سطوح نمکی، رسی و رسی-نمکی مشاهده شد. در این سطوح بالا بودن درصد رس، ماده آلی، آهک و نمک از عوامل مهم پایداری این سطوح به شمار می‌روند. تحقیقات محققان دیگر در سطح جهان نیز نشان داده است که ماده آلی (Rodríguez et al., 2006) و آهک (Duiker et al., 2001)، در کنار ذرات معدنی، از جمله ویژگی‌هایی هستند که عامل فرسایش پذیری خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

نتیجه‌گیری

به‌عنوان جمع‌بندی کلی از مطالعه حاضر می‌توان گفت در نتیجه‌ی پس‌روی دریاچه ارومیه از سواحل غربی خود در مجاورت دشت ارومیه، سطوح مختلف پلایایی در رسوبات برجای مانده، شکل گرفته‌اند. مقایسه میانگین خصوصیات فیزیکوشیمیایی سطوح مختلف پلایایی نشان داد از نظر آماری اختلاف معناداری در خصوصیات مختلف خاکی در بین سطوح مختلف وجود دارد. شنی وجود داشتند، از این رو بالاترین میزان مواد فرسایش پذیر نیز در این سطح پلایایی دیده شد. در پهنه‌های رسی بالاترین درصد رس پایین و کمترین مقدار مواد سست فرسایش پذیر مشاهده شد. سطوح رسی-نمکی در فاصله کمی از پهنه‌های رسی تشکیل شده‌اند. در این سطوح، مقدار نمک نسبت به پهنه‌های رسی بیشتر بود. این سطوح به همراه سطوح نمکی که در نزدیک‌ترین فاصله از دریاچه ارومیه تشکیل شده بودند، همانند پهنه‌های رسی پتانسیل کمی برای تولید گردوخاک داشتند. در مقابل، سفره‌های شنی که در بخش‌های شمالی منطقه مطالعاتی و در مجاورت روستای جبل کندی واقع شده‌اند، بالاترین مقدار مواد فرسایش پذیر را با مقدار ۹۲/۷۳ درصد دارا بودند. در سفره‌های شنی، بالا بودن درصد شن، پایین بودن مقدار کربنات کلسیم خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها که خود تابعی از سایر خصوصیات است و همچنین کم بودن ماده آلی خاک این مناطق را بسیار حساس به فرسایش بادی نموده است.

فهرست منابع

- Alkhayer, M., Eghbal, M.K., Hamzhepour, N. (2019). Geomorphic surfaces of eastern lake Urmia Playa and their influence on dust storms. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 23(8), 1511-1520.
- Dehkordi, M., Huh Abu Nasr, P. (2015). Investigation of Factors Affecting the Effects on Its Effects and Environmental Effects. In: *Proceeding of 10th National Conference on Biology and Environmental Sciences in Agriculture*, 15-17 Oct., Scientific and Applied Center, Gorgan, Iran, pp.358-365. (In Farsi)
- Duiker, S.W., Flanagan, D.C., Lal, R. (2001). Erodibility and infiltration characteristics of five major soils of southwest Spain. *Catena*, 45(2), 103-121.
- Farid Giglo, B., Arami, A., Akhzari, D. (2014). Assessing the Role of Some Soil Properties on Aggregate Stability Using Path Analysis (Case Study: Silty-Clay-Loam and Clay-Loam Soil from Gully Lands in North West of Iran). *Ecopersia*, 2(2), 513-523.
- Goudie, A.S. (2009). Dust storms: Recent developments. *Journal of environmental management*, 90(1), 89-94.

- Ginoux, P., Prospero, J.M., Gill, T.E., Hsu, N.C., Zhao, M. (2012). Global- scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on MODIS Deep Blue aerosol products. *Reviews of Geophysics*, 50(3).
- King, J., Etyemezian, V., Sweeney, M., Buck, B. J., Nikolich, G. (2011). Dust emission variability at the Salton Sea, California, USA. *Aeolian Research*, 3(1), 67-79.
- Middleton, N. J. (2017). Desert dust hazards: A global review. *Aeolian Research*, 24, 53-63.
- Motaghi, F.A., Hamzehpour, N., Abasiyan, S.M., Rahmati, M. 2020. The wind erodibility in the newly emerged surfaces of Urmia Playa Lake and adjacent agricultural lands and its determining factors. *Catena*, 1(194),104675.
- Nield, J.M., Bryant, R.G., Wiggs, G.F., King, J., Thomas, D.S., Eckardt, F. D., Washington, R. (2015). The dynamism of salt crust patterns on playas. *Geology*, 43, 31-34.
- Shao, Y., Wyrwoll, K.H., Chappell, A., Huang, J., Lin, Z., McTainsh, G.H., Yoon, S. (2011). Dust cycle: an emerging core theme in Earth system science. *Aeolian Research*, 2(4), 181-204.
- Sweeney, M.R., Zlotnik, V.A., Joeckel, R.M., Stout, J.E. (2016). Geomorphic and hydrologic controls of dust emissions during drought from Yellow Lake playa, West Texas, USA. *Journal of Arid Environments*, 133, 37-46.
- Wang, Z., Zhang, N., Ding, J., Lu, C., Jin, Y. (2018). Experimental study on wind erosion resistance and strength of sands treated with microbial-induced calcium carbonate precipitation. *Advances in Materials Science and Engineering*, pp.10.
- Washington, R., Todd, M. C., Lizcano, G., Tegen, I., Flamant, C., Koren, I., Ginoux, P., Engelstaedter, S., Bristow, C.S., Zender, C.S., Goudie, A.S. (2006). Links between topography, wind, deflation, lakes and dust: The case of the Bodélé Depression, Chad. *Geophysical Research Letters*, 33(9).
- Rodríguez, A.R., Arbelo, C. ., Guerra, J. A., Mora, J. L., Notario, J. S., & Armas, C. M. (2006). Organic carbon stocks and soil erodibility in Canary Islands Andosols. *Catena*, 66(3), 228-235.

The investigation of the correlation between soil physicochemical characteristics and type of playa surfaces in western part of Urmia Lake

Nikou Hamzehpour¹, Maryam Hasanzadeh²

1- Associated professor, Soil and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.

Email: nhamzehpour@maragheh.ac.ir

2- M.Sc. graduated, Soil and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.

Email: m.hasanzadeh@maragheh.ac.ir

Abstract

Urmia Lake recession resulted in the remain of lands where different playa surfaces are forming and developing. These barren areas can become major dust source under specific circumstances. Therefore, the study of their physicochemical properties is of high priority. The aim of the present research was to investigate the correlation between soil physicochemical properties and type of playa surface in the western part of Urmia Lake. All lands from Urmia Lake recession in its western shores were selected. Different surfaces in the study area were identified and mapped using Google Earth software. Through field observations, playa surfaces were identified and named. Later, 130 soil samples from depth 0-5 cm of different surfaces were collected during spring to autumn 2018 and some of their physicochemical properties were determined. Mean comparison of physicochemical properties of playa surfaces showed that there were significant differences in soil characteristics like electrical conductivity (EC), calcium carbonate, organic carbon (OC), soluble ions and cations, soil texture, MWD and LEM among studied playa surfaces., Sand sheets playa surface which is located in northern parts of the study area, next to Jabal Kandi village, had the lowest soil clay content and OC and the highest LEM while the highest clay content and OC and the least LEM were observed in clay flats. The results of this study revealed that the development of playa surfaces in different parts of a playa can be controlled by soil physicochemical properties and can be a primary indicator for identification of dust prone surfaces.

Keywords: clay flats, sand sheets, loose erodible material, Urmia Lake playa.

واکنش اجزاء عملکرد و طول بوته لاین های متحمل به گرمای برنج به کود ازت تحت تنش گرما

عبدالعلی گیلانی^{۱*} و سامی جلالی^۲

*۱- استاد یار پژوهش بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

gilani.abdolali@yahoo.com

۲- محقق برنج، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده

این پژوهش با هدف دست یابی به سطح مناسبی از تغذیه کود ازته در لاین‌ها و رقم متحمل به گرمای برنج تحت شرایط متفاوت حرارتی ناشی از تغییر در زمان کاشت طراحی گردید. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار به روش خشکه‌کاری و طی دو سال (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) اجراء شد. سه تاریخ کاشت ($d_1 = 4/1$ ، $d_2 = 4/10$ و $d_3 = 4/20$) در کرت‌های اصلی و ۳ لاین برنج متحمل به گرمای انتخابی از ۵۴ لاین ارسالی از ابری $V1=IR64197-3B-15-2$ ، $V2=N22(ACC4819)+RAJBHOG$ ، $V3=GCHARIB(ACC32307)+HARIB$ و $V4$ رقم محلی هویزه (شاهد متحمل به گرما) و سه سطح نیتروژن ($n_1=50$ ، $n_2=75$ و $n_3=100$ کیلوگرم در هکتار) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد تعداد خوشه در واحد سطح و تعداد دانه در خوشه در سطح ۱ درصد و وزن هزار دانه در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین تعداد خوشه از سطح دوم نیتروژن با متوسط ۵۸۲ را لاین ۱ در تاریخ کاشت اول و کمترین آن با ۲۴۴ خوشه مربوط به رقم هویزه در تاریخ کاشت سوم بود. در هر سه تاریخ کاشت، بیشترین دانه خوشه با ۱۲۶ عدد در n_3 و تاریخ کاشت سوم و کمترین آن با ۳۹ عدد مربوط به n_1 و تاریخ کاشت اول از رقم هویزه بدست آمد.

واژگان کلیدی: لاین برنج، تعداد خوشه، وزن دانه، طول بوته

مقدمه

بر اساس آخرین برآوردهای فائو، افزایش تولید جهانی شلتوک بین ۲۰۰۳-۲۰۰۶ از ۳/۷ درصد به ۱/۱ درصد در سال رسید در حالی که به دلیل تقاضای رو به رشد برای غذا که از رشد جمعیت و بهبود وضعیت اقتصادی ناشی می‌شود تولید جهانی برنج می‌بایست سالانه نزدیک به ۱٪ افزایش یابد به بیانی دیگر در سه دهه آینده تولید برنج باید ۵۶ درصد بیشتر شود (فائو، ۲۰۰۶). واکنش عملکرد برنج نسبت به افزایش دمای محیط می‌تواند بسته به شرایط رشد متفاوت باشد به طوری که با افزایش درجه حرارت، عملکردها در نواحی با عرض‌های جغرافیایی پایین، کاهش می‌یابد. چون هرگونه افزایش دما می‌تواند آنها را در معرض تنش بیشتر قرار دهد اما در عرض‌های بالا و متوسط که عملکرد، توسط دماهای پایین و فصل رشد کوتاه محدود می‌گردد تولید دانه افزایش خواهد یافت (حوری و همکاران، ۲۰۰۳). تعداد پنجه بارور در واحد سطح از اجزای مهم عملکرد دانه در برنج است زیرا عملکرد نهایی اساساً تابعی از تعداد پنجه‌های به خوشه رفته در واحد سطح می‌باشد و در یک آزمایش دو ساله (۲۰۰۲-۲۰۰۳) در پاکستان مشخص شد تعداد بیشتر پنجه بارور در سال دوم مربوط به دمای هوای نسبتاً پایین‌تر، بارندگی، ماده آلی و رطوبت نسبی بیشتر می‌باشد (بلوچ و همکاران، ۲۰۰۶). پایین بودن تحمل ارقام برنج به تنش گرما بخصوص در زمان گلدهی می‌تواند ناشی از نقصان فتوسنتز جاری و کاهش میزان تلقیح و تشکیل دانه ارزیابی نمود (پورتر، ۲۰۰۵). اوهی و همکاران (۲۰۰۳) نیز نتایج مشابهی از اثرات تنش گرما بر گلدهی زودتر از هنگام در ارقام برنج و افزایش دما روز و شب به ترتیب از ۳۰/۴ به ۳۹/۷ و ۲۱/۲ به ۲۲/۱ درجه سانتی‌گراد در کاهش ۷ درصدی تعداد خوشه در مترمربع را ارائه نمودند. تنش حرارتی در طی دوره پر شدن دانه، عمدتاً منجر به تولید دانه‌های کوچک و بدشکل و کاهش تعداد دانه‌های کاملاً پر شده و وزن آنها می‌شود (زیو و همکاران، ۲۰۰۵). گیلانی (۱۳۹۴) با مقایسه ۵۴ لاین مربوط به ۱۰ کشور (بنگلادش، مصر، بوتان، فیلیپین، پاکستان، ژاپن، ساحل عاج، هند، ایتالیا و ایران) و مؤسسه ابری به همراه رقم متحمل به گرمای هویزه در خوزستان گزارش نمود معرفی ارقام متحمل به گرما یکی از استراتژی‌ها

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

برای افزایش تولید دانه برنج در کشور و منطقه می‌باشد. در این راستا مقادیر بیش از حد نیاز تشعشع خورشیدی و تنوع میکروکلیمایی بین نواحی جلگه‌ای و کوهستانی کشت برنج و وجود دو سیستم کاشت مستقیم و نشایی، عدم وجود عوامل زنده خسارت‌زا مانند کرم ساقه‌خوار و نیز محدودیت بسیار شدید بیماری بلاست به جهت مکانی از جمله نقاط قوتی هستند که زمینه کشت ارقام مختلف برنج را در استان فراهم می‌سازند و به نظر می‌رسد که استان خوزستان از پتانسیل بالقوه بیشتری نسبت به سایر مناطق برنج خیز کشور برای تولید محصول برنج مناسب و سالم برخوردار باشد. اما هم‌زمانی و ادامه کشت برنج با وقوع درجه حرارت بالای محیط علاوه بر کوتاهتر نمودن دوره رشد رویشی و کاهش تعداد پنجه و تولید ماده خشک و برگ‌سوزی در این مرحله و افزایش شدید میزان عقیمی گلچه‌ها و کاهش طول دوره رسیدگی و پر شدن دانه در مرحله زایشی یکی از عوامل اصلی افت تولید دانه برنج استان محسوب لذا معرفی لاین‌های جدید و سازگار با عملکرد مطلوب امری اجتناب ناپذیر است. اما تحقق این مهم مستلزم تعیین نقش تاریخ کاشت و تاثیرگذاری آن بر پارامترهای اقلیمی مطلوب و مورد نیاز لاین‌های برنج از یک طرف و فرآیند جذب نیتروژن توسط ریشه و انتقال آن به بخش‌های بالایی گیاه، و تاثیر آنها بر اجزای عملکرد دانه ارقام برنج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف دست یابی به سطح مناسبی از تغذیه کود ازته در لاین‌ها و رقم متحمل به گرمای برنج تحت شرایط متفاوت حرارتی ناشی از تغییر در زمان کاشت طراحی گردید. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار به مدت دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. تاریخ کاشت (۴/۱، ۴/۱۰، ۴/۲۰ و ۴/۳۱) به عنوان عامل اصلی و ۳ لاین برنج متحمل به گرمای انتخابی از ۵۴ لاین ارسالی از ایری V1=IR64197-3B-15-2، V2=N22(ACC4819)+RAJBHOG، HARIB+GHARIB(ACC32307) و V3=V4=رقم محلی هویزه (شاهد متحمل به گرما) و سه سطح نیتروژن (n1=۵۰، n2=۷۵ و n3=۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. پس از بسترسازی کامل، بذر خشک لاین‌ها با احتساب ۸۰ کیلوگرم در هکتار در یک بستر خشک بذرپاشی شد و سپس با چنگک در عمق ۳ سانتی‌متری خاک قرار گرفت. برای تسریع در جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه‌ها، آب با عمق ثابت ۴ سانتی‌متر به مدت ۲۰ ساعت در کرت‌ها حفظ شد. سپس تا ظهور اولین برگ دور آبیاری در حد اشباع نمودن خاک تا عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک صورت گرفت. و پس از آن تا ۷-۸ روز قبل از برداشت، آبیاری به صورت غرقاب کامل و با ارتفاع ۵-۴ سانتی‌متر و تناوب ۲-۳ روزه انجام شد. با توجه به نتایج تجزیه خاک، عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و روی از منابع فسفات آمونیم، سولفات پتاسیم و روی به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار به صورت خاک کاربرد مصرف گردیدند. اما نیتروژن خالص در چهار تقسیط طی مراحل نمو شامل پایان گیاهچه‌ای و شروع پنجه‌زنی، ابتدای ساقه رفتن، آبیستی و ظهور ۵۰ درصد خوشه‌ها استفاده شد. کنترل علف‌های هرز توسط وجین دستی و مصرف ۱/۵ لیتر در هکتار سم توفوردی صورت گرفت. در این بررسی، تعداد خوشه در واحد سطح با شمارش خوشه‌ها از در دو سطح ۲۵×۲۵/۰ متری در زمان برداشت بدست آمد. تعداد دانه و وزن هزاردانه با برداشت تصادفی ۵۰ خوشه محاسبه شدند. ارتفاع بوته با اندازه‌گیری تصادفی طول ۳۰ بوته (از قاعده تا نوک خوشه بدون احتساب ریشک) در زمان برداشت تعیین گردید. تجزیه مرکب توسط برنامه MSTATC و مقایسه میانگین‌ها به روش چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث:

تعداد خوشه در واحد سطح:

با توجه به تجزیه مرکب، بین سال، تاریخ کاشت، رقم، اثر متقابل دو عاملی تاریخ کاشت و رقم، و اثر متقابل سه عاملی (سال و تاریخ کاشت و رقم) در سطح ۱ درصد، اثر متقابل رقم و نیتروژن، و تاریخ کاشت و رقم و نیتروژن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

بود اما در سایر موارد اختلافی از نظر آماری وجود نداشت. (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود بیشترین خوشه با متوسط ۴۵۹ در سال اول و کمترین آن با ۳۶۷ تعداد درواحدسطح در سال دوم بدست آمد. اثر متقابل سه گانه تاریخ کاشت و رقم و سال نشان داد تعداد خوشه در لاین‌های برنج و رقم هویزه در هر سه تاریخ کاشت، از سال اول به دوم با شدت‌های متفاوت روندی کاملاً کاهشی داشت و بیشترین تعداد با میانگین‌های ۶۰۴ و ۶۰۷ مربوط به لاین ۱ در تاریخ کاشت‌های اول و دوم از سال اول بود. اما کمترین آن با میانگین‌های ۲۶۳، ۲۸۰ و ۲۷۹ را به ترتیب لاین ۲ و رقم هویزه در تاریخ کاشت سوم و لاین ۳ در تاریخ کاشت دوم از سال دوم داشتند. اثر مقادیر نیتروژن در طی دو سال و سه تاریخ کاشت مشخص نمود علی‌رغم اینکه تعداد خوشه سطوح نیتروژن در هر سه تاریخ کاشت از سال اول به دوم روندی کاهشی داشت. اما به دلیل تفاوت کم تعداد خوشه در بین سطوح نیتروژن و تاریخ کاشت در هر دو سال، اثرات میانگین‌ها مستقل از سال بود. اثر متقابل سطوح نیتروژن و رقم در طی دو سال نشان داد سه لاین و رقم هویزه در هر سه مقادیر نیتروژن، در سال اول تعداد خوشه بیشتری از سال دوم داشتند. و بطور نسبی لاین ۱ در سطوح n1 و n2 و رقم هویزه در n3 از سال اول از تعداد خوشه بیشتری درواحدسطح برخوردار بودند. در اثر متقابل تاریخ کاشت، رقم و نیتروژن مشخص شد بیشترین تعداد خوشه از سطح دوم نیتروژن با متوسط ۵۸۲ را لاین ۱ در تاریخ کاشت اول و کمترین آن با ۲۴۴ خوشه را رقم هویزه در تاریخ کاشت سوم داشتند. اثر متقابل رقم و نیتروژن با سال نشان داد بیشترین و کمترین تعداد خوشه با مقادیر ۵۸۲ و ۲۴۴ به ترتیب مربوط به لاین ۱ و رقم هویزه از سطح n2 در سال اول و دوم بود. و تمامی تیمارهای رقم و نیتروژن در سال اول نسبت به دوم تعداد خوشه بیشتری درواحدسطح داشتند.

دانه در خوشه:

در این بررسی مشخص شد بین سال، تاریخ کاشت، رقم، اثر متقابل دو گانه سال و تاریخ کاشت، سال و رقم، تاریخ کاشت و رقم، و اثر متقابل سه گانه سال و تاریخ کاشت و رقم، تاریخ کاشت، رقم و نیتروژن در سطح ۱ درصد، سطوح نیتروژن و اثر متقابل رقم و نیتروژن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار بود. اما در سایر موارد اختلافی از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۱). هر سه لاین و رقم هویزه بیشترین تعداد را در سال اول داشتند و در سال دوم تعداد دانه خوشه بشدت کاهش یافت به طوری که تعداد و درصد آن به ترتیب با ۲۹، ۳۳، ۳۴ و ۶۳ تعداد یا ۳۴، ۳۶/۸، ۲۹/۳ و ۵۲/۵ درصد بود. در طی دو سال تعداد دانه خوشه از n1 به n3 افزایشی بود. اما تعداد آن در سال دوم در هر سه سطح بشدت کاهش یافت و میزان تفاوت آنها به ترتیب ۳۸، ۴۱ و ۴۰ دانه در هر خوشه بود. در هر سه تاریخ کاشت، لاین‌های متحمل نسبت به رقم هویزه برتری قابل توجهی داشتند. لذا بیشترین و کمترین دانه در خوشه با تعداد ۱۰۳ و ۴۲ دانه مربوط به لاین ۲ و تاریخ کاشت سوم و رقم هویزه در تاریخ کاشت اول بود. تعداد دانه خوشه از n1 به n3، از تاریخ کاشت اول به سوم افزایش داشت. و دامنه آن از حداقل ۶۸ دانه در سطح n1 و تاریخ کاشت اول تا ۱۰۴ دانه در n3 و تاریخ کاشت سوم متغیر بود. در اثر متقابل سه عاملی سال و تاریخ کاشت و رقم، علاوه بر کاهش قابل توجه تعداد دانه خوشه لاین‌ها و رقم هویزه در سال دوم و هر سه تاریخ کاشت، بیشترین تعداد با ۱۳۶ و ۱۲۴ مربوط به لاین ۳ و تاریخ کاشت‌های دوم و سوم و ۱۲۴ دانه در لاین ۲ و تاریخ کاشت دوم از سال اول بدست آمد. تعداد دانه خوشه هر سه سطح نیتروژن در سال دوم در هر سه تاریخ کاشت کاهش یافت. علاوه بر برتری سه لاین نسبت به رقم هویزه در هر سه سطح نیتروژن در هر دو سال، تعداد آن در سال دوم به مراتب کمتر بود. و بالاترین تعداد با ۱۳۱ دانه را لاین ۳ و n3 در سال دوم داشتند و کمترین آن مربوط به رقم هویزه و n1 در سال دوم با متوسط ۴۳ دانه در هر خوشه بود. اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم و نیتروژن نشان داد صرف نظر از برتری لاین‌های متحمل نسبت به رقم هویزه در تمام سطوح نیتروژن، در هر سه تاریخ کاشت، بیشترین دانه خوشه با ۱۲۶ عدد در n3 و تاریخ کاشت سوم و کمترین آن با ۳۹ عدد مربوط به n1 و تاریخ کاشت اول از رقم هویزه بدست آمد.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

وزن هزاردانه:

نتایج تجزیه مرکب نشان داد بین تاریخ کاشت، رقم، و اثر متقابل دوگانه سال و رقم، تاریخ کاشت و رقم و اثر سه گانه سال، تاریخ کاشت و رقم در سطح ۱ درصد و اثر متقابل سال و تاریخ کاشت، رقم و نیتروژن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری وجود داشت اما در سایر موارد از نظر آماری اختلافی نبود (جدول ۱). در اثر متقابل سال و تاریخ کاشت، تغییرات وزن دانه در هر سه تاریخ کاشت از سال اول به دوم روندی افزایشی داشت. بیشترین وزن دانه با ۲۱/۶۹ گرم مربوط به لاین ۲ در سال دوم بود و کمترین آن با مقادیر ۱۸/۲۴ و ۱۸/۱۹ گرم را رقم هویزه و لاین ۲ در سال اول داشتند. وزن دانه در سطوح نیتروژن از سال اول به دوم روند افزایشی و از برتری نسبی برخوردار بود. و مقدار آن از ۲۰/۶۸ گرم در N2 تا ۲۰/۹۹ گرم در N3 متغیر بود. واکنش وزن هزاردانه لاین ها و رقم هویزه در سطوح تاریخ کاشت بیانگر روند کاهشی از تاریخ کاشت اول به سوم می باشد. و در هر سه تاریخ کاشت لاین ۱ و ۳ از بیشترین وزن دانه برخوردار بودند. همچنین سنگین ترین و سبک ترین دانه ها با ۲۲/۵۵ و ۱۶/۹۳ گرم در لاین ۳ و تاریخ کاشت اول و رقم هویزه در تاریخ کاشت سوم بدست آمد. اثر متقابل تاریخ کاشت و نیتروژن نشان داد در تمام سطوح نیتروژن وزن دانه از تاریخ کاشت اول به سوم بشدت کاهش یافت که میزان آن در تاریخ کاشت سوم به مراتب بیشتر بود. رقم هویزه در هر سه مقدار نیتروژن از کمترین وزن دانه برخوردار بود. و بیشترین میزان آن را لاین ۱ در هر سه سطح نیتروژن و لاین ۳ در سطوح ۲ و ۳ نیتروژن داشتند. بیشترین وزن دانه با ۲۳/۳ گرم را لاین ۳ در تاریخ کاشت و سال اول داشت. اما کمترین آن مربوط به رقم هویزه و لاین ۲ با مقادیر ۱۵/۸ و ۱۶/۸ گرم در سال اول بود. واکنش سطوح نیتروژن به تاریخ کاشت در طی دو سال مشخص نمود وزن دانه از سال اول به دوم در هر سه سطح نیتروژن و تاریخ کاشت روندی افزایشی داشت. و در طی دو سال سطوح نیتروژن در تاریخ کاشت سوم از مقادیر کمتری برخوردار بودند. وزن دانه رقم هویزه و لاین ۲ در هر سه سطح از نیتروژن، از سال اول به دوم افزایش داشت و مقدار آن در لاین ۲ قابل توجه بود. اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم و نیتروژن نشان داد وزن دانه در لاین های ۱ و ۳ در هر سه سطح نیتروژن از تاریخ کاشت اول به سوم روند کاهشی داشت.

- ارتفاع بوته:

نتایج این بررسی نشان داد بین تاریخ کاشت، ارقام، اثر متقابل دوگانه سال و رقم، تاریخ کاشت و رقم و اثر سه گانه سال، تاریخ کاشت و رقم در سطح ۱ درصد، اثر متقابل سال و تاریخ کاشت، سال و تاریخ کاشت و رقم، و رقم و نیتروژن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار بود. اما در سایر موارد و اثرات اختلافی از نظر آماری مشاهده نشد (جدول ۱). تغییرات طول بوته بین تاریخ های کاشت در طی دو سال نشان داد مقدار آن در هر دو سال از تاریخ کاشت اول به سوم از روندی نزولی برخوردار بود. و مقدار آن از بیشترین ۱۰۱/۷ سانتی متر در تاریخ کاشت اول با تفاوت ۲۸/۸ سانتی متر به کمترین ۷۲/۹ سانتی متر در تاریخ کاشت سوم رسید. اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم نشان داد بلندترین و کوتاهترین بوته با مقادیر ۱۱۴/۲۲ و ۶۹/۸۹ سانتی متر به ترتیب مربوط به رقم هویزه و لاین ۱ در تاریخ کاشت های ۱ و ۳ بود. هر سه لاین و رقم هویزه، بیشترین طول بوته را در تاریخ کاشت اول داشتند. همچنین در هر سه تاریخ کاشت لاین های متحمل به گرما نسبت به رقم هویزه از بوته های بسیار کوتاهتری برخوردار بودند. اثر متقابل سه گانه سال و تاریخ کاشت و رقم مشخص نمود در سال اول علی رغم برتری رقم هویزه و لاین ۲ نسبت به دو لاین دیگر، روند تغییرات از تاریخ کاشت اول به سوم نیز کاهشی بود. لذا بیشترین و کمترین طول بوته با مقادیر ۱۲۵/۶ و ۶۲/۵ سانتی متر را به ترتیب، لاین ۲ و ۱ در تاریخ کاشت اول داشتند. بیشترین و کمترین طول بوته را رقم هویزه و سطح سوم نیتروژن در تاریخ کاشت اول با متوسط ۱۱۶/۲ سانتی متر داشت و کمترین آن با میانگین ۶۵/۸ سانتی متر مربوط به لاین ۱ و سطح دوم نیتروژن و تاریخ کاشت بود.

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

نتیجه‌گیری

با افزایش دما در سال دوم، تعداد خوشه در واحد سطح، دانه در خوشه، وزن دانه‌ها کاهش یافتند که می‌تواند از دلایل اصلی عملکرد کمتر در این سال باشد. همچنین با تاخیر در کاشت، طول بوته نیز کمتر شد.

بررسی منابع

- ۱-گیلانی، ع. جلالی، س. ۱۳۹۴. بررسی لاین‌های برنج متحمل به گرما در خوزستان، گزارش نهایی، موسسه تحقیقات برنج کشور.
2-Baloch, M.S., Awan, I.u. and Hassan, G. 2006. Growth and yield of rice as affected by transplanting dates and seedling per hill under high temperature of Dera Ismail Khan, Pakistan. *J. Zhejiang . univ. Science B*. 7(7): 572-579.
- 3- FAO. 2006, www.fao.org.
- 4-Horie, T., Yoshida, H., Shiraiwa, T., Nakagawa, H., Kuroda, E., Sasaki, T., Hagiwara, M., Kobata, T., Ohnishi, M. and Kobayashi, K. 2003. Analysis of genotype by environment interaction in yield formation processes of rice grown under a wide environmental range in Asia. 10. Asian Rice Network (ARICENET) research and preliminary results. *JPN. J. Crop Sci.* 72 (Extra issue2):88-89(in Japanese).
- 5-OH-e.I., Kuniyuki, S. and Toshiro, K. 2003. Effects of rising temperature on growth, yield and drymatter production of rice grown in the paddy field. Faculty of Agriculture, Okayama university 1-6, www.okayama-u.ac.jp.
- 6-Porter, R. 2008. Rising temperatures are likely to reduce Crop yields. *Nature* 436, 174.
- 7-Zhu, C.I., Xiao, y. H., Wang, C.M., Jiang, L., Zhai, H. Q. and wan, J.M. 2005. Mapping QTL for heat-tolerance at grain filling stage in rice. *Rice Sci.* 12(1):33-38.

جدول: خلاصه نتایج تجزیه مرکب

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد خوشه	دانه در خوشه	وزن هزاردانه	طول بوته
سال	۱	۴۵۷۶۰۸/۱**	۸۵۰۸۵**	۶۴/۸**	۸/۶۴ ^{ns}
تکرار (سال)	۴	۵۵۰۲۵/۷ ^{ns}	۴۲۸/۳۱ ^{ns}	۵/۰۷ ^{ns}	۱۵۹/۸۸ ^{ns}
تاریخ کاشت	۲	۲۷۷۰۴۲/۱**	۱۰۸۰۸/۷**	۹۴/۷**	۵۵۴۳/۶**
سال × تاریخ کاشت	۲	۳۱۹۳۸/۲ ^{ns}	۱۲۲۶۲/۳**	۳۵/۰۲*	۳۰۵۳/۹۲**
خطای (a)	۶	۱۱۷۰۸/۸	۵۶۶/۵	۷/۳	۴۱۵/۸۷
رقم	۳	۱۱۹۰۲۲/۰۱**	۱۰۲۲۳/۷**	۸۵/۴**	۹۷۹۸/۶۲**
سال × رقم	۳	۴۲۹۳/۴ ^{ns}	۳۴۲۳/۸**	۳۶/۴**	۴۶۵۱/۴**
تاریخ کاشت × رقم	۶	۳۷۵۴۲/۱**	۲۶۷۲/۱**	۴/۷**	۹۰۹/۹۵**
سال × تاریخ کاشت × رقم	۶	۳۸۶۶۰/۱**	۷۳۷/۸**	۱۰/۱**	۸۷/۹۵*
نیتروژن	۲	۱۴۴۷۱/۹ ^{ns}	۹۱۸/۲*	۱/۳۳ ^{ns}	۱/۷۹ ^{ns}
سال × نیتروژن	۲	۱۴۰۷۷/۶ ^{ns}	۶۶/۵ ^{ns}	۲/۵۳ ^{ns}	۱۴/۳ ^{ns}
تاریخ کاشت × نیتروژن	۴	۱۹۵۵/۸ ^{ns}	۴۲۴/۳ ^{ns}	۲/۱۳ ^{ns}	۹۸/۱۸ ^{ns}
سال × تاریخ کاشت × نیتروژن	۴	۱۲۶۴۹/۷ ^{ns}	۱۳۵/۸ ^{ns}	۲/۷۸ ^{ns}	۹۷/۶۸ ^{ns}
رقم × نیتروژن	۶	۱۸۳۳۴/۶*	۴۴۲/۶*	۳/۳۷*	۹۴/۱۲*
سال × رقم × نیتروژن	۶	۹۴۵۲/۳ ^{ns}	۲۸۸/۳ ^{ns}	۰/۱۸۵ ^{ns}	۴۶/۲۶ ^{ns}
تاریخ کاشت × رقم × نیتروژن	۱۲	۱۵۷۵۶/۶*	۶۳۲/۴**	۱/۱۲۴ ^{ns}	۱۶۳/۲۹**
سال × تاریخ کاشت × رقم × نیتروژن	۱۲	۵۹۷۵/۳ ^{ns}	۹۱/۸ ^{ns}	۱/۴۸۸ ^{ns}	۴۰/۰۶ ^{ns}
خطای (b)	۱۳۴	۷۳۸۱/۶	۱۹۶/۵	۱/۲۵۵	۴۰/۵۶

The reaction of yield component and plant length of heat tolerance rice cultivars to nitrogen under heat stress

A. Gilani^{1*}, S. Jalali²

^{1*}- Corresponding Author, Assistant professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center.

²- Rice researcher of Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center.

Abstract

This study planned for opportunity to suitable level nitrogen nutrition in heat tolerance rice cultivars under different condition high temperature by planting date change. The experiment was laid out in a randomized complete design on factorial-split with three factors and replications for two years (2017- 2018) in Shavoor agriculture research station. planting date as main plot included three levels (d1- 5/20, d2- 5/30 and d3- 6/9) and sub plot were on factorial of rice cultivars namely (V1=IR64197-3B-15-2, V2=N22(ACC4819)+RAJBHOG V3=GCHARIB(ACC32307+GCHARIB and V4-H0vazeh) with three levels nitrogen (n1-50,n2-75 and n3-100 kg/ha). The results of combined analysis of variance showed significant difference for panicle number/ m², seed per panicle in % and grain weight in %5 level respectively. The highest and lowest Panicle number/ m² with 582 and 244 related to d1n2v1 and d3n2v2 respectively. The highest seed per panicle with 126 related to d3n3v4 and the lowest obtain in d1n1v4 with 39.

Key words: Rice lines, Panicle number, Grain weight, Nitrogen nutrition.

تأثیر تغذیه بر عارضه خشکیدگی خوشه و ویژگی‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی میوه خرما

صمدی عباس^۱، استوارزاده حکیمه^۲، سپهر ابراهیم^۳ و محمدی مبارکه سید ضیاء^۴

۱- هیئت علمی دانشگاه ارومیه، a.samadi@urmia.ac.ir

۲- دانش آموخته دانشگاه ارومیه، ۳- هیئت علمی دانشگاه ارومیه و ۴- هیئت علمی دانشگاه پیام نور

چکیده

عارضه خشکیدگی خوشه خرما بر روی کمیت و کیفیت میوه اثر می‌گذارد. به منظور ارزیابی تاثیر عامل مدیریتی تغذیه بر روی عارضه و ویژگی‌های میوه‌های خرما، آزمایشی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. تیمارهای تغذیه شامل سیلیکات پتاسیم در غلظت ۰/۵ درصد، سولفات پتاسیم در غلظت ۰/۵ درصد و کلرید کلسیم در غلظت ۰/۵ درصد بودند. تیمار بدون دریافت کود نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نخل‌ها با این محلول‌ها از مرحله حبابوک تا رطب محلول‌پاشی شدند. درصد خوشه خشکیده، وزن، طول و میزان پرولین میوه‌ها تعیین شدند. نتایج نشان داد سیلیکات پتاسیم و سولفات پتاسیم باعث ۱۰۰ درصد کاهش معنی‌دار ($P \leq 0.05$) عارضه در مقایسه با تیمار شاهد شدند. سیلیکات پتاسیم و کلرید کلسیم به ترتیب باعث ۳۶، ۳۴ و ۳۵ درصد افزایش معنی‌دار ($P \leq 0.05$) وزن میوه در مقایسه با تیمار شاهد شدند. سولفات پتاسیم باعث ۱۲ درصد افزایش معنی‌دار ($P \leq 0.05$) طول میوه در مقایسه با تیمار شاهد شد. سیلیکات پتاسیم و کلرید کلسیم به ترتیب باعث ۴۹/۶ و ۴۵/۲ درصد افزایش معنی‌دار ($P \leq 0.05$) میزان پرولین میوه در مقایسه با تیمار شاهد شدند. می‌توان نتیجه گرفت این کودها باعث کاهش عارضه شده و ویژگی‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی میوه خرما را بهبود بخشیدند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، عارضه خشکیدگی خوشه خرما، کود شیمیایی، نخل خرما

مقدمه

خرما یکی از مهمترین محصولات باغی گرمسیری ایران می‌باشد که از اهمیت ویژه‌ای در صادرات محصولات غیر نفتی برخوردار است (میرزایی و کرم پور ۱۳۸۶). در سال ۲۰۱۸، بیش از ۱۷۰ هزار هکتار زمین‌های ایران زیر کشت نخل خرما بوده و محصول سالیانه خرما بیش از یک میلیون تن بود (FAO 2018).

یکی از مشکلات مهم نخل‌داران استان‌های کرمان بوشهر، خوزستان، هرمزگان و سیستان و بلوچستان در چند سال اخیر خسارت ناشی از عارضه خشکیدگی خوشه خرما بوده است (Panahi and Damankeshan 2015). عارضه فقط در بافت‌های مولد بالغ اتفاق می‌افتد. در ابتدا به صورت زخم‌های زرد کمرنگ بر روی سطوح بالایی و برخی مواقع بر روی سطوح پایینی دمبرگ ظاهر می‌شود و به تدریج به صورت نوارهای قهوه‌ای کمرنگ در طول دمبرگ و خوشک‌ها توسعه می‌یابد. سپس میوه‌ها از پایین خوشک به سمت نوک آن پژمرده می‌شوند و به تدریج تمام خوشه و میوه‌ها خشک می‌شوند (Pouzesh Shirazi et al. 2008).

از عوامل مهمی که باعث ایجاد این عارضه می‌شود تنش غیرزیستی است (Izadi and Shahsavari 2015). طبق مطالعات قبلی بر روی عارضه، به نظر می‌رسد که ظهور و شدت عارضه خشکیدگی خوشه خرما تحت تأثیر فاکتورهای محیطی و اقلیمی زیان‌آور همچون بادهای گرم و داغ، دمای بالا و رطوبت نسبی پایین (خشکی شدید) است (Pouzesh Shirazi et al. 2008; Pezhman et al. 2003).

رعایت مبانی مدیریتی و به‌زراعی در نخلستان‌ها در کاهش آسیب این عارضه مؤثر است (میرزایی و همکاران ۱۳۸۰). یکی از عوامل مدیریتی این عارضه، مدیریت تغذیه نخل‌های خرما است. به نظر می‌رسد مدیریت مناسب تغذیه، عارضه را کاهش داده و حتی آن را کنترل می‌کند (Saleh 2009). گیاهی که خوب تغذیه شده و به مقدار کافی عناصر غذایی را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت و در این راستا کمیت و کیفیت محصول نیز تحت تأثیر قرار خواهد گرفت (Lal et al. 1993). همان‌گونه که رازا و همکاران (Raza et al. 2006) بیان کردند از بین استراتژی‌های مختلف بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و شیمیایی که بر تولید گیاه مؤثرند (Ashraf and Foolad 2007)، کاربرد عناصر

غذایی برای بهبود عملکرد گیاه تحت تنش شوری مناسب تشخیص داده شده است. بنابراین تحت شرایط آبیاری محدود و تنش خشکی؛ تغذیه مناسب قادر است عملکرد مناسبی برای نخل خرما تولید کند، زیرا در برخی گیاهان دیگر این نتیجه حاصل شده است. بنابراین در نخلستان‌های جنوبی کشور که عمدتاً با کمبود آب و عناصر غذایی و دمای بالا مواجهند در صورت امکان تنظیم دور آبیاری همراه با تغذیه مناسب شدت تنش‌ها را کاهش داده و عارضه خشکیدگی خوشه خرما در نخلستان‌ها را بهبود خواهد بخشید.

آزمایشاتی که تاکنون انجام شده تاثیر تغذیه (پتاسیم و کلسیم) را بر ویژگی‌های ظاهری و فیزیکی نخل و میوه خرما بررسی کرده و در موارد معدود برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیولوژیکی مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین مطالعه انتشار یافته‌ای راجع به تاثیر سیلیسیم بر عارضه خشکیدگی یافت نشد. بنابراین ضرورت دارد تاثیر پارامترهای تغذیه بر نخل خرما دچار عارضه خشکیدگی با نگاهی دقیق‌تر به جنبه‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفته تا با توجه به آن با اطمینان و تاکید بیشتر، تغذیه به عنوان فاکتور مدیریتی موثر بر عارضه معرفی شود. بنابراین در تحقیق حاضر تاثیر محلول‌پاشی عناصر پتاسیم، کلسیم و سیلیسیم بر شدت عارضه و کیفیت فیزیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی میوه در شرایط تنش رطوبتی و بروز عارضه خشکیدگی خوشه خرما مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه تاثیر فاکتور مدیریتی تغذیه بر کاهش عارضه خشکیدگی خوشه خرما آزمایشی بر روی نخل‌های ماده هم‌سن (۲۲ ساله) در یک باغ خصوصی در شهرستان بم صورت گرفت.

قبل از انجام آزمایش؛ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ توسط روش‌های رایج آزمایشگاهی تعیین شد. با توجه به نتایج آزمایش خاک، کوددهی نخل‌ها به میزان مناسب و به روش چالکود انجام شد.

سپس آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای تغذیه شامل سیلیکات پتاسیم در غلظت ۰/۵ درصد، سولفات پتاسیم در غلظت ۰/۵ درصد و کلرید کلسیم در غلظت ۰/۵ درصد بودند. تیمار بدون دریافت کود نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نخل‌ها با این محلول‌ها از مرحله حبابوک تا رطب ۴ بار محلول‌پاشی شدند.

ویژگی‌های فیزیکی (درصد خوشه خشکیده، وزن، طول میوه‌ها) و فیزیولوژیکی (میزان پرولین میوه‌ها) تعیین شدند. قبل از برداشت میوه‌ها در مرحله رسیدگی میوه (تمار)؛ درصد خوشه‌های خشکیده نخل‌های مورد مطالعه تعیین شد، سپس میوه‌ها برداشت شد. وزن میوه‌های خرما توسط ترازوی دیجیتال و طول میوه‌ها توسط کولیس اندازه‌گیری شد.

پرولین توسط سولفوسالیسیلیک اسید عصاره‌گیری شد و توسط نین هیدرین تعیین شد (Bates et al. 1973). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS, version 22 انجام شد. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۵ درصد تعیین شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول ۱ نشان داد همه تیمارهای کودی درصد خوشه خشکیده را کاهش دادند اگر چه کود سیلیکات پتاسیم و کلرید کلسیم باعث ۱۰۰ درصد کاهش معنی‌دار ($P \leq 0.05$) خشکیدگی خوشه خرما در مقایسه با تیمار شاهد شدند. یکی از راه‌هایی که سیلیسیم در برابر تنش مقاومت می‌کند ایجاد مانع فیزیکی است، به نظر می‌رسد این مانع فیزیکی از هدر روی آب جلوگیری می‌کند؛ سیلیسیم با افزایش استحکام دیواره سلول‌های اپیدرمی باعث جلوگیری از تعرق کوتیکولی شده و این امر باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی و شوری می‌شود (Kaerlek 2012). کاربرد سیلیسیم بر روی نخل خرما رقبه دچار تنش خشکی، پارامترهای رشد را بهبود بخشید و مقاومت به خشکی را افزایش داد (Al-Mayahi 2016). چون عارضه خشکیدگی خوشه خرما در مرحله تبدیل خارک به رطب زمانی که گیاه

درگیر تنش محیطی ناشی از بالا رفتن شدید و ناگهانی درجه حرارت است به وقوع می‌پیوندد و میوه در مرحله خارک به حداکثر رشد حجمی خود رسیده و دارای حداکثر میزان رطوبت می‌باشد، در چنین شرایطی میوه بسیار ترد و ظریف و شیره سلولی دارای بیشترین درجه رقت است. احتمالاً در چنین شرایطی افزایش غلظت شیره سلولی از آسیب‌پذیری سلول‌ها در برابر افزایش ناگهانی درجه حرارت جلوگیری می‌کند. در بین یون‌های مختلف یون کلسیم می‌تواند موجب انقباض سلول و افزایش غلظت شیره سلولی شود (پناهی ۱۳۷۹).

جدول ۱- اثر تیمارهای کودی بر ویژگی‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی خوشه و میوه‌های خرما

Fertilizer types	Faded bunches (%)	Fruit's weight (gr)	Fruit's length (mm)	Proline ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{FW}$)
NF	23.81b	7.27b	31.98b	4.59b
Si	0.00a	11.36a	33.87ab	9.11a
KS	16.3b	11.02a	36.41a	7.54ab
CC	0.00a	11.18a	33.87ab	8.38a

NF, Si, KS, CC به ترتیب شامل تیمار بدون دریافت کود (شاهد)، سیلیکات پتاسیم، سولفات پتاسیم و کلرید کلسیم است. حروف غیرهم‌نام در هر ستون نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

با توجه به جدول ۱، کمترین و بیشترین وزن میوه خرما به ترتیب در نخل‌های تیمار شاهد و سیلیکات پتاسیم مشاهده شد. تیمار سیلیکات پتاسیم، سولفات پتاسیم و کلرید کلسیم به ترتیب باعث ۳۶، ۳۴ و ۳۵ درصد افزایش معنی‌دار ($P \leq 0.05$) وزن میوه خرما در مقایسه با تیمار شاهد شدند. سلاما و همکاران (Salama et al. 2014) نیز تاثیر مثبت کود سولفات پتاسیم را بر نخل خرما را بر نخل رقم حیانی را مرتبط با نقش پتاسیم در کنترل محتوی آب سلول، سنتز کربوهیدرات‌ها و انتقال آنها در بافت‌های گیاه دانستند. علت آن ممکن است در ارتباط با نقش پتاسیم در نگهداشت تورژسانس سلول و بزرگ شدن سلول‌ها باشد (Marschner 1995) یا مربوط به نقش پتاسیم در تنظیم مقدار سیتوکینین باشد که تقسیم سلولی را تنظیم می‌کند. به علاوه پتاسیم یک نقش کلیدی در تنظیم همانند سازی دی اکسید کربن (Jin et al. 2011) و انتقال کربوهیدرات‌ها دارد (Harhash and Abdel-Nasser 2010) و با توجه به اینکه قسمت زیادی از میوه خرما از کربوهیدرات‌هاست بنابراین پتاسیم باعث افزایش وزن میوه می‌گردد (شکفته و نیک‌پور ۱۳۹۵).

کمترین طول میوه خرما در نخل‌های تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۱). افزودن تیمارهای کودی باعث افزایش طول میوه خرما شد. بیشترین طول میوه خرما در تیمار سولفات پتاسیم مشاهده شد، این تیمار به طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) طول میوه را در مقایسه با تیمار شاهد؛ ۱۲ درصد افزایش داد. هرش و عبدالناصر (Harhash and Abdel-Nasser 2010) نشان دادند محلول‌پاشی پتاسیم به طور معنی‌داری ($P \leq 0.05$) ویژگی‌های فیزیکی مثل وزن، حجم، طول، قطر و درصد گوشت میوه خرما را رقم خلاس را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. پتاسیم میزان انتقال قند به مناطق فعال رشدی و میوه‌های در حال رشد را افزایش می‌دهد. بنابراین افزایش ویژگی‌های فیزیکی میوه ممکن است در ارتباط با بهبود رشد میوه و جذب پتاسیم باشد که فرایندهای متابولیک را تشدید می‌کند (Harhash and Abdel-Nasser 2010). ال-حجاج و همکاران (Al-Hajaj et al. 2020) با استفاده از محلول‌پاشی سولفات پتاسیم بر روی نخل خرما رقم مجدول نیز افزایش اندازه میوه را گزارش کردند.

نتایج جدول ۱ نشان داد تیمارهای کودی سیلیکات پتاسیم، سولفات پتاسیم و کلرید کلسیم باعث افزایش میزان پرولین میوه خرما شدند. کود سیلیکات پتاسیم و کلرید کلسیم به ترتیب باعث ۴۹/۶ و ۴۵/۲ درصد افزایش معنی‌دار ($P \leq 0.05$) پرولین در مقایسه با تیمار شاهد شدند. تجمع پرولین در میوه‌های این تیمارها نشان از مقابله نخل در برابر تنش دارد. تاثیر سیلیسیسم در کاهش پرولین قبلا بر روی گیاهان تحت تنش غیرزیستی مشاهده شده است (حسنوند و

- Marschner, H. (1995). Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: Mineral nutrition.
- Panahi, B., and Damankeshan, B. (2015). The effect of Putrescine on date bunch fading disorder. *Biological Forum– An International Journal*, 7(2), 1035-1040.
- Pezhman, H., Roshan, V., and Rahkhodaei, E. (2003). Effects of cultural practices on date bunch fading disorder. In: Abstracts of the International Conference on Date Palm, King Saud University (Qaseem Branch), Buraidah, Saudi Arabia. 16–19 September, p46
- Pouzesh Shirazi, M., Izadi, M., and Khademi, R. (2008). Study the Climatical Factors Effects on Bunch Fading Disorder of Date Palm in Southern Iran and the Methods of its Control. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4, 570-574.
- Raza, S.H., Athar, H.R., and Ashraf, M. (2006). Influence of exogenously applied glycinebetaine on the photosynthetic capacity of two differently adapted wheat genotypes under salt stress. *Pakistan Journal of Botany*, 38, 341–351
- Salama, A.S.M., El-Sayed, O.M., El Gammal, O.H.M. (2014). Effect of Effective Microorganisms (EM) and Potassium Sulfate on Productivity and Fruit Quality of "Hayany" Date Palm Grown Under Salinity Stress. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7(6), 90-99
- Saleh, J. (2009). Yield and chemical composition of 'piarom' Date- Palm Phoenix dactylifera as affected by nitrogen and phosphorus levels. *International Journal of Plant Production*, 2(3), 57-64
- Shah, S.H., Wainwright, S.J., and Merrett, M.J. (1990). The interaction of sodium and calcium chlorides and light on growth, potassium nutrition, and proline accumulation in callus cultures of *Medicago Sativa* L. *New Phytologist*, 116, 37-45.

Effect of nutrition on bunch fading disorder and physical and physiological characteristics of date fruits

Samadi Abbas¹, Ostovarzadeh Hakimeh², Sepehr Ibrahim³ and Mohammadi Mobarakeh Seyed Zia⁴

1- Faculty member of Urmia university, a.samadi@urmia.ac.ir

2- Graduate of Urmia university, 3- Faculty member of Urmia university and 4- Faculty member of Payam noor university

Abstract

Bunch fading disorder influences on quantity and quality of fruits. In order to studying impact of nutrition as a management factor on disorder, as well as characteristics of Mazafati date, the experiment was carried out in a randomized complete block design. Nutrition treatments included potassium silicate in 0.05 % concentration, potassium sulfate in 0.5 % concentration and calcium chloride in 0.5 % concentration. No fertilizer treatment was considered as control. Date palms sprayed with these solutions from hababouk to rutab stage. Percent of faded bunches, fruit's weight, fruit's length and fruit's proline content were determined. The results indicated that potassium silicate and potassium sulfate decreased faded bunches significantly ($P \leq 0.05$), 100 percent as compared to control treatment. Potassium silicate, potassium sulfate and calcium chloride increased fruit's weight respectively 36.0, 34.0 and 35.0 percent significantly ($P \leq 0.05$) as compared to control treatment. Potassium sulfate increased fruit's length significantly ($P \leq 0.05$), 12.0 percent as compared to control treatment. Potassium silicate and calcium chloride respectively increased proline content 49.6 and 45.2 percent as compared to control treatment significantly ($P \leq 0.05$). It can be concluded that fertilizer treatments noticeably decreased disorder and improved physical and physiological characteristics of of date fruits.

Key words: Proline, Date bunch fading disorder, Date palm, Chemical fertilizer, Date palm

تأثیر استفاده از اوره همراه با مهارکننده نیتریفیکاسیون نیتراپیرین بر انتشار گاز آمونیاک

رایحه میرخانی^{۱*}، مهدی شرفاء^۱، محمدسجاد قوامی^۲، الناز احمدی^۳، سیاوش فرهادی^۳

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. rmirkhani@ut.ac.ir

۲. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای.

چکیده

افزودن نیتروژن به خاک بصورت کود شیمیایی یک عامل اصلی موثر بر بازده زراعی و اقتصادی محصول می‌باشد و تصعید گاز آمونیاک با توجه به شرایط اقلیمی ایران و pH خاک‌ها از مهمترین مسی‌رهای هدررفت این عنصر می‌باشد. بنابراین اتلاف نیتروژن از خاک بصورت تصعید از یک طرف بازده اقتصادی تولیدکننده را کاهش می‌دهد و از طرف دیگر دارای تأثیرات منفی بر محیط زیست می‌باشد. آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تیمار و ۵ تکرار با هدف بررسی اثر مهارکننده نیتریفیکاسیون (نیتراپیرین) بر تصعید گاز آمونیاک در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارها شامل: تیمار کنترل (بدون کود اوره)، تیمار کود اوره به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه تقسیط و تیمار کود اوره به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با مهارکننده نیتریفیکاسیون (نیتراپیرین) در سه تقسیط اجرا شد. نتایج این مطالعه نشان داد، فاکتور انتشار گاز آمونیاک در تیمار اوره برابر با ۲۹٪ و در تیمار اوره با نیتراپیرین ۳۷٪ بوده است. بنابراین استفاده از مهارکننده نیتریفیکاسیون (نیتراپیرین) همراه با اوره باعث افزایش معنی‌دار تصعید گاز آمونیاک به میزان تقریباً ۲۵ درصد شده است.

واژگان کلیدی: تصعید آمونیاک، فاکتور انتشار، کود اوره، گندم زمستانه، مهارکننده نیتریفیکاسیون.

مقدمه

نیتروژن یک ماده مغذی ضروری برای تولید اقتصادی محصول می‌باشد که معمولاً بصورت کود استفاده می‌شود و در خاک تحت تغییرات زیادی قرار می‌گیرد. این تغییرات که در سطح و درون خاک رخ می‌دهد، می‌تواند کارایی استفاده از نیتروژن (NUE) را تحت تأثیر قرار دهد. آبشویی، رواناب و تصعید گاز آمونیاک از فرآیندهای اصلی هدررفت نیتروژن در خاک می‌باشند (Sharma and Bali, 2018). مدیریت نیتروژن یک کار چالش برانگیز است و روش‌های مدیریتی متفاوتی برای بهبود کارایی آن استفاده می‌شود. با این حال، فقط حدود ۴۷٪ نیتروژن اضافه شده به خاک برای استفاده گیاهان زراعی در سطح جهان به محصول قابل برداشت تبدیل می‌شود، و این بدین معنی است که بیش از نیمی از نیتروژن مورد استفاده به عنوان کود در حال حاضر در محیط زیست از بین می‌رود (Lassaletta et al., 2014). آمونیاک به عنوان یک نوع نیتروژن واکنش پذیر که در فرآیندهای جهانی چرخه نیتروژن دخیل است، دارای اثرات مخربی بر اکوسیستم‌های خشکی و آبرزی، آب و هوا و سلامت انسان می‌باشد (Liu et al., 2013). آمونیاک به خودی خود یک گاز گلخانه‌ای نیست، اما هنگامی که دوباره روی زمین رسوب می‌کند در فرآیند تبدیل NH_4 به NO_3 و N_2 ، گاز نیتروژن اکساید تولید می‌شود لذا آمونیاک تصعید شده به عنوان یک منبع غیرمستقیم برای تولید گاز گلخانه‌ای نیتروژن اکساید در نظر گرفته می‌شود که به طور غیرمستقیم در گرم شدن کره زمین و تخریب ازن استراتوسفر نقش دارد (Sanz-Cobena et al., 2012; Saggar et al., 2013). میانگین تلفات جهانی NH_3 از کودهای اوره نزدیک به ۱۴٪ تخمین زده می‌شود، اما از دست دادن نیتروژن از طریق تصعید گاز آمونیاک می‌تواند به بیش از

۳۰٪ به ویژه در مناطق با خاک قلیایی برسد. در خاک‌های گرمسیری این میزان به دلیل دمای بالا می‌تواند بیش از ۴۰٪ اوره اعمال شده را شامل شود (Bouwman et al., 2002; Cantarella et al., 2003; Corstanje et al., 2008; Pan et al., 2016). میزان انتشار گاز آمونیاک تحت تأثیر شرایط اقلیمی (Congreves et al., 2016)، خصوصیات خاک و مدیریت مزرعه قرار می‌گیرد (Huijsmans, 2003). تخمین زده می‌شود که حدود ۱-۲٪ از آمونیاک تصعید شده بعداً به گاز N_2O تبدیل شود (Wulf et al., 2002). اوره حدود ۵۶٪ از تولید جهانی کودهای نیتروژنه را به خود اختصاص می‌دهد (Bremner, 2007; International Fertilizer Industry Association, 2013; Suter et al., 2016). ایران در تولید اوره خودکفا است و صنایع کشاورزی به طور گسترده‌ای از این کود استفاده می‌کنند.

نیتروژن اکساید (N_2O) یک گاز گلخانه‌ای مهم است و خاک بزرگترین منبع انسانی تولید گاز نیتروژن اکساید است. فعالیت‌های کشاورزی مسئول حدود ۵۹٪ انتشار گاز نیتروژن اکساید با منشأ انسانی می‌باشند (Ciais et al., 2014). هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC) بیان کرده است که مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون (NI) می‌توانند به عنوان یک راهکار برای کاهش انتشار N_2O در کشاورزی استفاده شوند (IPCC, 2014). مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون با مهار فعالیت باکتری‌های نیتروژنوموناس در خاک برای مدت زمان مشخص (چهار تا ده هفته)، اکسیداسیون باکتریایی یون آمونیوم (NH_4) را به تأخیر می‌اندازند. هدف از استفاده از مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون کنترل هدر رفت نیترات از طریق آبشویی و انتشار گاز نیتروژن اکساید از خاک سطحی با طولانی نگه داشتن نیتروژن در خاک به فرم آمونیوم و در نتیجه افزایش کارایی استفاده از نیتروژن می‌باشد (Trenkel, 2010). مهارکننده‌های معمول نیتریفیکاسیون مورد استفاده عبارتند از نیتراپیرین (۲-کلرو-۶-تری کلرومتیل پیریدین) با نام تجاری N-Serve، DCD (dicyandiamide) و DMPP (۳،۴-دی‌متیل‌پیرازول فسفات) (He et al., 2018; Dawar et al., 2021). با این حال، بدلیل اینکه مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون نیتروژن را به شکل آمونیوم حفظ می‌کنند، نگرانی‌هایی در مورد افزایش احتمال تصعید گاز آمونیاک هنگام استفاده از این نوع مهارکننده‌ها وجود دارد. تأثیر مثبت استفاده از مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون در تصعید گاز آمونیاک در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (Kim et al., 2012; Lam et al., 2017; Li et al., 2018). بررسی منابع نشان داده است که مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون می‌توانند به میزان قابل توجهی تلفات نیتروژن را از طریق آبشویی نیترات و انتشار گاز نیتروژن اکساید کاهش دهند. بنابراین، کودهای نیتروژنه همراه با مهارکننده نیتریفیکاسیون سازگار با محیط زیست تعریف می‌شوند. اگرچه مطالعات متعددی در خصوص اثر مثبت مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون بر کاهش انتشار گاز نیتروژن اکساید صورت گرفته است ولی ارزیابی تأثیر این مهارکننده‌ها بر تصعید گاز آمونیاک و تأثیر غیرمستقیم آن در انتشار گاز نیتروژن اکساید در سال‌های اخیر مورد توجه محققین در سراسر دنیا قرار گرفته است. بنابراین هدف از اجرای این پروژه بررسی تأثیر مهارکننده نیتریفیکاسیون (نیتراپیرین) همراه با اوره بصورت تقسیط بر میزان تصعید گاز آمونیاک بوده است.

مواد و روش‌ها

گندم رقم سیروان در اواخر مهر ماه با تراکم ۲۰۰ کیلوگرم دانه در هکتار کشت شد. در طول دوره رشد گیاه هفت مرحله آبیاری هر دفعه به میزان ۴۵ mm انجام شد. میزان بارندگی صورت گرفته در فصل رشد برابر با ۳۱۷ mm بوده است. همزمان با کشت کودهای پایه شامل فسفر به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع سوپر فسفات تریپل و ۳۵ کیلوگرم در هکتار K_2O از منبع سولفات پتاسیم با دستگاه بذرکار در زیر دانه‌های بذر قرار داده شد. کودهای میکرو بصورت اسپری برگی دو مرحله در زمان تشکیل گره‌ها در زمان ساقه رفتن و تشکیل دانه‌ها استفاده شد. سایر عملیات شامل مبارزه با علف هرز و آفت‌ها در زمان مناسب بصورت یکسان در تمام پلات‌ها انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تیمار و در

۵ تکرار در کرج اجراء شد. تیمارها شامل: T₁ (تیمار کنترل با اعمال کوهای پایه و میکرو- بدون اضافه نمودن کود نیتروژن)، تیمار T₂ (کود اوره به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه تقسیط) و تیمار T₃ (کود اوره پوشش دار شده با نیتراپیرین به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه تقسیط). برای کاهش تصعید گاز آمونیاک بلافاصله بعد از اعمال تقسیطها آبیاری تیمارها اجراء شد. اولین تقسیط کودی در زمان پنجه زنی برابر با شاخص GS 21 زادوکس، تقسیط دوم در زمان ساقه رفتن برابر با شاخص GS 32 و سومین تقسیط در زمان آبستنی برابر با شاخص GS 40 انجام شد. نیتراپیرین در تیمار T₃ در هر سه تقسیط اعمال شد. بدین منظور کود اوره با نیتراپیرین پوشش دار شده و در زمین مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق نسبت نیتراپیرین استفاده شده به نیتروژن استفاده شده برابر با ۰/۵۱٪ (وزنی/وزنی) بوده است. قبل از اعمال تیمارها ۵ نمونه خاک مرکب (هر نمونه خاک مرکب شامل ۱۰ نمونه خاک از هر بلوک از عمق ۰-۲۰ سانتی متری) جهت اندازه گیری خصوصیات شیمیایی و بافت خاک جمع آوری شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه (میانگین ۵ اندازه گیری) از عمق ۰-۲۰ سانتی متری

میزان	خصوصیات خاک	میزان	خصوصیات خاک
۰/۸	درصد ماده آلی	۲۸/۴	درصد شن
۰/۰۷	درصد نیتروژن	۴۵/۳	درصد سیلت
۲۰/۷	درصد کربنات کلسیم	۲۶/۳	درصد رس
۳/۵۴	سدیم (meq l ⁻¹)	۷/۸	pH
۰/۵۱	پتاسیم (meq l ⁻¹)	۱/۱۶	EC (dS m ⁻¹)
۴/۶۳	کلسیم (meq l ⁻¹)	۱۳	CEC (cmol (+) kg ⁻¹)
۳/۴۰	منیزیم (meq l ⁻¹)	لوم	بافت خاک

جهت اندازه گیری تصعید آمونیاک از روش semi-static chambers استفاده شده است. شرح کامل این روش و میزان خطا و مقایسه آن با سایر روشها در مقالات (Jantalia et al. (2012) - (2021) and Martins et al. (2017) به تفصیل بیان و شرح داده شده است. در هر کرت ۵ چمبر برای اندازه گیری گاز آمونیاک در نظر گرفته شد و پس از هر بار تقسیط اندازه گیری میزان تصعید به مدت دو هفته بصورت روزانه و بدین منظور از سیستم تقطیر کج‌دال استفاده شد.

نتایج و بحث

میزان انتشار تجمعی گاز آمونیاک در تیمارهای کود اوره و کود اوره همراه با نیتراپیرین در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج این تحقیق نشان داد میزان انتشار گاز آمونیاک از تیمار کود اوره برابر با ۴۰/۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در تیمار اوره همراه با نیتراپیرین برابر با ۵۰/۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بوده است، به این ترتیب فاکتور انتشار گاز آمونیاک در تیمار اوره حدود ۲۹٪ و در تیمار اوره با نیتراپیرین حدود ۳۷٪ بوده است. همانطور که ملاحظه می‌شود حدود یک سوم از کود اوره استفاده شده در شرایط خاک‌های منطقه بصورت تصعید گاز آمونیاک از دسترس گیاه خارج شده و افزودن مهارکننده نیتریفیکاسیون اثر مثبت بر میزان تصعید داشته و میزان تصعید را حدود ۲۵٪ افزایش داده است.

هدررفت میزان قابل توجهی از کود اوره استفاده شده در اثر تصعید یکی از مشکلات مهم در کشاورزی می‌باشد (Tian et al., 2018). مشاهده آزمایشی دریافتند بطور متوسط ۱۷/۶٪ و تا ۶۴٪ از کود نیتروژن اضافه شده به خاک در اثر تصعید گاز آمونیاک دچار هدررفت شده است. اضافه نمودن مهارکننده نیتریفیکاسیون در این تحقیق سبب تشدید تصعید گاز آمونیاک شده است. علت این امر می‌تواند بدلیل ابقای نیتروژن به فرم آمونیوم در خاک پس از استفاده از نیتراپیرین باشد که منجر به افزایش تصعید شده است. اثر مثبت استفاده از مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون در افزایش تصعید گاز آمونیاک در مطالعات متعددی مشاهده شده است (Qiao et al. (2015). نتایج ۶۲ مطالعه مزرعه‌ای تاثیر استفاده از مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون بر تصعید گاز آمونیاک را بصورت متاآنالیز مورد بررسی قرار دادند و دریافتند استفاده از مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون بطور متوسط باعث افزایش ۲۰ درصدی تصعید گاز آمونیاک (95% CI: 33-67%) شده است. Pan et al. (2016) با انجام یک متاآنالیز گزارش نمودند استفاده از مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون بطور متوسط باعث افزایش تصعید گاز آمونیاک به میزان ۳۸٪ شده است (Wu et al. (2020). اثر مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون بر میزان تصعید گاز آمونیاک را در ۲۳۴ مشاهده از ۸۹ مطالعه مختلف مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که بطور متوسط مهارکننده نیتریفیکاسیون سبب افزایش ۳۵/۷٪ تصعید گاز آمونیاک (95% CI: 25.7-46.7%) شده است.

جدول ۲- تاثیر استفاده از نیتراپیرین بر تصعید گاز آمونیاک (میانگین ۵ تکرار ± انحراف معیار)

تیمارها	انتشار تجمعی گاز آمونیاک (کیلوگرم نیتروژن در هکتار)	فاکتور انتشار (%)	نسبت افزایش
تیمار کود اوره	۴۰/۴ ± ۲/۸	۲۹/۳ ± ۲/۰	
تیمار کود اوره + نیتراپیرین	۵۰/۶ ± ۳/۱	۳۶/۷ ± ۲/۵	۲۵/۳

نتیجه‌گیری

اگرچه مرور بر منابع نشان می‌دهد مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون بدلیل تاثیر در کاهش انتشار گاز نیتروژن اکساید دوستدار محیط زیست می‌باشند ولی توجه به این مساله ضروری است که این نوع مهارکننده‌ها ممکن است باعث افزایش میزان تصعید گاز آمونیاک بخصوص در شرایط خاک‌های کشور شوند. لذا انجام تحقیقات بیشتر درخصوص بررسی اثر انواع مختلف مهارکننده‌های نیتریفیکاسیون در شرایط خاک‌های کشور و تاثیر آنها در کاهش انتشار خالص هر دو گاز آمونیاک و نیتروز-اکساید ضروری می‌باشد.

فهرست منابع

1. Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M., Batjes, N.H. (2002). Estimation of global NH₃ volatilization loss from synthetic fertilizers and animal manure applied to arable lands and grasslands. *Glob. Biogeochem. Cycles* 16, 8-1-8-14.
2. Bremner, J.M. (2007). Problems in the use of urea as a nitrogen fertilizer. *Soil Use Manag.* 6, 70-71.
3. Cantarella, H., Mattos, D., Quaggio, J.A., Rigolin, A.T. (2003). Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. *Nutr Cycl Agroecosys.* 67(3), 215-23.
4. Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., others. (2014). Carbon and other biogeochemical cycles. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, pp. 465-570.

5. Congreves, K.A., Grant, B.B., Dutta, B., Smith, W.N., Chantigny, M.H., Rochette, P., Desjardins, R.L. (2016). Predicting ammonia volatilization after field application of swine slurry: DNDC model development. *Agric. Ecosyst. Environ.* 219, 179-189.
6. Corstanje, R., Kirk, G.J.D., Pawlett, M., Read, R., Lark, R.M. (2008). Spatial variation of ammonia volatilization from soil and its scale-dependent correlation with soil properties. *Eur. J. Soil Sci.* 59 (6), 1260-1270.
7. Dawar, K., Sardar, K., Zaman, M., Müller, C., Sanz-Cobena, A., Khan, A., Borzouei, A., Pérez-Castillo, A.G. (2021). Effects of the nitrification inhibitor nitrapyrin and the plant growth regulator gibberellic acid on yield-scale nitrous oxide emission in maize fields under hot climatic conditions. *Pedosphere*, 31(2): 323-331.
8. Engel, R., Jones, C., Romero, C., Wallander, R. (2017). Late-fall, winter and spring broadcast applications of urea to No-till winter wheat I. Ammonia loss and mitigation by NBPT. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 81, 322-330.
9. He, T.H., Liu, D.Y., Yuan, J.Y., Luo, J.F., Lindsey, S., Bolan, N., Ding, W.X. (2018). Effects of application of inhibitors and biochar to fertilizer on gaseous nitrogen emissions from an intensively managed wheat field. *Sci. Total Environ.* 628, 121-130.
10. Huijsmans, J. (2003). Effect of application method, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. *Atmos. Environ.* 37 (26), 3669-3680.
11. International Fertilizer Industry Association. (2013). Fertilizer Indicators, third ed. Paris.
12. IPCC. Climate Change. (2014). Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2014.
13. Jantalia, C.P., Halvorson, A.D., Follett, R.F., Alves, B.J.R., Polidoro, J.C., Urquiaga, S. (2012). Nitrogen source effects on ammonia volatilization as measured with semi-static chambers. *Agron. J.* 104, 1595-1603.
14. Kim, D.G., Saggarr, S., Roudier, P. (2012). The effect of nitrification inhibitors on soil ammonia emissions in nitrogen managed soils: a meta-analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 93, 51-64.
15. Lam, S.K., Suter, H., Mosier, A.R., Chen, D. (2017). Using nitrification inhibitors to mitigate agricultural N₂O emission: a double-edged sword? *Global Change Biology* 23, 485-489.
16. Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Garnier, J., Leach, A.M., Galloway, J.N. (2014). Food and feed trade as a driver in the global nitrogen cycle: 50-year trends. *Biogeochemistry* 118, 225-241.
17. Li, T., Zhang, W., Yin, J., Chadwick, D., Norse, D., Lu, Y., Liu, X., Chen, X., Zhang, F., Powlson, D., Dou, Z. (2018). Enhanced-efficiency fertilizers are not a panacea for resolving the nitrogen problem. *Global Change Biology* 24, 511-521.
18. Liu, X., Zhang, Y., Han, W., Tang, A., Shen, J., Cui, Z., Vitousek, P., Erismann, J.W., Goulding, K., Christie, P., Fangmeier, A., Zhang, F. (2013). Enhanced nitrogen deposition over China. *Nature* 494 (7438), 459-462.
19. Martins, M.R., Sant'Anna, S.A.C., Zaman, M., Santos, R.C., Monteiro, R.C., Alves, B.J.R., Jantalia, C.P., Boddey, R.M., Urquiaga, S. (2017). Strategies for the use of urease and nitrification inhibitors with urea: impact on N₂O and NH₃ emissions, fertilizer-¹⁵N recovery and maize yield in a tropical soil. *Agric Ecosyst Environ.* 247, 54-62.
20. Martins, M.R., Sarkis, L.F., Sant'Anna, S.A.C., Santos, C.A., Araujo, K.E., Santos, R.C., Araujo, E.S., Alves, B.J.R., Jantalia, C.P., Boddey, R.M., Zaman, M., Urquiaga, S. (2021). Optimizing the use of open chambers to measure ammonia volatilization in field plots amended with urea. *Pedosphere* 31 (2), 243-254.
21. Pacholski, A., Doehler, J., Schmidhalter, U., Kreuter, T. (2018). Scenario modeling of ammonia emissions from surface applied urea under temperate conditions: application effects and model comparison. *Nutrient Cycl. Agroecosyst.* 110, 177-193.
22. Pan, B., Lam, S.K., Mosier, A., Luo, Y., Chen, D. (2016). Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: a global synthesis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 232, 283-289.
23. Qiao, C., Liu, L., Hu, S., Compton, J.E., Greaver, T.L., Li, Q. (2015). How inhibiting nitrification affects nitrogen cycle and reduces environmental impacts of anthropogenic nitrogen input. *Global Change Biology* 21, 1249-1257.

24. Saggiar, S., Singh, J., Giltrap, D. L., Zaman, M., Luo, J., Rollo, M., Kim, D. G., Rys, G., Van Der Weerden, T. J. (2013). Quantification of reductions in ammonia emissions from fertiliser urea and animal urine in grazed pastures with urease inhibitors for agriculture inventory: New Zealand as a case study. *Science of the Total Environment* 465, 136-146.
25. Sanz-Cobena A, Sánchez-Martín L, García-Torres L, Vallejo A. (2012). Gaseous emissions of N₂O and NO and NO₃⁻ leaching from urea applied with urease and nitrification inhibitors to a maize (*Zea mays*) crop. *Agric Ecosyst Environ*; 149: 64-73.
26. Schraml, M., Gutser, R., Maier, H., Schmidhalter, U. (2016). Ammonia loss from urea in grassland and its mitigation by the new urease inhibitor 2-NPT. *J. Agric. Sci.* 154, 1453-1462.
27. Sharma, L.K., Bali, S. K. (2018). A review of methods to improve nitrogen use efficiency in agriculture. *Sustainability*. 10, 51.
28. Suter, H.C., Sultana, H., Davies, R., Walker, C., Chen, D. (2016). Influence of enhanced efficiency fertilisation techniques on nitrous oxide emissions and productivity response from urea in a temperate Australian ryegrass pasture. *Soil Res.* 54, 523-532.
29. Tian, Z., Wang, J.J., Liu, S., Zhang, Z., Dodla, S.K., Myers, G. (2015). Application effects of coated urea and urease and nitrification inhibitors on ammonia and greenhouse gas emissions from a subtropical cotton field of the Mississippi delta region. *Sci. Total Environ.* 533, 329-338.
30. Trenkel, M.E. (2010). Slow and controlled-release and stabilized fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Efficiency in Agriculture. 2.ed. Paris: IFA. 163p.
31. Wu, D., Zhang, Y., Dong, G., Zhangliu, D., Wenliang, W., Chadwick, D., Bol, R. (2020). The importance of ammonia volatilisation in estimating the efficacy of nitrification inhibitors to reduce N₂O emissions: a global meta-analysis. *Environmental Pollution*.
32. Wulf, S., Maeting, M., Clemens, J. (2002). Application technique and slurry co-fermentation effects on ammonia, nitrous oxide, and methane emissions after spreading. *J. Environ. Qual.* 31, 1795.

Impact of urea applied with nitrification inhibitor nitrapyrin on emission of ammonia

Rayehe Mirkhani ^{1*}, Mahdi Shorafa ¹, Mohammad Sajad Ghavami ², Elnaz Ahmadi ³, Siyavash Farhadi ³

¹ Department of Soil Science and Engineering, University of Tehran. *rmirkhani@ut.ac.ir

² Department of Soil Science and Engineering, Isfahan University of Technology.

³ Nuclear Agriculture School, Nuclear Science and Technology Research Institute.

Abstract

Nitrogen fertilization is a primary factor influencing agronomic and economic returns and gaseous N loss via NH₃ volatilization is a major potential pathway of loss. Therefore, ammonia lost to the air can potentially reduce a grower's economic return and have negative impacts on the environment. An experiment was conducted to study the effect of applying urea in combination with NI (NP) on NH₃ emissions. Treatments included a control treatment (zero N), urea alone (300 kg urea ha⁻¹ in three split applications) and urea+NP (300 kg urea ha⁻¹ in three split applications). The results showed, an emission factor of 29% and 37% of the applied nitrogen for urea alone and urea+NP treatments, respectively. The addition of NI (NP) to urea increased NH₃ losses about 25%, compared to the urea treatment alone.

Keywords: Ammonia volatilization, Emission factor, Urea, Winter wheat, Nitrification inhibitor (nitrapyrin).

بررسی اثرهای تغییر اقلیم بر منابع آب کشاورزی ایران

ناهید کاوه زاده^۱، نصرت اله منتجبی^۲

۱- محقق مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان (nkavezadeh@gmail.com)

۲- استادیار مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

چکیده

با تغییر اقلیم و افزایش دما و افزایش گازهای گلخانه‌ای که یکی از مسایل مهم زیست محیطی محسوب می‌شود می‌تواند بر کشاورزی و منابع آب یک منطقه اثر بگذارد. با توجه به اهمیتی که تغییر اقلیم بر ساختار کره ی زمین، کشاورزی و ساکنین آن به ویژه در کشاورزی که با ۹۲ درصد مهمترین مصرف کننده آب در سال های اخیر، مناطق خشک و نیمه خشک به عنوان یکی از شایع ترین موضوعات، مورد توجه مجامع علمی بوده و مطالعات زیادی در زمینه ی بررسی اثرات آن صورت گرفته است. در مقاله ی حاضر، با استفاده از روش مروری، آثار تغییر اقلیم بر منابع آب و کشاورزی ایران مورد مطالعه قرار گرفته نتایج حاصل، نشان داد، کیفیت و کمیت تولیدات کشاورزی و نیز منابع و ذخایر آبی، به ویژه در مناطق خشک ایران به شدت از تغییرات اقلیمی متأثر بوده و خواهد بود و به دلیل مشکل کمبود آب، لازم است الگوی کشت، مطابق با شرایط آبی کشور تغییر یابد. و از روش های نوین استفاده گردد. همچنین با توجه به این که در حال حاضر ایران رتبه ی سوم در آسیا و رتبه ی هفتم در جهان را در انتشار گازهای گلخانه ای به خود اختصاص داده، مصرف کمتر گازهای گلخانه ای و توجه بیشتر به حفاظت از جنگل ها و پوشش گیاهی کشور، برای پایین نگه داشتن دما ضروری است.

کلید واژه ها: اقلیم، کشاورزی، گازهای گلخانه ای، منابع آب

مقدمه:

از نقش آب در مدت زمان های دیرین بسیار گفته اند. اصولا هر جا زندگی و سرزندگی بوده ردپایی از آب در آن جا بوده، معروف است که تمدن های در کنار منابع آبی بویژه رودها ساکن و شکوفا می شده اند. اما با تغییر اقلیم، موضوعی مهمی است که توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود معطوف کرده و در زمینه های مختلفی چون؛ کشاورزی، آبیاری، مخاطرات، حمل و نقل، آلودگی هوا و منابع نظامی نمود پیدا کرده است. تغییر اقلیم، برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ به دنبال افزایش غلظت گازهای گلخانه ای جو، در محافل علمی مطرح گردید. افزایش دمای کره ی زمین، ویژگی های بارش، رطوبت، سطح آب دریاها و اقیانوسها، الگوهای گردش هوا و سایر عوامل مرتبط با کشاورزی و منابع آب را به شدت تغییر داده و موجب وقوع خشکسالی ها، سیل های مکرر، گردبادها، طوفانها، سونامی ها، از بین رفتن یخچالها و کاهش بارش برف و جاری شدن روان آب های شور به سمت خشکی ها و شور شدن خاکها و منابع آب شیرین گشته و مناطق ساحلی را در معرض تهدید قرار می دهد (۱۱). در سالهای اخیر، پژوهشهای قابل توجهی برای شناخت تأثیرات تغییر اقلیم بر کشاورزی و منابع آبی انجام گرفته است که در زیر، به چند مورد از آنها اشاره می شود (۱۱). تأثیرات تغییر اقلیم را بر شاخص های بهره وری آب و عملکرد ذرت دیم و آبی در حوضه موری دارلینگ (جنوب شرق استرالیا) بررسی کردند. پیش بینی های آنها برای سال های ۲۰۸۰، ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ بیان، کننده افزایش دمای هوا در همه سال ها و افزایش بارندگی تا سال ۲۰۲۰ و سپس کاهش آن تا سال های ۲۰۸۰، ۲۰۵۰ بود (۱۹). در مقاله ی خود تأثیر تغییر اقلیم بر دبی رودخانه ی آجی چای را مطالعه نموده و نتیجه گیری کرده اند که علت اصلی کاهش دبی این رودخانه، افزایش دما می باشد. اثر گازهای گلخانه ای را بر روی روند کلی درجه حرارت زمین مورد بررسی قرار داده است (۷). در پژوهش خود، تأثیر گرم شدن زمین را بر کشاورزی مطالعه نموده و به این نتیجه دست یافته اند که افزایش دما و خشکسالی باعث تخریب پوشش گیاهی، فرسایش خاک، تضعیف ظرفیت های اکولوژیکی و مهاجرت می شود (۴). در پژوهش خود با بهره گیری از مدل های برای

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

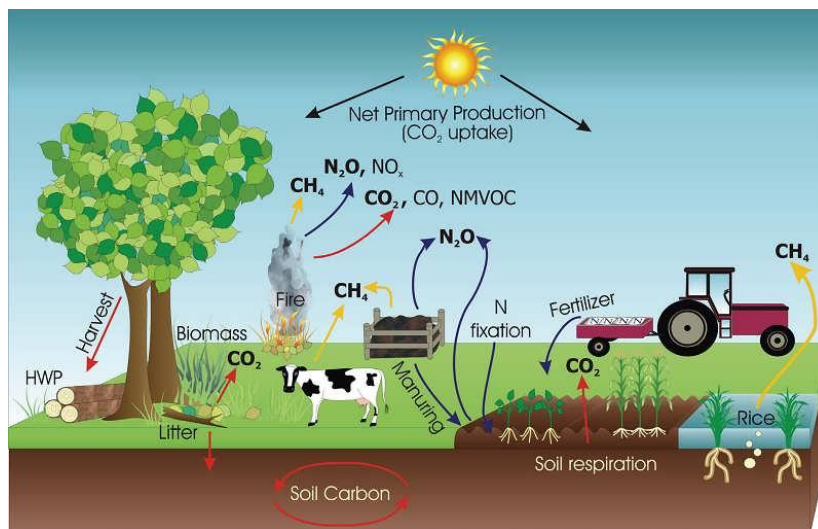
تحلیل اثرات تغییر اقلیم ناشی از کاهش منابع آب در دسترس تولیدات کشاورزی نتایج نشان داد به علت پایین بودن بارش و گرم شدن سطح زمین و کمبود آب بر روی کلیه تولید محصولات اثری مبرم خواهد داشت (۳).

مواد و روشها:

این مقاله از نوع تحقیقی تحلیلی می باشد و به منظور تحلیل و استنتاج نهایی از کتب، مقالات و مجلات و دیگر منابع موجود در زمینه ی موضوع مقاله، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. تا اطلاعاتی مبرا باشد برای تهیه پژوهش های علمی دیگر

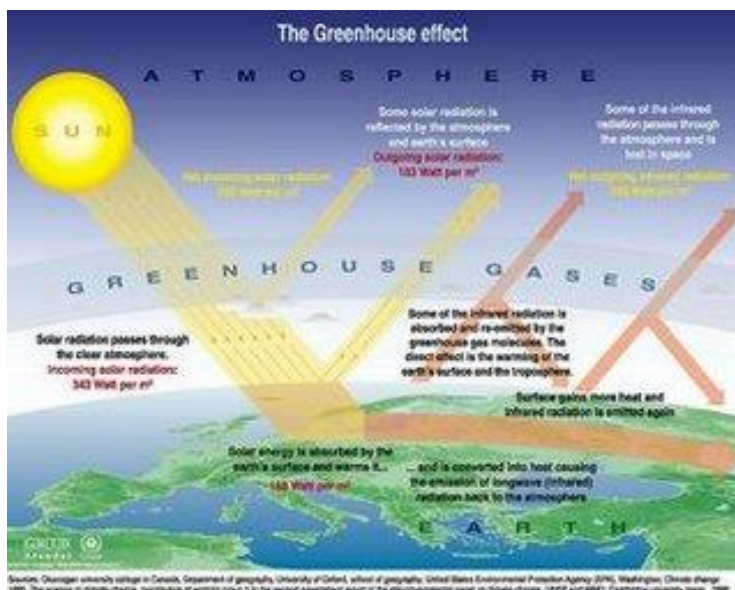
گازهای گلخانه ای، گرمایش جهانی و تغییر اقلیم

جو زمین ترکیبی از گازهای مختلف و هواویزها (ذرات جامد و مایع معلق) است و مانند یک غشاء نازک اطراف کره ی زمین را فراگرفته است. اجزاء تشکیل دهنده ی جو عبارتند از: نیتروژن N_2 ، اکسیژن O_2 ، آرگون Ar ، دی اکسید کربن CO_2 ، نئون Ne ، هلیوم He ، هیدروژن H ، کریپتون Kr ، اگزینون Xe ، متان CH_4 و ازن O_3 از بین این گازها، دی اکسید کربن، متان، نیترواکسید، ازن، هالوکربن ها، بخار آب و دیگر گازهای نادر، جزء گازهای گلخانه ای محسوب شده و افزایش در مقدار آن ها، به هم خوردن ترکیبات جو و در نتیجه گرمایش جهانی را به دنبال خواهد داشت. این گازها در مقابل ورود امواج کوتاه خورشید (تابش) به زمین می دهند مانند شیشه ی گلخانه عمل می کنند و آنها را از خود به سمت زمین عبور می دهند ولی مانع از خروج امواج بلند زمین (بازتابش) از جو زمین می گردد. بنابراین به دام اندازی گرما به عنوان اثر گلخانه ای شمرده می شود. در کل می توان گفت طی ۲ میلیارد سال گذشته، اقلیم به طور متناوب، دوره های گرما و یخبندان های متعددی را تجربه کرده است (۱۳). شکل شماره (۱).



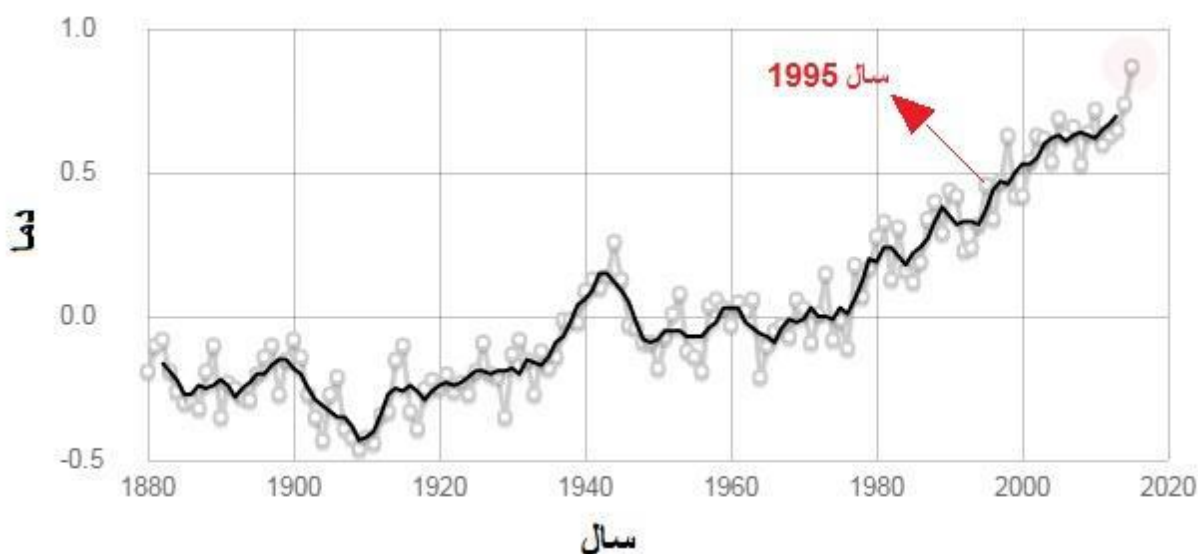
شکل شماره (۱): ایجاد تولید گازهای گلخانه ای

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



شکل شماره (۲) گرمایش کره زمین

گرچه اقلیم از ۱۰۰۰۰ سال پیش، نسبتاً پایدار بوده ولی گرم شدن هوا به دلیل وجود گازهای گلخانه‌ای در قرن‌های اخیر مشاهده شده است (۱۴). بررسی‌های دانشمندان نشان می‌دهند که اقلیم نسبت به قرن گذشته در تمام فصول و در بیشتر مناطق گرمتر شده است و این تغییر در ۵۱ سال گذشته بیشترین درجه حرارت را داشته است که از علل اصلی آن می‌توان افزایش گازهای گلخانه‌ای، شدت تابش خورشید، ذرات معلق آتشفشان، ذرات سولفات، تغییر کاربری زمین و تأثیر فعالیتهای انسانی را نام برد (۱۵). نمودار زیر روند افزایش دما از سال ۱۸۸۰ تا سال ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. کوچی ایشی‌ها را یکی از مقامات سازمان هواشناسی ژاپن گفت: دیده‌ال نینو نیز به گرم شدن بیشتر زمین در سال آینده منجر می‌شود و اگر روند گرم شدن زمین ادامه یابد امکان تکرار باران‌های سیل‌آسا و دیگر حوادث طبیعی بالاتر خواهد رفت.



شکل شماره (۳) روند افزایش میانگین دمای کره زمین (خبرگزاری تحلیلی ایران).

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

تغییر اقلیم و تأثیر آن بر منابع آبی

برکسی پوشیده نیست که امروزه موضوع آب و بحران های ناشی از آن، یک مسأله ی حیاتی است و طیف وسیعی از سطح محلی تا جهانی را شامل می شود (۱). مسأله ی کم آبی در کشورمان به عنوان یک کشور خشک و نیمه خشک، یک مسأله ی حیاتی است. کاهش منابع آبی به واسطه ی تغییر اقلیم طی سالهای اخیر، ضررهای زیادی در بخشهای مختلف اقتصادی از جمله کشاورزی وارد کرده است. تاکنون یخچالهای بسیاری در اثر تغییر اقلیم و گرم شدن زمین ناپدید شده اند و اگر این پسرفت با سرعت کنونی ادامه یابد تا ۰۵ سال آینده بیشتر یخچالها که منبع تغذیه ی چندین رودخانه در فصل گرم سال می باشند از بین خواهند رفت. از سوی دیگر، در نتیجه ی گرم شدن هوا و ذوب ناگهانی برفها و یخها در بهار، سیل های بیشتری رخ خواهد داد و چرخه ی سیل و خشکسالی شکل خواهد گرفت (۷). در کشورهای کم آب، در اثر تغییر اقلیم ذخایر برف در کوه ها کمتر شده و این امر موجب تبدیل رودخانه های دائمی به فصلی و در نتیجه، کمبود شدید آب در فصلهای گرم سال خواهد شد. به عنوان مثال: یک افزایش درج های در دما و کاهش یک درصدی در بارش در یک ناحیه می تواند جریان یک رودخانه را تا ۵۱ درصد و حتی بیشتر کاهش دهد و اگر آب رودخانه تنها منبع آبیاری کشاورزی باشد، اثر آن وخیم تر خواهد شد. در مقابل؛ افزایش زیاد بارش در نواحی دیگر جریان رودخانه را افزایش داده و وقوع سیل را شایع تر می کند. تغییر اقلیم، اثر غیر مستقیمی نیز بر منابع آبی زیرزمینی و کشاورزی دارد و آن، بالا یا پایین آمدن سطح سفره آبهای زیرزمینی و در نتیجه شور شدن خاک های زراعی می باشد. متأسفانه در ایران به دلیل کسری مخازن آب زیر زمینی در کلیه ی سالها، امکان استفاده از آب های زیرزمینی حتی در مواقع خشکسالی با محدودیت مواجه است. بنابراین در زمان وقوع خشکسالی و کمبود آب، تنها راه چاره تغییر الگوی تراکم کشت و یا تغییر تقویم زراعی و تنظیم برنامه های کشت متناسب با زمان بارندگی مؤثر و استفاده ی حداکثر از بارش خواهد بود.



زاینده رود با زنده رود به معنی رود زندگی بخش، بزرگترین رودخانه فلات مرکزی ایران است که از کوه های زاگرس مرکزی به ویژه زردکوه بختیاری سرچشمه گرفته و در کویر مرکزی ایران به سمت شرق حدود ۲۰۰ کیلومتر پیش می رود و در نهایت به مانتاب گاوخونی می ریزد.

اینفوگرافیک زاینده رود از سرچشمه تا گاوخونی



شکل شماره (۴): تأثیر تغییر اقلیم بر روند آب رودخانه زاینده رود

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

اثرات مثبت و منفی تغییر آب و هوا بر کشاورزی

بررسی‌ها نشان می‌دهند که تغییر اقلیم بر محصولات زراعی، هم اثرات مثبت و هم اثرات منفی خواهد گذاشت. از پیامدهای منفی افزایش غلظت دی‌اکسید کربن هوا و در نتیجه بالا رفتن دما، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: شور شدن خاک و کاهش سطح زیر کشت به دلیل بالا آمدن آب دریاها، کاهش کیفیت آب موجود برای آبیاری، تغییر جغرافیایی و دگرگونی محصولات کشاورزی، کاهش رطوبت خاک به دلیل کاهش بارش و افزایش دما، پایین آمدن حاصلخیزی، کیفیت و ترکیبات خاک به جهت کاهش مواد مغذی و فرسایش خاک در اثر وقوع سیل‌های مکرر، رشد علوفه‌های هرز و نیز گسترش حشرات و آفتها. اگرچه تغییرات اقلیمی رخ داده، اثرات منفی زیادی دارد؛ اما به هر حال افزایش گاز دی‌اکسید کربن، می‌تواند منجر به افزایش محصولات کشاورزی گردد. نتایج آزمایشات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهند که افزایش غلظت دی‌اکسید کربن، عموماً اثر مثبتی روی محصولات کشاورزی دارد. چراکه برخی گیاهان مانند: سیب زمینی، برنج، سویا، گندم، بیشتر درختان و سبزیجات، احتمالاً از مقدار دی‌اکسید کربن اضافی استفاده می‌کنند. افزایش دما در برخی نواحی جهان که میانگین دمای سالانه ی پایینی دارند، منجر به گسترش رشد فصلی گیاهان شده و دوره‌ی رشد مورد نیاز برای رسیدن این محصولات را کاهش می‌دهد. همچنین با افزایش بارش در نواحی خشک، امکان تولید محصولات کشاورزی فراهم می‌شود.



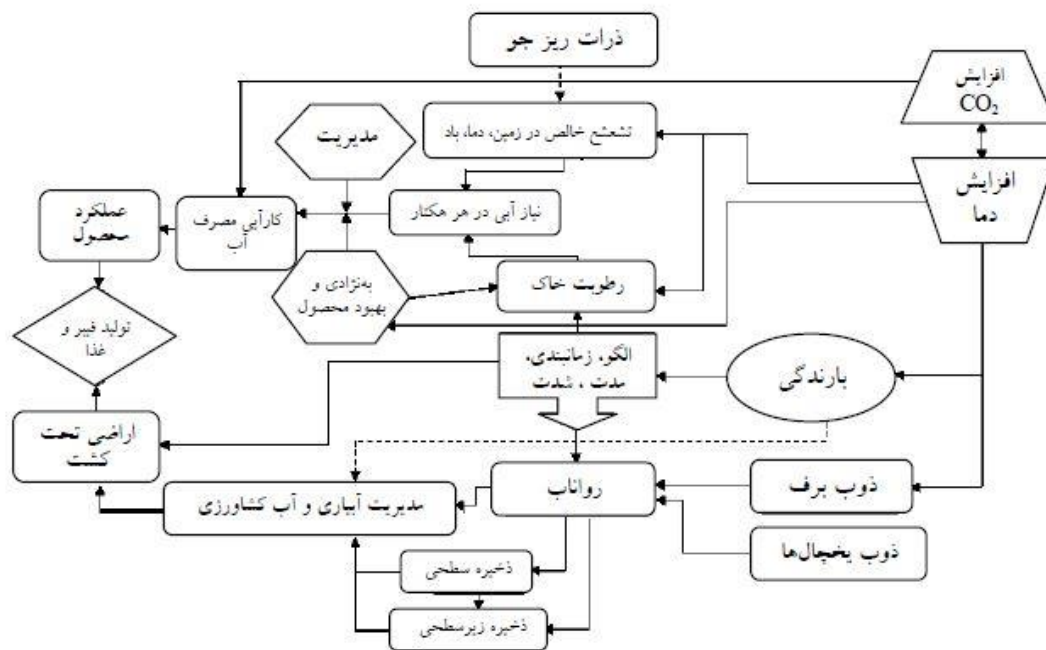
شکل شماره (۵): تاثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی

ارتباط تغییر اقلیم و کشاورزی

اقلیم به عنوان مهمترین فاکتور تولیدات کشاورزی شمرده می‌شود و تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و دام، تعادل هیدرولوژیک و سایر اجزاء سیستم‌های کشاورزی تأثیر می‌گذارد. ایجاد تغییر اقلیم جهانی، مربوط به پارامترهایی مانند: بارش، رطوبت خاک، دما و سطح دریا می‌باشد. کشاورزی را می‌توان به عنوان یک بخش مهم در تغییر اقلیم به شمار آورد. بخش کشاورزی هم بر تغییر اقلیم تأثیر می‌گذارد و هم از تغییر اقلیم تأثیر می‌پذیرد. تأثیر گذاری بخش کشاورزی بر تغییر آب و هوا و گرمایش جهانی، از طریق انتشار گازهای گلخانه‌ای نظیر: دی‌اکسید کربن CO_2 ، متان CH_4 و نیترواکسید N_2O می‌باشد. گاز متان CH_4 بیشترین پتانسیل را برای ایجاد گرمایش جهانی دارد که حدود ۳۱۱ مرتبه بیشتر از گاز دی‌اکسید کربن و ۱ مرتبه بیشتر از نیترو اکسید است. اصلی ترین منابع تولید گاز متان عبارتند از: کودهای نیتروژن، مزارع برنج، مدیریت خاک، فرسایش خاک، سوزاندن بیومس و همچنین تولید دام و مدیریت کودها (۶). براساس مدل‌های جامع پیشبینی سازمان هواشناسی (wmo) تا سال ۱۱۰۰ افزایش دمای هوا به میزان ۵ درجه سانتی‌گراد (بسته به منطقه) افزایش خواهد یافت که این افزایش درجه حرارت،

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

موجب بالا رفتن ۳۱ تا ۴۱ درصدی میزان تبخیر و تعرق و کاهش ۴۱ درصدی تولید برخی از محصولات، به ویژه در عرضهای جغرافیایی پایین تر از ۴۵ درجه خواهد شد. در نتیجه مناطق اطراف کمربند خشک کره ی زمین، که ایران، افغانستان و پاکستان و کشورهای آفریقایی را شامل می شود، دچار خشکسالی، سیل و آتش سوزی و ... خواهند شد. این درحالی است که مناطق پوشیده از برف و یخ واقع در عرضهای جغرافیایی بالاتر، مانند: روسیه و اسکاندیناوی از تغییرات اقلیمی و افزایش دما، به نحو مثبت برخوردار شده و ارضی این مناطق با ذوب و از دست دادن یخ مستعد کشاورزی و دامداری می شوند. در اثر تغییرات آب وهوایی، عرضهای جغرافیایی بالا به دلیل افزایش دما، فصل زراعی طولانی تر، تراکم گیاهان، افزایش فتوسنتز و بهبود عملکرد محصولات زراعی را تجربه خواهند کرد؛ درحالیکه در عرضهای جغرافیایی پایین، افزایش دمای هوا مشکلات و تنشهای محیطی همچون تنش خشکی را ایجاد کرده و عملکرد محصولات کشاورزی را محدود می کند. در عرضی معتدل نیز با افزایش دما، مشکل بهاره سازی گیاهان و به دنبال آن، کاهش عملکرد آنها به وجود خواهد آمد. برآورد مشکل تر، درمورد محصولات دیم است که برای رطوبت مورد نیاز خود وابستگی مستقیم به بارش بارن و برف دارند. برخی نواحی بدون شک کاهش محصول ناشی از کاهش بارش یا افزایش تبخیر را تجربه خواهند کرد با این حال این خسارت ممکن است به وسیله ی بهره ی بیشتر، از نواحی واقع در عرضهای بالاتر که با افزایش دما فصل رشد آنها افزایش یافته و برای کشت و زرع مستعدگشته اند جبران شود. همچنین افزایش دیاکسید کربن، قادر خواهد بود عملکرد برخی از محصولات کشاورزی را افزایش دهد (۹).



چرخه تولید کشاورزی متأثر از تغییر اقلیم

نتیجه گیری

یکی از اثرات تغییر اقلیم در هر منطقه اثرگذاری آن بر مصرف آب در کشاورزی است. نتایج حاصل از مطالعات منابع داخلی و خارجی، تغییر اقلیم و تشدید پیامدهای منفی آن طی سالهای اخیر، به خصوص در نواحی خشک و نیمه خشک را تأیید کرده و برنامه ریزی حساب شده و دقیق برای مقابله و گاهی تطبیق با آثار آن را الزامی می دانند. آثاری همچون کاهش منابع و ذخایر آبی، کاهش کیفیت و کمیت خاک و زمین های مناسب برای کشت و زرع، پدیده های مخرب همچون: سیل، خشکسالی، آتش سوزی، شیوع بیماریهای گیاهی و جانوری، گسترش علف های و آفات گیاهی و در نتیجه کاهش تولیدات زراعی و ... در یک نتیجه گیری

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

کلی می توان گفت که مسئله ی کم آبی در جهان خصوصاً در نواحی واقع در کمربند خشک جهان (از جمله ایران) یک مسئله ی حیاتی می باشد و کاهش منابع آبی به دلیل تغییر اقلیم طی سالهای اخیر، ضررهای زیادی در بخشهای مختلف اقتصادی از جمله کشاورزی وارد کرده است. بنابراین به دلیل این که اقلیم یکی از مهمترین فاکتور تولیدات کشاورزی شمرده می شود و تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و دام، تعادل هیدرولوژیک و سایر اجزاء سیستمهای کشاورزی تأثیر می گذارد؛ باید راهکارهایی برای به حداقل رساندن اثرات نامطلوب تغییرات آب وهوایی بر منابع آب و کشاورزی یافت که در اینجا به چند مورد از آنها اشاره شده است:

- ذخیره ی آب در پشت سدها و در زیر زمین و ... - صرفه جویی و استفاده ی بهینه از آب مدیریت آب آبیاری در زمان وقوع خشکسالی و اختصاص آب ذخیره شده به محصولات ضروری تر - بیمه نمودن محصولات مهم زراعی استفاده از دانش متخصصان اصلاح نباتات، مهندسان کشاورزی، اقلیم شناسان در زمینه ی تطبیق نوع و میزان کشت محصولات با شرایط اقلیمی ایجاد شده - کنترل فعالیت های انسان که یکی از اصلی ترین مسبب افزایش گازهای گلخانه ای می باشد - فرهنگ سازی رسانه ای جهت حفظ منابع ملی - گسترش مراودات منطقه ای و بین المللی برای اتخاذ سیاست های مشترک - همکاری و همیاری دولت و مردم به منظور تقویت کشور در مقابله با اثرات سوء تغییر اقلیم - تشکیل انجمن های تغییر اقلیم متشکل از کارشناسان محیط زیست، منابع طبیعی، اقلیم شناسی، کشاورزی و بیمه؛ برای تولید فکر و مقابله با اثرات تغییر اقلیم.

منابع و مآخذ

- ۱- اسماعیل پور، م.، نیازی، ف.، فاضل مدرس، ن.، مفید، ح. ۱۳۹۰. اثرات تغییر اقلیم بر دبی رودخانه ی آجی چای، همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه.
- ۲- ایسنا، چهارشنبه ۴ آذر ۱۳۹۴ انتظارات دبیرکل سازمان ملل از همایش تغییرات جوی در پاریس
- ۳- ملکی مروشدت، ر.، ۲۰۱۷. ارزیابی آثار تغییر اقلیم بر منابع آب و کشاورزی ایران. کنفرانس ارکانیک محصولات کشاورزی
- ۴- تیموری، م.، رضایی بنفشه، م.، زینالی، ب.، محمدزاده اصل، ر. ۱۳۹۰. بررسی روند وقوع خشکسالی با استفاده از شاخص RDI و رابطه ی آن با تغییر اقلیم در ایستگاه های اراک، سمنان و قم، همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه
- ۵- رضایی، م؛ افروزی، ع. ۱۳۹۴. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصولات و ارائه ی راهبرد تغییر الگوی کشت (مطالعه ی مورد: حوضه سیمینه رود)، نشریه ی حفاظت منابع آب و خاک، سال چهارم، شماره ۴
- ۶ زمانی، ص.، بایبوردی، ا.، عنابی میلانی، ا.، احمد عدلی، ر. ۱۳۸۱. پیامد گرم شدن زمین و تأثیر آن بر کشاورزی، همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه
- ۷- سیدی یکانی، ر.، سیدی یکانی، ف. ۱۳۹۰. تغییر اقلیم و تأثیر آن بر سلامت انسان، همایش ملی تغییر اقلیم، ارومیه.
- ۸ شیخی، س. ۱۳۹۰. تأثیر تغییر اقلیم بر گونه های گیاهی و جانوری. همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی، ارومیه.
- ۹- عبدالزاده، م. ۱۳۹۰. ارزیابی نقش تغییر اقلیم بر تأمین آب کشاورزی. همایش ملی تغییر اقلیم، ارومیه .
- ۱۰- عزیزی، ق. ۱۳۸۳. تغییر اقلیم، نشر قومس .
- ۱۱- گنجی، م ح. ۱۳۸۰ (سمینار درسی دانشگاه شهید بهشتی)، دانشکده ی علوم زمین، تهران

12. Aydinalp, C., Cresser, 2008., The Effectes of Global Climate Change on Agriculture American- Eurasian J. Agric. 8 Environ. Sci., 3(5): 672-676.

13. Buchdahi, J.M., 1999, Global Climate Change Student Guide A raw of Contemporary and prehisoric Global Climate Change, aric, Manchester Metropolitan Univesity, pp 99. Cambrige, pp. 127-162.

13. Chambers F and ogle M, 2002, climat chang, Vol. 1, London, Rutledge; 215

15. Coleman, D.C and Hendrix, P.F 1988. Agro ecosystem processes. In L.R. Pomeroy and J.Jalbert (eds) concepts of ecosystem ecology: verlag: 70-149.
16. Ipcc 2001. climat chang2001: the scientific basis. Contribution of working Group to the Thrid Assessment Report of the Intergoveinment panel on climat Change.
17. Jones, D., Mann, J.2004. climate over past millennia.
18. Kang Y., Khan S., and Ma X. 2015. Analyzing Climate Change Impacts on Water Productivity of Cropping Systems in the Murray Darling Basin, Australia. Irrigation and Drainage, doi: 10.1002/ird.1914.
18. Lorena, L., V
19. Leonardo, R. Enrique, and L. Goffredi. 2010. Basin-scale water resources assessment in Oklahoma under systematic climate change scenarios using a fully distributed hydrologic model. J. Hydrol. Eng. 15: 107- 118.
19. Noran. A. 1999. Climate change and heating the weather. Niovar. No 81-P.

Investigating the effects of climate change on agricultural water resources in Iran

Kavehzadeh N.^{*1}, Montajabi M.²

¹ Msc. soil and water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

² Assistant Prof., Animal Science Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

Abstract

With climate change and rising temperatures and rising greenhouse gases, which is one of the most important environmental issues, it can affect agriculture and water resources in an area. Given the importance of climate change on the structure of the planet, agriculture and its inhabitants, especially in agriculture, which with 92% of the most important water consumers in recent years, arid and semi-arid regions as one of the most common topics, considered by scientific communities There have been many studies to study its effects. In the present article, using the review method, the effects of climate change on Iran's water and agricultural resources were studied. The results showed that the quality and quantity of agricultural products as well as water resources and reserves, especially in arid regions of Iran are highly It has been and will be affected by climate change, and due to the problem of water shortage, it is necessary to change the cultivation pattern according to the country's water conditions. And use new methods. Also, considering that Iran currently ranks third in Asia and seventh in the world in greenhouse gas emissions, less greenhouse gas consumption and more attention to the protection of forests and vegetation, It is necessary to keep the temperature low.

Keywords: Climate, Agriculture, Greenhouse Gases, Water Resources

* Corresponding author, Email nkavezadeh@Gmail.com

مدل سازی انتشار کربن دی اکسید خاک تحت سناریوی تغییرات اقلیمی در اراضی زراعی

اصبا باقری‌فام،* محمد امیر دلاور^۲، پیمان کشاورز^۳ و پرویز کرمی^۴

^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه زنجان amir-delavar@znu.ac.ir

^۱ دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه زنجان، ^۳ دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ^۴ استادیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه کردستان

چکیده:

قرار گرفتن عمده مساحت کشور در کمربند خشک و نیمه خشک جهان، اصلی ترین دلیل محتوی کم کربن آلی خاک‌های ایران است که به هم خوردگی مدام خاک و برداشت محصول در زمین‌های زراعی این کمبود را تشدید نیز می‌کند؛ به طوریکه نتایج پایش ملی خاک‌های کشاورزی ایران، مشخص ساخت که در ۶۸/۷ درصد اراضی کربن آلی کمتر از یک درصد است. هرچند کربن آلی این خاک‌ها کم است اما به واسطه وسعت زیاد این مناطق، ذخیره کربن آلی و پتانسیل ترسیب کربن خاک‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک، مقادیر زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. از این رو پس از اعتبارسنجی مدل RothC با استفاده از داده‌های بلندمدت سالانه (۲۵-۱۰ سال) در اراضی زراعی اقلیم سرد و نیمه خشک خراسان رضوی، تغییرات ترسیب کربن آلی خاک و میزان انتشار کربن دی اکسید تحت دو سناریوی شرایط فعلی اقلیمی و سناریوی تغییرات اقلیمی بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش دما و کاهش بارندگی تا پایان قرن حاضر منجر به کاهش میزان ترسیب کربن بین ۰/۷۳ تا ۱/۸۵ درصد و افزایش انتشار کربن دی اکسید بین ۱/۰۴ تا ۲/۱۳ درصد نسبت به شرایط فعلی خواهد شد. تفاوت در مقادیر به دست آمده از مناطق مختلف مطالعاتی، به دلیل کیفیت و تجزیه پذیری متفاوت بقایای گیاهی برگشتی به خاک و مواد آلی منتج از آن است.

واژگان کلیدی: مدل رتامستد، گرمایش زمین، ذخیره کربن خاک

مقدمه:

افزایش بی‌رویه غلظت کربن دی اکسید در جو و به دنبال آن، گرمایش زیست کره و تغییر اقلیم، مهم ترین بحران زیست محیطی قرن حاضر تلقی می‌شود. بر اساس منحنی‌های سنجش، غلظت کربن دی اکسید به بالاترین مقدار خود در ۸۰۰ هزار سال گذشته و احتمالاً ۲۰ میلیون سال گذشته رسیده است؛ سطح فعلی آن از ۲۸۰ قسمت در میلیون در سال ۱۸۵۰ به ۴۱۹ قسمت در میلیون در سال ۲۰۲۱ افزایش پیدا کرده است. این افزایش به طور عمده ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی (۷۵ درصد) و تغییر کاربری اراضی (۲۵ درصد) است (کارگروه بین المللی تغییر اقلیم، ۲۰۱۴). در مقیاس جهانی، این هر دو موجب انتشار سالانه حدود ۸/۷ گیگاتن کربن به اتمسفر می‌شود؛ اگرچه به واسطه بازگشت آن به خاک و اقیانوس‌ها، نرخ رشد سالانه آن به ۳/۸ می‌رسد. خاک پس از اقیانوس‌ها، بزرگ ترین منبع ذخیره کربن در اکوسیستم است و برآوردها حاکی از آن است که از طریق ترسیب کربن خاک، هدر رفت سالانه ۰/۴ تا ۱/۲ گیگاتن کربن که هم‌ارز با ۵ تا ۱۵ درصد از کل انتشار جهانی است، خنثی می‌شود (استاکمن و همکاران، ۲۰۱۳).

نزدیک به ۹۰ درصد مساحت ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک جهان طبقه بندی می‌شود (جعفری و آوجی، ۱۳۹۶) و نتایج پایش کیفیت خاک‌های کشاورزی ایران، در بیش از ۳۰۰۰ پایگاه مطالعاتی مشخص ساخت که ۶۸/۷ درصد اراضی دارای کربن آلی کمتر از یک درصد هستند (سعادت و همکاران، ۱۳۹۷). اگرچه محتوی کربن آلی این خاک‌ها کم است اما به واسطه وسعت زیاد این اراضی، ذخیره کربن آلی خاک‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک، مقادیر زیادی را به خود اختصاص می‌دهد. گزارش کارگروه بین المللی تغییر اقلیم (۲۰۱۴) دلالت بر این موضوع دارد که خاک‌های اراضی کشاورزی، سالانه پتانسیل ترسیب ۱/۴ تا ۲/۹ گیگاتن کربن را دارند. گزارش‌های کارگروه بین المللی تغییر اقلیم (۲۰۰۷) همچنین نشان می‌دهد که دمای کره زمین در قرن بیستم، ۰/۶ درجه سانتی گراد افزایش یافته است و پیش بینی می‌شود

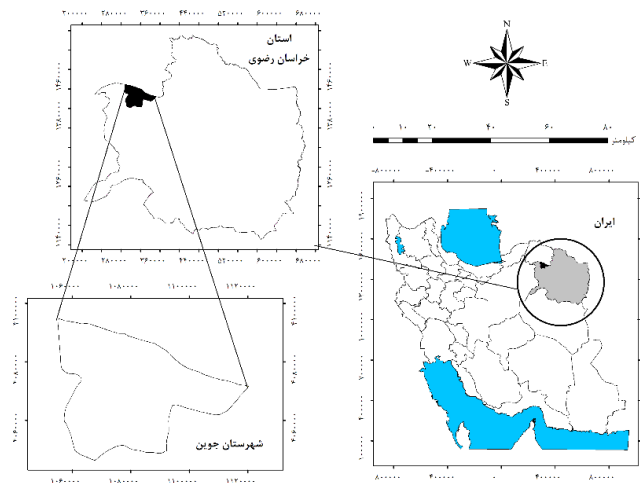
که تا سال ۲۱۰۰ این افزایش در حدود ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد دیگر ادامه یابد. به‌طوریکه حتی اگر غلظت گازهای گلخانه‌ای در حد سال ۲۰۰۰ باقی بماند و افزایش نیابد؛ دمای کره زمین در هر دهه حدود ۰/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. افزایش دما موجب افزایش سرعت تجزیه مواد آلی خاک (کاهش ذخیره کربن آلی) و در نتیجه افزایش سرعت انتشار کربن دی‌اکسید به اتمسفر می‌شود (مونوزروخاس و همکاران، ۲۰۱۷) که خود منجر به گرمایش کره زمین خواهد شد؛ بنابراین این رابطه دو سویه می‌باشد. تغییرات دما، بارش، غلظت کربن دی‌اکسید و سایر مولفه‌های اقلیمی هریک به‌گونه‌ای بر تولیدات کشاورزی اثر می‌گذارند و از آنجا که اقتصاد کشورهای در حال توسعه وابستگی زیادی به تولیدات کشاورزی دارد؛ امکان پیش‌بینی تاثیر تغییرات اقلیمی بر آن، اقدامی بسیار سازنده در جهت دستیابی به مدیریت پایدار خاک و امنیت غذایی است.

مدل‌سازی ابزاری است که به کمک آن می‌توان تغییرات برخی مولفه‌های اقلیم و خاک را سال‌ها قبل از وقوع آن شناسایی و برای مقابله با آن عملیات مدیریتی مناسب را اتخاذ نمود. از این‌رو، پس از اعتبارسنجی مدل RothC که از پرکاربردترین مدل‌های کربن آلی است؛ این مدل برای بررسی تغییرات ذخیره کربن آلی خاک و میزان انتشار کربن دی‌اکسید تحت دو سناریوی شرایط فعلی اقلیمی و نیز سناریوی تغییرات اقلیمی، در اراضی زراعی اقلیم نیمه خشک و سرد شهرستان جویین در استان خراسان رضوی به کار گرفته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان جویین در فاصله ۷۵ کیلومتری سبزوار در شمال غربی استان خراسان رضوی قرار دارد. وجود کوه‌های مرتفع، فاصله از دریا و برخورد جبهه‌های مختلف آب و هوایی که از جهت‌های مختلف جغرافیایی وارد منطقه می‌شوند؛ موجب تنوع و تغییرات اقلیمی قابل ملاحظه این شهرستان شده است. جویین با مساحتی حدود ۱۶۵۶۰۵ کیلومتر مربع، در محدوده تقریبی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی (شهرستان جویین در استان خراسان رضوی)

ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۱۱۰۰ متر می‌باشد. به‌علت واقع شدن جویین بین ارتفاعات آلاداغ و شاه جهان در شمال و رشته کوه‌های جغتای در جنوب، اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی دومارتن نیمه‌خشک سرد می‌باشد. بر پایه آمار بلندمدت ایستگاه هواشناسی منطقه، میانگین دمای سالانه ۱۶/۵۳ سانتی‌گراد، میانگین بارندگی سالانه ۲۴/۲۱ میلی‌متر و میانگین تبخیر سالانه ۱۰۵۷/۱ میلی‌متر است. شهرستان جویین از جمله حاصلخیزترین مناطق استان خراسان

رضوی و از قطب‌های مهم کشاورزی استان می‌باشد که بر اساس اطلاعات میدانی جمع‌آوری شده، عمده تناوب‌های منطقه: ذرت/گندم/هندوانه/خریزه و چغندر قند/هندوانه/گندم و یونجه/هندوانه/گندم می‌باشند و به‌طور متوسط در مناطق مطالعاتی عملکرد گندم ۵، چغندر قند ۵۵، یونجه ۲۰، هندوانه ۳۰ و خریزه ۲۵ تن در هکتار می‌باشد.

نتایج و بحث

اجرا و اعتبار سنجی مدل

برای اجرای مدل RothC در اراضی زراعی جوین، اطلاعات بلند مدت اقلیمی منطقه از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. در بخش اطلاعات خاک نیز مطالعات ملی و منطقه‌ای انجام شده در منطقه جوین با همکاری مرکز تحقیقات خاک و آب استان خراسان رضوی گردآوری شد که شامل طرح محوری چغندر قند (۱۳۷۳)، طرح محوری گندم (۱۳۷۴)، توصیه کودی (۱۳۷۵)، طرح شناسایی و انتخاب هدفمند مکانهای مطالعاتی در خاک‌های تحت کشت گندم (۱۳۸۳)، پایش سراسری اراضی کشاورزی مرحله اول (۱۳۸۹) و پایش سراسری اراضی کشاورزی مرحله دوم (۱۳۹۹) که هم‌راستا با این مطالعه و جهت اعتبارسنجی مدل صورت پذیرفت؛ می‌باشد. در نهایت ۱۰۸ نمونه که معیارهای ورود به مطالعه را داشته و حاوی اطلاعات کامل مورد نیاز بودند، برای انجام مطالعه تعیین شدند و در ۷ منطقه مورد بررسی قرار گرفتند. ورودی‌های مورد نیاز مدل RothC عبارتند از:

اطلاعات اقلیمی شامل میانگین ماهانه دما (سانتی‌گراد)، بارندگی ماهانه (میلی‌متر) و تبخیر ماهانه (میلی‌متر) که براساس آمار بلند مدت (۲۰۲۰-۱۹۵۵) ایستگاه هواشناسی منطقه محاسبه شد.

اطلاعات مدیریت اراضی شامل: نوع محصول کشت شده، تناوب کشت، آیش یا دارای پوشش بودن اراضی در هر ماه، مقدار بقایای گیاهی وارد شده به خاک در هر ماه (تن در هکتار)، مقدار کود حیوانی مصرف شده (تن در هکتار) و فاکتور کیفیت بقایا (DPM/RPM^2).

اطلاعات خاک شامل: عمق نمونه‌برداری (D) که برای تمام نمونه‌ها ۳۰ سانتی‌متر بود و درصد رس خاک که از روش هیدرومتر، کربن آلی خاک (SOC) به روش اکسیداسیون تر و جرم مخصوص ظاهری (BD) به روش سیلندر (برت، ۲۰۰۴) اندازه‌گیری شدند. ذخیره کربن آلی کل اولیه خاک (TOC) و ماده آلی پایدار (IOM^2) هم به ترتیب با استفاده از معادله (۴) و (۵) محاسبه شدند (کولمن و جنکینسن، ۲۰۱۴) و مدل بر اساس شرایط اقلیمی کنونی اجرا شد.

$$TOC (t ha^{-1}) = \%SOC (g 100^{-1}g^{-1}) \times BD (g cm^{-3}) \times D (cm) \quad \text{معادله (۴)}$$

$$IOM = 0.049 TOC^{1.139} \quad \text{معادله (۵)}$$

سپس جهت اعتبارسنجی مدل، مقادیر ذخیره کربن آلی خاک اندازه‌گیری شده با مقادیر شبیه‌سازی شده به‌وسیله مدل، مقایسه شدند که نتایج بیانگر همخوانی قابل قبول این مقادیر و اعتبار مدل RothC جهت به‌کارگیری در اراضی زراعی اقلیم نیمه‌خشک و سرد خراسان رضوی با ضریب اطمینان بالا است. به‌طوریکه ضریب تبیین (R^{2f}) بین ۰/۷۰ تا ۰/۹۸، ریشه میانگین مربعات خطا ($RMSE^5$) بین ۱/۱۲ تا ۲/۷۳، تفاوت میانگین (MD^6) بین ۱/۶۸ - تا ۰/۴۷، میانگین مطلق خطا (MAE^7) بین ۰/۹۲ تا ۲/۵۶ و کارایی مدل (EF^8) بین ۰/۵۰ تا ۰/۹۴ به‌دست آمد.

عوامل موثر بر سرعت تجزیه در مدل RothC و ایجاد سناریوهای اقلیمی

کربن آلی خاک در مدل RothC به ۵ جزء تقسیم می‌شود. چهار جزء فعال و مقدار کمی جزء غیرفعال که به‌عنوان ماده آلی بی اثر (IOM) شناخته می‌شود و از نظر بیولوژیکی فعال نمی‌باشد. چهار جزء فعال نیز عبارتند از: مواد گیاهی تجزیه‌پذیر (DPM)، مواد گیاهی مقاوم به تجزیه (RPM)، زیست‌توده میکروبی (BIO^1) و مواد آلی هوموسی شده

- 1- Decomposable Plant Material
- 2- Resistant Plant Material
- 3- Inert Organic Matter
- 4- Coefficient of determination

- 5- Root Mean Square Error
- 6- Mean Difference
- 7- Mean Absolute Error

- 8- Model Efficiency
- 9- Microbial Biomass

(HUM¹) (کولمن و جنکینسن، ۲۰۱۴؛ دیل و همکاران، ۲۰۲۱). کربن ورودی از بقایای گیاهی بسته به کیفیت بقایا به دو جز DPM و RPM تقسیم می‌شوند که هر دوی آنها به صورت نمایی تجزیه و تولید BIO+HUM و کربن دی‌اکسید می‌کنند. مقدار رس خاک با تاثیر بر سرعت تجزیه و قدرت نگهداری آب در خاک، تعیین کننده نسبت بین کربن دی‌اکسید و BIO+HUM می‌باشد. سپس BIO+HUM به ۴۶ درصد BIO و ۵۴ درصد HUM تقسیم می‌شوند و هر کدام از این اجزا همچنان تجزیه شده و تولید کربن دی‌اکسید و BIO+HUM می‌کنند (کولمن و جنکینسن، ۲۰۱۴). سرعت تجزیه در مدل همچنین تحت تاثیر دما، پوشش گیاهی و کمبود رطوبت خاک است. چنانچه یک جز فعال مدل، دارای Y تن کربن در هکتار باشد، مقدار آن در پایان ماه به $Y e^{-abckt}$ کاهش می‌یابد. در این معادله a ضریب تصحیح دما، b ضریب تصحیح رطوبت، c ضریب تصحیح پوشش خاک و k ثابت سرعت تجزیه سالیانه می‌باشد. بنابراین t معادل زمان یک ماه بوده و $Y(1-e^{-abckt})$ مقداری از یک جز کربنی فعال است که طی یک ماه تجزیه می‌شود. در جدول ۱ ثابت سرعت تجزیه سالیانه (k) برای هر یک از اجزا فعال کربنی نشان داده شده است. این مقادیر با استفاده از اطلاعات آزمایشات بلندمدت مزرعه‌ای رتامستد تنظیم شده است.

جدول ۱- ثابت سرعت تجزیه (k) به طور سالیانه برای مخازن کربن مدل RothC

DPM	RPM	BIO	HUM
۱۰/۰	۰/۳۰	۰/۶۶	۰/۰۲

ضریب تصحیح دما (a): از معادله (۱) محاسبه می‌شود که در آن T میانگین دمای ماهانه بر حسب سانتی‌گراد است.

$$a = \frac{47.91}{1 + e^{\frac{106.06}{T+18.27}}} \quad \text{معادله (۱)}$$

ضریب تصحیح دما با افزایش یا کاهش میانگین دمای سالیانه مناطق مختلف به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد. در منطقه رتامستد که میانگین سالیانه دما، حدود ۹ درجه سانتی‌گراد است مقدار این ضریب برابر با یک می‌باشد. برای منطقه مطالعاتی که میانگین دمای سالیانه ۱۶/۵۳ درجه سانتی‌گراد است (در شرایط عدم وقوع تغییر اقلیم) ضریب تصحیح دما معادل با ۲/۳۳ محاسبه شد.

ضریب تصحیح رطوبت (b): به منظور برآورد این شاخص ابتدا می‌بایست حداکثر کمبود رطوبت لایه سطحی خاک ($TSMD^*$) از معادله (۲) محاسبه شود. $TSMD$ معادل کمبود رطوبت لایه سطحی خاک بین نقطه ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم است (فارینا و همکاران، ۲۰۱۳).

$$\text{Maximum } TSMD = -(20.0 + 1.3(\%clay) - 0.01(\%clay)^2) \quad \text{معادله (۲)}$$

این معادله بر اساس عمق نمونه برداری در کرت‌های آزمایشی رتامستد که ۲۳-۰ سانتی‌متر بوده است؛ تنظیم گردیده و چنانچه عمق نمونه برداری با آزمایشات رتامستد متفاوت باشد می‌بایست مقدار حداکثر $TSMD$ محاسبه شده را بر ۲۳ تقسیم و در ضخامت عمق نمونه برداری مورد مطالعه ضرب نمود. برای منطقه رتامستد که مقدار رس خاک معادل ۲۳/۴ درصد می‌باشد؛ حداکثر $TSMD$ برابر با ۴۴/۹۴- محاسبه شده است. در مناطق مورد مطالعه که عمق نمونه برداری ۳۰ سانتی‌متر و مقدار رس خاک بین ۱۰/۲ تا ۲۴ درصد بود؛ مقدار این شاخص بین ۴۲/۰۲- تا ۵۱/۲- محاسبه شد. پس از تعیین حداکثر $TSMD$ ضریب تصحیح رطوبت (b) برای هر ماه به این ترتیب محاسبه می‌شود:

اگر $TSMD^* < 0.444 \max. TSMD$ باشد، مقدار b برابر ۱ است و در غیر این صورت از معادله (۳) تعیین می‌گردد:

$$b = 0.2 + (1.0 - 0.2) \times \frac{(\max TSMD - acc.TSMD)}{(\max.TSMD - 0.444 \max.TSMD)} \quad \text{معادله (۳)}$$

1- Humified Organic Matter

2-Topsoil moisture deficit

3-Accumulated TSMD

ضریب تصحیح پوشش خاک (c): در خاک‌های دارای پوشش گیاهی ۰/۶ و در خاک بدون پوشش ۱ می‌باشد (کولمن و جنکینسن، ۲۰۱۴). که در منطقه مورد مطالعه بسته به آیش یا دارای پوشش بودن زمین این شاخص تعیین شد. **سناریوهای تغییر اقلیم:** پس از تایید اعتبار مدل برای به‌کارگیری در اقلیم منطقه مورد مطالعه، سناریوهای تغییر اقلیم بر مبنای مطالعه بابائیان و کوهی (۱۳۹۱) اجرا شد که در آن اثر گرمایش جهانی بر متغیرهای بارش، دما و شاخص‌های اقلیمی کشاورزی چون طول دوره خشکی، طول دوره رشد و تبخیر- تعرق در سه دوره (A) ۲۰۳۹-۲۰۱۰، (B) ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و (C) ۲۰۹۹-۲۰۷۰ میلادی با استفاده از برون‌داد ریزگردانی شده دو مدل گردش عمومی NCAR و GFDL در منطقه مطالعاتی بررسی شد. نتایج بررسی تغییرات اقلیمی نشان داد که منطقه مطالعاتی تا پایان قرن جاری تا ۲/۴+ سانتی‌گراد افزایش دما، تا ۲/۴- میلی‌متر کاهش بارندگی و افزایش تبخیر و تعرق تا ۱۴/۲+ درصد، نسبت به دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) را خواهند داشت. بر این اساس، مدل RothC برای هر منطقه در دو سناریوی ۱) ترسیب کربن و انتشار کربن دی‌اکسید در شرایط اقلیمی فعلی و ۲) ترسیب کربن و انتشار کربن دی‌اکسید در شرایط وقوع تغییر اقلیم، اجرا شد که این سناریو در سه زیر سناریو دوره‌های A، B و C طبقه‌بندی شد.

نتایج نشان داد که افزایش دما و کاهش بارندگی تا پایان قرن حاضر منجر به کاهش میزان ترسیب کربن و افزایش انتشار کربن دی‌اکسید به اتمسفر خواهد شد. به‌طوری‌که در سال ۲۰۹۹ میزان ترسیب کربن در شرایط تغییر اقلیم نسبت به شرایط فعلی بین ۰/۷۳ تا ۱/۸۵ درصد کاهش خواهد یافت و میزان انتشار کربن دی‌اکسید تجمعی بین ۱/۰۴ تا ۲/۳۳ درصد افزایش خواهد داشت. بیش‌تر مطالعات صورت گرفته در این زمینه، افزایش دما را عامل افزایش سرعت تجزیه ذخیره کربن آلی خاک و در نتیجه کاهش میزان ترسیب و افزایش انتشار کربن دی‌اکسید عنوان کرده‌اند (مونوزروخاس و همکاران، ۲۰۱۷؛ فرانکاوولیا و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین نتایج نشان داد که با گذشت زمان به‌دلیل تجزیه شدن بخش‌های فعال ماده آلی که به سهولت تجزیه می‌شوند (قندهای ساده و اسیدهای آمینه) و نیز حد واسط تجزیه شامل پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها و چربی‌ها، سرعت تجزیه کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که به‌رغم کاهش بارندگی و افزایش بیشتر دما در زیر سناریوی C نسبت به زیر سناریوهای A و B، میزان کاهش ترسیب کربن و افزایش انتشار کربن دی‌اکسید تجمعی تغییر چندانی نیافت. همچنین تفاوت در میزان تجزیه و انتشار کربن دی‌اکسید در مناطق مختلف مطالعاتی می‌تواند به‌دلیل کیفیت متفاوت بقایای برگشتی گیاهی به خاک و حضور مقادیر بیشتری بخش‌های مقاوم به تجزیه همچون ترکیبات فنلی و لیگنینی در مواد آلی منتج از این ترکیبات گیاهی باشد. مطالعات فارینا و همکاران (۲۰۱۶) و فرانکاوولیا و همکاران (۲۰۱۲) نیز کارایی مدل RothC را در شبیه‌سازی اثر سناریوهای مدیریتی و اقلیمی بر میزان ترسیب کربن و انتشار کربن دی‌اکسید تایید کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه موید اعتبار مدل RothC جهت به‌کارگیری در اراضی زراعی اقلیم نیمه‌خشک و سرد خراسان رضوی است. همچنین شبیه‌سازی سناریوهای تغییرات اقلیمی نشان داد که با افزایش دما و کاهش بارندگی در سال‌های آتی، میزان ترسیب کربن کاهش و انتشار کربن دی‌اکسید افزایش می‌یابد؛ اگرچه با گذشت زمان و به تعادل رسیدن اکوسیستم از شدت تغییرات کاسته می‌شود.

تشکر و قدردانی:

اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق با همکاری بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع:

بابائیان، ا و کوهی، م. (۱۳۹۱). ارزیابی شاخص‌های اقلیم کشاورزی تحت سناریوهای تغییر اقلیم در ایستگاه‌های منتخب خراسان رضوی. نشریه آب و خاک. ۲۶: (۴). ۹۵۳-۹۶۷.

جعفری، ح و آوجی، م. (۱۳۹۶). بررسی خشکی هیدرولوژیکی حوضه‌های داخلی ایران. فصلنامه جغرافیای طبیعی ۱۰: (۳۵). ۸۷-۱۰۰.

سعادت، س. و رضایی، ح. باقری، ی. ر. داودی، م. ح. قائمیان، ن. باوردی، ا. ستاری شیراز، م. ر. (۱۳۹۷). گزارش نهایی پروژه بررسی تغییرات ویژگی‌های شیمیایی خاک در پایگاه‌های مطالعات پایش کیفیت خاک. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران

- Coleman K., and Jenkinson D.S. (2014). RothC-26.3: A model for the turnover of carbon in soil, Model description and windows users guide. Rothamsted Research Harpenden Herts. 47 pp.
- Diele, F., Marangi, C., Martiradonna, A. (2021). Non-Standard discrete RothC models for soil carbon dynamics. *Axioms*.10: (56). 1-26.
- Farina, R., Coleman, K., Whitmore, A. (2013). Modification of the RothC model for simulations of soil organic C dynamics in dryland regions. *Geoderma*. 200-201: 18-30.
- Farina, R., Marchetti, A., Francaviglia, R., Napoli, R., Di Bene, C. (2016). Modeling regional soil C stock and CO₂ emissions under Mediterranean cropping systems and soil types. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.238: 128-141.
- Francaviglia, R., Coleman, K., Whitmore, A.P., Doro, L., Urracci, G., Rubino, M., Ledda, L.(2012). Changes in soil organic carbon and climate change, Application of the RothC model in agro silvo pastoral Mediterranean systems. *Agricultural Systems* 112: 48-54.
- IPCC. (2007). Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to The Fourth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/ New York, USA. 996.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis, Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, 1106.
- Muñoz-Rojas, M., Abd-Elmabod, S.K., Zavala, L.M., De la Rosa, D., Jordán, A. (2017). Climate change impacts on soil organic carbon stocks of Mediterranean agricultural areas: a case study in Northern Egypt. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 238: 142-152.
- Stockmann, U., Adams, M. A., Crawford, J.W., Field, D. J., Henakaarchchi, N., and Jenkins, M. (2013). The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 164:1. 80-99.

Modeling soil CO₂ emissions under climate change scenario in arable lands

S. Bagherifam¹, *M. A. Delavar², P. Keshavarz³ and P. Karami⁴

¹ and ², respectively, PhD student and Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Zanjan, ³ Associate Prof., Soil and Water Research Institute, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, ⁴ Assistant Prof., Dept. of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources Engineering, University of Kurdistan

Abstract

The fact that most of the country is located in the arid and semi-arid belt of the world is the main reason for the low amount of organic carbon in Iranian soils. Factors such as soil perturbation and harvest on farm land exacerbate this deficiency. According to the results of the national monitoring of Iranian agricultural soils, in 68.7% of the lands, the amounts of organic carbon is less than one percent. Although the organic carbon of these soils is low, because of their vastness, organic carbon storage and carbon sequestration potential in arid and semi-arid arable land, have a large contribution. Hence, after validation of RothC model using long-term annual data (10-25 years) in cold and semi-arid arable lands of Khorasan Razavi, variations in soil organic carbon sequestration and CO₂ emissions under current climatic conditions and climate change scenarios were investigated. The results showed that increasing temperature and decreasing rainfall by the end of the century, will lead to a decrease in carbon sequestration between 0.73 to 1.85 percent and an increase in CO₂ emissions between 1.04 to 2.13 percent compared to the current condition. The observed differences in the values obtained from different study areas might be due the differences in the quality and degradability of plant residues returned to the soil as well as organic matter derived from them.

Keywords: Rotamsted model, Global warming, Organic carbon stock

بررسی حساسیت خاک به فرسایش بادی با استفاده از روش کریجینگ (مطالعه موردی: استان خوزستان، شهرستان هندیجان)

مأده عناناتی^۱، علیرضا امیریان چکان^۲، محمد فرجی^۳، شهرام یوسفی خانقاه^۴، روح الله تقی زاده مهرجردی^۵

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، maedehenanati@gmail.com

۲- استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

۴- استادیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

۵- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

چکیده

امروزه فرسایش خاک یکی از مهم ترین مسائل و مشکلات نواحی است. در این میان بهره برداری روز افزون انسان از محیط طبیعی نیز تاثیر زیادی در تشدید روند تخریب و فرسایش خاک داشته و متناسب با شدت و ضعف فرسایش در چگونگی استعداد منطقه و پتانسیل های تولیدی منابع آبی و خاک موثر است. در این تحقیق فرسایش بادی خاک دشت هندیجان از شهرستان های جنوبی خوزستان با استفاده از برآورد شاخص های فرسایش پذیری بر اساس اندازه گیری و مطالعات میدانی و محاسبه و تخمین آن با روش های زمین آمار در محیط GIS مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است. نمونه برداری در دو فصل خشک و مرطوب انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین عامل در ایجاد فرسایش در منطقه عامل از بین رفتن پوشش گیاهی و وجود سیلت در بافت های خاکی منطقه می باشد.

واژگان کلیدی: فرسایش بادی، هندیجان، GIS

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

مقدمه

مشکلات فرسایش بادی و ریزگردها به یکی از چالش‌های مهم کشور در سال‌های اخیر تبدیل شده است و استان خوزستان به عنوان یکی از نواحی بحرانی در این زمینه قلمداد می‌شود. کمبود باران و فقر پوشش گیاهی به باد قابلیت جستجو روی خاک و حمل ذرات سطحی را داده و فرسایش بادی را موجب می‌شود معماریان و همکاران (۱۳۸۹). فرسایش بادی پروسه‌ای است که در آن، ذرات خاک از سطح زمین جدا و به وسیله باد جابه‌جا می‌شوند. در ایجاد فرسایش بادی فاکتورهای گوناگونی از جمله لیتولوژی، توپوگرافی، شرایط آب و هوایی، کاربری زمین و پوشش گیاهی دخالت دارند (Mashhadi et al (2016). فرسایش بادی بستر تولید در بخش کشاورزی یعنی خاک حاصلخیز سطحی را از بین برده و بر منابع و زیر ساخت‌های دیگر بخش‌های اقتصادی نظیر بخش‌های صنعت و خدمات نیز خسارت وارد می‌نماید. طوفان‌های حاصل از تندبادهای با سرعت بیش از آستانه فرسایش، ذرات خاک با اندازه‌های گوناگون را از بستر خود جدا کرده و به صورت جهش، خزش و یا تعلیق به حرکت در آورده و به نقاط دوردست حمل می‌کند Wolfe and Nickling (1993). ایجاد سله در سطح خاک متکی به فرایندهای تخریب فیزیکی خاکدانه‌ها در اثر برخورد قطرات باران و یا فشار ناشی از حبس شدن هوا در خلل و فرج خاک به هنگام اشباع شدن آن است و همچنین به خصوصیت‌های شیمیایی خاک نیز وابسته است (Miller (2008). اثر قطرات باران بر روی سطح خاک باعث توزیع مجدد ذرات خاک و ایجاد یک سله در سطح خاک می‌گردد (Belnap (2003). بسته به خواص خاک، سله ممکن است پتانسیل فرسایش بادی را کاهش یا افزایش دهد (Zobeck (2010). از مهمترین اقدامات در کنترل و مبارزه با فرسایش بادی شناخت نواحی برداشت است. یکی از راه‌های شناخت نواحی برداشت اندازه‌گیری میزان فرسایش‌پذیری خاک است. تا کنون روش‌های گوناگونی به صورت مستقیم (تونل باد) یا غیرمستقیم (استفاده از مدل) برای تعیین عامل فرسایش‌پذیری خاک معرفی شده است. روش‌های مستقیم علی‌رغم دقت مناسب، به سبب وقت‌گیر بودن و جنبه‌های اقتصادی زیاد مورد توجه نمی‌باشد، لیکن استفاده از مدل‌ها هر روز گسترش بیشتری پیدا می‌کند (GhorbaniVagheie and Bahrami (2005). از مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد. Westraton و Mohammad در سال (۲۰۱۲) به ارزیابی دینامیک پهنه‌های فرسایشی با استفاده از داده‌های سری زمانی TM پرداختند. هرمس و همکاران در سال (۲۰۱۴) نیز با بهره‌گیری از داده‌های SPOT4، تغییرات پهنه‌های متأثر از فرسایش بادی در سطح زیر پیکسل ارزیابی کردند. از این رو هدف از مطالعه حاضر، بررسی فرسایش‌پذیری خاک در شهرستان هندیجان بوده است.

روش تحقیق

موقعیت ناحیه مطالعاتی

ناحیه مورد مطالعه به مساحت تقریبی ۱۴ هزار هکتار در ۸ کیلومتری شرق شهرستان هندیجان و در ۷۰ کیلومتری شهرستان ماهشهر در استان خوزستان قرار دارد. موقعیت ناحیه مورد ارزیابی به مختصات ۳۸۳۰۰۰ و ۳۳۵۵۰۰۰ شمال غربی و ۳۸۳۰۰۰ و ۳۳۴۲۰۰۰ جنوب غربی شروع می‌شود و تا ۴۰۳۰۰۰ و ۳۳۵۵۰۰۰ شمال شرقی و ۴۰۳۰۰۰ و ۳۳۴۲۰۰۰ جنوب شرقی امتداد می‌یابد. حداکثر ارتفاع ناحیه از سطح دریا آزاد ۲۰ متر و حداقل آن ۳ متر می‌باشد.

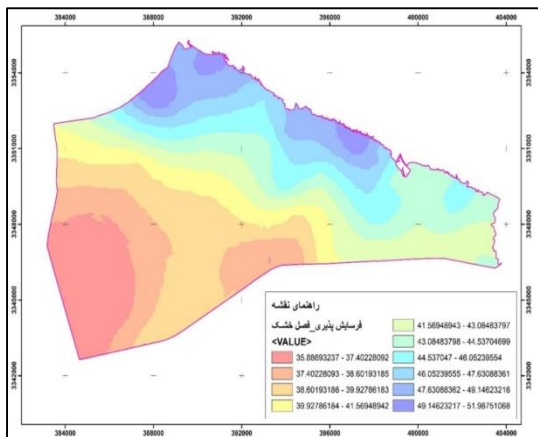
هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

روش کریجینگ

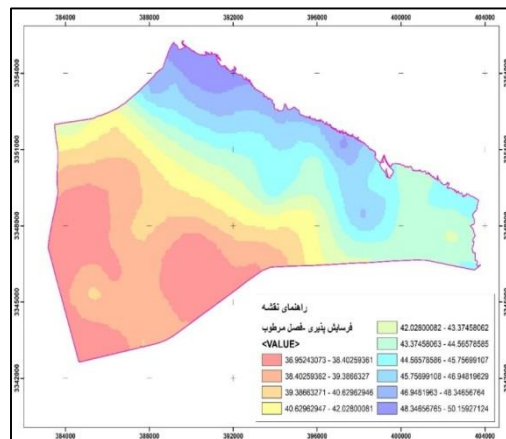
کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار است این تخمین گر به عنوان بهترین تخمین گر خطی نارایب شناخته می شود (Nas, 2009). شرط استفاده از کریجینگ آن است که متغیر Z دارای توزیع نرمال باشد. و تابع آن به شکل زیر تعریف می شود.

(۱)

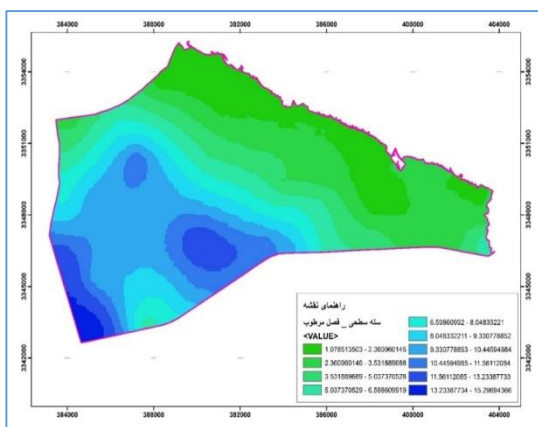
$$Z(X_0) = \sum \lambda_i Z(X_i)$$



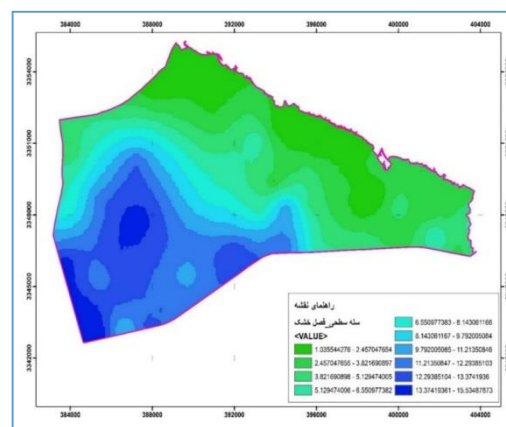
نقشه ۲- فرسایش پذیری خاک در فصل خشک



نقشه ۱- فرسایش پذیری خاک در فصل مرطوب



نقشه ۴- سله سطحی خاک در فصل مرطوب



نقشه ۳- سله سطحی خاک در فصل خشک

نتایج و بحث

نقشه‌های حاصل از درون‌یابی شاخص فرسایش پذیری خاک به تفکیک هر دو فصل در زیر نشان داده شده است. میزان شاخص فرسایش پذیری خاک و روند افزایش فرسایش بادی با مشاهده نقشه‌های حاصل از درون‌یابی نشان می‌دهد میزان پیش روی به سمت شمال منطقه بوده و ارزیابی شاخص در دو فصل تفاوت کمی را نشان می‌دهد. در واقع خصوصیات

هدفهین کنکره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

خاک در دو فصل مشابه بوده و تفاوت زیادی را نشان نمی‌دهند به همین علت میزان تغییرات شاخص فرسایش‌پذیری خاک، قابل مشاهده می‌باشد اما اختلاف زیادی را نشان نمی‌دهد. نقشه‌های حاصل از درون‌یابی سله‌سطحی خاک به تفکیک هر دو فصل در زیر نشان داده شده است. از نقشه‌های درون‌یابی سله‌سطحی خاک مشاهده می‌گردد، نتایج حداقل و حداکثر مقدار سله سطحی در هر دو فصل به ترتیب ۱ تا ۱۵ است که این تغییرات اندکی در فصل خشک بیشتر شده است در واقع نشان دهنده رطوبت بیشتر در این دوره بوده و یکی از راهکارهای مقابله با فرسایش بادی وجود و یا افزایش رطوبت در محیط می‌باشد این شاخص فرسایش‌پذیری از نظر موقعیت مکانی به ترتیب در بخش‌های شمالی حوزه واقع شده‌اند در جایی که میزان شاخص فرسایش‌پذیری خاک بالا می‌باشد. بطور کلی هدف از مطالعه فرسایش‌بادی بررسی ویژگی‌های بادهای فرساینده بخصوص رژیم بادهای منطقه، شدت و جهت بادهای تولیدکننده ریزگرد، فرسایش‌پذیری خاک‌ها در سطح کانون تولید ریزگرد و پهنه‌بندی حساسیت اراضی به تولید ریزگرد و فرسایش بادی است. نتایج نشان داده که ساختمان خاک یکی از مهم‌ترین پارامترهای تاثیرگذار بر فرسایش خاک می‌باشد. علاوه بر ساختمان، خاک خود از عواملی همچون میزان موادآلی و بافت خاک تاثیر می‌پذیرد. خاک ناحیه هندیجان از نظر ماده آلی و به طبع آن نیتروژن، رس و رطوبت در دسترس وجود پوشش گیاهی فقیر و از پایداری و ساختمان نامناسبی برخوردار است و در مقابل املاح $CaCO_3$, pH, EC قابل توجهی می‌باشد. نتایج شوری خاک با نتایج حاصل از تحقیقات Awotoye و همکاران سال ۲۰۱۱ تطبیق داده شده است و این با نتایج آنها نزدیک بوده و توانسته است در مناطقی که افزایش شوری را نشان می‌دهد ارتباط نزدیکی با فرسایش‌پذیری سطحی خاک برقرار کند. در مورد ماده آلی در اکثر بخش‌های ناحیه ماده آلی از ۱ درصد کمتر بوده است و محدوده مطالعاتی به دلیل فقر ماده آلی دچار از بین رفتن چسبندگی بین ذرات خاک شده و توانسته یکی از زمینه‌های آماده‌سازی فرسایش بادی و ایجاد کانون گردوغبار را فراهم نماید، که این با نتایج مطالعات Awotoye و همکاران (۲۰۱۱) مغایرت داشته و با نتایج تحقیقات زهتابیان و خسروی (۱۳۸۹) مطابقت دارد. میانگین وزنی قطر ذرات خاکدانه‌های خاک نشان داد بازه فرسایش‌پذیری خاک در حدود ۳۰-۲۰ تن در هکتار برآورد می‌گردد و این نشان می‌دهد فرسایش‌پذیری خاک و میزان از بین رفتن خاکدانه‌های کوچکتر از ۰/۸۴ درصد خاک همبستگی معنی دار وجود دارد و این با نتایج تحقیقات اختصاصی (۱۳۹۰) و عظیم زاده و همکاران (۱۳۸۱) مطابقت دارد. در مطالعات مشابه Yang et al (2014) و Lee et al (2013) برای تخمین فرسایش‌پذیری سطح خاک از این روش استفاده کردند و نتایج با ایشان مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

بطور کلی خاک منطقه‌ی مورد مطالعه از تخریب و پتانسیل فرسایش‌پذیری بادی بالایی برخوردار است. این مسئله را نباید از نظر دور داشت که در منطقه مورد مطالعه به دلیل شرایط اقلیمی خصوصیات فیزیکی خاک به مراتب بیشتر از خصوصیات شیمیایی تغییرپذیرند. نتایج این تحقیق بیانگر آنست که با ادامه فرسایش بادی در منطقه تمام زمین‌ها با کاربری‌های مختلف به سمت سبک شدن پیش می‌روند و با گذشت زمان از مقدار چسبندگی خاک‌ها بیش از پیش کاسته می‌شود که این امر می‌تواند علاوه بر تغییر بیشتر در جزء فرسایش‌پذیری خاک که خود تابعی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی است اثر گذاشته و با ادامه خشکسالی بر وخامت بیابان‌گرایی مناطق عربان در خطه خوزستان شدت فرسایش‌پذیری خاک بیفزاید.

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

منابع

اختصاصی، م. ح.، دادفر، ص.، کامرانی، ف.، شاه بندری، ر.، (۱۳۹۰). شناسایی مناطق طوفان خیز دشت‌های بیابانی با استفاده از تلفیق نتایج گلباد، گل طوفان و گل ماسه (مطالعه موردی - دشت بافق). مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۵، ۳۹-۴۴.

عظیم زاده و همکاران (۱۳۸۱)، سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول.

معماریان و همکاران، (۱۳۸۹)، تهیه نقشه فرسایش خاک با استفاده از داده های دورسنجی ETM+ (مطالعه‌ی موردی: شمال آق قلا، استان گلستان). پژوهش های حفاظت آب و خاک، علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

Belnap, J., Farshad, A., and Georg, R. J. (2013), Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modeling, and geophysics. *Geoderma*, 130:191-206.

boorly G. I., and Zinck, J. A. (2014). Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment*. 85:1-20.

weGhorbani vagheeie and bahrami F. (2005). Soil salinity detevtion using satellite remote sensing, M.S. Thesis, ITC, Netherlands.

Hermas C. And Et.Al, (2014). Monitoring P LAYAS Using the Mapper Data proctgarse 88 symposium Edinburgh Scotland.

Westraton and Mohammad, G. I., and Zinck, J. A. (2012). Remote sensing of soil salinization: Impact on land management. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. 272 pp.

Zobec, M., Shawan, A. and Erasmi S., (2003), Remote sensing based classification of salt affected soils as an indicator for landscape degradation in the south of Aleppo, Syria. UN convention to combat desertification, Trier, Germany, 7-9 sep. 2005.

Sepehr M, Cosgove J W, Structural framework of the Zagros Fold- Thrust Belt, Iran, *Marine and Petroleum Geology*, 2004, 21, 829-843.

Sherkati Sh, Letouzey Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros)Izeh zone and Dezful Embayment(, Iran, *Marine and Petroleum Geology*, 2004, 21, 535-554.

Sokos E, Zahradnik J, Evaluating Centroid-Moment-Tensor Uncertainty in the New Version of ISOLA Software, *Seismological Research Letters*, 2013, 84.

Walf and nickling. (1993). Evaluation of airborne image data for mapping riparian vegetati within the Grand Canyon. Report 02-470. U.S. Geological Survey, Flagstaff, USA.

Miller, A.E.K., Nicolas, H., Walter, C. (2008). Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote sensing data. *Geoderma*, 134: 217-230.

Evaluation of soil sensitivity to wind erosion using kriging method (Case study: Khuzestan province, Hindijan city)

Maedeh Ananati ¹, Alireza Amirian Chakan ², Mohammad Faraji ³, Shahram Yousefi Khaneghah ⁴, Ruhollah Taghizadeh Mehrjerdi ⁵

1- Graduate student of Khatam Al-Anbia University of Technology, Behbahan, maedehenanati@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Lorestan University

3- Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Khatam Al-Anbia University of Technology, Behbahan

4- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Khatam Al-Anbia University of Technology, Behbahan

5- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Ardakan University

Abstract

Today, soil erosion is one of the most important issues and problems in the regions. Meanwhile, the increasing human exploitation of the natural environment has a great impact on intensifying the process of soil degradation and erosion and is proportional to the intensity and weakness of erosion in how the region is talented and the production potentials of water and soil resources. In this research, wind erosion of the soil of Hindijan plain from the southern cities of Khuzestan has been studied and evaluated by estimating erosion indices based on measurement and field studies and calculating and estimating it by geostatistical methods in GIS environment. Sampling was performed in two seasons, dry and wet. The results showed that the most common cause of erosion in the region is the loss of vegetation and the presence of silt in the soil tissues of the region.

Keywords: Wind Erosion, Hindijan, GIS

اثر تنش گرما برواکنش عملکردی لاین های متحمل به گرمای برنج به کود ازت

عبدالعلی گیلانی^{۱*} و سامی جلالی^۲

* ۱- استاد یار پژوهش بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

gilani.abdolali@yahoo.com

۲- محقق برنج، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین نقش کود ازته در واکنش ارقام متحمل به گرمای برنج به تنش درجه حرارت زیاد از طریق تغییر در تاریخ کاشت طراحی گردید. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی و سه تکرار به روش خشکه کاری و طی دو سال (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) اجراء شد. سه تاریخ کاشت (۴/۱، ۴/۱۰ و ۴/۲۰) در کرت های اصلی و ۳ لاین برنج متحمل به گرمای انتخابی از ۵۴ لاین ارسالی از ایری V1=IR64197-3B-15-2، V2=N22(ACC4819)+RAJBHOG، V3=GHARIB(ACC32307)+HARIB و V4= رقم محلی هویزه (شاهد متحمل به گرما) و سه سطح نیتروژن خالص (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی قرار گرفتند. بیشترین عملکرد دانه با متوسط ۳۷۵۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به لاین ۱، سطح دوم نیتروژن و تاریخ کاشت سوم بود. همچنین بیشترین تعداد خوشه از سطح دوم نیتروژن با متوسط ۵۸۲ را لاین ۱ در تاریخ کاشت اول (تنش گرما) و کمترین آن با ۲۴۴ خوشه را رقم هویزه در تاریخ کاشت سوم داشت.

واژگان کلیدی: لاین برنج، گلچه عقیم، کاهش تولید دانه، تغذیه نیتروژن

مقدمه

بررسی روند تغییرات تولید جهانی برنج در دهه های گذشته نشان داد که از اواسط سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ تولید آن در دنیا دو برابر شده است که ۸۰٪ از این افزایش به وسیله عملکرد بالاتر و از طریق جایگزینی تدریجی واریته های قدیمی توسط ارقام جدید و پیشرفته ای حاصل شد که به انقلاب سبز^۱ معروف است (حسین، ۱۹۹۹). واکنش عملکرد برنج نسبت به افزایش دمای محیط می تواند بسته به شرایط رشد متفاوت باشد به طوری که با افزایش درجه حرارت، عملکردها در نواحی با عرض های جغرافیایی پایین، کاهش می یابد. چون هرگونه افزایش دما می تواند آنها را در معرض تنش بیشتر قرار دهد اما در عرض های بالا و متوسط که عملکرد، توسط دماهای پایین و فصل رشد کوتاه محدود می گردد تولید دانه افزایش خواهد یافت (حوری و همکاران، ۲۰۰۳). متوسط عملکرد برنج در پاکستان (۲ تن در هکتار) در مقایسه با کشورهایمانند مصر و آمریکا به ترتیب با میانگین های ۸/۴ و ۶/۶ تن در هکتار بسیار پایین است که دمای زیاد (۴۰-۵۰ °C)، رطوبت نسبی پایین در زمان انتقال نشاء و استفاده از نشاءهایی با سنین نامناسب از جمله دلایل این کاهش تولید می باشند (بلوچ و همکاران، ۲۰۰۶). گیلانی و همکاران (۱۳۹۱) در خوزستان اعلام نمودند بیشترین و کمترین عملکرد دانه مربوط به تاریخ کاشت مطلوب (۳/۲۵) و تنش (۲/۱۵) می باشد و در بین ارقام نیز رقم های متحمل به گرما (هویزه و حمر) از تولید بالاتری برخوردار بودند. همچنین به علت درجه حرارت زیاد محیط بخصوص در زمان رسیدگی و پرشدن دانه در تاریخ کاشت اول، تولید دانه آن به ترتیب ۴۰/۹ و ۵۵/۳ درصد نسبت به تاریخ های دوم و سوم کمتر بود. ممبینی و همکاران (۱۳۹۳) در خوزستان گزارش نمودند بیشترین عملکرد دانه مربوط به تاریخ کاشت مطلوب ۵ خرداد بود که نسبت به دو تاریخ دیگر (۱۵ اردیبهشت و ۲۵ خرداد) به ترتیب ۴۱/۷ و ۸/۹ درصد برتری داشت. با توجه به اینکه همزمانی و ادامه

^۱ Green Revolution

هدفهین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

کشت برنج در استان با وقوع درجه حرارت بالای محیط نه تنها یکی از عوامل اصلی افت تولید دانه برنج در استان خوزستان محسوب می شود بلکه منجر به حذف تعداد قابل توجهی از ژرم پلاسماهای ارسالی از داخل و خارج کشور و کاهش تنوع در ارقام قابل کشت استان می گردد. تحقق این مهم مستلزم تعیین نقش تاریخ کاشت و تاثیرگذاری آن بر پارامترهای اقلیمی مطلوب و مورد نیاز لاین های برنج از یک طرف و فرآیند جذب نیتروژن توسط ریشه و انتقال آن به بخش های بالایی گیاه، متابولیسم و سرعت جذب و انباشت آن در سطح اندام های هوایی بخصوص میزان و تداوم سبزینگی برگ ها بخصوص در دوره زایشی و تشکیل دانه از طرف دیگر می باشد که می تواند منجر به پاسخ های متفاوت فنولوژیکی و فیزیولوژیکی و در نهایت استفاده آن در بخش های اقتصادی و بیولوژیکی شود.

مواد و روش ها

این پژوهش با هدف تعیین واکنش لاین ها و رقم متحمل به گرمای برنج به تغییرات پارامترهای اقلیمی ناشی از تفاوت در تاریخ کاشت، مقادیر نیتروژن و دست یابی به سطح مطلوبی از آنها طراحی گردید. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی و سه تکرار به مدت دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. تاریخ کاشت (۴/۱، ۴/۱۰، ۴/۲۰) به عنوان عامل اصلی و ۳ لاین برنج متحمل به گرمای انتخابی از ۵۴ لاین ارسالی از ایری V1=IR64197-3B-15-2، HARIB V4، V2=N22(ACC4819)+RAJBHOG و V3=Gharib(ACC32307) و رقم محلی هویزه (شاهد متحمل به گرما) و سه سطح نیتروژن خالص (n1=۵۰، n2=۷۵ و n3=۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به صورت فاکتوریل در کرت های فرعی قرار گرفتند پس از بسترسازی کامل، بذر خشک لاین ها با احتساب ۸۰ کیلوگرم در هکتار در یک بستر خشک بذرپاشی شد و سپس با چنگک در عمق ۳ سانتی متری خاک قرار گرفت. برای تسریع در جوانه زنی و ظهور گیاهچه ها، آب با عمق ثابت ۴ سانتی متر به مدت ۲۰ ساعت در کرت ها حفظ شد. سپس تا ظهور اولین برگ دور آبیاری در حد اشباع نمودن خاک تا عمق ۱۰ سانتی متری خاک صورت گرفت و پس از آن تا ۷-۸ روز قبل از برداشت، آبیاری به صورت غرقاب کامل و با ارتفاع ۵-۴ سانتی متر و تناوب ۴ روزه انجام شد. با توجه به نتایج تجزیه خاک، عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و روی از منابع فسفات آمونیم، سولفات پتاسیم و روی به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار به صورت خاک کاربرد مصرف گردیدند. اما نیتروژن خالص در چهار تقسیط طی مراحل نموی شامل پایان گیاهچه ای و شروع پنجه زنی، ابتدای ساقه رفتن، آبستنی و ظهور ۵۰ درصد خوشه ها استفاده شد. تعداد خوشه در واحد سطح با شمارش خوشه ها از در دو سطح ۰/۲۵×۰/۲۵ متری در زمان برداشت بدست آمد. عملکرد بیولوژیکی یا ماده خشک کل با کف برنمودن نیم متر مربع در زمان برداشت و خشکاندن آنها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت تعیین شد و سپس درصد نسبی عملکرد دانه از کل بیوماس به عنوان شاخص برداشت مزرعه محاسبه شد. عملکرد دانه با حذف اثر حاشیه ای، و برداشت از ۵ متر مربع متن کرت و با رطوبت ۱۴ درصد توزین شد. تجزیه مرکب توسط برنامه MSTATC و مقایسه میانگین ها به روش چنددانه ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث :

عملکرد دانه:

نتایج تجزیه مرکب نیز نشان داد بین سال، رقم، اثر متقابل دو عاملی سال و تاریخ کاشت، سال و رقم، تاریخ کاشت و رقم، و سه عاملی سال و تاریخ کاشت و رقم، سال و رقم و نیتروژن، تاریخ کاشت و رقم و نیتروژن در سطح ۱ درصد تفاوت معنی دار بود (جدول ۱). اما در سایر موارد از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد. مقایسه میانگین ها مشخص نمود عملکرد دانه در سال اول با متوسط ۲۷۸۸ نسبت به سال دوم با ۲۳۱۱ کیلوگرم در هکتار به مقدار ۴۷۷ کیلوگرم در هکتار یا ۱۷ درصد افزایش داشته است. به نظر می رسد افزایش درجه حرارت در سال دوم بخصوص در طی دوره زایشی و شکل گیری اجزای عملکردی و نیز در مرحله پرشدن دانه و رسیدگی در طی ماههای شهریور، مهر از دلایل دست یابی به نتیجه مزبور باشد. به طوری که حداقل دما دو ماه مزبور در سال دوم به ترتیب معادل ۲۴/۱ و ۲۰/۹ درجه سانتی گراد

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

بود که نسبت به سال اول با مقادیر ۲۳/۳ و ۱۷/۹ درجه‌سنتی‌گراد بیشتر می‌باشد. در هر دو سال، لاین V1 با مقادیر ۴۱۵۰ و ۴۱۹۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرددانه را به ترتیب در تاریخ‌کاشت و سال اول و تاریخ‌کاشت سوم از سال دوم داشته است. واکنش عملکردی لاین‌ها و رقم هویزه به تغییرات تاریخ‌کاشت در طی دو سال مشخص نمود، تولید دانه آنها در تاریخ‌کاشت اول و دوم، از سال اول به دوم بشدت کاهش یافت اما شدت آن در لاین V1 به ترتیب با ۱۶۰۳ و ۸۳۳ کیلوگرم در هکتار به مراتب بیشتر از دو لاین دیگر و رقم هویزه بود. در اثرمتقابل تاریخ‌کاشت و نیتروژن در طی دو سال مشخص گردید به جز افزایش تولید دانه سطوح n2 و n3 از تاریخ‌کاشت سوم در سال دوم در سایر تیمارها عملکرد از سال اول به دوم روندی نزولی داشت. واکنش لاین‌ها و رقم هویزه به سطوح نیتروژن در طی دو سال نشان داد بیشترین و کمترین تولید دانه با مقادیر ۳۶۹۸ و ۱۶۲۲ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به لاین V1 و سطح n1 در سال اول و رقم هویزه و سطح n2 در سال دوم بود. و به دلیل هوای گرمتر در سال دوم میزان تولید دانه لاین‌ها و رقم هویزه در سطوح نیتروژن به طور نسبی روندی کاهشی داشته است. اثر همزمان تاریخ‌کاشت، رقم و نیتروژن نشان داد در هر سه تاریخ‌کاشت لاین V1 در تمام سطوح نیتروژن از عملکرد بالاتری برخوردار بود و بیشترین مقدار آن با متوسط ۳۷۵۸ کیلوگرم در هکتار در سطح دوم نیتروژن و تاریخ‌کاشت سوم بدست آمد.

ماده خشک کل:

با توجه به نتایج، اثر سال، اثرمتقابل دو (تاریخ‌کاشت و رقم) و سه عاملی (سال با تاریخ‌کاشت و رقم) در سطح ۱ درصد و اثرمتقابل سال و رقم و اثرمتقابل سال و رقم و نیتروژن در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند. اما در سایر موارد تفاوتی از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۱). بیشترین و کمترین بیوماس تولیدی با مقادیر ۱۰۹۴۳ و ۷۸۹۸ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به سال‌های اول و دوم بود. با توجه به هوای گرمتر و دمای بیشتر محیط در سال دوم (۳۱/۷ درجه‌سنتی‌گراد نسبت به سال اول (۳۱/۳ درجه‌سنتی‌گراد) و همچنین رطوبت نسبی پایین‌تر و هوای خشک‌تر (۴۳/۹ درصد) و تعداد ساعات آفتابی و میزان تشعشع دریافتی کمتر (۲۷۹ ساعت) در سال دوم، به نظر می‌رسد درجه‌حرارت بیشتر در این سال نه تنها با افزایش در سرعت رشد، منجر به کوتاه‌تر نمودن مراحل نموی وکل دوره رشد گردید. بلکه با تاثیر بر خصوصیات رشدی و عملکرد فتوسنتزی بوته‌های برنج و افزایش میزان تنفس و هزینه خودنگهداری جامعه گیاهی و در نهایت تولید ماده‌خشک‌کمتر گردید. میانگین ماده‌خشک تولیدی بین سطوح نیتروژن مشخص نمود با تغییر میزان نیتروژن مصرفی، مقدار آن با یک ریت مشخصی زیاد شد. به طوری‌که از n1 به n2، ۴۳۳ و از n2 به n3 معادل ۲۱۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. به بیانی تغییرات و افزایش ماده‌خشک نسبت به سطوح نیتروژن روندی کاملاً منطبق با قانون میچرلیخ داشت. به طوری‌که علی‌رغم مقدار بیشتر ماده‌خشک در سطوح بالاتر نیتروژن، اما ریت افزایش به ازای هر واحد نیتروژن اضافی کمتر بود. اثرمتقابل سه گانه سال و تاریخ‌کاشت و رقم نشان داد روند تولید ماده‌خشک در رقم هویزه و لاین V1 در تاریخ‌های کاشت اول و دوم و در دو لاین دیگر در هر سه تاریخ‌کاشت از سال اول به دوم با شدت‌های متفاوت کاملاً نزولی بود و در سال دوم مقادیر به مراتب کمتری از سال اول بدست آمد. در اثرهمزمان سطوح نیتروژن و تاریخ‌کاشت طی دو سال مشخص شد. علی‌رغم مقادیر کمتر ماده‌خشک در سال دوم، مقدار آن در هر سه تاریخ‌کاشت با افزایش سطوح نیتروژن روندی صعودی داشت. لذا می‌توان گفت در دمای بالای سال دوم نقش مقادیر نیتروژن در فرایند تولید ماده‌خشک به مراتب بیشتر از سال اول بود. واکنش لاین‌ها و رقم هویزه به سطوح نیتروژن در طی دو سال نشان داد در تمام سطوح نیتروژن مقدار ماده‌خشک تولیدی هر سه لاین و رقم هویزه در سال دوم به مراتب کمتر از سال اول بود اثرمتقابل سه عاملی تاریخ‌کاشت، رقم و نیتروژن مشخص نمود میزان ماده‌خشک لاین‌ها و رقم هویزه در سطوح نیتروژن مستقل از تاریخ‌کاشت می‌باشد و اثرات بین میانگین‌ها حالت جمع‌پذیری داشت. و مقادیر حداکثر و حداقل آن در دامنه بین ۱۲۲۹۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم هویزه و سطوح سوم تاریخ‌کاشت و نیتروژن و ۷۸۵۰ کیلوگرم در هکتار از لاین V2 و سطح n1 در تاریخ‌کاشت دوم بود.

شاخص برداشت:

هدفهین کنکره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

نتایج تجزیه مرکب مشخص نمود بین تاریخ کاشت، در سطح ۵ درصد اما بین ارقام، تاریخ کاشت و رقم، سال و تاریخ کاشت و رقم، تاریخ کاشت و نیتروژن، و تاریخ کاشت و رقم و نیتروژن در سطح ۱ درصد تفاوت معنی دار بود اما در سایر اثرات اختلافی از نظر آماری مشاهده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد مقادیر شاخص برداشت از ۲۶/۳ در سال اول تا ۲۹/۲ درصد در سال دوم متغیر بود. با توجه به رابطه شاخص برداشت با عملکرد دانه و بیوماس و تفاوت معنی دار این دو صفت در طی دو سال و دمای بیشتر محیط در سال دوم، به نظر می‌رسد علاوه بر مقدار بیشتر عملکرد دانه و ماده خشک کل در سال اول و کاهش آنها در سال دوم، مقادیر و درصد متفاوت کاهش در میزان عملکرد دانه و ماده خشک کل از سال اول به دوم از دلایل این نتیجه‌گیری باشد. اثر متقابل سه گانه سال و تاریخ کاشت و رقم نشان داد بیشترین و کمترین مقدار شاخص برداشت با میانگین‌های ۴۵/۹ و ۱۶/۸ درصد را به ترتیب لاین V1 در تاریخ کاشت سوم و رقم هویزه در تاریخ کاشت اول طی سال دوم داشتند. واکنش تاریخ‌های کاشت به سطوح نیتروژن در طی دو سال مشخص نمود در هر سه سطح نیتروژن مقدار شاخص برداشت تاریخ کاشت اول، از سال اول به دوم روندی کاهشی داشت. در حالی که در دو تاریخ کاشت دیگر بخصوص تاریخ کاشت سوم در سال دوم شاخص برداشت از افزایش قابل توجهی برخوردار بود. به نظر می‌رسد روند یکسان تغییرات میانگین‌ها از سال اول به دوم در دو تاریخ کاشت دوم و سوم از دلایل دست‌یابی به نتیجه مزبور باشد. اثر متقابل ارقام و نیتروژن در طی دو سال نشان داد در تمام سطوح نیتروژن، لاین V1 و V3 نسبت به لاین V2 و رقم هویزه از شاخص برداشت بالاتری برخوردار بودند. اما شدت افزایش آن در دو لاین ۱ و ۳ بسته به مقدار نیتروژن مصرفی متفاوت بود. در اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم و نیتروژن مشخص شد بیشترین شاخص برداشت با مقدار ۴۵/۶ درصد را لاین V1 و سطح n2 و کمترین آن با متوسط ۱۶/۴ درصد را لاین V2 و سطح n3 در تاریخ کاشت سوم داشت. از طرفی در تمام سطوح نیتروژن، لاین V1 در هر سه تاریخ کاشت، نسبت به دو لاین دیگر و رقم هویزه از شاخص برداشت بالاتری برخوردار بود.

تعداد خوشه در واحد سطح:

با توجه به تجزیه مرکب، بین سال، تاریخ کاشت، رقم، اثر متقابل دو عاملی تاریخ کاشت و رقم، و اثر متقابل سه عاملی (سال و تاریخ کاشت و رقم) در سطح ۱ درصد، اثر متقابل رقم و نیتروژن، و تاریخ کاشت و رقم و نیتروژن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار بود اما در سایر موارد اختلافی از نظر آماری وجود نداشت. (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود بیشترین خوشه با متوسط ۴۵۹ در سال اول و کمترین آن با ۳۶۷ تعداد در واحد سطح در سال دوم بدست آمد. اثر متقابل سه گانه تاریخ کاشت و رقم و سال نشان داد تعداد خوشه در لاین‌های برنج و رقم هویزه در هر سه تاریخ کاشت، از سال اول به دوم با شدت‌های متفاوت روندی کاملاً کاهشی داشت و بیشترین تعداد با میانگین‌های ۶۰۴ و ۶۰۷ مربوط به لاین ۱ در تاریخ کاشت‌های اول و دوم از سال اول بود. اما کمترین آن با میانگین‌های ۲۶۳، ۲۸۰ و ۲۷۹ را به ترتیب لاین ۲ و رقم هویزه در تاریخ کاشت سوم و لاین ۳ در تاریخ کاشت دوم از سال دوم داشتند. اثر مقادیر نیتروژن در طی دو سال و سه تاریخ کاشت مشخص نمود علی‌رغم اینکه تعداد خوشه سطوح نیتروژن در هر سه تاریخ کاشت از سال اول به دوم روندی کاهشی داشت. اما به دلیل تفاوت کم تعداد خوشه در بین سطوح نیتروژن و تاریخ کاشت در هر دو سال، اثرات میانگین‌ها مستقل از سال بود. اثر متقابل سطوح نیتروژن و رقم در طی دو سال نشان داد سه لاین و رقم هویزه در هر سه مقادیر نیتروژن، در سال اول تعداد خوشه بیشتری از سال دوم داشتند. و بطور نسبی لاین ۱ در سطوح n1 و n2 و رقم هویزه در n3 از سال اول از تعداد خوشه بیشتری در واحد سطح برخوردار بودند. در اثر متقابل تاریخ کاشت، رقم و نیتروژن مشخص شد بیشترین تعداد خوشه از سطح دوم نیتروژن با متوسط ۵۸۲ را لاین ۱ در تاریخ کاشت اول و کمترین آن با ۲۴۴ خوشه را رقم هویزه در تاریخ کاشت سوم داشتند. اثر متقابل رقم و نیتروژن با سال نشان داد بیشترین و کمترین تعداد خوشه با مقادیر ۵۸۲ و ۲۴۴ به ترتیب مربوط به لاین ۱ و رقم هویزه از سطح n2، در سال اول و دوم بود. و تمامی تیمارهای رقم و نیتروژن در سال اول نسبت به دوم تعداد خوشه بیشتری در واحد سطح داشتند.

نتیجه‌گیری

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

با افزایش دما در سال دوم عملکرد دانه به میزان ۴۷۷ کیلوگرم در هکتار یا ۱۷ درصد نسبت به سال اول کاهش یافت. اما استفاده از لاین متحمل تر به گرما و تغذیه مناسب ازت می تواند اثر آن را کاهش دهد به طوری که بیشترین عملکرد دانه با متوسط ۳۷۵۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به کاشت لاین ۱ در ۴/۲۰ با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بود.

بررسی منابع

- گیلانی، ع. جلالی، ج. ۱۳۹۱. تدوین استانداردهای تعیین پتانسیل و ارزیابی خسارت به تفکیک عوامل مدیریتی و طبیعی در مراحل مختلف رشد برنج، گزارش پژوهشی، موسسه تحقیقات برنج کشور.
- ممبینی، م. سیادت، ع. لک، ش. گیلانی، ع. راسخ، ع. ۱۳۹۳. آنالیز پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه برنج (*oryza sativa. L.*) در واکنش به تنش گرما. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی و احد علوم تحقیقات خوزستان.
- Baloch, M.S., Awan, I.u. and Hassan, G. 2006. Growth and yield of rice as affected by transplanting dates and seedling per hill under high temperature of Dera Ismail Khan, Pakistan. J. Zhejiang. univ. Science B. 7(7): 572-579.
- Horie, T., Yoshida, H., Shiraiwa, T., Nakagawa, H., Kuroda, E., Sasaki, T., Hagiwara, M., Kobata, T., Ohnishi, M. and Kobayashi, K. 2003. Analysis of genotype by environment interaction in yield formation processes of rice grown under a wide environmental range in Asia. 10. Asian Rice Network (ARICENET) research and preliminary results. JPN. J. Crop Sci. 72 (Extra issue 2): 88-89 (in Japanese).
- Hussein, M. 1999. Sustaining food security for fragile environments in Asia: achievements, challenges and implication for rice. Research in fragile lives in fragile ecosystems. Proceeding of a conference. International Rice Research Institute, Feb. 13-17, Manila, Philippines. P. 3-23.

جدول - خلاصه نتایج تجزیه مرکب

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	ماده خشک کل	شاخص برداشت	تعداد خوشه
سال	۱	۱۲۲۹۵۶۳۰/۷**	۵۰۱۰۲۷۴۰۲**	۴۳۴/۹ ns	۴۵۷۶۰۸/۲**
تکرار (سال)	۴	۴۶۷۱۸۳۰/۵ ns	۳۸۵۸۲۵۹/۳ ns	۸۶/۹ ns	۵۵۰۲۵/۷ ns
تاریخ کاشت	۲	۷۱۹۳۲۹/۳ ns	۱۲۲۱۵۴۲۴/۴ ns	۵۰۸/۷۵*	۲۷۷۰۴۲/۱**
سال × تاریخ کاشت	۲	۱۳۴۵۵۳۰/۴**	۲۸۱۴۸۰۰۳/۱ ns	۷۴۵/۸**	۳۱۹۳۸/۲ ns
خطای (a)	۶	۶۱۶۶۶۶/۸	۱۷۸۲۲۱۸۲/۱	۸۷/۸۶	۱۱۷۰۸/۸
رقم	۳	۱۶۰۸۳۲۷۹/۶**	۱۸۳۲۶۰۴/۷ ns	۱۸۱۹/۵**	۱۱۹۰۲۲/۰۱**
سال × رقم	۳	۱۱۶۷۶۳۹/۲**	۱۲۰۸۱۸۱۳/۱*	۳/۱۱ ns	۴۲۹۳/۴ ns
تاریخ کاشت × رقم	۶	۳۲۲۵۳۳۲/۶**	۱۲۲۶۰۸۸۰/۹**	۲۰۶/۸**	۳۷۵۴۲/۲**
سال × تاریخ کاشت × رقم	۶	۲۳۵۹۳۸۶/۱**	۱۱۰۴۵۹۱۲/۷**	۱۶۶/۱**	۳۸۶۶۰/۱**
نیترژن	۲	۱۵۰۱۸۷/۴ ns	۷۸۸۳۱۲۸/۸ ns	۴۲/۶ ns	۱۴۴۷۱/۹ ns
سال × نیترژن	۲	۵۹۹۶۰۹/۵ ns	۲۶۶۲۵۳۳/۶ ns	۴/۷ ns	۱۴۰۷۷/۶ ns
تاریخ کاشت × نیترژن	۴	۱۲۲۴۰۷۸/۲**	۷۱۳۰۳۸۱/۶ ns	۱۲۶/۳**	۱۹۵۵/۸ ns
سال × تاریخ کاشت × نیترژن	۴	۴۷۸۹۰۰/۷ ns	۷۰۸۷۶۳۸/۳ ns	۴۳/۵ ns	۱۲۶۴۹/۷ ns
نیترژن × رقم	۶	۵۱۱۵۶۸/۹ ns	۳۲۳۶۵۸۲/۹ ns	۵۳/۸ ns	۱۸۳۳۴/۶*
سال × رقم × نیترژن	۶	۱۰۵۷۰۶۸/۴**	۸۴۹۳۴۰۶/۹*	۶۰/۲ ns	۹۴۵۲/۳ ns
تاریخ کاشت × رقم × نیترژن	۱۲	۱۲۲۳۱۹۲/۱**	۴۸۳۴۱۳۲/۳ ns	۱۲۸/۸**	۱۵۷۵۶/۶*
سال × تاریخ کاشت × نیترژن × رقم	۱۲	۲۲۱۷۹۱/۱ ns	۴۳۸۵۹۸۴/۸ ns	۸/۲۴ ns	۵۹۷۵/۳ ns

۷۳۸۱/۶	۳۶/۳	۳۳۵۳۶۱۹/۹	۲۸۹۴۴۳/۳	۱۳۴	(b) خطای
۲۰/۸۲	۲۱/۲۸	۱۹/۴۴	۲۱/۱۱		ضریب تغییرات(%)

The effect of heat stress on yield of heat tolerance rice cultivars to nitrogen

A. Gilani^{1*}, S. Jalali²

^{1*}- Corresponding Author, Assistant professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center.

²- Rice researcher of Seed and Plant Improvement Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center.

Abstract

This study planned to determine of nitrogen role in heat tolerance rice cultivars response to high temperature by planting date change. The experiment was laid out in a randomized complete design on factorial-split with three factors and replications for two years (2017- 2018) in Shavoor agriculture research station. planting date as main plot included three levels (d1- 5/20, d2- 5/30 and d3- 6/9) and sub plot were on factorial of rice cultivars namely (V1=IR64197-3B-15-2, V2=N22(ACC4819)+RAJBHOG V3=GCHARIB(ACC32307+ GCHARIB and V4-H0vazeh) with three levels nitrogen (n1-50,n2-75 and n3-100 kg/ha). The results of combined analysis of variance showed that significant difference for grain yield, total dry matter and panicle number/ m² in %1 level. The highest grain yield (3785 kg/ha) had d3n2v1. Also The highest and lowest Panicle number/ m² with 582 and 244 related to d1n2v1 and d3n2v2 respectively.

Key words: Rice lines, Unproductive Floret, Yield loss, Nitrogen nutrition.

ارزیابی طولانی مدت خشکسالی در ایران با به کارگیری تکنیک ریخت‌شناسی ریاضیاتی

مه‌دی رحمتی^{۱*}

۱- دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

* نویسنده مسئول: mehdirmti@gmail.com

چکیده

مشابه با هر پدیده طبیعی دیگر، درک و توصیف صحیح پدیده خشکسالی به منظور آماده بودن برای خشکسالی‌های آینده بسیار ضروری می‌باشد به طوری که محققین و پژوهشگران مختلف روش‌های متفاوتی را برای این منظور استفاده کردند که از مزیت‌ها و معایب مختلفی برخوردار هستند. با این وجود، تحقیقات بسیار اندکی در خصوص ارزیابی همزمان یک پدیده خشکسالی در بعد زمان و مکان صورت گرفته است. یکی از روش‌های بسیار مفید برای این منظور که در سال‌های اخیر ارائه شده است، استفاده از تکنیک ریخت‌شناسی ریاضیاتی می‌باشد. لذا در تحقیق حاضر تلاش شد تا با استفاده از تکنیک فوق و داده‌های سری زمانی رطوبت خاک وقایع خشکسالی رخ داده در بازه زمانی ۱۳۵۹ (۱۹۸۰ میلادی) تا ۱۳۹۹ (۲۰۲۰ میلادی) در محدوده جغرافیایی ایران مورد ارزیابی قرار گیرد. بر اساس نتایج این پژوهش، در مجموع ۲۰۷ رویداد خشکسالی با شدت و ماندگاری‌های مختلف در دوره‌های زمانی مختلف در طی ۴۱ سال گذشته شناسایی شد که عمده این خشکسالی‌ها در مناطق غرب و بخش‌های از شمالغرب کشور رخ داده است. با به کارگیری تکنیک فوق، به طور همزمان ناحیه تحت تاثیر و شدت و مدت ماندگاری رویدادهای خشکسالی تعیین شد. نتایج نشان داد که وسیع‌ترین، شدیدترین و ماندگارترین خشکسالی‌های ۴ دهه اخیر ایران در غرب و بخش‌های از شمالغرب ایران رخ داده است.

واژگان کلیدی: خشکسالی، شاخص پالمر، تکنیک ریخت‌شناسی ریاضیاتی، داده‌های سری زمانی

مقدمه

رخداد‌های خشکسالی معمولاً در اثر کمبود بارندگی در یک دوره مدت زمان طولانی رخ می‌دهند. اگرچه تحقیقات بسیار زیادی در خصوص خشکسالی صورت گرفته است، با این وجود تعریف صحیح واقعه خشکسالی یک کار آسانی نیست. ورنیووه و همکاران (Vernieuwe et al., 2019) یک رویداد خشکسالی را به عنوان یک خطر خزنده بدون شروع و پایان مشخص در نظر گرفتند، که متحرک هست و در بعد زمان و مکان تغییر می‌کند. رویدادهای خشکسالی در سطح دنیا اتفاق می‌افتند و برخی اوقات عواقب اقتصادی - اجتماعی بسیار شدیدی مثل قحطی دارند. رو همین اساس و به منظور آماده بودن برای خشکسالی‌های آینده، به طور مثال با تعدیل یا تهیه نقشه‌های مدیریت آب، درک و توصیف صحیح این پدیده می‌تواند بسیار ضروری باشد. در حقیقت، فراهم آوردن یک ابزار علمی مناسب برای پیش‌بینی خشکسالی‌ها در آینده مهمترین هدفی است که در پشت هر مطالعه شناسایی دوره‌های تناوب خشکسالی‌ها وجود دارد (دانشمند و محمودی، ۱۳۹۵).

به دلیل گستردگی ایران در منطقه پایدار جنب حاره و همچنین به دلیل وجود نواحی کوهستانی مرتفع، مناظر طبیعی و اقلیمی متفاوتی در داخل آن شکل می‌گیرد (رهنمایی، ۱۳۷۰) که به طور مثال می‌توان به نمود بسیار بالای شرایط بیابانی اشاره کرد که نشان دهنده حاکمیت آب و هوای خشک در بیشتر مناطق کشور می‌باشد (علیجانی و بابایی، ۱۳۸۸). از مهمترین ویژگی‌های آب و هوایی خشک می‌توان به کمبود بارندگی و نوسان بسیار بالای بارندگی در بعد مکان و زمان اشاره کرد (علیجانی و بابایی، ۱۳۸۸). نوسانات بارندگی در ایران به صورت قابل ملاحظه‌ای زیاد است به طوری که شرایطی را ایجاد می‌کند تا ایران هر ساله یا از خشکسالی - های شدید دچار خسارت می‌شود و یا رخداد سیلاب‌های مخرب موجب ایجاد خسارات بسیار زیادی می‌شود (Alijani et al., 2008). فراوانی بسیار زیاد خشکسالی‌های اخیر کشور به قدری بالا بوده است که کشور را در آستانه یک بحران جدی قرار داده است.

روش‌های مختلفی برای تحلیل خشکسالی‌های رخ داده استفاده می‌شود. با این وجود، ورنیووه و همکاران (Vernieuwe et al., 2019) اعتقاد دارند که موانع مختلفی در مقابل مشخص کردن دقیق وقایع خشکسالی وجود دارد. به طور مثال، تعریف روشنی از یک واقعه

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

خشکسالی وجود ندارد. در حقیقت، خشکسالی‌ها عمدتاً به سه شکل کلی هواشناسی^۱، کشاورزی^۲ و یا هیدرولوژیکی^۳ توصیف می‌شوند (Mishra and Singh, 2010)، اما تعاریف ارائه شده برای هر کدام از این خشکسالی‌ها بسیار مبهم می‌باشد و عمدتاً به کمبود آب به اشکال مختلف اشاره دارند. مثلاً در خشکسالی کشاورزی، اگر مقدار آب ذخیره شده در عمق ریشه گیاهی به پایین‌تر از یک حد آستانه‌ای برسد، به عنوان شروع دوره خشکسالی لحاظ می‌شود در حالی که در بررسی خشکسالی از دیدگاه هیدرولوژیکی معمولاً آب‌های زیرزمینی هم لحاظ می‌شود (Vernieuwe et al., 2019). از طرفی دیگر، اگر تمامی مشخصه‌های یک پدیده خشکسالی مدنظر قرار گیرد، بررسی این پدیده مشکل‌تر از قبل هم خواهد بود. به طور مثال، تالاکسن و ون لنن (Tallaksen and Van Lanen, 2004) تأکید دارد که خشکسالی یک پدیده فضایی - زمانی است و هر دو بعد فضایی و زمانی آن باید مدنظر قرار گیرد. با این وجود منابع (Lloyd-Hughes, 2012; Herrera-Estrada et al., 2017) انگشت شماری وجود دارند که به بررسی همزمان بعد فضایی و زمانی خشکسالی پرداخته‌اند. به طور معمول، عموماً از شاخص بارندگی استاندارد شده (McKee et al., 1993) یا شاخص شدت خشکسالی پالمر (Palmer, 1965) برای بررسی خشکسالی‌ها استفاده می‌شود که ضعف این شاخص‌ها نیز عدم در نظر گرفتن جنبه فضایی - زمانی خشکسالی‌ها می‌باشد (Vernieuwe et al., 2019). بر اساس موارد ذکر شده، ورنیووه و همکاران (Vernieuwe et al., 2019) با استفاده از عملگرهای الگوریتم ریخت‌شناسی ریاضیاتی^۴ روش جدیدی برای کمی کردن همزمان خشکسالی در بعد زمان و مکان ارائه کردند به طوری که همزمان ناحیه تحت تأثیر خشکسالی و شدت و مدت ماندگاری خشکسالی را تعیین می‌کند (Vernieuwe et al., 2019). لذا در تحقیق حاضر تلاش شد با استفاده از الگوریتم فوق‌رویدادهای خشکسالی رخ داده در بازه زمانی چهار دهه گذشته در بین سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۹ بررسی شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی رویدادهای تاریخی خشکسالی در محدوده جغرافیایی ایران در طی سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۹ صورت گرفت. برای این کار از الگوریتم ریخت‌شناسی ریاضیاتی (Vernieuwe et al., 2019) استفاده شد. کارکرد روش به این شکل است که با استفاده از داده‌های سری زمانی شبکه بندی شده رطوبت در داخل محدوده جغرافیایی مورد مطالعه، تمامی پیکسل‌هایی که کمتر از یک حد آستانه‌ای می‌باشند، به عنوان پیکسل‌های احتمالی نشان‌دهنده وضعیت خشکسالی انتخاب می‌شوند. با توجه به اینکه چنین انتخابی یک الگوی پراکنده‌ای از پیکسل‌های فوق‌ارائه خواهد کرد به طوری که چندین پیکسل به صورت انفرادی نشان‌دهنده وضعیت خشک می‌باشند ولی یک یا چند پیکسل در بین آنها (به صورت گپ) نشان‌دهنده وضعیت عدم وجود خشکی می‌باشد، در مرحله بعد الگوریتم ریخت‌شناسی ریاضیاتی برای رفع این بی‌نظمی‌ها استفاده می‌شود. در طی این مرحله از دو عملگر اساسی الگوریتم ریخت‌شناسی ریاضیاتی تحت عناوین فرسایش^۵ و انشعاب^۶ برای پر کردن گپ‌های موجود در مناطق خشک بزرگتر و حذف کردن مناطق خشک کوچکتر استفاده می‌شود. برای انجام این پژوهش، از داده‌های سری زمانی رطوبت خاک ناحیه ریشه ارائه شده در دیتابیس GLEAM (Miralles et al., 2011; Martens et al., 2017) با قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه استفاده شد. اگرچه انتخاب حد آستانه‌ای رطوبت خاک برای کلاس‌بندی پیکسل‌ها به گروه خشک یا تر می‌تواند انتخابی باشد، مطابق بررسی ارائه‌دهندگان روش الگوریتم ریخت‌شناسی ریاضیاتی، مقادیر رطوبت هر پیکسل اگر کمتر از ۱۰ درصد ظرفیت نگهداشت آن باشد، به عنوان پیکسل خشک انتخاب شد که در صورت ماندگاری این شرایط می‌تواند تحت عنوان خشکسالی شناخته شود. به منظور تعیین سطح ۱۰ درصد رطوبت خاک در هر پیکسل، ابتدا داده‌های رطوبت خاک در هر پیکسل با استفاده از میزان تخلخل کل خاک در هر پیکسل استاندارد شده و در بازه صفر و یک قرار گرفتند سپس پیکسل‌هایی که نشان‌دهنده وضعیت رطوبت خاک استاندارد

¹ - Meteorological

² - Agricultural

³ - Hydrological

⁴ - Mathematical morphology

⁵ - Erosion

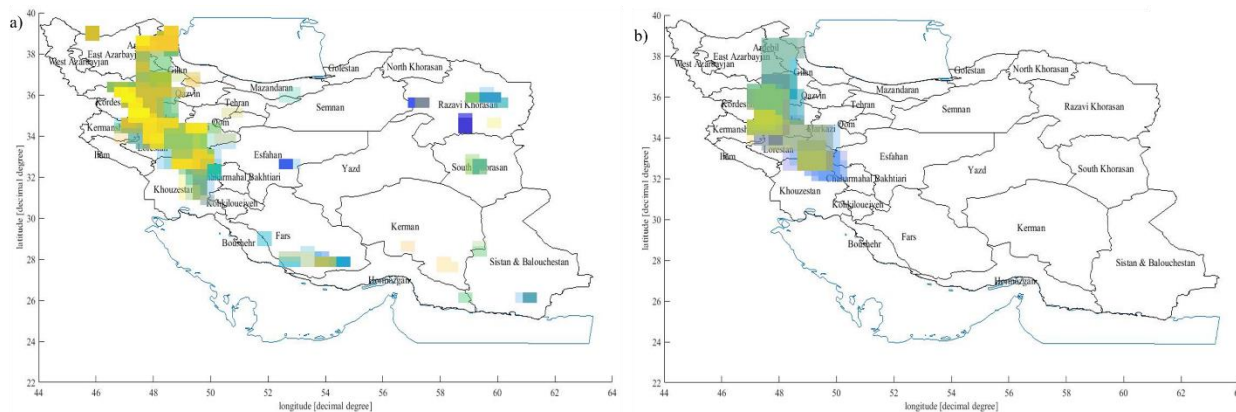
⁶ - Dilatation

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

شده کمتر یا مساوی یک دهم بودند تحت عنوان پیکسل‌های خشک انتخاب شدند. برای محاسبه تخلخل کل هر پیکسل از داده‌های جرم مخصوص ظاهری شبکه بندی شده ارائه شده در دیتابیس IGBP-DIS (Global Soil Data Task Group, 2000) استفاده شد. همچنین با توجه به اینکه یک واقعه خشکسالی در یک منطقه نمی‌تواند تنها بر اساس داده‌های تک پیکسل‌ها ارزیابی شود، لذا یک شبکه همسایگی با تعداد پیکس‌های مشخص در اطراف پیکسل هدف برای تعیین وضعیت نهایی پیکسل فوق از نظر خشک یا تر بودن به کار رفت. در این تحقیق دو نوع شبکه همسایگی با تعداد پیکسل‌های ۳ در ۳ و ۵ در ۵ استفاده شد.

نتایج و بحث

شکل ۱ نواحی تحت تاثیر رویدادهای مختلف خشکسالی در طی ۴۱ سال گذشته از سال ۱۳۵۸ تا سال ۱۳۹۱ را نشان می‌دهد. در مجموع با اعمال شبکه همسایگی ۳ در ۳ (شکل ۱- a)، تعداد ۲۰۷ واقعه خشکسالی که حداقل ۵۰۰۰ کیلومتر مربع را تحت تاثیر قرار داده بودند شناسایی شد که با شدت و ضعف‌های مختلف در مناطق مختلف در طی مدت زمان ۴۱ سال گذشته رخ داده‌اند. عمده این رویدادهای خشکسالی در مناطق غرب ایران و قسمت‌های جنوب و جنوب شرقی منطقه شمالغرب ایران رخ داده است. همچنین رویدادهایی در استان‌های جنوبی و شرقی ایران مشاهده شد. با اعمال شبکه همسایگی بزرگتر ۵ در ۵ (شکل ۱- b) رویدادهای خشکسالی که در نواحی با مساحت کمتر از ۱۵ هزار کیلومتر مربع رخ دادند از محاسبات خارج شده و به این ترتیب فقط ۱۹ رویداد خشکسالی با مساحت تحت تاثیر ۱۷ هزار تا ۱۶۶ هزار کیلومتر مربع شناسایی شدند که تمامی این رویدادها در نواحی غربی و بخش‌هایی از شمالغرب کشور رخ داده‌اند.



شکل ۱- توزیع دوره‌های خشکسالی در محدوده جغرافیایی ایران با اعمال شبکه همسایگی (a) ۳ در ۳ و (b) ۵ در ۵ در طی سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۹. نواحی رنگی در نقشه بالا نشان دهنده نواحی تحت تاثیر خشکسالی در سال‌های مختلف بوده و هر طیف رنگی بیانگر یک رویداد خشکسالی می‌باشد.

با در نظر گرفتن شبکه همسایگی ۳ در ۳، هشت واقعه وسیع خشکسالی که حداقل ۱۰۰ هزار کیلومتر مربع از سطح ایران را تحت تاثیر قرار داده بودند شناسایی و در جدول ۱ گزارش شده است. تمامی ۸ واقعه وسیع در مناطق غربی و بخش‌هایی از شمالغرب کشور رخ داده است. همچنین ۱۷ رویداد خشکسالی با دوره ماندگاری بیشتر از ۱۲۰ روز در طی ۴۱ سال گذشته شناسایی شد (جدول ۲) که طولانی‌ترین آن (با دوره ماندگاری ۱۸۹ روز) از مرداد تا دی ماه سال ۱۳۸۹ در بخش شرقی استان کردستان رخ داده است. جدول ۳ نیز نشان دهنده ۹ رویداد شدید خشکسالی در کشور ایران در محدوده زمانی ۱۳۵۸ تا ۱۳۹۹ می‌باشد که حداقل دو هفته ماندگاری داشتند. شدیدترین رویداد خشکسالی در ایران در مهر و آبان سال ۱۳۶۲ (۱۹۸۳ میلادی) در بخش‌هایی از استان‌های کردستان، همدان و لرستان رخ داده است. خشکسالی رخ داده در آبان سال ۱۳۹۵ نیز دومین رویداد خشکسالی شدید در ایران می‌باشد که در بخش‌های از استان زنجان و کردستان رخ داده است. البته باید توجه داشت که خشکسالی‌های شدیدتر دیگری نیز شناسایی شدند که به دلیل مدت ماندگاری کمتر از دو هفته از بررسی‌ها خارج شدند.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

جدول ۱- وسیع ترین (با سطح تاثیر بیشتر از ۱۰۰ هزار کیلومترمربع) رویدادهای خشکسالی رخ داده در ایران در محدوده زمانی ۱۳۵۸ (۱۹۸۰ میلادی) تا ۱۳۹۹ (۲۰۲۰ میلادی)

متوسط شدت	ناحیه تحت تاثیر (کیلومترمربع)	دوره (روز)	تاریخ پایان	تاریخ شروع
۰/۰۴۶	۱۸۵۴۳۸	۶۴	۲۰۰۸/۹/۹	۲۰۰۸/۷/۸
۰/۰۴۶	۱۴۹۲۵۶	۱۰۷	۱۹۸۹/۱۱/۱	۱۹۸۹/۷/۱۸
۰/۰۴۶	۱۳۵۹۵۲	۴۲	۲۰۰۸/۱۰/۲۵	۲۰۰۸/۹/۱۴
۰/۰۵۰	۱۳۴۰۵۴	۷۱	۱۹۹۱/۱۰/۱۳	۱۹۹۱/۸/۴
۰/۰۵۴	۱۲۶۴۵۳	۷۶	۲۰۰۵/۱۱/۲	۲۰۰۵/۸/۱۹
۰/۰۴۹	۱۲۳۸۶۴	۶۷	۱۹۹۰/۱۰/۲۴	۱۹۹۰/۸/۱۹
۰/۰۴۹	۱۲۱۷۱۶	۱۲۰	۲۰۱۱/۱۰/۲۹	۲۰۱۱/۷/۲
۰/۰۵۰	۱۰۹۵۴۴	۷۳	۲۰۰/۱۰/۱۳	۲۰۰۰/۸/۲

جدول ۲- طولانی ترین (با مدت زمان بیشتر از ۹۰ روز) رویدادهای خشکسالی رخ داده در ایران در محدوده زمانی ۱۳۵۸ (۱۹۸۰ میلادی) تا ۱۳۹۹ (۲۰۲۰ میلادی)

متوسط شدت	ناحیه تحت تاثیر (کیلومترمربع)	دوره (روز)	تاریخ پایان	تاریخ شروع
۰/۰۴۵	۸۵۹۲	۱۸۹	۲۰۱۱/۱/۲	۲۰۱۰/۶/۲۸
۰/۰۲۷	۳۹۳۷۹	۱۷۰	۲۰۰۹/۱۰/۳۱	۲۰۰۹/۵/۱۵
۰/۰۳۵	۲۶۴۹۱	۱۵۸	۲۰۰۹/۱۰/۲۵	۲۰۰۹/۵/۲۱
۰/۰۳۸	۱۲۸۸۸	۱۴۵	۲۰۰۶/۱۰/۱۷	۲۰۰۶/۵/۲۶
۰/۰۴۸	۱۰۷۴۰	۱۳۵	۲۰۱۷/۱۱/۱۲	۲۰۱۷/۷/۱
۰/۰۲۳	۱۹۳۳۱	۱۳۰	۲۰۱۱/۱۰/۲۱	۲۰۱۱/۶/۱۴
۰/۰۴۳	۶۴۴۴	۱۲۹	۲۰۰۴/۱۱/۱	۲۰۰۴/۶/۲۶
۰/۰۴۷	۱۰۷۴۰	۱۲۱	۲۰۱۶/۱۱/۲	۲۰۱۶/۷/۵
۰/۰۴۹	۱۲۱۷۱۶	۱۲۰	۲۰۱۱/۱۰/۲۹	۲۰۱۱/۷/۲

جدول ۳- شدیدترین (با میانگین شدت بیشتر از ۰/۶) رویدادهای خشکسالی رخ داده در ایران با دوره ماندگاری بیش از دو هفته در محدوده زمانی ۱۳۵۸ (۱۹۸۰ میلادی) تا ۱۳۹۹ (۲۰۲۰ میلادی)

متوسط شدت	ناحیه تحت تاثیر (کیلومترمربع)	دوره (روز)	تاریخ پایان	تاریخ شروع
۰/۰۶۶	۲۷۹۲۳	۳۸	۱۹۸۳/۱۱/۷	۱۹۸۳/۱۰/۱
۰/۰۶۵	۲۰۱۰۵	۱۷	۲۰۱۶/۱۰/۶	۲۰۱۶/۱۰/۲۰
۰/۰۶۴	۳۸۶۶۳	۲۳	۲۰۰۹/۹/۱۶	۲۰۰۹/۸/۲۵
۰/۰۶۳	۸۵۹۲	۲۹	۱۹۹۶/۱۰/۱۳	۱۹۹۶/۹/۱۵
۰/۰۶۳	۲۲۱۹۵	۲۱	۲۰۰۴/۱۰/۱۴	۲۰۰۴/۹/۲۴
۰/۰۶۳	۶۴۴۴	۲۳	۲۰۱۱/۱۰/۹	۲۰۱۱/۹/۱۷
۰/۰۶۲	۶۴۴۴	۲۰	۲۰۱۰/۱۲/۲۵	۲۰۱۰/۱۲/۶
۰/۰۶۲	۲۶۴۹۱	۶۳	۱۹۸۵/۱۱/۴	۱۹۸۵/۹/۳
۰/۰۶۲	۱۰۰۲۴	۱۷	۱۰۱۹۸۷/۴	۱۹۸۷/۹/۱۸

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

نتیجه‌گیری

با به کارگیری روش تکنیک ریخت‌شناسی ریاضیاتی ۲۰۷ رویداد خشکسالی با شدت و ماندگاری‌های مختلف در دوره‌های زمانی مختلف در طی سال‌های ۱۳۵۹ (۱۹۸۰ میلادی) تا ۱۳۹۹ (۲۰۲۰ میلادی) شناسایی شد که عمده این خشکسالی‌ها در مناطق غرب و بخش‌های از شمال‌غرب کشور رخ داده است. با توجه به اینکه تعاریف مختلف و همچنین روش‌های مختلفی برای کمی‌سازی رویدادهای خشکسالی استفاده می‌شود، لذا اجباراً از مقایسه نتایج این پژوهش با دیگر پژوهش‌های انجام یافته مرتبط خوداری شد. با این وجود نتایج این پژوهش با نتایج بدست آمده از تحقیق دوستان (۱۳۹۴) همسو می‌باشد به طوری که در تحقیق فوق نیز (مشابه با تحقیق حاضر) نشان داده شد که شدیدترین و طولانی‌ترین خشکسالی‌های در غرب و بخش‌هایی از شمال‌غرب کشور رخ داده است.

فهرست منابع

۱. دانشمند، ح.، محمودی، پ. ۱۳۹۵. تحلیل طیفی خشکسالی‌های ایران. مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۱۰، شماره ۴، صفحه ۲۸-۴۷.
۲. دوستان، ر. ۱۳۹۴. تحلیلی بر خشکسالی‌های ایران در نیم قرن گذشته. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۲۳ و ۲۴، صفحه ۱-۱۹.
۳. رهنمایی، م.ت. ۱۳۷۰. توان‌های محیطی ایران؛ تهران: مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
۴. علیجانی، ب.، بابایی، ا. ۱۳۸۸. تحلیل فضایی خشکسالی‌های کوتاه مدت ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای. پیش شماره پاییز و زمستان ۱۳۸۸. صفحه ۱۰۹-۱۲۱.
5. Alijani, B., B. Yarnal, J. O'Brien. 2008. Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 94: 107–124.
6. Global Soil Data Task Group. 2000. *Global Gridded Surfaces of Selected Soil Characteristics (IGBP-DIS)*. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA.
7. Herrera-Estrada, J., Sathod, Y. and Sheffield, J. (2017) Spatiotemporal dynamics of global drought. *Geophysical Research Letters*, 44, 2254–2263.
8. Lloyd-Hughes, B. (2012) A spatio-temporal structure-based approach to drought characterisation. *International Journal of Climatology*, 32(3), 406–418.
9. McKee, T., Doesken, N. and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the Eight Conference on Applied Climatology*. Anaheim, CA: American Meteorological Society, pp. 179–184.
10. Martens, B., Miralles, D.G., Lievens, H., van der Schalie, R., de Jeu, R.A.M., Fernández-Prieto, D., Beck, H.E., Dorigo, W.A. and Verhoest, N.E.C. 2017. GLEAM v3: satellite-based land evaporation and root-zone soil moisture, *Geoscientific Model Development*, 10, 1903–1925.
11. Miralles, D.G., Holmes, T.R.H., De Jeu, R.A.M., Gash, J.H., Meesters, A.G.C.A., Dolman, A.J. 2011. Global land-surface evaporation estimated from satellite-based observations, *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 453–469.
12. Mishra, A. and Singh, V. 2010 A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391, 202–216.
13. Palmer, W. 1965. *Meteorologic drought*. Washington, DC: US Department of Commerce, Weather Bureau. Research paper 45.
14. Tallaksen, L.M. and Van Lanen, H.A.J. 2004. Drought as a natural hazard: introduction. In: Tallaksen, L.M. and Van Lanen, H.A.M. (Eds.) *Hydrological Drought Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*, Developments in Water Science. Amsterdam: Elsevier, pp. 3–17.
15. Vernieuwe H, De Baets B, Verhoest NEC. A mathematical morphology approach for a qualitative exploration of drought events in space and time. *Int J Climatol*. 2019;1–14.

Long-term assessment of drought occurrence in Iran using mathematical morphology approach

Mehdi Rahmati^{1*}

1- Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Maragheh University, Maragheh, Iran

*) corresponding author: mehdirmti@gmail.com

Abstract

Similar to any other natural phenomenon, a proper understanding and description of the drought is essential in order to be prepared for future events, so that different researchers have used different methods for this purpose, comprising different advantages and disadvantages. However, very little researches have been done on the simultaneous assessment of a drought as spatiotemporal phenomenon. One of the most useful methods for this purpose being proposed in recent years is the use of mathematical morphology technique. Therefore, in the present study, an attempt was made to evaluate the drought events occurring between years 1980 to 2020 in the geographical area of Iran using the above-mentioned technique and time series data of soil moisture. The results of this study showed that a total of 207 drought events with different intensities and persistence were identified in different periods during the last 41 years. Most of these droughts occurred in the western regions and parts of the northwest of the country. Using the above-mentioned technique, the affected area as well as the severity and duration of drought events were determined simultaneously. The results showed that the widest, the most severe and the most lasting droughts of the last 4 decades in Iran occurred in the west and parts of northwestern Iran.

Keywords: Drought, Palmer index, mathematical morphological technique, time series data

تجزیه و تحلیل نقش محصولات آب‌اندوز و آبر در تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی

(مطالعه موردی: دشت قزوین/ایران)

مهدی شعبان‌زاده خوشرویی*^۱، ابراهیم جاودان^۲

۱- استادیار اقتصاد کشاورزی، موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، تهران، ایران (* نویسنده

مستول). Email: shabanzadeh.mehdi@gmail.com

۲- استادیار اقتصاد کشاورزی، موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، تهران، ایران.

چکیده

استان قزوین در تولید محصولات زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ این امر سبب شده تا سطح آب زیرزمینی استان طی ۴۰ سال گذشته ۴۰ تا ۵۰ متر افت داشته باشد. با کاهش منابع آب و پیشروی زمین‌های کویری، درآمد کشاورزان کاهش و مهاجرت گسترده روستاییان به شهرهای بزرگ در حال افزایش است. برای مقابله با این مساله سیاستی که اتخاذ شده است، تغییر الگوی کشت متناسب با نیازها و قابلیت‌های منطقه می‌باشد؛ طراحان این سیاست اذعان نموده‌اند که با اجرای آن علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب به سایر اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی منطقه نیز مساعدت می‌شود. با توجه به این مساله، در مطالعه حاضر با توجه به اهداف مدنظر هر دو گروه سیاست‌گذاران و کشاورزان، الگوی بهینه کشت آب‌اندوز در زیربخش زراعت استان قزوین شناسایی شده است؛ جهت دستیابی به این هدف با به کارگیری روش نمونه‌گیری تصادفی ساده دومرحله‌ای، ۲۴۶ کشاورز انتخاب و از طریق تکمیل پرسشنامه اطلاعات مورد نیاز برای سال ۱۳۹۸ جمع‌آوری شد. جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات از الگوی برنامه‌ریزی آرمانی غیرخطی (NGP) استفاده گردید. در این رابطه مدل آرمانی با توجه به تابع سود و سایر اهداف و محدودیت‌های منطقه تنظیم گردید. طبق نظر متخصصان افزایش ۱۵ درصدی سود ناخالص کشاورزان، کاهش ۱۰ درصدی مصرف آب کشاورزی، ثبات اشتغال در وضعیت موجود و کاهش ۱۵ درصدی مصرف کودهای شیمیایی و سم به عنوان اهداف آرمانی در نظر گرفته شدند. با حل مدل، الگوی بهینه کشت تعیین و نتایج با وضعیت فعلی مقایسه گردید. با توجه به نتایج، کشاورزان با تخصیص بهینه نهاده‌ها به محصولات آب‌اندوز و آبر نه تنها قادرند در مصرف نهاده کمیاب آب و نهاده‌های مخرب محیط‌زیست و سلامت انسان همچون انواع کود و سم صرفه‌جویی کنند، بلکه می‌توانند به هدف خود در رابطه با سود مدنظرشان نیز دست یابند.

واژگان کلیدی: الگوی بهینه مصرف نهاده‌ها، محصولات زراعی آب‌اندوز، دشت قزوین، الگوی آرمانی غیرخطی (NGP).

مقدمه

طی ۴۰ سال گذشته استان قزوین با افت ۴۰ تا ۵۰ متری منابع آب زیرزمینی مواجه شده است. به طور کلی علت افزایش افت سطح آب زیرزمینی دشت قزوین در سال‌های گذشته حفر چاه‌های غیرمجاز، اضافه برداشت از چاه‌های مجاز، افزایش تعداد چاه‌های شرب، خدماتی و صنعتی به دلیل افزایش جمعیت و رشد واحدهای صنعتی و خدماتی و همچنین خشکسالی و کاهش نزولات جوی و به طور کلی کاهش تغذیه سفره آب زیرزمینی عنوان شده است (کبیری و همکاران، ۱۳۹۶). مساله‌ای که بحران آب دشت قزوین را جدی‌تر نموده است کاهش سهمیه آب دشت قزوین از سد طالقان است. با توجه به رشد روزافزون و بی‌رویه مصرف آب پایتخت، انتقال بخشی از آب این سد به استان تهران در دستور کار قرار گرفته است که باعث شده تا بسیاری از مزارع و باغ‌های استان قزوین آب مورد نیاز خود را از آب‌های زیرزمینی تامین نمایند. افزایش استفاده از آب سفره‌های زیرزمینی باعث حفر چاه‌های غیرمجاز شده است (شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین، ۱۳۹۸). با کاهش دسترسی به منابع آب و پیشروی زمین‌های کویری و شور به خصوص در مناطق غربی استان مثل شهرستان بویین زهرا کاهش درآمد کشاورزان و مهاجرت گسترده روستاییان به شهرهای بزرگ در حال افزایش است. در استان قزوین حدود ۹۲ درصد از آب استحصال شده در بخش کشاورزی مصرف می‌شود؛ بنابراین صرفه‌جویی آب در این بخش از اهمیت فراوانی برخوردار است.

جهت حل این مشکل راهکارهای زیادی ارائه شده که از آن جمله می‌توان به تغییر الگوی کشت و استفاده از محصولات آب-اندوز سازگار با نیازها و قابلیت‌های منطقه اشاره کرد. طراحان این سیاست اذعان نموده‌اند که با اجرای آن علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب به سایر اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی منطقه نیز مساعدت می‌شود. بدین ترتیب محصولاتی که کشت آن‌ها به آب کمتری نیاز داشته باشد، مورد حمایت قرار خواهد گرفت. اجرای سیاست کشت محصولات آب‌اندوز در بسیاری از کشورهای جهان در حال اجرا است. به‌عنوان مثال در کشور چین به علت کاهش بارندگی و وقوع خشک‌سالی‌های بلندمدت، از سال ۱۹۸۰ به بعد کشت محصول برنج در برخی از استان‌ها از جمله پکن ممنوع اعلام شد. حمایت دولت چین از کشت محصولات آب‌اندوز در استان هیاهی طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۱ نیز باعث تغییر الگوی کشت محصولات زراعی در این منطقه گردید (وانگ، ۲۰۰۶). در کشورهای اردن و فلسطین نیز با اتخاذ سیاست تشویق واردات غلات، الگوی کشت محصولات از تولید غلات آبی به کشت‌های فشرده دارای ارزش افزوده بالا و کشت دیم تغییر یافت (آنکتاد، ۲۰۱۵).

تعیین الگوی بهینه کشت سابقه طولانی دارد. از میان مطالعات داخلی، کهنسال و سروری (۱۳۹۲)، کارایی انواع الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی را جهت تعیین الگوی بهینه کشت محصولات عمده استان خراسان رضوی مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه، ابتدا از ۷ مدل برنامه‌ریزی خطی ساده با توابع هدف حداکثر سود، حداقل هزینه، حداکثر نیروی کار، حداقل آب، حداکثر کالری، حداقل کود شیمیایی و حداکثر رتبه‌بندی استفاده شد. سپس این مدل‌ها با مدل‌های چند هدفه و چندهدفه فازی به کمک روش رتبه‌بندی مورد مقایسه قرار گرفتند. ملک‌نیا و همکاران (۱۳۹۲)، جهت تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی با هدف تولید محصولات زراعی ارگانیک، از مدل برنامه‌ریزی آرمانی ترتیبی توسعه یافته (ELGP) استفاده نمودند. هدف از تحقیق فوق تعیین الگوی بهینه کشتی بوده که با استفاده از آن مدیر واحد زراعی علاوه بر آرمان‌های متداول خود هدف مربوط به تولید محصولات زراعی ارگانیک را نیز در نظر بگیرد. میرکریمی و همکاران (۱۳۹۵)، برای مدیریت الگوی کشت محصولات زراعی شهرستان آمل از روش برنامه‌ریزی آرمانی خطی استفاده نمودند. در این تحقیق، اهداف کاهش هفت درصدی مصرف کودهای شیمیایی و کاهش یک درصدی مصرف سموم در راستای حفاظت از محیط زیست و کاهش ۰/۹۳ درصد مصرف آب برای حفاظت از منابع آبی کمیاب و توسعه پایدار کشاورزی در نظر گرفته شد. همچنین آرمان افزایش ۱۰ درصد بازده برنامه‌ای با توجه به دیدگاه کشاورزان منطقه در آنگو جای گرفت. دیلمی و تجری (۱۳۹۹) به تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در استان گلستان پرداختند. در این مطالعه با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و با هدف حداکثر سازی سود زارعین منطقه، به تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در سال ۹۶-۱۳۹۵ پرداخته شد. نتایج نشان داد که الگوی کشت فعلی در استان گلستان بهینه نمی‌باشد و با به کارگیری الگوی بهینه، سود کشاورزان افزایش می‌یابد. از میان مطالعات خارجی نیز پانندی و همکاران (۲۰۱۲)، جهت تعیین الگوی بهینه کشت در حوضه آب ریز هوتلای اتیوپی از الگوریتم ژنتیک^۱ استفاده نمودند. در این مطالعه حداکثرسازی بازده و حداقل سازی مصرف آب به عنوان اهداف مدنظر قرار گرفت. رانی و رائو (۲۰۱۲) جهت تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در منطقه ماهابونناگار^۲ هند از الگوی برنامه‌ریزی خطی استفاده نمودند. در این مطالعه حداکثرسازی بازده ناخالص، حداقل نمودن هزینه استفاده از نهاده‌ها و حداقل نمودن مصرف آب به عنوان اهداف انفرادی مورد توجه قرار گرفتند و الگوی بهینه کشت با توجه به هر کدام از این اهداف به طور جداگانه تعیین گردید. ایگوآ و اونینوئیکو^۳ (۲۰۱۳) برای طرح‌ریزی الگوی زراعی و دامی ایالت آبیآ^۴ نیجریه از مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده نمودند. در این مطالعه حداکثرسازی بازده ناخالص به عنوان هدف مدنظر قرار گرفته است. توموهارو^۵ و همکاران (۲۰۱۵) جهت تعیین الگوی بهینه کشت محصولات کشاورزی در جزیره هوکایدو^۶ ژاپن از الگوریتم ژنتیک استفاده نمودند. در این مطالعه حداکثرسازی تولید به عنوان هدف مدنظر قرار گرفت. سریواستاوا و موهان سینک^۷ (۲۰۱۷) جهت تعیین الگوی بهینه کشت محصولات کشاورزی در استان‌های هند از الگوی برنامه‌ریزی چندهدفه آرمانی فازی

1 - Genetic Algorithm model

2 - Mahaboobnagar

3 - Igwe and Onyenweaku

4 - Abia State

5 - Tomoharu et al.

6 - Hokkaido

7 - Srivastava and Mohan Singh

خطی استفاده نمودند. در این مطالعه هفت هدف حداکثرسازی سود، حداکثر سازی تولید، حداقل سرمایه‌گذاری، کمینه کردن مصرف انواع کود و به حداقل رساندن مصرف آب به عنوان اهداف آرمانی مدنظر قرار گرفتند.

در یک جمع‌بندی کلی از پیشینه مطالعات می‌توان گفت که با وجود تنوع در روش‌های تعیین الگوی بهینه کشت، استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی چند هدفه نسبت به تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی تک هدفه برتری داشته است. به بیان دیگر استدلال این بوده است که در دنیای واقعی تصمیم‌گیران اغلب با بهینه‌سازی چندین آرمان مواجه می‌باشند، بنابراین ممکن است به مقتضای نوع سازمان، علاوه بر اهداف حداکثرسازی سود و حداقل سازی هزینه‌ها، هدف‌هایی مانند حداقل نمودن مصرف آب، حداقل نمودن ریسک تولید، حفظ سهم بازار، توسعه اراضی و ... را نیز دنبال نمایند. بر این اساس در این مطالعات اعتقاد بر این بوده است که مسایل مدیریتی و سیاستی بایستی در چارچوب مدل‌های برنامه‌ریزی چند هدفه بررسی گردند. با این رویکرد در مطالعه حاضر نیز جهت تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی دشت قزوین از الگوهای چندهدفه استفاده می‌گردد. در مطالعه حاضر برای آن که شبیه‌سازی رفتار کشاورزان با دقت بالایی صورت پذیرد، برخلاف مطالعات پیشین از الگوی غیرخطی برای مدل‌سازی استفاده خواهد شد. در حال حاضر کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی استان قزوین مساله مهمی است، اما واقعیت آن است که برای رسیدن به این هدف نمی‌توان سایر اهداف و اولویت‌های موجود در منطقه را نادیده گرفت. لذا در این مطالعه با در نظر گرفتن الزامات قانونی، اسناد بالادستی، شرایط منطقه و مشاوره با کارشناسان سازمان کشاورزی و آب منطقه‌ای استان قزوین، مهمترین مسائل بخش زراعت استان کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی به منظور جلوگیری از افت سطح آب چاه‌ها و محافظت از منابع آب استان، افزایش سود ناخالص کشاورزان جهت ایجاد انگیزه به منظور ادامه فعالیت و جلوگیری از مهاجرت، ثبات اشتغال بخش کشاورزی برای جلوگیری از افزایش نرخ بیکاری در استان و کاهش مصرف انواع کودهای شیمیایی و سم برای نزدیک شدن به میزان استاندارد مصرف این نهاده‌ها و در نهایت رسیدن به الگوی کشت ارگانیک برای تامین غذای سالم و حفاظت از محیط زیست منطقه تعیین گردید. بر این اساس مطالعه حاضر درصدد است تا با توجه به این اهداف الگوی بهینه کشت را در زیربخش زراعت استان قزوین شناسایی و تعیین کند.

مواد و روش‌ها

در دنیای واقعی تصمیم‌گیران اغلب با بهینه‌سازی چندین آرمان مواجه می‌باشند، بنابراین ممکن است به مقتضای نوع سازمان، علاوه بر اهداف حداکثرسازی سود و حداقل سازی هزینه‌ها، هدف‌هایی مانند حداقل نمودن مصرف آب، حداقل نمودن ریسک تولید، حفظ سهم بازار، توسعه اراضی و ... را نیز دنبال نمایند. در مطالعه حاضر نیز از آن جا که روش‌های سنتی برنامه‌ریزی ریاضی نمی‌توانند جوابگوی خواسته‌ها و اهداف موردنظر در مطالعه باشند، لذا از مدل برنامه‌ریزی ریاضی آرمانی استفاده شد. فرم کلی الگوی برنامه‌ریزی آرمانی خطی را می‌توان به صورت روابط (۱) تا (۴) نشان داد:

$$\text{MIN} \quad \sum_{i=1}^n w_i d_i^+ (d_i^-) \quad (1)$$

Subject to :

$$\alpha_{ij} X_j^G + d_i^- - d_i^+ = \bar{B}_i \quad (2)$$

$$\alpha_{ij} X_j \leq B_i \quad (3)$$

$$X_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad (4)$$

رابطه (۱) بیان‌گر تابع هدف مدل آرمانی خطی است که مبتنی بر ترتیب اولویت‌های آرمانی با متغیرهای انحراف از آرمان (مثبت یا منفی) است. در این رابطه، w_i نشان‌گر وزن آرمان‌ها است که به صورت ترتیب اولویت آرمانی مطرح‌شد و d_i^+ و d_i^- نیز به ترتیب انحرافات مثبت و منفی از i امین آرمان هستند. روابط (۲) و (۳) به ترتیب بیان‌گر محدودیت‌های آرمانی خطی و محدودیت‌های ساختاری غیرآرمانی لحاظ شده در الگو هستند. در این دو رابطه، X_j متغیرهای تصمیم‌گیری، α_{ij} ضرایب فنی تولید، B_i میزان در دسترس از نهاده i ام و \bar{B}_i سطح کمی مطلوب موردنظر از i امین آرمان است. در نهایت نیز رابطه (۴) بیان‌گر آن است که مقادیر متغیرهای تصمیم و انحرافات مثبت و منفی از آرمان باید مثبت باشد. در مدل‌های آرمانی خطی که دارای چند هدف به صورت همزمان هستند، برای دست یافتن به آرمان‌های مختلف، عدم جانشینی نهاده‌های تولیدی مطرح است و کلیه محدودیت‌های ساختاری و آرمانی بر پایه تابع تولید لئون تیف استوار هستند. ضمن آن که کلیه

محدودیت‌ها اعم از محدودیت‌های آرمانی و ساختاری خطی هستند (جیا و همکاران^۱، ۲۰۲۰)؛ جهت غلبه بر این مشکلات در مطالعه حاضر با اتخاذ رویکردی جدید در مدل‌سازی الگوهای آرمانی، از مدل برنامه‌ریزی آرمانی غیرخطی استفاده می‌شود. نکته مهمی که در رابطه با اولویت‌بندی اهداف الگوی آرمانی استان قزوین مدنظر قرار گرفته، آن است که، از آن جا که کشاورزان به دنبال حداکثرسازی سود خود هستند و چنان چه این هدف برآورده نشود به اهداف دیگر توجه ندارند، لذا حداکثرسازی سود زارعان به عنوان اولویت اول در نظر گرفته شده است (p_1). در ادامه نیز با توجه به وضعیت فعلی دشت قزوین و اذعان مسئولین مبنی بر اهمیت بحران‌های زیست‌محیطی موجود در منطقه، مشخصاً کاهش مصرف آب در زیربخش زراعت استان در ارجحیت قرار گرفته (p_2) و سایر اهداف شامل ثبات اشتغال در وضعیت موجود و کاهش مصرف انواع کود و سموم در منطقه در اولویت‌های بعدی (p_3, p_4) قرار دارند. با مدنظر قرار دادن این مساله، در ادامه از میان الگوهای مختلف برنامه‌ریزی آرمانی غیرخطی، با توجه به مشخص بودن ترتیب اهمیت، از الگوی برنامه‌ریزی لکزیوگرافی استفاده می‌گردد. این انتخاب این امکان را فراهم می‌سازد که نه فقط برای اهداف تقدم در نظر گرفته شود، بلکه تحقق یک هدف و سپس دنبال کردن هدف دیگر نیز مدنظر قرار گیرد (نها و همکاران^۲، ۲۰۱۳). به بیان دیگر، استفاده از الگوی لکزیوگرافی در مطالعه حاضر این امکان را فراهم می‌سازد که اهداف به ترتیب اهمیت آن‌ها کامل شوند. با توجه به توضیحات ارائه شده، شکل کلی الگوی برنامه‌ریزی آرمانی غیرخطی دشت قزوین را می‌توان به صورت روابط (۵) تا (۱۱) طراحی نمود:

$$\begin{aligned} &MIN \\ Z = & [p_1(d_1^-), p_2(d_2^+), p_3(d_3^- + d_3^+), p_4(d_4^+, d_5^+, d_6^+)] \end{aligned} \quad (5)$$

Subject to :

$$\sum_{i=1}^{10} \left[\begin{array}{l} p_i \cdot y_i (WA_i, FEA_i, FEF_i, L_i, M_i, POI_i) \\ -w_i (WA_i + FEA_i + FEF_i + L_i + M_i + POI_i) \end{array} \right] + d_1^- - d_1^+ = B_{\pi} \quad p_1 \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{10} \left(\frac{WA_i}{EF} \right) + d_2^- - d_2^+ = B_{WA} \quad p_2 \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{10} L_i + d_3^- - d_3^+ = B_L \quad p_3 \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{10} FEA_i + d_4^- - d_4^+ = B_{FEA} \quad p_4 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{10} FEF_i + d_5^- - d_5^+ = B_{FEF} \quad p_4 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{10} POI_i + d_6^- - d_6^+ = B_{POI} \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^{10} M_i \leq TM \quad (10)$$

$$WA_i, FEA_i, FEF_i, FEP_i, L_i, M_i, POI_i, d^-, d^+ \geq 0 \quad (11)$$

در الگوی فوق، i متغیر مربوط به محصولات مختلف قابل کشت و تولید در دشت قزوین شامل گندم آبی، جو آبی، ذرت علوفه‌ای، یونجه آبی، چغندر قند، کلزا، لوبیا آبی، خربزه آبی، گوجه‌فرنگی و خیار می‌باشد. رابطه (۵) در الگوی فوق بیان‌گر تابع هدف مدل آرمانی غیرخطی با متغیرهای انحرافی وزن داده شده برای سطوح اولویت می‌باشد. رابطه (۶) تا (۹) نیز به ترتیب محدودیت‌های آرمانی مربوط به بیشینه‌سازی سود ناخالص کشاورزان، حداقل کردن مصرف آب کشاورزی، ثابت ماندن اشتغال در وضعیت موجود و حداقل کردن مصرف کودهای شیمیایی (ازت و فسفات) و سموم هستند. در رابطه (۶)، $y_{ij} (WA_{ij}, FEA_{ij}, FEF_{ij}, L_{ij}, M_{ij}, POI_{ij})$ بیان‌گر تابع عملکرد غیرخطی محصول i است که تابعی از نهاده‌های مختلف تولید

1-Jia et al.

2 -Nha et al.

شامل آب، کود ازت و فسفات، نیروی کار، ماشین آلات و سم است. در محدودیت آرمانی مربوط به بیشینه‌سازی سود ناخالص کشاورزان، ضرایب پارامترهای تابع عملکرد با برآورد تابع غیرخطی درجه دوم کالیبره می‌شوند، تا بدین طریق بتوان رفتار واقعی کشاورزان را شبیه‌سازی نمود. رابطه (۱۱) نیز نشان‌گر محدودیت ساختاری کل ساعت کار ماشینی است و به این معنی است که ساعت کار ماشینی مورد نیاز نبایستی از کل مقادیر در دسترس برای نمونه تحت بررسی بیشتر باشد.

منطقه مورد مطالعه و اطلاعات مورد نیاز

در استان قزوین بیشترین مساحت مناطق دارای پتانسیل فعالیت‌های کشاورزی در محدوده دشت قزوین واقع شده است؛ این محدوده ۱۲۹۹۰۹ هکتار از مساحت زراعی استان قزوین را که معادل ۸۴ درصد اراضی دارای پتانسیل فعالیت‌های کشاورزی است، به خود اختصاص داده است. از سوی دیگر بیشترین حجم استخراج آب زیرزمینی و استفاده از آب سطحی استان قزوین نیز در این محدوده صورت می‌پذیرد. در این حوزه به طور متوسط سالانه حدود ۱۶۲۰ میلیون مترمکعب آب زیرزمینی و ۵۶۳/۲ میلیون مترمکعب آب سطحی در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد که به ترتیب معادل ۹۱/۵ و ۵۶/۴ درصد کل آب زیرزمینی و سطحی مصرفی بخش کشاورزی استان است. شکل (۱) نقشه دشت قزوین را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه استان و دشت قزوین

در مطالعه حاضر بخش قابل توجهی از اطلاعات مورد نیاز به صورت پیمایشی و از طریق نمونه‌گیری و تکمیل پرسشنامه از کشاورزان در دشت قزوین جمع‌آوری شده است. جهت دستیابی به نمونه‌ای مطلوب، که بتواند خصوصیات و ویژگی‌های کشاورزان را متناسب با اهداف مطالعه بیان نماید از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده دو مرحله‌ای استفاده شده و بر این اساس با توجه به آن که حجم کل جامعه آماری در منطقه مورد مطالعه مشخص نبوده است، لذا فرمول کوکران (۱۹۶۳) به منظور تعیین حجم نمونه به صورت رابطه (۱۲) استفاده گردیده است:

$$n = \frac{t^2 s^2}{d^2} = \frac{(1.96)^2 (0.40)^2}{(0.05)^2} \approx 246 \quad (12)$$

در رابطه (۱۲)، n حجم مطلوب نمونه، s^2 واریانس نمونه و آماره t در سطح اطمینان ۹۵ درصد در نظر گرفته شده است. همچنین d (۰/۰۵) دقت احتمالی مطلوب می‌باشد. در مطالعه حاضر، ابتدا با تعیین سطح زیر کشت محصول به عنوان صفت مورد مطالعه، تعدادی پرسشنامه از کشاورزان تکمیل گردید. سپس با توجه به حجم و واریانس نمونه پیش مطالعه و با به کارگیری رابطه (۱۲)، حجم نمونه مطلوب ۲۴۶ تعیین گردید. نکته حائز اهمیت آن است که کشاورزان نمونه به طور مساوی از شهرستان‌های واقع شده در دشت قزوین انتخاب نشده‌اند، بلکه به تناسب سطح زیرکشت، تعداد نمونه‌ها در شهرستان‌ها متفاوت بوده است. علاوه بر آمار و اطلاعات پرسشنامه‌ای مورد استفاده در پژوهش حاضر، داده‌های مربوط به منابع آب سطحی و زیرزمینی و میزان مصرف سالانه آن در بخش کشاورزی از دفتر مطالعات پایه منابع آب شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قزوین اخذ گردید. داده‌های مربوط به نیاز خالص آبی محصولات زراعی از سند ملی آب به دست آمد. راندمان آبیاری دشت قزوین از گزارش‌های دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا وزارت نیرو اخذ گردید. اطلاعات تکمیلی به منظور شناخت بهتر ویژگی-

های کشاورزی هر منطقه، از طریق گفتگو با کارشناسان مربوطه و کشاورزان مناطق مختلف استان حاصل شده است. در نهایت نیز برای برآورد مدل برنامه‌ریزی ریاضی آرمانی غیرخطی از نرم افزار Lingo استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول (۱) وضعیت مصرف نهاده‌ها و عملکرد را در منطقه تحت بررسی طی سال پایه نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات جدول، مصرف آب برای محصولات آبر (ذرت، یونجه، چغندرقد، لوبیا، خریزه، گوجه‌فرنگی و خیار) به طور قابل توجهی بیشتر از محصولات آبدوز (گندم، جو و کلزا) است. سه محصول آبر یونجه، چغندرقد و گوجه‌فرنگی که معادل ۲۴/۹ درصد از سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند، به ترتیب با مصرف ۲۱۳۳۵، ۲۰۷۸۰ و ۱۷۹۷۷ مترمکعب در هکتار بیشترین مصرف آب را در میان محصولات دارند. از سوی دیگر سه محصول آبدوز کلزا، جو و گندم که ۵۷/۶ درصد از سطح زیر کشت را در اختیار دارند، به ترتیب با مصرف آبی معادل ۶۳۵۷، ۶۹۷۶ و ۸۱۸۷ مترمکعب در هکتار، کمترین میزان مصرف آب را دارند. به کارگیری نیروی کار نیز برای محصولات آبر بیشتر از محصولات آبدوز است؛ در شرایط فعلی ۷۷/۳ درصد از کل نیروی کار در زمینه کشت محصولات آبر فعالیت دارند و تنها ۲۲/۷ درصد از نیروی کار به کشت محصولات آبدوز مشغولند. در مورد به کارگیری ماشین‌آلات این موضوع برعکس است و به کارگیری ماشین‌آلات برای محصولات آبدوز بیشتر از محصولات آبر است. در شرایط فعلی ۵۸ درصد حجم کار ماشین‌آلات در زمینه کشت محصولات آبدوز است و تنها ۴۲ درصد از حجم کار ماشین‌آلات مربوط به کشت محصولات آبر است. در زمینه مصرف انواع کود شامل ازت و فسفات و نیز سم، میزان مصرف محصولات آبدوز بیشتر از محصولات آبر است؛ این محصولات به ترتیب ۵۴/۶، ۵۳/۴ و ۶۰/۳ درصد از کل انواع کود و سم را مصرف می‌کنند؛ البته چنانچه سهم ۵۷/۶ درصدی محصولات آبدوز از سطح زیر کشت، در نظر گرفته شود، همانند نهاده‌ی آب، در مورد مصرف این نهاده‌ها نیز به نظر می‌رسد که محصولات آبر نسبت به محصولات آبدوز مصرف در هکتار بالاتری خواهند داشت.

جدول ۱- وضعیت مصرف نهاده‌ها و عملکرد در منطقه تحت بررسی

میزان مصرف نهاده‌ها	گندم	جو	ذرت	یونجه	چغندرقد	کلزا	لوبیا	خریزه	گوجه فرنگی	خیار
آب (مترمکعب/هکتار)	۸۵۱۹	۶۵۵۵	۱۵۳۶۸	۲۱۵۷۹	۲۰۷۷۵	۶۳۵۰	۱۱۲۰۰	۱۱۲۲۵	۱۷۹۷۸	۱۱۷۲۷
نیروی کار (نفر روز/هکتار)	۴	۷	۱۰	۱۶	۴۰	۷	۴۵	۷۷	۸۲	۶۹
ازت (کیلوگرم/هکتار)	۲۰۵	۱۵۰	۱۶۴	۲۲۶	۲۵۰	۳۰۰	۱۵۰	۱۳۷	۲۸۱	۱۸۲
فسفات (کیلوگرم/هکتار)	۱۳۵	۱۲۴	۱۳۵	۱۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۷۶	۲۴۲	۱۸۲
سم (لیتر/هکتار)	۱/۱	۱/۴	۱	۱/۳	۱	۱/۱	۱	۰/۹	۱	۱
ماشین‌آلات (ساعت/هکتار)	۱۷/۳	۱۶/۹	۱۸/۷	۱۲/۶	۲۳/۶	۱۶/۳	۱۶/۲	۱۹/۹	۱۸/۷	۲۱/۲
عملکرد (تن/هکتار)	۵/۳	۴/۷	۵۱/۲	۱۳/۵	۴۷/۳	۲/۲	۲/۱	۱۶/۹	۵۱/۴	۱۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با حل الگوی آرمانی ترکیب بهینه مصرف نهاده‌ها و نیز میزان تحقق آرمان‌ها مشخص گردید. در جداول (۲) تا (۴) وضعیت مصرف نهاده‌ها در شرایط بهینه و فعلی و نیز میزان دسترسی به اهداف و آرمان‌ها در سطح مزرعه و کل نمونه ارائه شده است. همان طور که از اطلاعات جدول (۲) مشخص است، در شرایط فعلی کشاورزان از منابع در دسترس خود به نحو مطلوب استفاده نمی‌کنند، لذا در شرایط بهینه می‌توانند با تخصیص مجدد نهاده‌ها تولید محصولات مختلف را افزایش دهند. بر اساس نتایج جدول (۳) در شرایط بهینه، مصرف چهار نهاده آب، نیروی کار، کود ازته و فسفات تا سطح آرمان تعیین شده کاهش یافته است؛ در این شرایط می‌توان به هدف افزایش ۱۵ درصدی سود ناخالص (p_1) مدنظر کشاورزان، کاهش ۱۰ درصدی مصرف آب کشاورزی (p_2)، ثبات اشتغال در وضعیت موجود (p_3) و کاهش ۱۵ درصدی مصرف انواع کودهای شیمیایی (شامل ازت و فسفات) و سموم شیمیایی (p_4) به طور همزمان دست یافت. بر اساس اطلاعات جدول (۴) نیز مشخص است که، در الگوی بهینه هر دو گروه محصولات آبدوز و آبر در دستیابی به آرمان‌ها مشارکت داشته‌اند. میزان مساعدت محصولات آبدوز جهت دستیابی به آرمان کاهش مصرف آب، ۵۲/۷ درصد و میزان مساعدت محصولات آبر در این رابطه ۴۷/۳ درصد

بوده است. دلیل مساعدت بیشتر محصولات آب‌اندوز آن است که در حال حاضر این محصولات عموماً به صورت پائیزه کشت می‌شوند؛ با توجه به آن که میزان آب در دسترس برای کشاورزان در فصل پائیز و زمستان و حتی اوایل بهار بالاست، لذا زارعان دقت و صرفه‌جویی لازم را در مصرف بهینه آب ندارند. در نقطه مقابل محصولات آب‌بر عموماً به صورت بهاره کشت می‌شوند؛ با توجه به آن که میزان آب در دسترس در اواخر فصل بهار و تابستان پائین است، لذا کشاورزان دقت و صرفه‌جویی بیشتری در مصرف آب دارند و از آب بهینه‌تر استفاده می‌کنند. از سوی دیگر بر اساس نتایج حاصل از الگوی آرمانی غیرخطی، در حالت بهینه جهت دستیابی به هدف کاهش مصرف کود، مشارکت محصولات آب‌بر در کاهش مصرف بیشتر از محصولات آب‌اندوز خواهد بود؛ به طوری که مساعدت این محصولات جهت دستیابی به آرمان مذکور برای کاهش مصرف کود از ته و فسفات به ترتیب ۷۸ و ۵۹/۶ درصد و مساعدت محصولات آب‌اندوز در این رابطه به ترتیب ۲۲ و ۴۰/۴ درصد است. محصولات آب‌بر مصرف کود بالایی دارند و برای آن که مصرف کود در این گروه از محصولات به افزایش تولید بیانجامد، باید کود با نهاده مکمل آب همزمان مصرف گردد. بنابراین در الگوی بهینه، اگر چه مصرف آب برای محصولات آب‌بر کمتر از محصولات اندوز کاهش یافته، اما با توجه به اهمیت بیشتر کود برای این گروه از محصولات، مصرف انواع کود در این گروه از محصولات نسبت به محصولات آب‌اندوز بیشتر کاهش یافته است. در زمینه مصرف انواع سم نیز میزان مشارکت محصولات آب‌بر در جهت تحقق هدف آرمانی کاهش مصرف بیشتر از محصولات آب‌اندوز بوده است؛ در این رابطه این محصولات ۵۷/۸ درصد در کاهش مصرف سم مساعدت داشته‌اند و میزان مساعدت محصولات آب‌اندوز تنها ۴۲/۲ درصد بوده است. دلیل این امر نیز همان گونه که در رابطه با مصرف انواع کود بیان شد، ارتباط مکملی آب و سم است. نکته دیگر در مورد الگوی بهینه آن است که در این الگو برای محصولات آب‌بر جایگزینی نیروی کار با ماشین‌آلات اتفاق افتاده است؛ اما در مورد محصولات آب‌اندوز عکس این موضوع اتفاق افتاده است. برای این گروه از محصولات استفاده از نیروی کار حدود ۳ درصد کاهش و استفاده از ماشین‌آلات ۱/۳ درصد افزایش یافته است. این امر را نیز می‌توان بدین صورت توجیه نمود که، محصولات آب‌اندوز معمولاً فرآیند کاشت، داشت و برداشت آن‌ها به صورت مکانیزه صورت می‌پذیرد و عملیات انسانی چندان زیاد نیست.

نتایج به دست آمده در این مطالعه و مطالعات پیشین همچون مطالعات عرفانی‌فر و همکاران (۱۳۹۳)، میرکریمی و همکاران (۱۳۹۵)، پاندی و همکاران (۲۰۱۲)، توموهارو و همکاران (۲۰۱۵) و سریواستاوا و موهان سینک (۲۰۱۷) موید این موضوع هستند که، برای رسیدن به حد بهینه مصرف نهاده‌ها به خصوص در رابطه با آب، کود و سم نیاز به ترکیب متنوعی از ابزارهای سیاستی است که همزمان هم بخش عرضه و هم بخش تقاضا را هدف قرار دهند. این در حالی است که در ایران از میان سیاست‌های متنوع بخش کشاورزی، سیاست قیمت و خرید تضمینی و نیز یارانه نهاده‌ها به صورت پررنگ و سیاست اعتباراتی و بیمه‌ای به صورت کم‌رنگ‌تر در حال اجرا می‌باشند. به کارگیری این ابزارها به ارزانی و غیرواقعی شدن قیمت نهاده‌ها و نیز رفتارهای ناکارای کشاورزان در رابطه با مصرف آنها منجر شده است؛ استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در بسیاری از استان‌های ایران سبب شده تا سطح آب زیرزمینی دشت‌ها با افت مواجه شود و کیفیت آب برداشتی آن‌ها کاهش و در نتیجه این دشت‌ها در وضعیت بحرانی قرار گیرند. بر اساس گزارش‌ها، افزایش کسری تجمعی در مخازن و آبخوان‌های زیرزمینی ایران بحرانی جدی و فشاری بیش از آستانه تحمل به آن‌ها وارد کرده است. کاهش سطح آب زیرزمینی فرونشست بسیاری از دشت‌های ایران را نیز به دنبال داشته است. بر اساس آمارهای منتشره از سوی وزارت انرژی ایران دشت تهران ۱۷ سانتی‌متر، دشت ساوجبلاغ ۲۲ سانتی‌متر، دشت قزوین ۲۴ سانتی‌متر، دشت مشهد ۲۵ سانتی‌متر و دشت کاشان ۳۰ سانتی‌متر فرونشست داشته‌اند. بر اساس موارد مطرح شده مشخص است که ابزارهای فعلی سیاست‌گذاری در بخش کشاورزی ایران از کارایی و اثربخشی لازم برخوردار نیستند. در مقابل کشورهای با کشاورزی پیشرفته، ابزارهای سیاستی متنوعی دارند؛ به عنوان مثال در دانمارک و نروژ، مالیات برای سموم اجرا می‌گردد که به ترتیب ۲۰ و ۱۳ درصد قیمت خرده‌فروشی آن است. در ایالت بادن و رتمبرگ آلمان، مالیات به کشاورزانی که از کود شیمیایی کمتری استفاده و در مقابل از آفت‌کش‌های سازگار با محیط‌زیست استفاده می‌کنند، بازگردانده می‌شود. نظام قیمت‌گذاری پلکانی برای آب کشاورزی در چین متداول است. بر اساس نظام قیمت‌گذاری پلکانی، کشاورزان جهت دریافت آب از شرکت ملی آب باید برای ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد از سهمیه آب دریافتی خود، قیمت‌های به‌تدریج افزایشی را پرداخت نمایند. چنان چه کشاورزان بیش از سهمیه، آب مصرف نمایند ملزم به پرداخت اضافه بها خواهند بود. برای اجتناب از این جریمه‌های تنبیهی مبادله سهمیه‌ی آب میان کشاورزان متداول شده است.

در هلند و فرانسه برای استخراج آب زیرزمینی مالیات ساده دریافت می‌گردد. در هلند این مالیات در ژانویه ۱۹۹۵ به اجرا درآمد و نرخ مالیات برای مصارف خدماتی ۰/۱۵ یورو برای هر مترمکعب تعیین شد. البته برای مصارف دیگر از جمله صنعت و کشاورزی نرخ ۰/۰۸ یورو برای هر مترمکعب در نظر گرفته شد. جریمه‌های استخراج آب در فرانسه بین ۰/۰۲-۰/۰۱، آلمان ۰/۰۳-۰/۰۲، انگلیس ۰/۰۲۱-۰/۰۰۶ و در هلند ۰/۱۵-۰/۰۸ یورو در مترمکعب در سطح ملی و منطقه‌ای تعیین شده است. بر این اساس و با توجه به موارد مطرح شده، برای تعیین الگوی بهینه کشت و توجه همزمان به اهداف اقتصادی و زیست-محیطی لازم است مبانی ابزارهای نوین در سیاست‌گذاری بخش کشاورزی ایران گنجانده شود.

جدول ۲- مصرف نهاده‌ها در شرایط فعلی و حالت بهینه

نهادها	گندم	جو	ذرت	یونجه	چغندر قند	کلزا	لوبیا	خربزه	گوجه‌فرنگی	خيار
آب (مترمکعب/هکتار)	۸۵۱۹	۶۵۵۵	۱۵۳۶۸	۲۱۵۷۹	۲۰۷۷۵	۶۳۵۰	۱۱۲۰۰	۱۱۷۲۵	۱۷۹۷۸	۱۱۷۲۷
نیروی کار (نفر روز/هکتار)	۴	۷	۱۰	۱۶	۴۰	۷	۴۵	۷۷	۸۲	۶۹
ازت (کیلوگرم/هکتار)	۲۰۵	۱۵۰	۱۶۴	۲۲۶	۲۵۰	۳۰۰	۱۵۰	۱۳۷	۲۸۱	۱۸۲
فسفات (کیلوگرم/هکتار)	۱۳۵	۱۲۴	۱۳۵	۱۱۹	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۷۶	۲۴۲	۱۸۲
سم (لیتر/هکتار)	۱/۱	۱/۴	۱	۱/۳	۱	۱/۱	۱	۰/۹	۱	۱
ماشین‌آلات (ساعت/هکتار)	۱۷/۳	۱۶/۹	۱۸/۷	۱۲/۶	۲۳/۶	۱۶/۳	۱۶/۲	۱۹/۹	۱۸/۷	۲۱/۲
عملکرد (تن/هکتار)	۵/۳	۴/۷	۵۱/۲	۱۳/۵	۴۷/۳	۲/۲	۲/۱	۱۶/۹	۵۱/۴	۱۹
آب (مترمکعب/هکتار)	۷۰۹۸	۶۱۰۷	۱۳۶۶۱	۲۰۲۰۴	۱۷۵۹۰	۵۲۶۰	۶۹۸۰	۱۱۰۰۰	۱۷۹۸۰	۱۱۹۹۶
نیروی کار (نفر روز/هکتار)	۵	۷	۱۰	۱۴	۵۹	۵	۴۵/۳	۸۵	۸۹/۴	۶۵
ازت (کیلوگرم/هکتار)	۲۱۳	۱۱۰	۶۵	۱۹۵	۵۲	۱۰۰	۷۰	۲۰۰	۱۷۰	۲۰۰
فسفات (کیلوگرم/هکتار)	۱۱۵	۱۳۱	۶۵	۱۰۶	۱۰۶	۱۰۶	۱۰۶	۱۰۶	۱۰۶	۱۰۶
سم (لیتر/هکتار)	۰/۸	۱/۳	۰/۶	۰/۹	۰/۶۲	۰/۴۴	۰/۹۵	۱/۱۴	۰/۹۰	۱/۱
ماشین‌آلات (ساعت/هکتار)	۱۸	۱۷/۳	۱۶/۵	۱۳	۲۶	۱۷/۴	۱۴	۱۸	۱۸	۲۰/۸
عملکرد (تن/هکتار)	۵/۸	۵/۳	۴۵/۷	۱۴	۵۲	۲/۵	۲/۴	۱۹/۳	۷۵	۲۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- دستیابی به اهداف و آرمان‌ها در مدل برنامه‌ریزی آرمانی

اهداف و آرمان‌ها	وضعیت فعلی	آرمان	وضعیت بهینه	انحراف مثبت (d_i^+)	انحراف منفی (d_i^-)
بازده ناخالص (میلیون تومان)	۱۱۳	۱۳۰	۱۳۰	۰	۰
میزان مصرف آب (هزار مترمکعب)	۳۵۳	۳۱۸	۳۱۸	۰	۰
میزان استفاده از نیروی کار (نفر روز)	۵۴۰۰	۵۴۰۰	۵۴۰۰	۰	۰
میزان مصرف کود ازت (کیلوگرم)	۵۷۰۰	۴۸۴۵	۴۸۴۵	۰	۰
میزان مصرف کود فسفات (کیلوگرم)	۴۳۰۰	۳۶۵۵	۳۶۵۵	۰	۰
میزان مصرف سم (لیتر)	۳۶/۲	۳۰/۷	۳۰/۷	۰	۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۴- میزان مشارکت محصولات آب اندوز و آبر جهت دستیابی به اهداف آرمانی

نهادها	وضعیت فعلی	آرمان	وضعیت بهینه	تغییر در الگوی بهینه نسبت به شرایط فعلی	سهم محصولات آب اندوز از تغییرات (درصد)	سهم محصولات آبر از تغییرات (درصد)
مصرف آب (هزار مترمکعب)	۳۵۳	۳۱۸	۳۱۸	-۳۵	-۵۲/۷	-۴۷/۳
نیروی کار (نفر روز)	۵۴۰۰	۵۴۰۰	۵۴۰۰	۰	-۳	۴
مصرف کود ازت (کیلوگرم)	۵۷۰۰	۴۸۴۵	۴۸۴۵	-۸۵۲	-۲۲	-۷۸
مصرف کود فسفات (کیلوگرم)	۴۳۰۰	۳۶۵۵	۳۶۵۵	-۶۴۵	-۴۰/۴	-۵۹/۶
مصرف سم (لیتر)	۳۶/۲	۳۰/۷	۳۰/۷	-۵/۵	-۴۲/۲	-۵۷/۸
ماشین آلات (ساعت)	۵۳۰۰	-	۵۳۰۰	۰	۱/۳	-۰/۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جمع‌بندی و پیشنهادها

با توجه به بحران‌های زیست‌محیطی به وجود آمده در ایران، سیاستی که طی سال‌های اخیر در سطح کلان برای بخش کشاورزی ایران اتخاذ شده است، تعیین الگوی کشت بر مبنای نیاز آبی می‌باشد. بدین ترتیب محصولاتی که کشت آن‌ها به آب کمتری نیاز داشته باشد مورد حمایت دولت قرار می‌گیرند. با توجه به تجربه سایر کشورها، اتخاذ چنین رویکردی و تغییر الگوی کشت و حرکت به سوی کشت محصولات زراعی آب‌اندوز می‌تواند گره‌گشای بسیاری از مسائل و مشکلات زیست‌محیطی باشد. بر این اساس مطالعه حاضر درصدد بوده است تا الگوی بهینه کشت را در زیربخش زراعت استان قزوین با توجه به اهداف مدنظر سیاست‌گذاران و کشاورزان تعیین نماید. در این مطالعه از الگوی برنامه‌ریزی آرمانی غیرخطی (NGP) استفاده شده است. در ادامه با حل الگوی آرمانی و بررسی میزان دستیابی به اهداف مختلف، الگوی بهینه تعیین و نتایج الگوی آرمانی با وضعیت فعلی مقایسه گردید. با توجه به نتایج به دست آمده، تخصیص بهینه نهاده‌ها نه تنها سبب صرفه‌جویی مصرف نهاده‌ها در هر دو گروه محصولات آب‌اندوز و آبر می‌شود، بلکه سبب افزایش تولید و به تبع آن افزایش سودآوری کشاورزان منطقه نیز می‌گردد. به عبارت دیگر کشاورزان با تخصیص بهینه نهاده‌ها به محصولات آب‌اندوز و آبر نه تنها در مصرف نهاده‌ها کمیاب آب و نهاده‌های مخرب محیط‌زیست و سلامت انسان همچون انواع کود و سم صرفه‌جویی می‌کنند، بلکه به هدف خود در رابطه با دستیابی به سود مدنظرشان نیز دست می‌یابند. این امر در نهایت سبب می‌شود تا سهم محصولات آب‌اندوز و آبر از مصرف کل نهاده‌ها در دشت قزوین نسبت به سال پایه کاهش یابد. در چنین شرایطی بر اساس تجربه کشورهای مختلف تأکید دولت باید بیشتر بر سیاست‌های غیرقیمتی باشد. ضمن آن که باید توجه نمود رسیدن به کشت محصولات زراعی آب‌اندوز نیازمند تدوین استراتژی‌ها و سیاست‌های مدون است؛ چرا که اشتغال، درآمد، سودآوری و ... زارعان تحت تأثیر قرار می‌گیرد. دولت نمی‌تواند کشاورزان را بدون به کارگیری ابزارهای سیاستی تشویقی و یا تنبیهی، به حذف محصولات زراعی آبر و کشت محصولات زراعی آب‌اندوز سوق دهد. ارزان و غیر واقعی بودن قیمت نهاده‌ها و نیز دانش فنی پائین کشاورزان در ایران به طور معمول باعث استفاده غیر بهینه از نهاده‌ها به وسیله بهره‌برداران می‌شود. در این راستا سیاست‌های قیمتی محصولی و نهاده‌ای (افزایش و واقعی‌سازی قیمت نهاده‌ها)، به تنهایی تأثیر قابل توجهی بر رفتار زارعان و مصرف نهاده‌ها ندارند و بیشتر باعث انتقال و جابجایی منابع تولید از محصولی به محصول دیگر می‌شوند، لذا به نظر می‌رسد که تأکید دولت باید بر سیاست‌های غیرقیمتی نیز باشد. آموزش عمومی کشاورزان و بالا بردن دانش فنی و آگاه‌سازی آن‌ها نسبت به مسائل بهداشتی و زیست‌محیطی یکی از مکانیسم‌های مؤثر برای کاهش مصرف نهاده‌ها است. این مسئله به‌خصوص در مناطقی که مردم به‌طور سنتی نهاده‌ها بالاخص آب را به‌عنوان یک کالای رایگان تلقی می‌کنند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در حال حاضر در ایران از میان سیاست‌های متنوع بخش کشاورزی، سیاست قیمت و خرید تضمینی و نیز یارانه نهاده‌ها به صورت پر رنگ و سیاست اعتباراتی و بیمه‌ای به صورت کم‌رنگ‌تر در حال اجرا می‌باشند. این در حالی است که برای رسیدن به حد بهینه

مصرف نهاده‌ها به ترکیب متنوعی از ابزارهای زیست‌محیطی نیاز است که همزمان هم بخش عرضه و هم بخش تقاضا را هدف قرار دهند. در این راستا به منظور کاهش و کنترل بهره‌برداری از منابع به خصوص منابع آب، سیاستگذاران باید همگام با سیاست‌های حمایت از تولید (همانند قیمت و خرید تضمینی) سیاست‌های مکمل جهت مدیریت تقاضای آب را نیز اجرا نمایند. استانداردها و سهمیه‌ها، جواز تجارت، توافقات اختیاری و داوطلبانه، خرید حجمی منابع آب زیرزمینی و تعهد در برابر خسارات از دیگر سیاست‌های مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی به شمار می‌آیند که بسیاری از کشورها در کنار سیاست‌های قیمتی و درآمدی جهت کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی از آن‌ها به عنوان سیاست‌های مکمل بهره می‌گیرند. مالیات‌های زیست‌محیطی یکی از مهم‌ترین این سیاست‌ها هستند که بر روی نهاده‌های مرتبط با آب مانند انرژی و کودهای شیمیایی وضع می‌شوند. در قیمت‌گذاری نهاده، جریمه برای مصرف آب، از طریق مالیات بر نهاده‌ها دریافت می‌گردد. دریافت این نوع مالیات در کشورهای عضو اتحادیه اروپا بسیار متداول است.

منابع

- ۱- دیلمی، الف. و تجری، الف. (۱۳۹۹). تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در استان گلستان، اولین کنفرانس مهندسی صنایع، اقتصاد و مدیریت، <https://civilica.com/doc/1025872>.
- ۲- شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قزوین. (۱۳۹۸). آمار و اطلاعات منابع آب استان. <http://www.qzrw.ir/SC.php?type=static&id=76>.
- ۳- کبیری، ش.، پویا، ح. و یونسی، م. (۱۳۹۶) بررسی میزان و دلایل افت سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت قزوین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد -انجمن هیدرولوژی ایران.
- ۴- کهنسال، م.ر. و سروری، ع.الف. (۱۳۹۲). تعیین الگوی بهینه کشت محصولات عمده استان خراسان رضوی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی چند هدفه فازی و تابع عضویت هذلولی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۱ (۸۲): ۱۵۱-۱۳۱.
- ۵- ملک‌نیا، س.، کهنسال، م.ر. و دوراندیش، الف. (۱۳۹۲). تعیین الگوی بهینه کشت با هدف تولید محصولات زراعی ارگانیک به کمک رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی ترتیبی توسعه یافته ELGP (مطالعه موردی: شهرستان گرگان)، دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی.
- ۶- میرکریمی، ش.، جولایی، ر.، اشراقی، ف. و شیرانی بیدآبادی، ف. (۱۳۹۵). مدیریت الگوی کشت محصولات زراعی با تأکید بر ملاحظات زیست محیطی (مطالعه موردی شهرستان آمل). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸ (۲): ۲۶۳-۲۵۳.
- ۷- وزارت جهاد کشاورزی. (۱۳۹۷). آمارنامه کشاورزی محصولات زراعی. <https://www.maj.ir/>.
- 8- Igwe, K. C. and Onyenweaku, C. E. (2013). A Linear Programming Approach to Food Crops and Livestock Enterprises Planning in Aba Agricultural Zone of Abia State, Nigeria. *American Journal of Experimental Agriculture*, 3(2): 412-431.
- 9- Jia, R., Liu, Y., & Bai, X. (2020). Sustainable supplier selection and order allocation: Distributionally robust goal programming model and tractable approximation. *Computers & Industrial Engineering*, 140, 106267.
- 10- Nha, V. T., Shin, S., & Jeong, S. H. (2013). Lexicographical dynamic goal programming approach to a robust design optimization within the pharmaceutical environment. *European Journal of Operational Research*, 229(2), 505-517.
- 11- Pandey, D., Pandey, A., Ostrowski, M. and Pandey, R.P. (2012). Simulation and optimization for irrigation planning and crop planning. *Irrigation and Drainage*, 61: 178-188.
- 12- Rani, Y.R. and RAO, P.T (2012). Multi Objective Crop Planning For Optimal Benefits. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(5): 279-287.
- 13- Srivastava, P., and Singh, R. M. (2017). Agricultural Land Allocation for Crop Planning in a Canal Command Area Using Fuzzy Multiobjective Goal Programming. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 143(6), 04017007.
- 14- Tomoharu, H., Okamoto, K., Yoshihir, M. and Nohara, D. (2015). An optimization scheme of cropping pattern under the variation of water and climate condition. E-proceedings of the 36th IAHR World Congress, The Hague, the Netherlands.
- 15- UNCTAD. (2015). The besieged Palestinian agricultural sector.

16-Wang, G.H. (2006). The water saving of Heihe irrigation on cropping system adjust-ment. Gansu Agric, 4:106–107.

Analysis of the Role of Low and High Water-Demand Crops in Determining the Optimal Pattern of Cultivation Crops (Case study: Qazvin plain / Iran)

Mehdi Shabanzadeh-Khoshrody*¹, Ebrahim Javdan²

*1- Assistant Professor of Agricultural Economics, Institute of Planning Research, Agricultural Economics and Rural Development, Tehran, Iran (Responsible Author).

Email: shabanzadeh.mehdi@gmail.com

2- Assistant Professor of Agricultural Economics, Institute of Planning Research, Agricultural Economics and Rural Development, Tehran, Iran.

Abstract

Qazvin province is of special importance in the production of agricultural products; This has caused the groundwater level of the province to drop by 40 to 50 meters during the last 40 years. With declining water resources and the advancement of desert lands, farmers' incomes are declining and widespread rural migration to large cities is increasing. To deal with this issue, the policy that has been adopted is to change the cultivation pattern in accordance with the needs and capabilities of the region; The designers of this policy have acknowledged that its implementation, in addition to saving water consumption, will also contribute to other economic, social and environmental goals of the region. Due to this issue, in the present study, according to the goals of both policy makers and farmers, the optimal pattern of irrigation cultivation in the agriculture sub-sector of Qazvin province has been identified; Therefore, 246 farmers were selected using a simple two-stage random sampling method, and the information was collected in 2019. According to the experts, a 15% increase in gross profit, a 10% decrease in agricultural water consumption, job stability, and a 15% decrease in the use of chemical fertilizers and pesticides were considered as the optimal goals. The findings showed that through the optimal allocation of the inputs to Low Water-Demand (LWD) and High Water-Demand (HWD) crops, the farmers are not only able to save water and different types of fertilizers and pesticides, but can also achieve their objectives in terms of their desired profit.

Keywords: Optimal pattern of input usage, Low water-demand crops, Qazvin plain, Non-linear goal programming.

تشکیل و توسعه فرسایش شیاری

سمانه آقائی، (Samaneh.aghaei@ut.ac.ir)

دانش آموخته دانشگاه تهران، دانشجوی دکتری دانشگاه زنجان

چکیده

فرسایش شیاری یکی از فرایندهای مهم فرسایش آبی در اراضی شیبدار و مراتع است و در بسیاری از مناطق جهان منجر به هدررفت مقدار زیادی خاک می‌شود. تحقیقات بسیاری نشان می‌دهد که فرسایش شیاری در حدود ۷۰-۵۰٪ کل فرسایش خاک را به خود اختصاص می‌دهد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که معمولاً شیارهای متمرکز بیشترین سهم را در ایجاد رواناب و انتقال رسوب بر عهده دارند. این شیارها از شیارهای معمول بزرگ‌تر بوده و سبب انتقال رسوب به پایین دست اراضی می‌شوند. فرسایش شیاری معمولاً با افزایش شدت بارندگی و درجه شیب افزایش می‌یابد. در این مقاله برآنیم که به بررسی فرسایش شیاری از مرحله تشکیل تا گسترش، روش‌های اندازه‌گیری و مدل‌سازی آن پردازیم.

واژگان کلیدی: طول شیار، فلوام زهکش‌دار، مکانیسم‌های انتقال رسوب، غلظت رسوب

مقدمه

با از دست رفتن خاک در دامنه‌ها کیفیت محیط زیست و نیز کیفیت محصولات کشاورزی به شدت کاهش می‌یابد (Shen et al., 2015). مطالعات بسیاری (Di Stefano et al., 2013) در این زمینه انجام شده است که نشان می‌دهد افزایش میزان فرسایش خاک همزمان با ایجاد شیار است (Shen et al., 2015). شیار کانال کوچکی است که هم به عنوان منبع تولید رسوب و هم به عنوان مسیر انتقال آن، روی دامنه در حال فرسایش عمل می‌کند (Lal et al., 1998). شیارها مسیرهای با جریان متمرکز هستند که در آنها عمق آب و سرعت جریان از یک جریان ورقه‌ای بیشتر است بررسی نتایج نشان می‌دهد که معمولاً شیارهای متمرکز بیشترین سهم را در ایجاد رواناب و انتقال رسوب بر عهده دارند. این شیارها از شیارهای معمول بزرگ‌تر هستند (Shen et al., 2014). فرسایش شیاری یکی از مهم‌ترین فرایندهای مهم فرسایش آبی موثر بر خاک در زمین‌های کشاورزی (Shen et al., 2015) اراضی شیبدار و مراتع به شمار می‌آید. زیرا باعث از دست رفتن مقادیر زیادی خاک شده و در نتیجه تداوم این نوع فرسایش لندفروم پایداری مانند خندق را ایجاد می‌کند (Wirtz et al., 2010). ایجاد فرسایش شیاری در اراضی کشاورزی حین عملیات شخم، تشدید می‌شود (Gessesse et al., 2015). در اراضی زراعی فرسایش شیاری غالباً در خاک‌های تازه شخم شده یا تازه کشت شده به وجود می‌آید. زیرا آب در شیارهای شخم یا کشت و کار جمع می‌شود. قدرت فرسایش این آب به دلیل متمرکز بودن آن بیشتر است و قادر است ذرات خاک را از دیواره‌ها و کف جویچه‌های شخم، جدا کرده و انتقال دهند (رفاهی، ۱۳۸۵). فرسایش شیاری منجر به افزایش غلظت رواناب می‌شود و یک فرایند مهم در تولید رسوب به شمار می‌رود (Vinci et al., 2014). فرسایش شیاری معمولاً با افزایش شدت بارندگی و درجه شیب افزایش می‌یابد (Berger et al., 2010). در مناطقی که شیب تند و در حدود (۲۵-۱۲) درجه است، فرسایش غالب، فرسایش شیاری است (Zheng et al., 2005).

۳- چگونگی تشکیل فرسایش شیاری

اوپوتی و استول (۱۹۹۵) معتقدند علت اصلی ایجاد فرسایش شیاری، وجود جریان‌های متمرکز است. به همین دلیل به نقش قطرات باران در جدا کردن ذرات خاک توجه چندانی نمی‌شود. وقتی آب در شیبی از قسمت بالا به سمت پایین حرکت می‌کند به تدریج در فرورفتگی‌های سطح زمین جمع می‌شود. پس از اینکه فرورفتگی‌های خاک از آب پر شد، آب از لبه پایین فرورفتگی با حجم زیادی جریان پیدا می‌کند و آبراهه‌هایی در زمین به وجود می‌آورد. این آبراهه‌های ایجاد شده را در صورتی فرسایش شیاری می‌گویند که با انجام عملیات کشت و زرع معمولی از بین بروند. شیارها پس از به وجود آمدن، به طرف بالا دست و پایین دست خود گسترش می‌یابند. البته اکثر شیارها ابتدا با پسروری به طرف بالا دست گسترش می‌یابند. سرعت این پسروری به مقدار جریان، شیب زمین و مقاومت خاک به فرسایش بستگی دارد. پس از پایان یکسری پسروری، پسروری‌های دیگری شروع می‌شود. به این صورت شیارها به تدریج عمیق‌تر می‌شوند تا جایی که به یک لایه سخت غیرقابل فرسایش برسند. در این صورت شیارها عریض‌تر گشته و معمولاً میزان فرسایش کاهش می‌یابد. زیرا آب در سطح زیادی پخش می‌شود و از سرعت و انرژی آن کاسته می‌شود. شیارهای معمولی ممکن است تبدیل به خندق‌های کم عمق شوند، در حالیکه این شیارهای نواری در اثر جریانها از بین می‌روند (رفاهی، ۱۳۸۵).

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

ژانگ و همکاران (۲۰۰۵) بر اساس تکامل پروفیل ارتفاعی شیار نسبت به سطح صاف، فرایند تشکیل شیار را به سه مرحله تقسیم نمودند: مرحله اول، تشکیل شیار است که جریان از نوع ورقه‌ای می‌باشد (اعداد رینولدز بین ۲۶۰ تا ۱۰۰۰). در این مرحله، جریان نسبتاً پهن و سریع بوده و در مسیر خود، حفرات در حال آب شسته شدن ایجاد می‌شود. مرحله دوم، توسعه شیار که جریان اغلب متلاطم می‌باشد (اعداد رینولدز ۱۰۰۰ تا ۴۵۰۰) که به افزایش زبری شیار و افزایش عمق جریان ناشی از برش به سمت پایین و نیز برش در راس شیار، ارتباط داده شده است. مرحله سوم، مرحله کامل شدن شیار است که توسعه عرضی در اثر ریزش دیواره شیار اتفاق می‌افتد.

عوامل موثر بر تشکیل فرسایش شیاری

عامل اصلی تشکیل دهنده فرسایش شیاری اغلب باران است و در پیدایش آن، عامل شیب بسیار موثر می‌باشد. فرسایش شیاری یا آبراه‌های، در دامنه کوه‌ها و حتی در سطح زمین‌های کم‌شیب نیز به سهولت دیده می‌شود. این شکل فرسایش، پیشرفته‌تر از فرسایش ورقه‌ای بوده و ممکن است به صورت خطوط موازی نیز ظاهر می‌شود که ابتدا کم‌عمق است ولی به سرعت عمیق‌تر می‌شود. آب در مواقع بارندگی و آب شدن برف و یخ فقط در این جوی‌های باریک کم‌عمق (شیارها) جاری می‌گردد، این شکل فرسایش، تا زمانی که سنگ مادر ظاهر نشده است، به نام فرسایش شیاری خوانده می‌شود (کردوانی، ۱۳۸۴). عوامل بارش، رواناب، توپوگرافی، پوشش گیاهی و سیستم کشت و کار تأثیر مهمی در توسعه شیار و تولید رسوب دارند. البته عوامل اصلی و قابل کنترل در فرسایش شیاری ترکیبی از رواناب و خاک است و دیگر عوامل تأثیر غیرمستقیم دارند که باعث افزایش و کاهش عوامل اصلی می‌شوند (Wirtz et al., 2012).

توزیع اندازه ذرات در فرسایش شیاری

ذرات خاک انتقال یافته (رسوب) ترکیبی از ذرات اولیه (شن و سیلت و رس) و ثانویه (خاکدانه‌ها) خاک است (Mitchell et al., 1983). اعتقاد عمومی بر این است که اندازه ذرات رسوبات حاصل از فرسایش شیاری معمولاً شبیه اندازه ذرات توده خاک اصلی است (Morgan et al., 2005). اسدی و همکاران (2007b) به این نتیجه رسیدند که توزیع اندازه ذرات رسوب به صورت دو نمایی و شامل دو بخش ذرات خیلی ریز و متوسط تا درشت است. بافت خاک عامل اصلی توزیع اندازه ذرات رسوب است. در ابتدای شیار، ذرات تشکیل دهنده بستر و دیواره، ذرات خاک اصلی می‌باشند. به طور همزمان با فرایندهای کنده‌شدن به سمت شیار، لایه ترسیب یافته در بستر توسعه پیدا می‌کند. هر چند فرایند رسوبگذاری ذرات، فرایندی انتخابی است و ذرات درشت‌تر، سریع‌تر ترسیب می‌کنند، ولی این ذرات درشت حاصل فرایند خورد شدن خاکدانه‌های درشت‌تری هستند که ممکن است در طول مسیر جریان در چندین مرحله کنده شده و مجدداً ترسیب نموده‌اند (محمودآبادی، ۱۳۸۶).

۶- اندازه گیری فرسایش شیاری

برای اندازه‌گیری فرسایش شیاری نیاز به یکسری آزمایشات مزرعه‌ای و همچنین تعیین نقش شیارها در فرسایش خاک می‌باشد (Govers et al., 2007). در دهه‌های گذشته، استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور منجر به ارائه روش‌هایی برای تجزیه و تحلیل آنها گردید (Tarolli et al., 2009). از مهمترین تکنولوژی‌های سنجش از دور می‌توان به پهباد (UVA)، دوربین‌های هوایی و سنجنده زمینی (LiDAR) می‌باشد. هوگنولتز و همکاران (۲۰۱۳) از یک پهباد برای سنجش ویژگی‌ها و نیز ارزیابی دقت مدل زمین دیجیتال (Digital Terrain Model) (DTM) استفاده کردند. ساده‌ترین روش آن است که خطوطی به طول ۲۰ تا ۱۰۰ متر را عمود برشیب انتخاب کنیم. در روی شیب یک تپه می‌توان تعدادی از این خطوط را به صورت متوالی در نظر گرفت. سپس در روی هر کدام از این خطها سطح مقطع شیارهایی که آن را قطع می‌کند اندازه‌گیری و مجموع آن محاسبه می‌شود. اگر متوسط جمع سطح مقطع را در دو خط متوالی داشته باشیم حاصلضرب فاصله دو خط در مقطع شیارها برابر حجم موادی است که در اثر فرسایش شیاری جایجا شده است. این حجم را می‌توان با توجه به وزن مخصوص مواد رسوب به وزن مواد تبدیل کرد. البته در این روش اثر فرسایش بین شیاری در نظر گرفته نمی‌شود. بنابراین با توجه به اثر فرسایش بین شیاری می‌توان گفت که این روش مقدار فرسایش را به اندازه ۱۰ تا ۳۰ درصد کمتر از مقدار واقعی اندازه‌گیری می‌کند (Morgan., 2005).

کنترل و مبارزه با فرسایش شیاری

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

بسیاری از مطالعات حاکی از آن است که فرسایش شیاری به طور مستقیم توسط رواناب و خاک کنترل می‌شود (Sun et al., 2013). برای کنترل فرسایش شیاری باید با انجام عملیاتی مانند شخم زدن و افزایش مواد آلی ظرفیت جذب خاک را بالا برد و به این صورت میزان آبدوی و در نتیجه مقدار فرسایش را کاهش داد. برای کنترل فرسایش شیاری همچنین باید حاصلخیزی خاک را حفظ نمود تا پوشش گیاهی مناسبی به وجود آید. برای کنترل فرسایش شیاری همچنین لازم است شخم در جهت عمود بر شیب انجام گیرد. عمل شخم نفوذ پذیری را افزایش می‌دهد و در نتیجه از میزان رواناب آب کاسته می‌شود. پوشش آسمانه گیاهی با ممانعت از برخورد قطرات باران با سطح خاک انرژی جنبشی بارندگی را افزایش می‌دهد. البته قطرات آب جمع شده بر روی شاخ و برگ گیاه ممکن است با سقوط مجدد سرعت قابل توجهی پیدا کنند اما معمولاً این سرعت از سرعت حد سقوط آزاد قطرات بارش کمتر است. باید در نظر داشت که آسمانه گیاهی اثر چندانی در فرسایش شیاری ندارد (رفاهی، ۱۳۸۵).

مرور کلی بر مدلسازی فرسایش شیاری

در مفهوم مدل (Wichmeir and Meyer., 1969)، فرایندهای جدا شدن و انتقال از یکدیگر مجزا بوده و اینکه میزان تولید رسوب به هر یک از این دو که کمتر باشد، محدود می‌شود. بر اساس تئوری مدل WEPP، شدت جدا شدن ذرات در جریان شیاری، به صورت تابع درجه اول از میزان بار رسوب، کاهش می‌یابد (رفاهی، ۱۳۸۵). مرتن و همکاران (Merten et al., 2001) اثر بار رسوب بر شدت جدا شدن در جریان شیاری را بررسی نموده و نشان دادند که هر دو عامل بار بستر و بار معلق، باعث کاهش معنی‌داری شدت جدا شدن ذرات می‌گردد. برای بیان این پدیده دو مکانیسم مطرح شد. در مکانیسم اول چنین عنوان گردید که در میزان جدا شدن ذرات توسط جریان، تلاطم یک عامل مهم به حساب می‌آید. لذا افزایش بار رسوب، کاهش شدت جدا شدن ذرات را به دنبال دارد. مکانیسم دوم، اثر حفاظتی لایه رسوب در سطح خاک در حین فرایند فرسایش است. با افزایش بار رسوب، میزان جدا شدن ذرات خاک، کاهش می‌یابد.

برای پیش بینی میزان فرسایش شیاری، به یک مدل برای هیدرولیک شیار نیاز دارد تا بتواند پارامترهای هیدرولیکی را از روی آن‌ها پیش بینی نماید. تجزیه و تحلیل‌های انجام شده بر روی داده‌های حاصل از هیدرولیک شیار نشان می‌دهد که رابطه تجربی مانینگ برای استفاده در فرسایش شیاری مناسب نمی‌باشد. در صورت عدم وجود بقایای پوشش گیاهی و سایر مواد ماکروسکوپی، از پارامترهای غیرمتحرک مانند قطعات سنگ، تنش برشی کل و تنش برشی واحد طول می‌توان برای پیش‌بینی میزان برداشت از خاک استفاده کرد. استفاده از تنش برشی واحد طول این مزیت را دارد که هیچ اطلاعاتی در زمینه هندسه شیار نیاز نیست. تاکنون ارتباط میان بار رسوب و میزان برداشت فرسایش شیاری به طور دقیق مشخص نیست. زیرا ممکن است حضور رسوبات سنگین از جدا شدن ذرات جلوگیری کند (Govers et al., 2007). با استفاده از روش تحقیقاتی شبیه‌سازی باران، می‌توان به چگونگی فرایند فرسایش شیاری و ویژگی‌های آن پی برد (Shen et al., 2015).

طول شیار

هوانگ و همکاران (Huang et al., 1996) عنوان می‌دارند که در مطالعات فرسایش لازم است طول شیار به اندازه کافی باشد تا بار رسوب به ظرفیت حمل رسوب برسد. در صورتی که شیار طول کافی نداشته باشد یا طوری باشد که در شرایط محدود کننده فرایند جدا شدن قرار داشته باشد، در این صورت تولید رسوب با افزایش شدت جریان، افزایش نمی‌یابد. از طرفی اگر طول شیار به اندازه کافی طولانی باشد و جریان در رژیم محدودکننده حمل رسوب قرار گیرد، در این صورت شدت تولید رسوب در طول‌های بیش‌تر از آن، تابعی از طول شیار نبوده و لذا در طول شیارهای بلندتر، تولید رسوب توسط فرایندهای جدا شدن کنترل نمی‌شود. لی و همکاران (Lei et al., 2001) آزمایشی برای بیان ارتباط میان غلظت رسوب و طول شیار در شرایط آزمایشگاهی انجام دادند.

$$C = A(1 - e^{-\beta x})^B \quad (1)$$

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

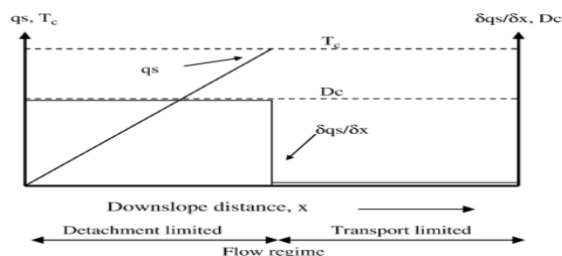
که در آن؛ C: غلظت رسوب ($g mL^{-1}$)، x: طول شیار (m)، β : ضریب کاهش و A و B ضرایب معادله می‌باشد. این معادله نشان می‌دهد که میزان غلظت رسوب با افزایش طول شیار، تا رسیدن به میزان حداکثر ظرفیت انتقال افزایش می‌یابد. ضرایب معادله بسته به شرایط مختلف، متفاوت خواهند بود. عوامل مختلفی از جمله طول شیار، درجه شیب و دبی جریان باید در روند محاسبه معادله در نظر گرفته شود (Yang et al., 2018). نتایج کریمی و همکاران (۱۳۹۴) نشان داد که مقادیر عوامل هیدرولیکی در طول شیار تغییر و موجب تغییراتی در نرخ جدایش ذرات خاک می‌گردد. بررسی بازه‌های مختلف در طول یک شیار نشان داد که میانگین نرخ جدایش ذرات خاک در مقطع یک سوم (۳/۳۳ متر) اولیه شیار اختلاف معنی‌داری با بازه‌های طولی دنباله رو آن داشت. از عوامل مؤثر در این پدیده می‌توان به وجود تنش برشی و قدرت جریان بیشتر در این مقاطع و عدم اشباع روان آب توسط رسوب (زوج جدایش - رسوب) اشاره کرد.

مدلسازی برداشت فرسایش شیاری به صورت مستقل از بار رسوب

مدلسازی جدایش به عنوان یک فرایند مستقل که مرسوم‌ترین رابطه مورد استفاده برای تخمین ظرفیت جداسازی شیار است، بر مبنای تنش برشی مازاد بر یک حد بحرانی است که توسط جریان متمرکز اعمال می‌شود. (Foster et al., 1995) شکل عمومی معادله جدایش به قرار زیر است:

$$D_c = K(a\tau - \tau_c)b \quad (3)$$

در این رابطه؛ D_c : میزان رسوب جدا شده از واحد سطح در واحد زمان ($kg m^{-2} s^{-1}$)، k: عامل فرسایش‌پذیری خاک (s) (m^{-1})، τ : تنش برشی جریان ($\rho g R S$) بر حسب ($kg m^{-1} s^{-2}$)، τ_c : تنش برشی بحرانی خاک ($kg m^{-1} s^{-2}$)، ρ : چگالی سیال ($kg m^{-3}$)، K ، τ_c ، b ، a ، K به صورت تجربی به دست می‌آیند. در بیش‌تر شرایط a و b برابر یک فرض می‌شوند (Foster et al., 1995) و پارامترهای K و τ_c از طریق واسنجی به دست می‌آیند. اگر دبی ثابت فرض شود، بار رسوب با افزایش فاصله به صورت خطی افزایش خواهد یافت (شکل ۱).



شکل ۱- تغییرات بار رسوب با فاصله به سمت پایین شیب با فرض ثابت بودن دبی در مسیر مستقیم (Govers et al., 2007)

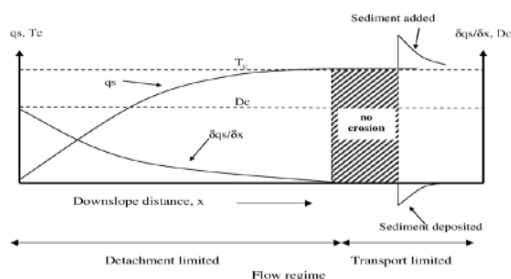
مدلسازی برداشت فرسایش شیاری به صورت تابعی از بار رسوب

در مدل WEPP، در شیارها جدا شدن خالص خاک در حالتی رخ می‌دهد که تنش برشی هیدرولیک از تنش برشی بحرانی خاک تجاوز نموده و بار رسوب از توان حمل رسوب کمتر باشد. شدت جدا شدن در درون شیار با معادله زیر تخمین زده می‌شود:

$$D_f = D_c(1 - G/T_c) \quad (kg m^{-2} s^{-1}) \quad (4)$$

که در آن؛ D_c ظرفیت جداسازی بوسیله جریان شیاری ($kg m^{-3} s^{-1}$) و T_c ظرفیت (حداکثر توان) حمل رسوب در شیار ($kg m^{-1} s^{-1}$) است. زمانی که تنش برشی کمتر از تنش برشی بحرانی باشد، جدا شدن درون شیار صفر خواهد بود. با افزایش غلظت رسوب در پایین دست جریان، میزان جدا شدن کاهش می‌یابد. اگر ظرفیت انتقال محدود باشد، میزان جدا شدن به صفر می‌رسد. این مفهوم در شکل ۲ نشان داده شده است.

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



شکل ۲. در این نمودار، DC: ظرفیت جدا شدن، QS: بار رسوب می‌باشد (Foster and Meyer, 1972).

زمانی که بار رسوب (G) از توان حمل رسوب T_c بیش‌تر باشد، ترسیب خالص در درون شیار رخ می‌دهد. برای حالت ترسیب داریم:

$$D_f = \frac{\lambda v_f}{q} (T_c - G) \quad (\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}) \quad (9)$$

که در آن؛ v_f سرعت سقوط متوسط رسوب (m s^{-1})، q دبی جریان در واحد عرض ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$) و λ ضریب مربوط به تلاطم ناشی از برخورد قطرات باران می‌باشند. حداکثر توان حمل رسوب همانند بار رسوب بر حسب واحد عرض شیار در بستر خاک محاسبه می‌شود. توان حمل (T_c)، به عنوان تابعی از تنش برشی با استفاده از معادله ساده شده زیر محاسبه می‌شود:

$$T_c = K_t \tau_f^{3/2} \quad (10)$$

که در آن τ_f تنش هیدرولیکی اعمال شده به خاک (Pa) و K_t ضریب حمل ($\text{m}^{0.5} \text{ s}^2 \text{ kg}^{-0.5}$) است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی گسترش فرسایش شیاری به نیروی برشی آب (قدرت جداسازی آب) و مقاومت خاک در برابر جدا شدن ذرات آن از یکدیگر بستگی دارد. بنابراین فرسایش شیاری هنگامی گسترش خواهد یافت که نیروی برشی آب بیشتر از مقاومت خاک به جدا شدن باشد. گسترش فرسایش شیاری به توان حمل آب و بار رسوب نیز بستگی دارد. بنابراین فرسایش شیاری هنگامی گسترش خواهد یافت که توان حمل آب بیشتر از بار رسوب باشد. باتوجه به مطالب بالا می‌توان گفت که قطرات باران در گسترش فرسایش شیاری تاثیر دارد. البته قطرات باران به طور مستقیم به گسترش فرسایش شیاری کمک نمی‌کنند یعنی قطرات باران هیچ ذره‌ای را در زیر جریان آب در شیارها جدا نمی‌سازند بلکه با افزودن باران به آب جاری از یک سو نیروی برشی و از سوی دیگر توان حمل یا ظرفیت انتقال جریان آب را زیاد می‌کنند (رفاهی، ۱۳۸۵). ناهمواری‌های کوچک ایجاد شده توسط فرسایش شیاری اغلب نامنظم و پیچیده هستند. به همین دلیل بررسی این شیارها خصوصاً در شرایط مزرعه بسیار مشکل است (Shen et al., 2014).

فهرست منابع

- ۱- کریمی، ح.، الکزبان، غ.ح. حق‌نیا، ح. امامی و م. صوفی. ۱۳۹۴. بررسی تغییرات مکانی - زمانی پتانسیل جدایش ذرات خاک در فرسایش شیاری مطالعه موردی؛ زمین‌های دیم زار منطقه دشمن‌زیاری استان فارس. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) ۱۳۳۳ - جلد ۲۹، شماره ۵، آذر - دی ۱۳۹۴، ص. ۱۳۴.
- ۲- رفاهی، ح. ۱۳۸۵. فرسایش آبی و کنترل آن. ن چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۷۲ ص.
- ۳- کردوانی، پ. حفاظت خاک، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.

- 4-Asadi, H., H. Ghadiri, C. W. Rose, B. Yu and J. Hussein. 2007b. An investigation of flow-driven soil erosion processes at low streampowers. J. Hydrol. 342: 134-142.
- 5-Berger, C., Schulze, M., Rieke-Zapp, D., Schlunegger, F., 2010. Rill development and soil erosion: a laboratory study of slope and rainfall intensity. Earth Surf. Process. Landf. 35, 1456-1467.
- 6-Di Stefano, C., Ferro, V., Pampalone, V., Sanzone, F., 2013. Field investigation of rill and ephemeral gully erosion in the Sparacia experimental area, South Italy. Catena 101 : 226-234.
- 7-Foster, G.R. and Meyer, L.D., 1972, b. Transport of soil particles by shallow flow. Trans. ASAE., vol. 15, p.p. 99-102

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

- 8-Foster, G. R., Flanagan, D. C., Nearing M. A., Lane L. J., Risse M. and Finkner, S. C. (1995). Hillslope erosion component. Chapter 11 In: D. C. Flanagan, and M. A. Nearing (eds.), USDA-Water Erosion Prediction Project, Technical Documentation. NSERL. Report No. 10, National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana. 11.1-11.12.
- 9-Govers, G., Gimenez, R. and Van Oost, 2007. Rill erosion: Exploring the relationship between experiments, modelling and field observations. *Earth-Science Reviews*, Vol., p.p. 87–102).
- 10-Huang, C.H., Bradford, J.M., Laflen, J.M., 1996. Evaluation of the detachment–transport coupling concept in the WEPP rill erosion equation. *Soil Science Society of America Journal* 60 (3), 734–739.
- 11-Hugenholtz, C.H., Whitehead, K., Brown, O.W., Barchyn, T.E., Moorman, B.J., LeClair, A., Riddell, K., Hamilton, T., 2013. Geomorphological mapping with a small unmanned aircraft system (sUAS): feature detection and accuracy assessment of a photogrammetrically-derived digital terrain model. *Geomorphology* 194, 16–24.
- 12-Lal, R., 1998. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical Reviews in Plant Sciences* 17 (4), 319–464.
- 13-Lei, T., Zhang, Q., Zhao, J., Tang, Z., 2001. A laboratory study of sediment transport capacity in the dynamic process of rill erosion, *Transactions of the ASAE* 44, 1537–1542.
- 14-Merten, G., Nearing, M., Borges, A. 2001. Effect of sediment load on soil detachment and *Journal*. 65: 861-868.
- 15-Meyer, L. D. and W. H. Wischmeier. 1969. Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. *Trans. ASAE* 12: 754-758, 762
- 16-Morgan, R.P.C., 2005. *Soil Erosion and Conservation*, 3rd edition. Blackwell publishing, Oxford (304 pp.).
- 17-Owoputi, L.O., Stolte, W.J., 1995. Soil detachment in the physically based soil erosion process: a review. *Transactions of the ASAE* 38 (4), 1099–1110.
- 18-Shen, H., Zheng, F., Wen, L., Lu, J. and Jilang, Y., 2014. An experimental study of rill erosion and morphology. *Journal of Geomorphology* 231 (2015) 193–201.
- 19-Shen, H., Zheng, F., Wen, L., L., Jiang, Y., 2015. An experimental study of rill erosion and morphology. *Geomorphology* 231 (2015) 193–201.
- 20-Sun L., Fang H., Qi D., Li J., Cai Q. 2013. A review on rill erosion process and its influencing factors. *Chinese Geographical Science*, 23, 389-402.
- 21-Tarolli, P., Arrowsmith, J.R., Vivoni, E.R., 2009. Understanding earth surface processes from remotely sensed digital terrain models. *Geomorphology* 113, 1–3.
- 22-Vinc.A., Brigante.R., Todisco., Mannocchi.F. and Radicioni.F., 2014. Measuring rill erosion by laser scanning. *Catena* 124 (2015) 97–108.
- 23-Wirtz, S., Seeger, M., Ries, J.B., 2010. The rill experiment as a method to approach a quantification of rill erosion process activity. *Z. Geomorphol.* 54, 47–64.
- 24-Yang, D., Gao, P., Zhao, Y., Zhang, Y., Liu, X., Zhang, Q., 2018. Modeling sediment concentration of rill flow. *Journal of Hydrology* 561 (2018) 286-294.
- 25-Zhang, X.C., Li, Z.B. and Ding, W.F., 2005. Validation of WI-pp sedimentation feedback relationship using spatially distributed rill erosion data. *Soil. Sci. Am. J.*, 69, pp.1440-1447.

Formation and development of rill erosion

Samaneh Aghaei (Samaneh.aghaei@ut.ac.ir)

Graduate of the University of Tehran, PhD student of Zanjan University

Abstract

Rill erosion is one of the important processes of water erosion in sloping lands and pastures and in many parts of the world leads to the loss of large amounts of soil. Many studies show that Rill erosion accounts for about 70-50% of total soil erosion. Examination of the results shows that concentrated rills usually have the largest share in runoff generation and sediment transport. These rills are larger than normal rills and cause sediment to be transported downstream. Rill erosion usually increases with increasing rainfall intensity and slope. In this paper, we intend to investigate rill erosion from formation to expansion, its measurement and modeling methods.

Keywords: Rill length, drained flume, sediment transport mechanisms, sediment concentration

بررسی روند تغییرات مقدار، تعداد و شدت بارش سالانه و فصلی در استان کردستان

آرش رنجبر^۱، نیازعلی ابراهیمی پاک^۲، آرش تافته^۱

۱- استادیار، بخش آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
(Arashranjbar@ut.ac.ir)

۲- دانشیار، بخش آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

به منظور ارزیابی دقیق‌تر پتانسیل هر منطقه جهت توسعه کشت دیم باید تغییرات بلند مدت متغیر بارش، به عنوان یکی از موثرترین پارامترهای اقلیمی مورد بررسی قرار گیرد. هدف از این مطالعه بررسی و تحلیل تغییرات بلندمدت مقدار، تعداد و شدت بارش سالانه و فصلی در استان کردستان است. بدین منظور از داده‌های بارش سی ساله (۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶) چهار ایستگاه سینوپتیک سنندج، بیجار، قروه و سقز استفاده شد. بعد از اینکه، همگنی سری‌های بارش سالانه و فصلی در همه ایستگاه‌ها با استفاده از روش Pettitt مشخص شد، به منظور بررسی روند تغییرات سری‌های زمانی از آزمون ناپارامتریک من-کندال و تخمینگر شیب Sen استفاده شد. نتایج نشان دادند که روند کاهشی مقدار بارش فقط در فصل زمستان از نظر آماری معنی دار بود. با این وجود، نتایج بدست آمده از آماره آزمون Sen حاکی از آن بود که شیب تغییرات مقدار و شدت بارش سالانه مشابه با فصل زمستان کاهشی بود. شیب تغییرات تعداد رخدادهای بارش سالانه در ایستگاه‌های سنندج و قروه افزایشی و در ایستگاه‌های بیجار و سقز کاهشی بود. به جز فصل زمستان، شیب تغییرات تعداد بارش در سه فصل دیگر تقریباً افزایشی بود. بر این اساس، شیب تغییرات شدت بارش به جز ایستگاه بیجار، در سایر ایستگاه‌ها نسبت به مجموع بارش سالانه و فصلی به طور قابل توجهی کاهشی بود. با وجود افزایش نسبی تعداد روزهای بارش در فصل بهار و پاییز، اما به دلیل کاهش شدت بارش، شیب مقدار بارش کاهشی شده است. این نتایج نشان می‌دهند که برای مدیریت کشت دیم، بررسی تغییرات شدت و تعداد بارش‌ها در هر منطقه، در کنار مقدار بارش از اهمیت بالایی برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: روند بارش، کشت دیم، آزمون من-کندال، آزمون تخمینگر شیب Sen

مقدمه

اثر تغییرات اقلیمی بر روی میزان بارش و تبخیر-تعرق می‌تواند منجر به افزایش فراوانی و شدت وقوع خشکسالی‌ها گردد. در نتیجه این پدیده، رژیم سالانه هیدرولوژیکی دستخوش تغییراتی قرار می‌گیرد. مثلاً افزایش دما در زمستان باعث جلو افتادن پدیده ذوب برف و در نتیجه تغییر زمان رواناب بیشینه از بهار به اواخر زمستان و کاهش رواناب در تابستان می‌شود. مراحل فنولوژی گیاه و طول دوره رشد نیز متأثر از این تغییرات قرار خواهد گرفت. نتایج مطالعات متعددی نشان داده است که رخدادهای بارش طی قرن بیستم میلادی دچار تغییرات معنی داری شده اند (راموس، ۲۰۰۱، برن و حاج النور، ۲۰۰۲ و گونگ و همکاران، ۲۰۰۴) و در عرض‌های میانی این تغییرات در مقیاس منطقه‌ای اتفاق افتاده‌اند (ماسمن و همکاران، ۲۰۰۴).

به طور کلی نوسانات عوامل اقلیمی نقش بسیار موثری در تغییرات عملکرد محصولات دیم دارند. بنابراین، شناخت معیارهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد محصول بسیار حائز اهمیت است. میزان اثر گذاری عناصر اقلیمی تابع موقعیت جغرافیایی، ارتفاع، نوع گونه گیاهی، زمان بروز تغییرات، مرحله فنولوژیکی محصول و نحوه و زمان بروز سامانه‌های جوی بر مناطق است که معمولاً در هر سال

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

متفاوت است (قادری و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج مطالعات متعددی نشان داده‌اند که پارامترهای مرتبط با بارش از جمله تاثیرگذارترین پارامترها در عملکرد محصولات دیم در مناطق غربی ایران گزارش شده است (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۱، قادری و همکاران، ۱۳۹۷).

تغییر در مقدار و توزیع فصلی بارش در نواحی دیم کاری اهمیت بسزایی دارد و می‌تواند بر اقتصاد منطقه تأثیر زیادی داشته باشد. علاوه بر این، ابعاد اجتماعی تغییرپذیری باران، به عنوان مهم‌ترین نهاده تولید در اقلیم گرم و خشک ایران، باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین، تعیین الگوی توزیع بارش سالانه و تغییرات زمانی آن در چنین مناطقی بسیار مهم است. طی دو دهه گذشته، مطالعات متعددی در رابطه با بررسی روند تغییرات بارندگی و تعیین الگوی تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران صورت گرفته است (خلیلی و بذرافشان، ۱۳۸۳، علیجانی و همکاران، ۱۳۹۱، معروفی و همکاران، ۱۳۹۰، تهرودی و همکاران، ۱۳۹۵، درگاهیان و لطفی نسب اصل، ۱۳۹۹). در اغلب این مطالعات روند بارش کل سالانه، فصلی و ماهانه در مناطق مختلف کشور بررسی شد. در حالی که مطالعات بسیار اندکی در مورد چگونگی تغییرات تعداد روزهای بارانی، شدت بارش و تأثیر آن بر روند بارش کل سالانه و فصلی صورت گرفته است. برای مثال، کتیرایی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از داده‌های ۳۸ ایستگاه در ایران، روند بارش سالانه، تعداد روزهای بارانی سالانه و فصلی و شدت بارش روزانه در سطح کشور را تحلیل کردند. از نقطه نظر کشاورزی، معمولاً رخدادهای بارش با شدت کوچکتر از ۵ میلی‌متر نقش چندان موثری در تأمین نیاز آبی گیاه ندارند. به همین دلیل، در مطالعات تخمین عملکرد کشت دیم معمولاً رخدادهای بارشی که کمتر از پنج میلی‌متر در روز باشند، به عنوان بارش مؤثر (بارشی که در تأمین بخشی از نیاز آبی گیاه مؤثر است) مد نظر قرار نمی‌گیرد (Goswami et al., 2006; Sohoulane et al., 2019). با این وجود، بسیاری از رخدادهای بارش را نمی‌توان با قطعیت برای کشت دیم مفید به شمار آورد. البته مفید یا غیر مفید بودن مقدار بارش برای کشت دیم، بجز شدت و تعداد بارش، به پارامترهای دیگری نظیر، نوع گیاه، مرحله رشد، اقلیم منطقه، شدت تبخیر در زمان وقوع و ... بستگی دارد.

با توجه به اینکه متغیرهای اقلیمی مؤثر در نوسانات عملکرد محصول برای هر منطقه متفاوت است لذا به منظور ارزیابی توان هیدرولوژیکی هر منطقه جهت توسعه کشت دیم، باید مطالعات منطقه‌ای صورت پذیرد (هادی و همکاران، ۱۴۰۰). با توجه به موارد اشاره شده، هدف از مطالعه حاضر بررسی روند بارش کل (سالانه و فصلی)، روند تغییرات روزهای بارانی (سالانه و فصلی) و سهم آن در روند بارش، سهم روند میانگین بارش روزانه در بارش کل و بالاخره روند بارش با شدت‌های متفاوت در استان کردستان، به عنوان یکی از مناطق مهم کشت گندم دیم، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

لازمه بررسی منطقه‌ای روند بلندمدت بارش، به کار بردن داده‌های بیشترین تعداد ایستگاه‌ها با طولانی‌ترین آمار بارش روزانه است. اما تغییرات این دو عامل در جهت عکس یکدیگر عمل می‌کنند، به این ترتیب که هر چه طول دوره آماری بلندتر باشد، تعداد ایستگاه‌های مورد نظر کمتر و هر چه تعداد ایستگاه‌ها بیشتر شود دوره آماری مناسب برای بررسی کوتاه تر می‌شود. تحقیق حاضر با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب در استان کردستان شامل سنندج، قروه و سقز و بیجار انجام گرفت. دلیل انتخاب ایستگاه‌ها، وجود داده‌های پیوسته و بلندمدت (حداقل ۳۰ ساله) بود. داده‌های هواشناسی مورد استفاده برای انجام پژوهش شامل بارش روزانه در بازه زمانی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ (۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸ میلادی) بود و مقادیر آن‌ها از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب توسعه داده شده است، اخذ شد. سری‌های بارش کل سالانه و فصلی ایستگاه‌های مورد بررسی، محاسبه شد و همگنی آنها با استفاده از روش Pettitt (۱۹۷۹) مورد آزمون قرار گرفت و برای این منظور نرم افزار XLSTAT به کار گرفته شد.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

مؤلفه های بارش

برای هر ایستگاه، ابتدا سری بارش کل و تعداد روزهای بارانی سالانه و فصلی تهیه شد. تغییر مقدار کل بارش ممکن است مربوط به تغییر در بسامد روزهای بارانی یا تغییر در شدت بارش) در این بررسی منظور از شدت بارش، مقدار بارش روزانه است (یا ترکیبی از این دو باشد. در اینجا سهم هریک از این دو) تغییر تعداد روزهای بارانی و تغییر شدت بارش (در روند بارش کل مشخص شد. اگر P_e متوسط مقدار بارش روزانه و b_f روند بسامد تعداد روزهای بارانی باشد،

تغییر در بارش ناشی از روند بسامد تعداد روزهای بارانی b_e برابر است با:

$$b_e = \bar{P}_e \cdot b_f \quad (1)$$

که در آن b_f مثلاً برحسب روز در سال و P_e برحسب میلی متر در روز و b_e برحسب میلی متر در سال است. اگر روندهای شدت بارش و تعداد روزهای بارانی همسو باشند، ممکن است باعث روند افزایشی یا کاهش بزرگی در بارش کل شوند. ولی اگر این دو کمیت تغییراتی مخالف یکدیگر داشته باشند روند بارش کل ممکن است بسیار جزئی یا صفر باشد. برای محاسبه روند ناشی از تغییر شدت بارندگی از رابطه زیر استفاده شده است (Karl and Knight, 1998):

$$b_i = b - b_e \quad (2)$$

روند b_i روند بارش کل سالانه یا فصلی و b که در آن ناشی از تغییر شدت بارش در رویداد بارندگی است.

آزمون های روندیابی

برای تعیین وجود روند در هر یک از سری های بارش کل، تعداد روزهای بارانی، و بارشهای روزانه با شدت های گوناگون در هر ایستگاه و برای هر فصل و سال، از آزمون ناپارامتریک من-کندال و برای تعیین اندازه شیب روند از آزمون ناپارامتریک تخمینگر شیب Sen (۱۹۸۶) استفاده شد. آزمون های ناپارامتری به دلیل اینکه در آنها توزیع احتمال سنجه آزمون به شکل توزیع دیده بانی ها بستگی ندارد، عمومیت زیادی دارند. زیرا تحت تأثیر مقادیر غیر معمول و دور افتاده در داده ها قرار نمی گیرند و در نتیجه نسبت به خطاهای احتمالی در داده ها، مقاوم هستند (لانزنت، ۱۹۹۶).

آماره Z از آزمون من-کندال بدست می آید و در آزمون دو طرفه روند، اگر قدر مطلق آن در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب کوچکتر از ۱/۹۶ و ۲/۵۷۵ باشد باید فرضیه H_0 (قبول تصادفی بودن سری داده ها) را پذیرفت و در غیر این صورت باید فرضیه H_1 (وجود روند در داده ها) را قبول کرد. جهت برآورد نمودار شیب واقعی روند در سری زمانی بارش از روش ناپارامتریک Sen استفاده شد. در این روش شیب خط با استفاده از معادله زیر تعریف می شود:

$$f(t) = Qt + B \quad (3)$$

در این رابطه، Q شیب خط روند و B مقدار ثابت عرض از مبدا می باشد (ویوکاناندان، ۲۰۰۷).

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

بحث نتایج

نتایج نشان داد که سری‌های بارش کل سالانه و فصلی مورد استفاده در این مطالعه در هر چهار ایستگاه همگن بودند. در جداول ۱ تا ۷ مقدار روند تغییرات بارش کل b ، مقدار روند تغییر تعداد روزهای بارانی be و روند تغییر شدت بارش روزانه bi ، برحسب درصدی از میانگین بارش کل سالانه و فصلی در طول دوره آماری برای چهار ایستگاه مورد بررسی، ارائه شده است. نتایج حاکی از آن بود که بارش کل سالانه در چهار ایستگاه مورد بررسی طی سال‌های مورد مطالعه هیچ روند معنی داری در سطح ۰.۹۹٪ و ۰.۹۵٪ نداشت (جدول ۱). علیرغم عدم وجود روند، آماره‌های آزمون Sen در سطوح اطمینان مورد بررسی نشان دادند که به طور متوسط بارش کل سالانه در ایستگاه‌ها از ۱/۴۶ تا ۳/۲۷ میلیمتر در سال کاهش داشته است (جدول ۲). مطالعات قبلی در طول بازه سال‌های متفاوت با این مطالعه روند کاهشی بارش سالانه در منطقه غرب کشور را گزارش داده بودند (تهرودی و همکاران، ۱۳۹۵، علیجانی و همکاران، ۱۳۹۱، معروفی و همکاران، ۱۳۹۰). علاوه بر این، تعداد روزهای بارانی در طول سال در چهار ایستگاه مورد بررسی طی سال‌های مورد مطالعه هیچ روند معنی داری در سطح ۰.۹۹٪ و ۰.۹۵٪ نداشت. با این وجود، شیب خط بدست آمده از آزمون Sen حاکی از افزایش تعداد روزهای بارانی با شیب یک و ۰/۵ روز در سال به ترتیب در ایستگاه‌های سنندج و قروه و کاهش آن با شیب ۰/۳۵ و ۰/۱۸ روز در سال به ترتیب در ایستگاه‌های بیجار و سقز است (جدول ۳). آماره‌های آزمون من-کندال و Sen ($Qmed$ و $Bmed$)، شیب خط و عرض از مبدا میانه، $Qmax$ و $Bmax$ ، شیب خط و عرض از مبدا بیشینه و $Qmin$ و $Bmin$ ، شیب خط و عرض از مبدا کمینه) در سطوح اطمینان مورد بررسی در جداول ۲ و ۳ به ترتیب برای مقدار و تعداد بارش اتفاق افتاده در هر سال ارائه شده است. به دلیل محدودیت حجم مقاله از ارائه جداول آماره‌های آزمون من-کندال و Sen برای مقدار و تعداد بارش هر فصل اجتناب شده است.

با بررسی شیب تغییر بارش کل و تعداد روزهای بارانی مشخص است که در همه ایستگاه‌ها شدت بارش کاهش یافته است. برای مثال در ایستگاه سنندج و قروه با اینکه شیب تعداد روزهایی که بارش در آن اتفاق افتاده افزایشی بوده، اما از آنجایی که شدت بارش کاهش زیادی داشته است باعث شده که مقدار بارش کل در نهایت کاهشی باشد. از طرف دیگر، ایستگاه‌های بیجار و سقز هم با کاهش تعداد روزهای بارانی همراه بودند و هم شدت بارش در آن‌ها کاهشی بوده است. در کلیه ایستگاه‌ها علامت ضریب من-کندال (Z) و علامت شیب خط برازش شده بر داده‌ها (Q) یکسان بودند که حاکی از این است هر دو روش روند کاهشی یا افزایشی را همسو با هم برآورد کرده‌اند. در این ایستگاه‌ها بارش کل دارای شیب کاهشی است ولی چون شیب تعداد روزهای بارانی افزایشی بوده است، بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که شدت بارش روزانه شیب کاهشی با قدر مطلق بزرگ تر از بارش کل را نشان می‌دهد.

جدول ۱- روند بارش سالانه برحسب درصدی از میانگین بارش طی دوره مورد مطالعه

ایستگاه	روند بارش کل (b)	روند تغییر تعداد بارش (be)	روند تغییر شدت بارش (bi)
سنندج	-۲۰/۵۳	۳/۵۸	-۲۴/۱۱
بیجار	-۱۳/۲۹	-۱۱/۵۶	-۱/۷۳
قروه	-۱۵/۲۷	۱۷/۶۱	-۳۲/۸۸
سقز	-۲۲/۶۷	-۶/۴۹	-۱۶/۱۸

نتایج مطالعه کتیرایی و همکاران (۱۳۸۶) نیز نشان می‌دهد که روند بارش کل در ایستگاه سنندج برای سال‌های ۱۳۳۹ تا ۱۳۸۰ کاهشی بوده است. همچنین روند تعداد روزهای بارندگی طی سال‌های مطالعاتی مذکور کاهشی بوده است. به عبارت دیگر می‌توان اینگونه تحلیل کرد علی‌رغم اینکه طی دو دهه اخیر تعداد روزهای بارش در ایستگاه سنندج افزایش داشته است، اما به دلیل کاهش

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

شدت بارش در این ایستگاه، شیب کلی بارش کاهشی بوده است. این کاهش شدت بارش‌ها می‌تواند دلیل اصلی کاهش میانگین بارش در اغلب نقاط کشور باشد. چنانچه مقدرا بارش کمتر از ۵ میلی‌متر در هر رخداد باشد سهم بالایی از بارش صرف تبخیر از لایه سطحی خاک شده و عملاً نمی‌توان از آن به عنوان بارش موثر در کشت دیم نام برد. علیجانی و همکاران (۱۳۹۱) نیز نشان دادند که روند بارش سالانه در ایستگاه‌های سنندج و سقز طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۷ کاهشی بوده است.

جدول ۲- آماره‌های آزمون من-کندال و سن در تحلیل روند بارش سالانه در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد

Z	Bmax (mm)	Bmin (mm)	Bmed (mm)	Qmax (mm)	Qmin (mm)	Qmed (mm)	سطح اطمینان	ایستگاه
-1.00	328.208	502.81	395.91	1.944	-7.937	-2.572	%۹۵	سنندج
	312.07	540.687		2.963	-9.452		%۹۹	
-0.64	301.64	417.84	351.5	2.21	-4.97	-1.46	%۹۵	بیجار
	257.96	435.18		4.34	-6.12		%۹۹	
-1.28	301.848	412.62	339.85	1.377	-5.053	-1.679	%۹۵	قروه
	296.22	430.763		2.098	-5.856		%۹۹	
-1.39	381.10	579.12	467.58	1.26	-9.15	-3.27	%۹۵	سقز
	349.67	609.61		3.17	-11.27		%۹۹	

جدول ۳- آماره‌های آزمون من-کندال و سن در تحلیل روند تعداد بارش سالانه در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد

Z	Bmax (day)	Bmin (day)	Bmed (day)	Qmax (day)	Qmin (day)	Qmed (day)	سطح اطمینان	ایستگاه
0.66	68.7515	91.606	85.35	0.940	-0.292	0.100	%۹۵	سنندج
	66.1138	93.25		1.089	-0.500		%۹۹	
-1.00	86	105.73	97.118	0.333	-0.907	-0.353	%۹۵	بیجار
	84.4954	109.644		0.591	-1.150		%۹۹	
1.49	65.8571	87.602	76.75	1.143	-0.082	0.500	%۹۵	قروه
	63.8163	88.6357		1.273	-0.356		%۹۹	
-0.63	78.5669	96.529	89.182	0.358	-0.588	-0.182	%۹۵	سقز
	76.1712	97.2184		78.5669	96.529		%۹۹	

جدول ۴، نتایج بررسی روند تغییرات بارش سالانه، تعداد بارش و شدت آن در فصل بهار را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص شده است، در هیچ یک از ایستگاه‌های مورد بررسی، روند تغییرات در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد معنی دار نیست. با بررسی نتایج بدست آمده از آماره‌های آزمون Sen در سطوح اطمینان مورد بررسی در همه ایستگاه‌ها مشخص شد که شیب کلی تغییر بارش مجموع بهاری کاهشی بوده است. این کاهش در طی ۳۰ سال مورد بررسی در سقز و بیجار بسیار بیشتر از سنندج و قروه بوده است. این عامل می‌تواند تهدید جدی برای کاهش عملکرد گندم دیم در این مناطق باشد. نکته مهم دیگری که در جدول ۴ نشان داده

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

شده است اینست که در سقز علت اصلی کاهش بارش بهاری، کاهش شدت بارش در طول سال‌های مورد بررسی می‌باشد. به طور کلی عامل اصلی کاهش مقدرا بارش بهاری در مناطق مورد مطالعه، کاهش شدت بارش در این فصل است.

جدول ۴- روند بارش بهاری برحسب درصدی از میانگین بارش طی دوره مورد مطالعه

ایستگاه	روند بارش فصل (b)	روند تعداد بارش فصل (be)	روند تغییر شدت بارش فصل (bi)
سنندج	-۲/۵۳	۱۹/۴۶	-۲۱/۹۹
بیجار	-۳۰/۰۱	-۷/۹۵	-۲۲/۰۶
قروه	-۵/۱۵	۱۸/۹۹	-۲۴/۱۴
سقز	-۴۷/۶۴	.	-۴۷/۶۴

جدول ۵، نتایج بررسی روند تغییرات بارش سالانه، تعداد بارش و شدت آن در فصل تابستان را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص شده است، در هیچ یک از ایستگاه‌های مورد بررسی، روند تغییرات در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد معنی دار نیست. اما روند افزایش تعداد بارش در ایستگاه سنندج در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار است. علاوه بر این کاهش شدت بارش در همه ایستگاه‌ها به خصوص سنندج نیز وجود دارد. به عبارت دیگر رخدادهای بارش به سمت بارش‌های ناچیز و با شدت بسیار کم اما تعداد بیشتر تغییر کرده است. ایستگاه سقز در فصل تابستان همانند فصل بهار کاهش چشمگیر در شدت بارش‌ها را داشته است. در حالت کلی میانگین بارش در فصل تابستان برای منطقه مورد مطالعه بسیار ناچیز می‌باشد (کمتر از ۲۰ میلی‌متر) و سهم کمی در بارش کل دارد و همین عامل باعث می‌شود تغییرات بارش در این فصل تاثیری روی میزان عملکرد نداشته باشد و فقط از جنبه مطالعات تغییر اقلیمی مهم باشد.

جدول ۵- روند بارش تابستانه برحسب درصدی از میانگین بارش طی دوره مورد مطالعه

ایستگاه	روند بارش فصل (b)	روند تعداد بارش فصل (be)	روند تغییر شدت بارش فصل (bi)
سنندج	۱	* ۹۵/۷۴	-۹۴/۷۴
بیجار	-۱/۵۴	.	-۱/۵۴
قروه	-۰/۳۱	۶۰/۴۸	-۶۰/۷۹
سقز	-۳۵/۱۷	.	-۳۵/۱۷

*- در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار است. **- در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار است.

در جدول ۶، نتایج بررسی روند تغییرات بارش سالانه، تعداد بارش و شدت آن در فصل پاییز نشان داده شده است. مجدداً در این فصل نیز روند تغییرات در سطح اطمینان ۹۹ و ۹۵ درصد، در هیچ یک از ایستگاه‌ها معنی دار نیست. با بررسی بدست آمده از آماره آزمون Sen در همه ایستگاه‌ها مشخص شد که شیب کلی مقدار بارش پاییزی برعکس دو فصل بهار و تابستان، افزایشی بوده است. این افزایش در طی ۳۰ سال مورد بررسی در بیجار بسیار بیشتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. این عامل می‌تواند نقطه قوت کشت پاییزه گندم در این منطقه به شمار رود. عامل اصلی افزایش مقدار بارش پاییزه، شیب مثبت تعداد بارش‌ها در این فصل است. به عبارت دیگر به جز بیجار که افزایش توامان شدت و تعداد بارش‌ها باعث افزایش مقدار بارش پاییزی شده است، در سه ایستگاه دیگر تعداد بارش‌ها افزایش داشته و در مقابل، شدت آن‌ها کاهش یافته است.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

جدول ۶- روند بارش پاییزه برحسب درصدی از میانگین بارش طی دوره مورد مطالعه

ایستگاه	روند بارش فصل (b)	روند تعداد بارش فصل (be)	روند تغییر شدت بارش فصل (bi)
سنندج	۱۴/۹۶	۲۰/۸۳	-۵/۸۸
بیجار	۳۴/۴۱	۱۵/۹۸	۱۸/۴۳
قروه	۱۵/۷۳	۳۵/۲۴	-۱۹/۵۱
سقز	۱۱/۲۷	۱۵/۴۸	-۴/۲۱

*- در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار است. **- در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار است.

نتایج ارائه شده در جدول ۷ حاکی از این هستند که روند کاهشی تغییرات مجموع بارش زمستانه برای ایستگاه‌های قروه و سقز در سطح اطمینان ۹۵ درصد و برای ایستگاه سقز در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار است. کاهش روند بارش در ایستگاه بیجار از لحاظ آماری معنی دار نبود. تقریباً می‌توان نتیجه گرفت هر دو عامل کاهش روند شدت و تعداد بارش‌ها در فصل زمستان باعث کاهش روند میزان بارش زمستانه در طول دوره مطالعاتی بوده است. درصد افزایشی بارش سالانه به دلیل شیب مثبت شدت بارش در بیجار طی فصل زمستان بسیار ناچیز می‌باشد. می‌توان نتیجه گرفت عامل اصلی کاهش روند بارش سالانه در ایستگاه‌های مورد بررسی کاهش روند بارش زمستانه می‌باشد.

جدول ۷- روند بارش زمستانه برحسب درصدی از میانگین بارش طی دوره مورد مطالعه

ایستگاه	روند بارش فصل (b)	روند تعداد بارش فصل (be)	روند تغییر شدت بارش فصل (bi)
سنندج	۵۲/۶۱ - **	-۱۶/۸۲	-۳۵/۷۸
بیجار	-۲۱/۵۱	-۲۳/۸۳	۲/۳۲
قروه	۴۵/۳۰ - *	.	-۴۵/۳۰
سقز	۴۹/۶۹ - *	-۱۴/۸۷	-۳۴/۸۲

*- در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار است. **- در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار است.

نتایج بدست آمده برای روند و شیب مقدار بارش فصلی در این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط کتیرایی و همکاران (۱۳۸۶) برای همین محدوده مطالعاتی مطابقت دارد. در گزارش آن‌ها آمده است که روند تغییرات بارش کل سالانه و زمستانه همسو است. بررسی جداول ۱ و ۷ در مطالعه حاضر نیز نشان می‌دهد که شیب تغییرات بارش سالانه مشابه روند بارش زمستانه است و به عبارت دیگر روند بارش زمستانه (به عنوان پر بارش‌ترین فصل سال در ایران) تاثیر معنی‌داری روی شیب تغییرات بارش کل سالانه دارد. علیجانی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش دادند که روند بارش زمستانه طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۷ در سنندج کاهشی بوده است و تاثیر مستقیمی در ایجاد روند کاهشی بارش سالانه در این منطقه دارد. به جز فصل زمستان، تقریباً در بقیه فصول تعداد روزهای بارش شیب افزایشی داشته است و در مقابل شدت بارش‌ها کاهش داشته‌اند. این در حالیست که کتیرایی و همکاران (۱۳۸۶) روند کاهشی تعداد روزهای بارش را برای مناطق غربی کشور گزارش کرده بودند. در مطالعه مذکور، روند شدت بارش سالانه و فصلی در اکثر نقاط کشور کاهشی گزارش شده بود.

روند مقدار و تعداد بارش سالانه و فصلی در طول دوره آماری ۳۰ ساله (از ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶) مورد بررسی در این مطالعه، بجز در فصل زمستان، از نظر آماری معنی دار نبود. در حالی که نتایج آزمون ناپارامتریک تخمینگر شیب Sen حاکی از کاهش نسبی مقدار بارش

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

سالانه و شدت آن در ایستگاه‌های مورد بررسی بود. مطالعاتی که برای سری‌های زمانی قدیمی‌تر انجام شده بودند، روند کاهش مقدار بارش در مناطق غرب کشور را نیز گزارش کرده‌اند. نکته مهمی که در نتایج به آن اشاره شد این است که طی دوره آماری بررسی شده، شیب شدت بارش در کل سال و به خصوص در فصل بهار و پاییز کاهش داشته است. در برخی ایستگاه‌ها مثل سنندج و قروه تعداد رخدادهای بارش‌ها در کل سال و فصل بهار افزایش داشته است اما چون شدت این بارش‌ها کم بوده‌اند، در نهایت شیب مقدار بارش کل در طول دوره آماری کاهش یافته است. بارش‌های با شدت کم، فرصت کافی برای نفوذ به داخل خاک و قرار گرفتن در محیط اطراف ریشه گیاه را نخواند داشت و خیلی زودتر از آنکه به آب قابل استفاده برای گیاه تبدیل شوند، از سطح خاک تبخیر شده و فقط تا حدی می‌توانند موجب تعدیل موقت دمای هوای منطقه گردند. بنابراین، آگاهی از این تغییرات برای مناطقی که کشت دیم در آنجا صورت می‌گیرد بسیار مهم است. گاهی ممکن است علیرغم اینکه در مقدار بارش سالانه کاهش معنی‌داری مشاهده نگردد اما در زمان در برداشت محصول، کاهش عملکرد چشمگیری رخ دهد. دلیل آن می‌تواند کاهش بیش از حد شدت بارش در این مناطق باشد. این در حالی است که در کشت دیم معمولاً رخدادهای بارشی کمتر از پنج میلیمتر در روز به عنوان بارش مؤثر و قابل استفاده برای گیاه، مد نظر قرار نمی‌گیرد و به عنوان یک آستانه برای شدت بارش مؤثر روزانه کورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی روند تغییر شدت رخدادهای بارشی مشخص (برای مثال کمتر از ۵ میلیمتر در روز، بین ۵ تا ۲۰ میلیمتر در روز و بالای ۲۰ میلیمتر در روز) مورد بررسی قرار گیرد. نتایج بدست آمده از این چنین مطالعاتی می‌تواند در مدیریت کشت دیم و منابع آب سبز از اهمیت بالایی برخوردار باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، روند مقدار، تعداد و شدت بارش سالانه و فصلی برای چهار ایستگاه سنندج، بیجار، قروه و سقز بررسی شد. برای این منظور از داده‌های پیوسته و بلندمدت (۳۰ ساله) ایستگاه‌های سینوپتیک مناطق مذکور استفاده شد. بعد از بررسی همگنی داده‌ها، روند یابی با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال و برای تعیین اندازه شیب روند از آزمون ناپارامتریک تخمینگر شیب Sen استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان دادند که به طور متوسط بارش کل سالانه و شدت آن در هر چهار ایستگاه شیب کاهش داشته است و مشابه همین تغییرات در فصل زمستان نیز رخ داده است. شیب تغییرات تعداد رخدادهای بارش سالانه در ایستگاه‌های سنندج و قروه افزایشی و در ایستگاه‌های بیجار و سقز کاهش یافته بود. به جز فصل زمستان، شیب تغییرات تعداد بارش در سه فصل دیگر تقریباً افزایشی بود. بر این اساس، شیب تغییرات شدت بارش به جز ایستگاه بیجار، در سایر ایستگاه‌ها نسبت به مجموع بارش سالانه و فصلی قابل توجه بود. به عبارت دیگر، با وجود افزایش نسبی تعداد روزهای بارش در فصل بهار و پاییز، اما به دلیل کاهش شدت بارش، شیب کلی بارش کاهش یافته است. چنانچه این تغییرات به سمت افزایش رخدادهای بارش با شدت کمتر از ۵ میلیمتر باشد، عملاً نمی‌تواند نیاز آبی کشت دیم را به طور کامل تامین کند و علیرغم اینکه در آمار بارش ممکن است کاهش معنی‌داری اتفاق نیافتاده باشد اما در زمان برداشت محصول، کاهش عملکرد چشمگیری رخ دهد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد به منظور مدیریت بهتر آب سبز در کشت دیم، علاوه بر بررسی روند مقدار بارش سالانه، تغییرات شدت و فراوانی بارش سالانه و فصلی نیز مورد توجه قرار گیرد.

منابع:

#خلیلی، ع. و بذرافشان ج.، (۱۳۸۳)، تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه، قدیمی ایران در ۱۱۶ سال گذشته، بیابان، (۱)۹، ۲۳-۲۵.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

- #درگاهیان، ف، لطفی نسب اصل، س. (۱۳۹۹). تغییرات زمانی و مکانی و روند بارش در حوزه‌های آبخیز منتهی به کانون‌های گرد و غبار استان خوزستان. طبیعت ایران، ۵، (۳)، ۶۷-۵۹.
- #سبزی پرور ع. ا.، م. ترکمان و ز. مریانجی، ۱۳۹۱، بررسی تاثیر شاخصها و متغیرهای هواشناسی کشاورزی در عملکرد بهینه گندم (مطالعه موردی استان همدان)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع). ۲۶(۶). ۱۵۶۷-۱۵۵۴.
- #قادری، ن.، و علیجانی، ب.، و حجازی زاده، ز.، و سلیقه، م. (۱۳۹۷). مدل فضایی تولید گندم دیم استان کردستان با ریز پهنه بندی اقلیم کشاورزی. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، ۱۸(۴۸)، ۱-۱۹.
- #کتیرایی، پری سیما، حجام، سهراب، نژاد، پرویز ایران. (۱۳۸۶). سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱. مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۳(۱)، ۶۷-۸۳.
- #علیجانی، ب.، و محمودی، پ.، و چوگان، ع. (۱۳۹۱). بررسی روند تغییرات بارش های سالانه و فصلی ایران با استفاده از روش ناپارامتریک «برآورد کننده شیب سنس». پژوهش های اقلیم شناسی، ۳(۹)، ۲۳-۴۲.
- #معروفی، ص.، و طبری، ح.، و آیینی، ع.، و معروفی، ح. (۱۳۹۰). بررسی روند تغییرات زمانی و خصوصیات مکانی بارش و خشک سالی هواشناسی، در غرب کشور طی چند دهه اخیر. علوم و مهندسی آب، ۱(۳)، ۵۵-۷۲.
- #ناظری تهرودی، م.، خلیلی، ک.، احمدی، ف. (۱۳۹۵). تحلیل روند تغییرات ایستگاهی و منطقه ای بارش نیم قرن اخیر کشور ایران. آب و خاک (۲)، ۳۰، ۶۵۴-۶۴۳.
- #هادی، م.، جلیلی، س.، مونس خواه، و.، مجنون هریس، ا. (۱۴۰۰). برآورد توابع عملکرد گندم دیم با استفاده از پارامترهای اقلیمی و کاربرد روش های رگرسیونی چند متغیره. تحقیقات آب و خاک ایران (۲)، ۵۲، ۵۰۶-۴۹۷.
- #Burn, D. H., and Haj Alnur, M. A., 2002, Detection of hydrologic trends and variability, J. Hydrol., 255, 107-122.
- #Gong, D. Y., Shi, P. J., and Wang, J. A., 2004, Daily precipitation changes in the semi-arid region over northern China, J. Arid Environ., 59, 771-784.
- #Goswami, B.N., Venugopal, V., Sengupta, D., Madhusoodanan, M.S., Xavier, P.K., 2006. Increasing trend of extreme rain events over India in a warming environment. Science 314 (5804), 1442-1445.
- #Karl, T.R. and Knight, R.W., 1998. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States. Bulletin of the American Meteorological society, 79(2), pp.231-242.
- #Lanzante, J. R., 1996, Resistant, robust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: theory and examples including applications to historical radiosond station data, Int. J. Climatol., 16, 1197-1226.
- #Masman, V., Castro, A., Fraile, R., Dessens, J. D., Sanchez, J. L., 2004, Detection of statistically significant trends in the summer precipitation of main land Spain, Atmos. Res., 70, 43-53.
- #Ramos, M. C., 2001, Raifall distribution patterns and their change over time in a Mediterranean area, Theo. Appl. Climatol., 69, 163-170.
- #Pettit, A.N. 1979. A non-parametric approach to the change-point detection. Applied Statistics, 28(2): 126-135.
- #Sohoulande, C.D., Stone, K., Szogi, A. and Bauer, P., 2019. An investigation of seasonal precipitation patterns for rainfed agriculture in the Southeastern region of the United States. Agricultural Water Management, 223, p.105728.
- #Vivekanandan, N. (2007), Analysis of Trend in Rainfall Using Non Parametric Statistical Methods, international symposium on rainfall rate and radio wave propagation, American institute of physics. P101-113.

بررسی تأثیر سیلاب بر تغییرات بافت خاک در یک مزرعه نیشکر در کشت و صنعت حکیم

فارابی

نعمت‌الله زکوی^۱، اکبر کریمی^{۱*}، علی شینی دشتگل^۱

۱- گروه به‌زراعی، مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان، اهواز، ایران

*نویسنده مسئول: akbar.karimi84@yahoo.com

چکیده

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی سبب به‌وجود آمدن حوادثی مانند سیلاب می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر سیلاب بر تغییرات توزیع اندازه ذرات و بافت خاک در یک مزرعه نیشکر واقع در کشت و صنعت حکیم فارابی بود. در این مطالعه، تغییرات درصد شن، سیلت و رس و کلاس بافت خاک، در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری، قبل و بعد از وقوع سیلاب بررسی شد. آنالیز آماری و مقایسه میانگین داده‌های این پژوهش با استفاده از آزمون t انجام شد. نتایج نشان داد که وقوع سیلاب در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری، سبب کاهش درصد شن (به ترتیب ۲/۷۰ و ۱/۶۵ درصد) خاک شد. در حالی که درصد سیلت (۰/۷ و ۰/۰۵ درصد) و رس (۲/۰ و ۱/۶ درصد) خاک را افزایش داد. با این حال این تغییرات در هر دو عمق از نظر آماری معنی‌دار نبود. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که سیلاب اثر چشم‌گیری بر تغییرات توزیع اندازه ذرات خاک و کلاس بافت خاک در مزرعه مورد مطالعه نداشت که این می‌تواند به دلیل کم بودن رسوبات معلق حمل شده توسط سیلاب باشد. با این حال به دلیل اهمیت توزیع اندازه ذرات خاک در ویژگی‌ها و فرآیندهای خاک، لازم است پایش این تغییرات در اثر سیلاب مورد توجه قرار گیرد.

واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی، توزیع اندازه ذرات، سیلاب

مقدمه

تغییر اقلیم سبب برهم خوردن دوره‌های خشکی و تغییر بارندگی‌های فصلی شده و سبب شده طی ۵۰ سال اخیر خشکی و وقوع سیلاب‌ها در مناطق مختلف کشاورزی جهان افزایش یابد (Bailey-Serres et al., 2012; Aderonmu et al., 2020; Rostami et al., 2015). سیلاب سالانه حدود ۱۷ میلیون کیلومترمربع از اراضی جهان را تحت تأثیر قرار داده، آسیب جدی به گیاهان وارد کرده و سبب کاهش تولیدات کشاورزی می‌شود (Voesenek and Sasidharan, 2013). ویژگی‌های اقلیمی بخش زیادی از پهنه جغرافیایی ایران شامل اندک بودن مقدار بارش‌های جوی و توزیع نامناسب و طولانی بودن دوره‌های خشک‌سالی همراه با ویژگی‌های محیطی مانند ساختار زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی، توپوگرافی و ژئومورفولوژی، خاک، پوشش گیاهی و تأثیر عوامل انسانی (مانند تغییر کاربری اراضی و مدیریت نادرست اراضی) سبب شده است که بخش اعظم نزولات جوی به‌صورت سیلاب‌های کوتاه‌مدت ظاهر شوند (خلیلی، ۱۳۹۴).

در شرایط غرقاب شدن خاک، منافذ ریز و درشت خاک از آب پر می‌شوند و اولین پیامد ناشی از شرایط غرقاب، تخلیه اکسیژن می‌باشد. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده که کمبود اکسیژن دلیل اصلی آسیب به گیاه در اثر سیلاب و ایجاد شرایط غرقابی می‌باشد (Herzog et al., 2016; Pederson et al., 2021). شرایط غرقابی به‌وجود آمده در اثر سیلاب افزون بر تحت تأثیر قرار دادن رشد گیاه، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین سیلاب می‌تواند سبب تغییر وضعیت عناصر غذایی خاک و تعادل آنها در خاک شود. اگرچه سیلاب‌های معتدل با جریان آرام گاهی به دلیل رسوبات حمل شده، می‌تواند بر حاصلخیزی خاک تأثیر مثبت نیز داشته باشد، با این حال مشکل اصلی ناشی از آن، ایجاد شرایط غرقابی و بی‌هوایی در خاک بوده که شیمی خاک را تحت تأثیر قرار داده و بر فعالیت میکروبی خاک اثر منفی دارد (Manik et al., 2019). سیلاب می‌تواند سبب تغییر در توزیع اندازه ذرات خاک و کلاس بافت خاک شود. شمس‌المعالی و ذرتی پور (۱۳۸۸) تأثیر عملیات پخش سیلاب را بر تغییرات

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

توزیع اندازه ذرات خاک و بافت خاک سطحی حوزه آبخیز چنداب ورامین را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که رسوبات ریزدانه (سیلت و رس) در اراضی تحت سیلاب در بخش سطحی خاک تمرکز یافتند و به دلیل تمرکز سیلاب در ابتدای منطقه، در انتهای منطقه، مقدار رس در لایه‌های بالایی خاک کم‌تر بود. آگاهی از تغییرات توزیع اندازه ذرات خاک در اثر سیلاب، در مدیریت مزارع نیشکر خوزستان حائز اهمیت می‌باشد. بنابراین با توجه به سیل فروردین سال ۱۳۹۸ و اثرات آن در بخش‌هایی از مزارع کشت و صنعت‌های نیشکر جنوب استان خوزستان، هدف از این پژوهش بررسی پیامدهای سیلاب بر تغییرات بافت خاک در یک مزرعه نیشکر واقع در شرکت کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی خوزستان بود.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش مزرعه S9-21، واقع در شرکت کشت و صنعت نیشکر حکیم فارابی خوزستان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی (30° 59'N, 48° 36'E) در جنوب غربی شهرستان اهواز که در فروردین ماه سال ۱۳۹۸ بر اثر سیلاب، به مدت ۳۰ روز شرایط غرقابی در آن ایجاد شده بود، انتخاب شد (شکل ۱). این کشت و صنعت از نظر فیزیوگرافی، مسطح و نسبتاً کم ارتفاع بوده که حداکثر ارتفاع آن از سطح دریا حدود ۱۲ متر است. موقعیت مکانی مزرعه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه‌برداری خاک مزرعه، قبل از سیلاب انجام شده بود و پس از سیلاب نیز نمونه‌برداری خاک از عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری به صورت مرکب انجام شد. برای کاهش خطا در آزمایش، هر نمونه مرکب از ترکیب ۲۰ نمونه ساده، تهیه شد. آماده‌سازی نمونه‌های مرکب تهیه شده از هر عمق انجام شد و در پایان پنج نمونه مرکب خاک از هر عمق به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های تهیه شده در آزمایشگاه هواخشک شده و پس از عبور از الک ۲ میلی‌متری، برای اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی و غلظت عناصر در خاک آماده شدند. پس از آماده‌سازی نمونه‌های خاک تهیه شده از هر عمق (قبل و بعد از سیلاب)، توزیع اندازه ذرات خاک در نمونه‌ها به روش هیدرومتری و در سه تکرار، اندازه‌گیری شد. پس از تعیین درصد اندازه ذرات خاک، کلاس بافت خاک اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری داده‌های این پژوهش داده‌های قبل از سیلاب و بعد از سیلاب در هر عمق خاک (۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری) با استفاده از آزمون t و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 25 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

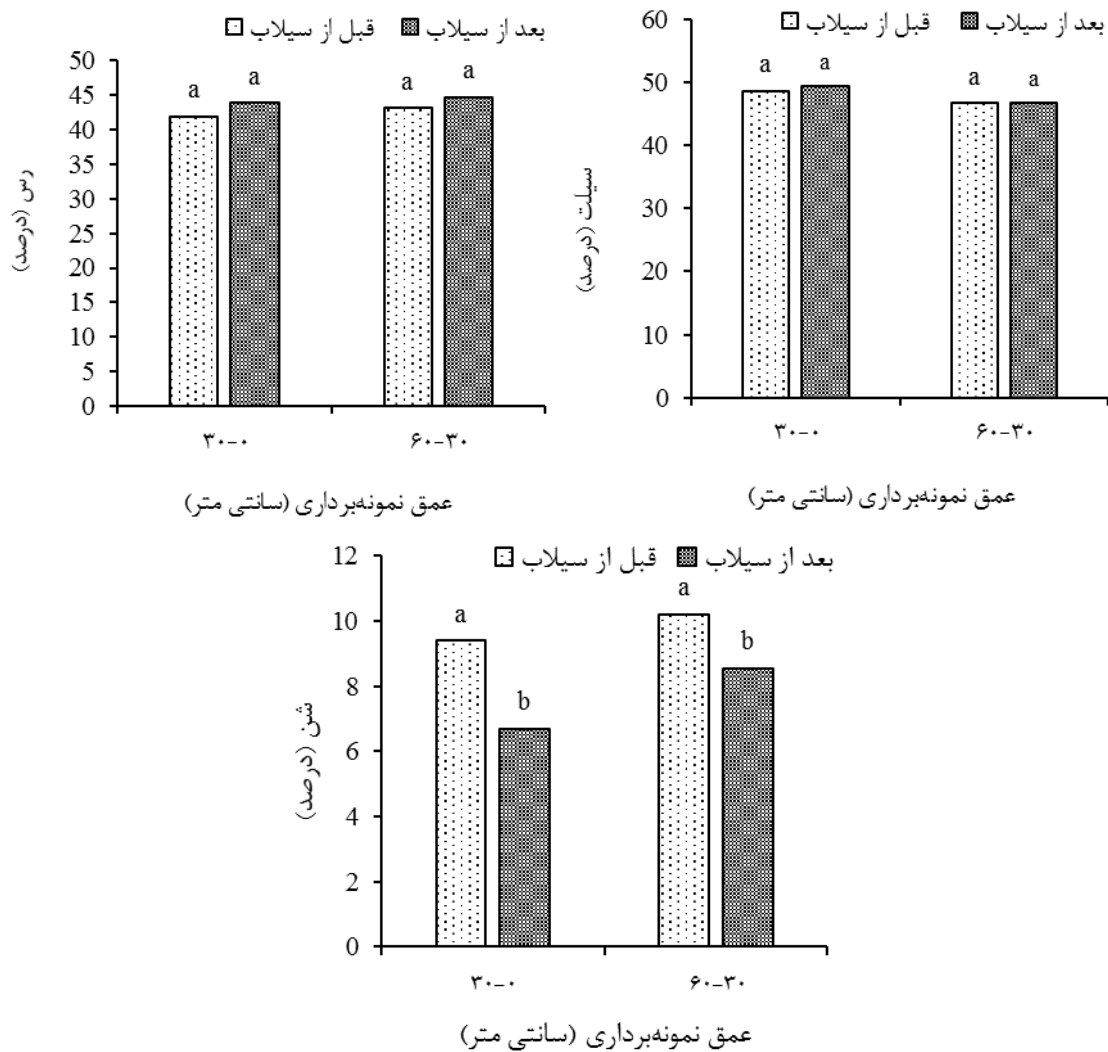
نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که وقوع سیلاب سبب کاهش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری درصد رس (از ۹/۴ به ۶/۷ درصد) و افزایش درصد شن (از ۴۸/۷ به ۴۹/۴ درصد) و سیلت (از ۴۱/۹ به ۴۳/۹ درصد) افزایش یافت، اگرچه این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود. روند تغییرات درصد شن و رس خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری با عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری مشابه بود، اما در درصد سیلت تغییری مشاهده نشد.

جدول ۴-۱- مقایسه آماری اندازه ذرات خاک قبل و بعد از سیلاب با استفاده از آزمون t

اندازه ذرات خاک	عمق	درجه آزادی (df)	t	F
رس	۰ تا ۳۰ سانتی‌متری	۸	-۲/۳۷۱	۰/۰۷۷ ^{NS}
	۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری	۸	-۱/۹۳۶	۰/۰۶۳ ^{NS}
سیلت	۰ تا ۳۰ سانتی‌متری	۸	۰/۷۵۸	۰/۴۹۰ ^{NS}
	۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری	۸	-۰/۰۸۸	۰/۹۳۴ ^{NS}
شن	۰ تا ۳۰ سانتی‌متری	۸	۲/۳۲۰	۰/۰۸۱ ^{NS}
	۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری	۸	۳/۵۴۸	۰/۰۷۳ ^{NS}

^{NS}: غیرمعنی‌دار

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



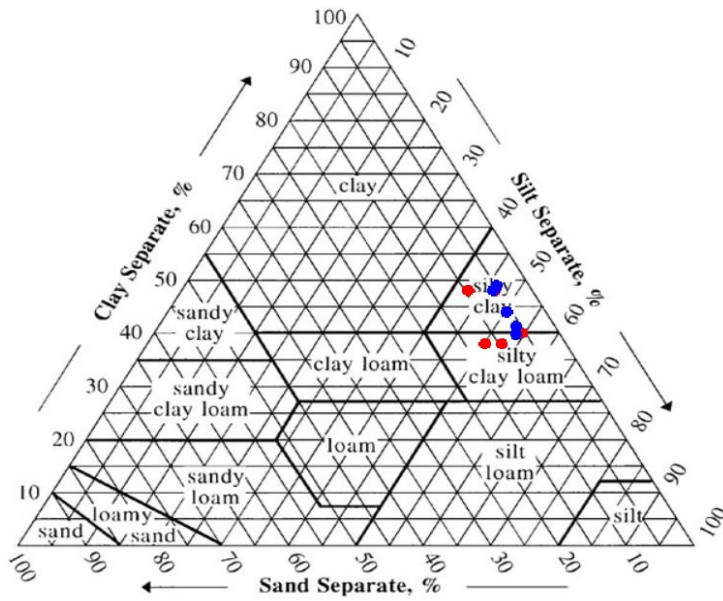
شکل ۱- مقایسه میانگین اندازه ذرات خاک قبل و بعد از سیلاب با استفاده از آزمون t

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر عمق، اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) ندارند.

افزایش اندک درصد رس و سیلت در اثر سیلاب در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری می‌تواند به دلیل رسوبگذاری ذرات معلق رس و سیلت همراه با آب باشد. نتایج پژوهش‌های پیشین نیز نشان داده که در اثر سیلاب، درصد ذرات رس و سیلت افزایش یافته و درصد ذرات شن کاهش می‌یابد. برای مثال سلیمانی و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی اثر سیلاب بر برخی ویژگی‌های خاک در دشت موسیان ایلام گزارش کردند در اثر سیلاب درصد ذرات شن و سیلت خاک کاهش یافت، در حالی که درصد ذرات رس افزایش یافت. به‌طور مشابه آقایی افشار و بهشتی‌راد (۱۳۹۷) با بررسی اثر سیلاب بر ویژگی‌های خاک در هشتبندی میناب (استان هرمزگان) گزارش کردند، به دلیل وجود مواد ریزدانه در سیلاب، درصد رس و سیلت افزایش معنی‌دار و درصد شن کاهش معنی‌داری پیدا کرد. زهتابیان و رحیم زاده (۱۳۸۹) با انجام پژوهشی تأثیر پخش سیلاب بر ویژگی‌های خاک دشت موسیان استان ایلام را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که درصد سیلت، رس، کلسیم، سدیم، درصد اشباع و نسبت جذب سطحی سدیم در عرصه نسبت به شاهد افزایش و نفوذپذیری، درصد مواد خنثی شونده خاک، درصد شن کاهش یافت.

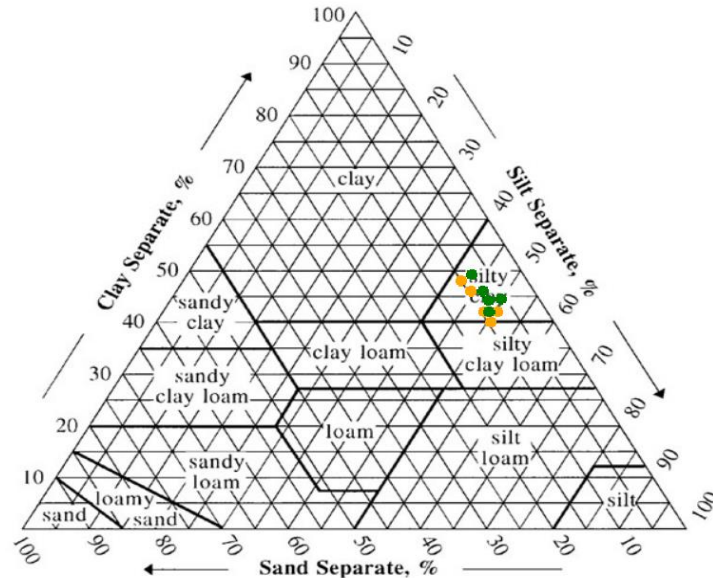
هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

کلاس بافت خاک در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری نشان داده شده است (شکل ۱-۴ و ۲-۴). نتایج نشان داد که بافت خاک مزرعه در هر دو عمق بررسی شده رسی سیلتی و لوم رسی سیلتی بود. پس از سیلاب بافت خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری رسی سیلتی بود (شکل ۱-۴). در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری نیز بافت خاک رسی سیلتی بود (شکل ۲-۴). به‌طور کلی با توجه به این که تغییرات درصد ذرات خاک معنی‌دار نبود (جدول ۲-۴)، به‌همین دلیل تغییر چندانی هم در کلاس بافتی خاک مشاهده نشد.



شکل ۱- کلاس بافت خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری قبل و بعد از سیلاب

نقاط قرمز و آبی رنگ به‌ترتیب نشان دهنده کلاس بافتی خاک قبل و پس از سیلاب می‌باشد.



شکل ۲- کلاس بافت خاک در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری قبل و بعد از سیلاب

نقاط زرد و سبز رنگ به‌ترتیب نشان دهنده کلاس بافتی خاک قبل و پس از سیلاب می‌باشد.

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در اثر سیلاب توزیع اندازه ذرات خاک تغییرات اندکی داشت. در اثر وقوع سیلاب در هر دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری، درصد شن خاک کاهش اندکی داشت، در حالی که درصد رس خاک به‌آرامی افزایش یافت. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد با این حال این تغییرات در هر دو عمق اندک بود و از نظر آماری معنی‌دار نبود. به‌همین دلیل تغییر چندانی هم در کلاس بافتی خاک مشاهده نشد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که سیلاب اثر چشم‌گیری بر تغییرات توزیع اندازه ذرات خاک و کلاس بافت خاک در مزرعه مورد مطالعه نداشت که این می‌تواند به‌دلیل کم بودن رسوبات معلق شده توسط سیلاب باشد.

فهرست منابع

- شمس‌المعالی، ن. ذرتی‌پور، ا. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر عملیات پخش سیلاب بر تغییرپذیری بافت خاک سطحی حوزه آبخیز چنداب ورامین. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱ تا ۹ شهریور، گرگان.
- آقایی افشار، م.، بهشتی‌راد، م. ۱۳۹۳. بررسی اثرات پخش سیلاب در تغییر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (مطالعه موردی: دهندر هشتبندی میناب). فصل‌نامه علمی- پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۴(۴): ۲۶-۱۳.
- زهتابیان، غ. ر. و رحیم‌زاده، ق. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر پخش سیلاب بر نفوذپذیری خاک دشت موسیان استان ایلام. فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۳(۹): ۱-۱۴.
- خلیلی، ع. ۱۳۹۴. بررسی کمی و مدلسازی ریسک آسیب‌های زراعی بارش‌های سیل‌آسا در گستره ایران. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۳(۲): ۲۴-۳۳.
- Aderonmu, A. T. 2015. Assessing the impact of changing climate on agriculture in Missouri and the use of crop insurance as an adaptation strategy (1980–2010). University of Missouri-Kansas City, Kansas City, KS.
- Bailey-Serres, J., Lee, S. C., and Brinton, E. 2012. Waterproofing crops: effective flooding survival strategies. *Plant Physiology*, 160(4), 1698-1709.
- Voesenek, L. and Sasidharan, R. 2013. Ethylene and oxygen signaling—drive plant survival during flooding. *Plant Biology*, 15, 426–435.
- Rostami, N., Sohrabi, T. and Kazemi, Y. 2020. Stability analysis of flood spreading systems in arid regions, Iran. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 1-11.
- Manik, S. M., Pengilley, G., Dean, G., Field, B., Shabala, S. and Zhou, M. (2019). Soil and crop management practices to minimize the impact of waterlogging on crop productivity. *Frontiers in Plant Science*, 10, 140.
- Pedersen, O., Sauter, M., Colmer, T. D. and Nakazono, M. 2021. Regulation of root adaptive anatomical and morphological traits during low soil oxygen. *New Phytologist*, 229(1), 42-49.
- Herzog, M., Striker, G. G., Colmer, T. D., and Pedersen, O. 2016. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat—a review of root and shoot physiology. *Plant, cell and environment*, 39(5), 1068-1086.
- Soleimani, R., Mahdian, M. H., Amali, K. K., Pirani, A., Azami A., and Shasiee, Z. 2007. Effect of flood spreading on variability of soil physical and chemical properties in south western Iran. 13th International Conference Rainwater Cathchment Systems, Sydney.

Investigating the effect of flooding on soil texture in a sugarcane field in Hakim Farabi Agro-industry

Nematallah Zakavi¹, Akbar Karimi^{1*}, Ali Sheini-Dashtgol¹

1. Department of Agronomy, Khuzestan Sugarcane Development and By-products Research and Training Institute, Ahvaz, Iran

* Corresponding Author's Email: akbar.karimi84@yahoo.com

Abstract

Climate change and global warming are cause events such as flooding. The objective of this study was to investigate the effect of flooding on changes in particle size distribution and soil texture in a sugarcane field located in Hakim Farabi Agro-industry. In this study, changes in the percentage of sand, silt and clay and soil texture class were investigated at two depths of 0-30 and 30-60 cm, before and after the flooding. Statistical analysis and mean comparison of the data of this study was carried out by t-test. The results showed that the flooding caused a decrease in the percentage of sand (2.70 and 1.65%, respectively) at both depths of 0-30 and 30-60 cm. While the percentage of silt (0.7 and 0.05%) and clay (0.2 and 1.6%) of the soil increased. However, these variations at both depths were not statistically significant. In general, the results of this study showed that the flooding did not have a significant impact on changes in soil particle size distribution and soil texture class in the study field, which could be due to the lack of suspended sediments carried by the flood. However, due to the importance of soil particle size distribution on soil characteristics and processes, the monitoring of these changes need to be considered.

Keywords: Climate Changes, Particle size distribution, Flooding.

بررسی همبستگی صادرات گندم و آب در دسترس کشاورزی در خشکسالی و ترسالی های در دهه هشتاد

بهروز طباطبایی نژاد^{۱*}، مهدیه سلطانی^۲

۱- شرکت توسعه خدمات مهندسی آب و خاک پارس (b.tabatabaei33@yahoo.com)

۲- دکتری اکولوژی گیاهان زراعی

چکیده: برای بررسی میزان تغییرات صادرات گندم در مقایسه با آب در دسترس کشاورزی در دهه هشتاد شمسی، میزان همبستگی وزن گندم صادراتی و میزان درآمد حاصل از هر واحد صادراتی از سال زراعی ۸۲-۸۳ تا ۸۸-۸۹ با تغییرات مقدار باران موثر در این دوره، مقایسه شد. نتایج بدست آمده نشان داد مقدار صادرات گندم از روند تغییرات بارندگی در سالهای ترسالی و خشکسالی متوالی در این دهه پیروی نکرده و علی‌رغم کاهش باران، این تغییر تاثیر زیادی در مقدار صادرات گندم نداشته است. مقدار همبستگی بین باران موثر و مقدار صادرات گندم و آب مجازی صادر شده، -۰.۵۷ بود که نشان می‌دهد بر خلاف انتظار، با کاهش بارندگی صادرات به همان مقدار کاهش نداشته و در دهه هشتاد روند صادرات آب مجازی از طریق صادرات گندم بدون توجه به مقدار آب در دسترس انجام شده است.

کلمات کلیدی: آب مجازی، باران موثر، صادرات، خشکسالی، ترسالی

مقدمه: طبق آمارهای هواشناسی، میانگین بارندگی در ایران ۲۵۲ میلیمتر در سال است، اما با این حال میانگین تبخیر در ایران ۱۷۹ میلیمتر (یعنی ۷۱ درصد بارندگی کشور) است. پراکنش مکانی و زمانی بارندگی ها نیز در کشور ایران بسیار نامناسب است؛ به گونه ای که ۷۰ درصد بارندگی ها در ۲۵ درصد از مساحت کشور واقع می شود و تنها یک درصد از مساحت کشور از بارندگی بیش از ۱۰۰۰ میلیمتر برخوردار است (تهامی پور و همکاران، ۱۳۹۶). شرایط خاص بارندگی برای کشوری مانند ایران که کشاورزی بخش مهمی از درآمد آن است، نیازمند مدیریت جدی و هدفمند برای افزایش بهره وری کاربرد منابع بخصوص آب است. آب مجازی یکی از شاخص های اندازه گیری میزان بهره وری آب است و آب مجازی کل آبی است که برای تولید یک واحد محصول، کالا یا خدمات مصرف می شود. و با این دیدگاه می توان در ارتباط بین آب، غذا و مبادلات آنها، همه محصولات و خدمات را با معیار مشترک آب مصرفی سنجید (اویسی و همکاران، ۱۳۹۶).

مبادلات آب مجازی رویکرد و توجه ویژه به ابعاد پنهان تجارت کالاهای آب بر است که در اثر حساس شدن مدیران منابع آب نسبت به تجارت کالاهای آب بر به وجود آمده و بر افزایش بهره وری و کارایی استفاده از آب به عنوان یکی از نهاد ه های مهم تولید تاکید دارد (سهرابی، ۱۳۸۶). از طرفی در بررسی روند تغییرات مبادلات آب مجازی در دهه های اخیر نشان داده شد که کشورهای ثروتمند و کم‌آب با تمایل به افزایش واردات آب مجازی، به سمت حفظ بیشتر منابع آبی خود پیش رفته اند (اوکی و همکاران، ۲۰۱۷)، پس به نظر می‌رسد با توجه به کاهش بارندگی و تشدید روند خشکسالی در کشور باید مقدار صادرات و حجم آب صادر شده باید بر اساس آب در دسترس و بارندگی موثر برنامه ریزی شود.

در این پژوهش با در نظر گرفتن وقوع متوالی سال های خشکسالی و ترسالی در دهه هشتاد شمسی (بی نام، ۱۳۹۵)، صادرات گندم و میزان آب صادر شده به همراه آن بررسی شد تا روند سیاست‌گذاری در زمینه صادرات آب مجازی از طریق صادرات گندم مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به صورت کتابخانه ای و براساس داده‌های جمع آوری شده از سازمان هواشناسی کشور (آمار و اطلاعات هواشناسی دراز مدت استانها)، وزارت جهاد کشاورزی (آمار سطح تولید و عملکرد محصولات کشاورزی منتخب) و وزارت بازرگانی (آمار صادرات محصولات کشاورزی منتخب)، پایه ریزی گردیده است. داده‌های هواشناسی: داده‌های مربوط به میانگین بارندگی سالانه کشور از سایت هواشناسی کشوری بدست آمده است.

داده‌های تولید و عملکرد کشاورزی: اطلاعات مربوط به مقدار تولید و سطح زیر کشت محصولات کشاورزی از آمارنامه های وزارت کشاورزی و سامانه هوشمند اطلاعات کشاورزی بدست آمد. به این ترتیب از تقسیم مقدار تولید کل بر سطح زیر کشت عملکرد محاسبه شد.

$$Y=TP/A$$

در این معادله: (Y معادل عملکرد میانگین محصول i ام، TP: تولید کل محصول i ام، A: سطح زیر کشت محصول i ام)

لازم به ذکر است تولید کل و سطح زیر کشت دربرگیرنده همه محصولات دیم و آبی است، در نتیجه عملکرد بدست آمده میانگین کل عملکرد کشوری است.

داده‌های مقدار صادرات: داده‌ها و آمار مربوط به مقدار صادرات از سایت اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی ایران بدست آمد. برای سهولت بررسی و مطالعه، مقدار صادرات محصولات کشاورزی، محصولات خام و فرآوری نشده و یا یک مرحله فرآوری مانند آگیری در نظر گرفته شدند که در جدول شماره ۱ لیست تعرفه‌های بررسی شده برای این پژوهش در محصولات مختلف آورده شده است.

جدول شماره ۱: لیست تعرفه های گمرکی صادرات برای محصول گندم و محصولات حاصل یک مرحله فرآوری

نوع گیاه	شماره تعرفه	توضیحات تعرفه
گندم	۱۱۰۱۰۰۰۰	آرد گندم یا آرد مخلوط گندم و چاودا ر (متل Meslin)
	۱۰۰۱۱۰۹۰	گندم سخت به غیر از گندم دامی .
	۱۱۰۳۱۱۰۰	بلغور و زبره گندم
	۲۳۰۲۳۰۰۰	سبوس ، فضولات و سایر آخال گندم

محاسبه مقدار آب مجازی: برای محاسبه آب مجازی مصرفی توسط هر محصول از روابط زیر استفاده می گردد (جعفری نژاد و همکاران، ۱۳۹۸):

$$SWDi_{ij} = \frac{CWR_{ij}}{CY_{ij}}$$

در این رابطه: $SWDi_{ij}$ مصرفی ویژه توسط محصول i ام ($ton^{-1}m^3$)، CWR_{ij} نیاز آبی گیاه برای محصول i ام و در ناحیه j ام می باشد ($ha^{-1}m^3$)، CY_{ij} در رابطه ۱ عملکرد محصول i ام و در ناحیه j ام بدین ترتیب $SWDi$ برای کلیه محصولات محاسبه می گردد. $SWDi$ به عنوان شاخص آب مصرفی هر تن محصول i ام برحسب مترمکعب می باشد. درواقع این شاخص بیانگر کل آبی است که باید مصرف شود تا یک تن محصول i ام تولید شود که به آن آب مصرفی پایه هر واحد محصول i ام گویند. اصطلاح آب مصرفی پایه، به کل مقدار آب مصرفی توسط یک کالا، محصول کشاورزی، یک رشته فعالیت و یا در سطح کلان تر، برای کل کشور و حتی توسط یک فرد (شامل آب واقعی و مجازی) گفته می شود.

برای تعیین کل آب مجازی برای کل صادرات یک محصول، $TSWDi_{ij}$ از رابطه زیر استفاده شد:

$$TSWDi_{exp} = SWDi \cdot TPi_{exp}$$

در رابطه فوق، TPi_{exp} کل صادرات محصول i ام است.

فرض می شود که ارزش دلاری کل محصول صادر شده و وارد شده منسوب به محتوای آب مجازی آن است. البته هر محصول یا کالایی به طور مجازی در برگیرنده سایر عوامل تولید نیز می باشد. جهت تعیین کل آب مجازی صادر شده، $TVWT_{exp}$ از رابطه زیر استفاده شد:

$$TVWTex_p = \sum_{i=1}^n TPiexp$$

مجموع ارزش کل محصولات صادراتی منتخب و همچنین کل محصولات وارداتی منتخب، ارزش کل آب مجازی صادر و وارد شده می باشد. برای محاسبه ارزش دلاری هر مترمکعب آب مجازی صادر شده، $VWVexp$ از رابطه زیر استفاده شد:

$$VWVexp = \frac{TVTPexp}{TVWTex_p}$$

که در رابطه فوق، $TVTPexp$ ارزش کل صادرات محصولات صادراتی منتخب است.

بدلیل تنوع اقلیمی کشور، هر نوع محصول در نواحی مختلف ممکن است مقادیر مصرف آب متفاوت داشته باشد. ولی از آنجا تعیین مقدار بارندگی موثر و تعیین نیاز آبی گیاه در مناطق مختلف بسیار مشکل است، برای همه تولیدات گندم میانگین کشوری بارندگی و نیاز آبی مرجع گیاه گندم یعنی مقدار ۵۵۰۰ مترمکعب در نظر گرفته شده است.

بر اساس داده‌های بررسی شده میانگین ۲۵ ساله (۱۳۷۰ تا ۱۳۹۴)، راندمان آبیاری در تولید گندم ۵۱٫۸ محاسبه شده است (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴).

برای محاسبه ضرایب همبستگی بین متغیرهای مورد بررسی از نرم افزار تجزیه مسیر، نسخه ۱٫۰٫۷ (۱۳۹۰) استفاده شد.

نتایج و بحث: داده‌های جمع آوری شده و داده‌های محاسبه شده، برای متغیرهای مرتبط با آب مجازی صادر شده گندم، در دهه ۸۰ شمسی، در جدول شماره ۲ آورده شده است. در بررسی مقدار صادرات گندم در سال های ۸۲ الی ۸۹، مشخص شد بیشترین صادرات گندم به مقدار ۶۰۲۸۰۸ تن در سال زراعی ۸۶-۸۵ و کمترین صادرات گندم مربوط به سال ۸۳-۸۴ و به مقدار ۱۱۲۲ تن بوده است (جدول ۳).

همچنین در مقایسه عملکرد گندم در سال های مختلف دهه ۸۰، کمترین مقدار عملکرد (۱۳۳۴ تن)، در سال زراعی ۸۷-۸۶ و بیشترین عملکرد در سال زراعی ۸۳-۸۲ و به مقدار ۲۲۰۶ بدست آمده است. در بررسی روند تغییرات عملکرد دیده می شود سه سال آخر مورد بررسی کاهش عملکرد اتفاق افتاده است که با روند تغییرات باران موثر منطبق است (جدول ۳).

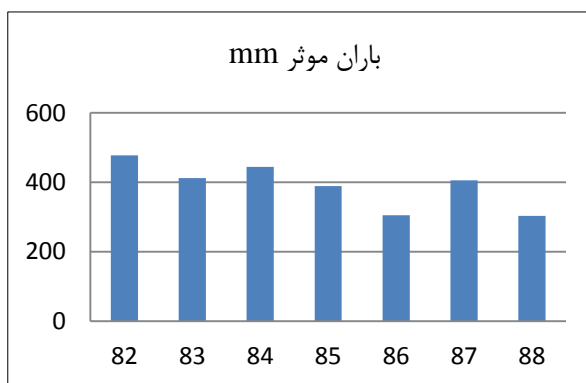
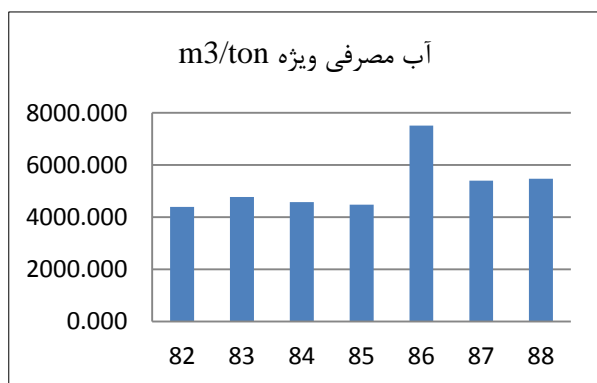
در مقایسه آب صادر شده، بیشترین مقدار آب صادر شده در سال ۸۷-۸۶ و کمترین مقدار در سال زراعی ۸۴-۸۳ بوده است. افزایش ناگهانی مقدار آب صادر شده در سال زراعی ۸۷-۸۶ حاکی از نیاز بیشتر به آبیاری در این سال به دلیل کاهش باران موثر و افزایش آب مصرفی ویژه در هر کیلوگرم گندم تولید شده است.

جدول شماره ۲: داده‌های جمع آوری شده و محاسبه شده برای متغیرهای مرتبط با آب مجازی صادر شده گندم در دهه ۸۰ شمسی

سال	۸۲-۸۳	۸۳-۸۴	۸۴-۸۵	۸۵-۸۶	۸۶-۸۷	۸۷-۸۸	۸۸-۸۹
وزن(کیلوگرم)	۵,۸۵۲,۵۴۵	۱,۱۲۱,۸۹۵	۱۳,۵۲۵,۸۶۷	۱۲,۶۴۸,۰۳۶	۶۰,۲۸۰,۸,۲۶۶	۳۰,۳۸۴,۸۰۵	۸,۴۷۷,۶۴۵
وزن(تن)	۵,۸۵۳	۱,۱۲۲	۱۳,۵۲۶	۱۲,۶۴۸	۶۰,۲۸۰,۸	۳۰,۳۸۵	۸,۴۷۸
ارزش دلاری	۳۹۷,۰۰۵	۱۸۳,۴۳۹	۲,۲۳۱,۳۹۱	۲,۰۰۵,۴۴۱	۱۵۵,۸۱۰,۲۱۵	۸,۶۹۴,۲۶۲	۲,۲۴۸,۶۹۲
عملکرد	۲,۲۰۶	۲,۰۵۸	۲,۱۳۲	۲,۲۰۰	۱,۳۳۴	۱,۸۱۹	۱,۸۳۴
سطح زیر کشت	۶,۶۰۵,۳۲۰	۶,۹۵۰,۷۲۰	۶,۸۷۸,۹۱۹	۷,۲۲۲,۳۱۱	۵,۲۴۶,۰۰۰	۶,۶۴۷,۳۷۱	۶,۶۲۱,۹۸۵
کل تولید	۱۴,۵۶۸,۴۸۱	۱۴,۳۰۷,۹۷۰	۱۴,۶۶۳,۷۴۵	۱۵,۸۸۶,۶۰۹	۶,۹۹۹,۹۷۷	۱۲,۰۹۳,۰۳۹	۱۲,۱۴۲,۹۸۸
نیاز آبی	۵,۵۰۰	۵,۵۰۰	۵,۵۰۰	۵,۵۰۰	۵,۵۰۰	۵,۵۰۰	۵,۵۰۰
باران موثر	۴۷۸	۴۱۲	۴۴۴	۳۸۹	۳۰۶	۴۰۶	۳۰۳
نیاز آبی خالص	۵,۰۲۲	۵,۰۸۸	۵,۰۵۶	۵,۱۱۱	۵,۱۹۴	۵,۰۹۴	۵,۱۹۷
آب مصرفی	۹,۶۹۵	۹,۸۲۲	۹,۷۶۱	۹,۸۶۶	۱۰,۰۲۸	۹,۸۳۴	۱۰,۰۳۲
آب مصرفی ویژه	۴,۳۹۶	۴,۷۷۲	۴,۵۷۹	۴,۴۸۵	۷,۵۱۵	۵,۴۰۶	۵,۴۷۱
SWD ij * Tpij	۶۴,۰۳۸,۴۴۹,۸	۶۸,۲۷۲,۷۰۹,۱	۶۷,۱۴۲,۴۹۸,۹	۷۱,۲۵۷,۲۳۵,۱	۵۲,۶۰۶,۷۴۶,۲	۶۵,۳۷۲,۶۵۸,۹	۶۶,۴۳۲,۶۹۹,۵
آب صادر شده	۲۵,۷۲۵,۹۴۳	۵,۳۵۳,۲۹۷	۶۱,۹۳۲,۳۷۲	۵۶,۷۳۱,۰۵۴	۴,۵۳۰,۲۶۹,۳	۱۶۴,۲۵۴,۵۸۸	۴۶,۳۸۰,۰۸۸
آب بهای یک تن	۶۸	۱۶۴	۱۶۵	۱۵۹	۲۵۸	۲۸۶	۲۶۵

مقدار باران موثر کل کشور از سال زراعی ۸۳-۸۲ الی ۸۹-۸۸ در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. باران موثر در سال زراعی ۸۷-۸۶ از همه سال های دهه ۸۰ کمتر بوده است و بر اساس گزارش سازمان ملی خشکسالی و مدیریت بحران، بر طبق شاخص SPI در این سال خشکسالی شدید وجود داشته است (بی نام، ۱۳۹۵). بالاترین مقدار بارش موثر در سال زراعی ۸۳-۸۲ و به مقدار ۴۷۸ میلیمتر در کل کشور بوده است که اساس گزارش سازمان ملی خشکسالی و مدیریت بحران، بر طبق شاخص SPI در این سال ترسالی اتفاق افتاده است (بی نام، ۱۳۹۵).

در بررسی کلی سال های زراعی دهه ۸۰ در شکل شماره ۱ و با توجه به ارقام باران موثر به این نتیجه می رسیم که سال های زراعی ۸۶-۸۵ و ۸۷-۸۶ و ۸۸-۸۹ را که ارقام باران موثر کمتری نسبت به سال های دیگر دارند را سال های خشکسالی از نظر بارش و سال های زراعی ۸۴-۸۳ و ۸۸-۸۷ را سال های متوسطی بارشی یه نسبت سال های دیگر دهه ۸۰ و البته سال های زراعی ۸۳-۸۲ و ۸۴-۸۵ نیز سال های بارشی زیاد در مقایسه با آن دهه در نظر گرفت. بر اساس داده های سازمان ملی خشکسالی و مدیریت بحران، بر طبق شاخص SPI در این دهه ۸۰ شمسی، بارش نرمال، ترسالی و خشکسالی با درجات مختلف و به صورت متناوب وجود داشته است (بی نام، ۱۳۹۵).

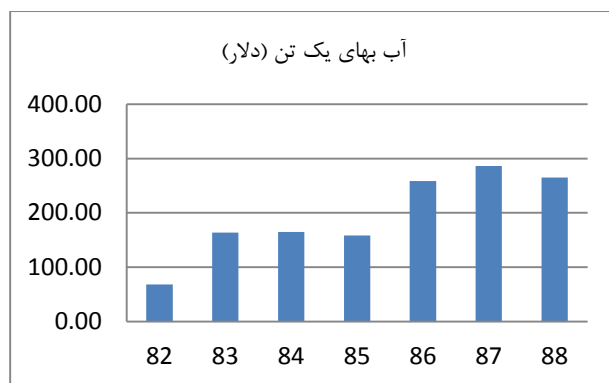


شکل شماره ۲: مقدار آب مصرفی ویژه در تولید هر تن گندم در دهه ۸۰ شمسی

شکل شماره ۱: نمودار باران موثر در طی دهه ۸۰ شمسی

شکل شماره ۲ مقدار آب مصرفی ویژه گندم را در سال های زراعی ۸۳-۸۲ الی ۸۹-۸۸، نشان می دهد. کمترین مقدار آب مصرفی ویژه مربوط به سال زراعی ۸۳-۸۲ (۴۳۹۵ مترمکعب در تن) می باشد. از سال های زراعی ۸۳-۸۲ الی ۸۶-۸۵ تفاوت زیادی در مقدار آب مصرفی ویژه دیده نمی شود اما در سال زراعی ۸۷-۸۶ به مقدار قابل توجهی افزایش کرده و دوباره در سال زراعی بعد کاهش میابد (شکل شماره ۲، جدول شماره ۲). با توجه به اینکه مقدار بارش موثر در سال زراعی ۸۶-۸۷ بسیار کمتر از دیگر سالها بوده و بر اساس گزارش سازمان ملی خشکسالی و مدیریت بحران، بر طبق شاخص SPI در این سال خشکسالی شدید وجود داشته است (بی نام، ۱۳۹۵)، از طرفی با توجه به جدول شماره ۲ میزان عملکرد گندم در کل کشور نیز پایین تر از دیگر سالهای بررسی است، برای تولید هر کیلوگرم گندم مقدار آب بیشتری صرف شده و به همین دلیل آب مصرفی ویژه بسیار بالا رفته است.

در شکل شماره ۳ مقایسه آب بهای یک تن محصول گندم در دهه ۸۰ آورده شده است، بیشترین آب بها در سال زراعی ۸۸-۸۷ و به مقدار ۲۸۶،۱۴ دلار بوده که در مقایسه با سالهای زراعی قبل و بعد از آن تفاوت قابل توجهی ندارد. کمترین آب بها در سال زراعی ۸۳-۸۲ به مقدار ۶۷،۸۳ دلار بوده است.



شکل شماره ۳: مقدار آب بهای (دلار) یک تن گندم در دهه ۸۰ شمسی

ضرایب همبستگی نسبت به بارش موثر:

در جدول شماره ۳ همبستگی متغیرهای مرتبط با آب و صادرات نشان داده شده است. با کاهش باران موثر و وقوع خشکسالی، عملکرد محصولات کاهش یافته و برای حفظ آب ویژه مصرفی در کشور باید مقدار صادرات نیز کاهش یابد، اما با توجه به جدول شماره ۳، همبستگی وزن صادرات با باران موثر منفی است، یعنی با کاهش بارندگی مقدار صادرات افزایش یافته است.

جدول شماره ۳: بررسی همبستگی متغیرهای مرتبط با آب مجازی، صادرات آب و ... با باران موثر

ضرایب همبستگی							
متغیرها	باران موثر	وزن (تن)	عملکرد	آب مصرفی	آب مصرفی ویژه	آب صادر شده	آب بهای یک تن
باران موثر	۱						
وزن صادرات (تن)	-۰.۵۷	۱					
عملکرد	۰.۷۷	-۰.۸۷	۱				
آب مصرفی	-۱	۰.۵۷	-۰.۷۷	۱			
آب مصرفی ویژه	-۰.۷۶	۰.۹۳	-۰.۹۹	۰.۷۶	۱		
آب صادر شده	-۰.۵۷	۱	-۰.۸۷	۰.۵۷	۰.۹۳	۱	
آب بهای یک تن	-۰.۷۶	۰.۳۸	-۰.۷۵	۰.۷۶	۰.۶۷	۰.۳۸	۱

به طور معمول با افزایش باران موثر، نیاز آبی خالص نیز کمتر می شود و با کاهش نیاز آبی خالص، آب مصرفی ویژه نیز کاهش یافته بنابراین دو متغیر باران موثر و آب مصرفی ویژه نسبت غیر مستقیم دارند که البته در جدول فوق نیز عملاً هر دو نسبت معکوس داشته و تقریباً ضریب همبستگی منفی ۰,۷۸ دارند.

در مقایسه ضرائب همبستگی باران موثر و آب صادر شده، ذکر این نکته ضروری است که هرچقدر که باران موثر در یک سال افزایش یابد می بایست آب صادر شده نیز به دلیل اینکه از آب های زیر زمینی کمتری استفاده می گردد، افزایش یابد ولی عملاً این مهم در صادرات محصول گندم رعایت نشده و بدون توجه به مقدار باران موثر و خشکسالی یا ترسالی در دهه ۸۰، صادرات محصول انجام گرفته و ضریب همبستگی ۰,۵۷- گویای عدم توجه به مقدار باران موثر در صادرات گندم دارد. این نتیجه مهمترین دلیل این است که ایران یکی از ۱۵ کشور اول در مصرف ناپایدار آب کشاورزی بوده و گندم یکی از اصلی ترین گیاهانی است که مصرف آب در آن باعث کاهش مقدار پایداری در مصرف آب کشاورزی در ایران شده است (رز و همکاران، ۲۰۱۹).

آب بهای هر تن گندم در سال هایی که باران موثر کمتری اتفاق افتاده، می بایست بیشتر گردد به دلیل اینکه برای تولید این محصول نیاز به آبیاری بیشتری است که ارزش بیشتری دارند و آب بهای هر تن نسبت عکس با باران موثر دارد و ضرائب همبستگی این دو متغیر نیز ۰,۷۶- می باشد که نشان می دهد در صادرات گندم در دهه ۸۰، در

عمل نیز اتفاق افتاده است. البته باید به این نکته نیز توجه کرد که شدت خشکسالی در سالهای نهایی دهه هشتاد بیشتر شده است، و احتمال افزایش قیمت گندم به دلایل تورم، رشد اقتصادی و ... نیز محتمل است. بر اساس مطالعه بر روی سهم هر بخش اقتصادی در تجارت آب مجازی، گرچه بخش کشاورزی بیشترین سهم از صادرات آب مجازی (۸۹٫۱٪) را داشت، اما در مقابل سهم بسیار کمی از ارزش افزوده (۷٫۶٪) و درآمد ملی (۱۰٫۵٪) مربوط به این بخش بود (قاسمی پور و همکاران، ۲۰۲۰).

منابع:

- بی نام، ۱۳۹۴. سالنامه مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران، وزرات راه و شهرسازی. سازمان هواشناسی کشور. تهمی پور زرنندی، دشتبان فاروجی & جواهردهی. (۲۰۱۷). ارزیابی تجارت محصولات صنعتی ایران با کشورهای مختلف از دیدگاه آب مجازی. اقتصاد و الگو سازی، ۸(۳۰)، ۱۴۳-۱۸۷
- سهرابی، ۱۳۸۶. تهیه مدل ریاضی محاسبه میزان بهینه استفاده از آب مجازی در تأمین آب مورد نیاز منطقه با لحاظ شرایط اقتصادی، اجتماعی و امنیت غذایی. پایان نامه دوره کارشناسی، دانشگاه صنعتی شریف.
- عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. نشریه ۳۴/۹۴، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- پورجعفری نژاد، ابوالفضل و علیزاده، امین، ۱۳۹۸، مطالعه و بررسی میزان سهم پسته در صادرات آب مجازی از استان کرمان، اولین همایش ملی راهبردهای سازگاری با کم آبی در مناطق خشک و نیمه خشک، سبزوار.
- ناصری، نیکان رامین. (۲۰۱۹). آینده پژوهی بهره‌وری انرژی در تولید گندم آبی در حاشیه شرقی دریاچه ارومیه. فصلنامه علوم محیطی، ۱۷(۲)، ۸۱-۱۰۲
- Oki, T., Yano, S., & Hanasaki, N. (2017). Economic aspects of virtual water trade. *Environmental Research Letters*, 12(4), 044002.
- Rosa, L., Chiarelli, D. D., Tu, C., Rulli, M. C., & D'Odorico, P. (2019). Global unsustainable virtual water flows in agricultural trade. *Environmental Research Letters*, 14(11), 114001.
- Qasemipour, E., Tarahomi, F., Pahlow, M., Malek Sadati, S. S., & Abbasi, A. (2020). Assessment of virtual water flows in Iran using a multi-regional input-output analysis. *Sustainability*, 12(18), 7424.

Correlation between the volume of wheat exports and amount of total available water in wet and drought seasons in the 2000s

Behrouz Tabatabaei Nejad ¹, Mahdiyeh Soltani ²

Pars Water and Soil Engineering Services Development Company (b.tabatabaei33@yahoo.com)

PhD in Crop Ecology

Abstract: To examine the changes in the volume of wheat exports compared to available agricultural water between 2000-2010, the correlation between the weight of exported wheat, the income from each export unit and changes in effective rainfall in this period was calculated. The results showed that the amount of wheat exports did not follow the trend of rainfall changes in consecutive wet and drought years in this decade and despite the decrease in rainfall, the amount of exports did not change. The correlation between effective rainfall and the amount of exported wheat and virtual water was -0.57, which shows that contrary to expectations, with the decrease in rainfall, exports did not decrease by the same amount and in this decade, the trend of exporting virtual water through wheat exports was negligible to the amount of available water.

Keywords: virtual water, effective rain, export, drought, wet season

ارزیابی پراکنش بارندگی در تامین نیاز آبی کشت گندم دیم و آبی شهرستان اقلید

محمد هادی پیروی^۱، زهره سپهرزادگان*^۲، رامین آریانفر^۳

۱- کارشناس ارشد زراعت، سازمان جهاد کشاورزی فارس، مدیریت زراعت، mh_mhp@yahoo.com

۲- نویسنده مسئول، دکترای زراعت، جهاد کشاورزی فارس، مدیریت زراعت، zohrehsehrz@yahoo.com

۳- کارشناس هواشناسی، سازمان هواشناسی استان فارس

چکیده:

از جمله عوامل تعیین کننده اقلیم یک منطقه، دو پارامتر عمده اقلیمی یعنی دما و بارش می‌باشند. به منظور بررسی تاثیر حداقل بارش مورد نیاز در کشت گندم دیم به لحاظ اقتصادی در شهرستان اقلید با استفاده از روش‌های معمول سری‌های زمانی (اختلاف از میانگین، میانگین‌های متحرک، معادله خط رگرسیون)، به بررسی تغییرات عناصر عمده اقلیمی (درجه حرارت و بارش) طی یک دوره آماری ۲۸ ساله (۱۳۹۹-۱۳۷۲) پرداخته شد. مطالعه تغییرات درجه حرارت نشان می‌دهد که متوسط درجه حرارت در طول دوره برابر با ۱۳ درجه سلسیوس و میزان تغییر درجه حرارت برابر ۱/۳۶ درجه سلسیوس می‌باشد. در خصوص تغییرات بارش، میزان تغییرات بارندگی سالانه برابر با ۳۱۳ میلی‌متر می‌باشد. مشخص شد روند کلی تغییرات درجه حرارت در دوره مزبور افزایشی و بارش کاهشی (کاهش بسیار جزئی در حد صفر) بوده است. میزان تغییر بارش طی دوره ۵۲۰ میلی‌متر می‌باشد، بطوریکه بیشترین کاهش بارندگی مربوط به سال زراعی (۸۷-۱۳۸۶) که به عنوان خشک‌ترین و کم‌بارش‌ترین سال دوره آماری و حداکثر میزان بارندگی مربوط به سال (۸۳-۱۳۸۲) به میزان ۶۰۴/۶ میلی‌متر و حداقل بارش مورد نیاز کشت دیم ۲۵۰ میلی‌متر و احتمال وقوع این نوع بارش ۳۸٪ و دوره بازگشت آن هر ساله است.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، دما، بارش، سری‌های زمانی

مقدمه:

بارش از اجزای اصلی تعیین اقلیم در هر منطقه به شمار می‌آید و با در نظر گرفتن دما می‌توان تغییرات اقلیمی آن منطقه را مشخص نمود (علیزاده، ۱۳۷۳). در اکثر کشورهای دنیا در ارتباط با بحران، برنامه‌ریزی‌های کلان بسیاری به انجام می‌رسد تا پروژه‌های اقتصادی و عمرانی آن مرز و بوم به موقع و در زمان مشخص شده به اتمام برسد تا پیشرفت اقتصادی منطقه تضمین گردد (دریاباری، ۱۳۸۲).

در برنامه‌ریزی‌های زراعی داشتن اطلاعات کافی از وضعیت بارش و دما الزامی است و این امر هر چند در برآورد نیازهای یک کشاورز به تنهایی کافی نمی‌باشد اما با استفاده از پارامترهای دیگر بخصوص جهت کشت دیم می‌توان به نتایج مفیدی دست یافت. جهت کشت دیم حداقل به ۲۵۰ میلی‌متر بارندگی نیاز است (Lowery 1971). با تحلیل داده‌های هواشناسی می‌توان شانس انجام کشت دیم را در هر منطقه تخمین زد. تغییرات درجه حرارت و میزان بارندگی با استفاده از میانگین دراز مدت و منحنی‌های آمبروترمیک در طی ماه‌های مختلف سال بدست می‌آید که به وسیله آن می‌توان فصول خشک و مرطوب سال را تعیین نمود. هرچند در کل کشور از آب‌های سطحی، قنات، چاه و باران جهت آبیاری کشت گندم آبی استفاده می‌گردد اما داشتن یک محصول خوب به لحاظ کمی و کیفی به میزان بارش در فصول پاییز و زمستان وابسته بوده و کمی بارش در این ماه‌ها بر تولید گندم (آبی و دیم) بسیار موثر است.

مواد و روش‌ها:

این بررسی در یک دوره ۲۸ ساله از سال ۱۳۷۲ تا سال ۱۳۹۹ و با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک شهرستان اقلید انجام شد. ایستگاه اقلید در سال ۱۹۹۵ میلادی در عرض جغرافیایی ۳۰/۹۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲/۶۳ درجه شرقی از نصف النهار گرینویچ با ارتفاع متوسط ۲۳۰۰ متر از سطح دریا تاسیس شد. در دوره مطالعاتی دو پارامتر عمده اقلیمی یعنی دما و بارش در بازه زمانی سالانه مورد توجه قرار گرفته است. در ابتدا آمار سالانه هواشناسی ایستگاه

اقلید بصورت سال زراعی تهیه شده و سپس بر اساس مجموع بارندگی سال زراعی از بزرگ به کوچک ردیف و در نهایت طی فرمول ویبول (رابطه ۱) احتمال وقوع هر باران با استفاده از نرم افزار Smada (محاسبه شد رحیم زاده (۱۳۷۷)).

$$(1) \text{ فرمول ویبول } m \div n + 1 \text{ (} m \text{ شماره ردیف و } n \text{ تعداد کل ردیفها است)}$$

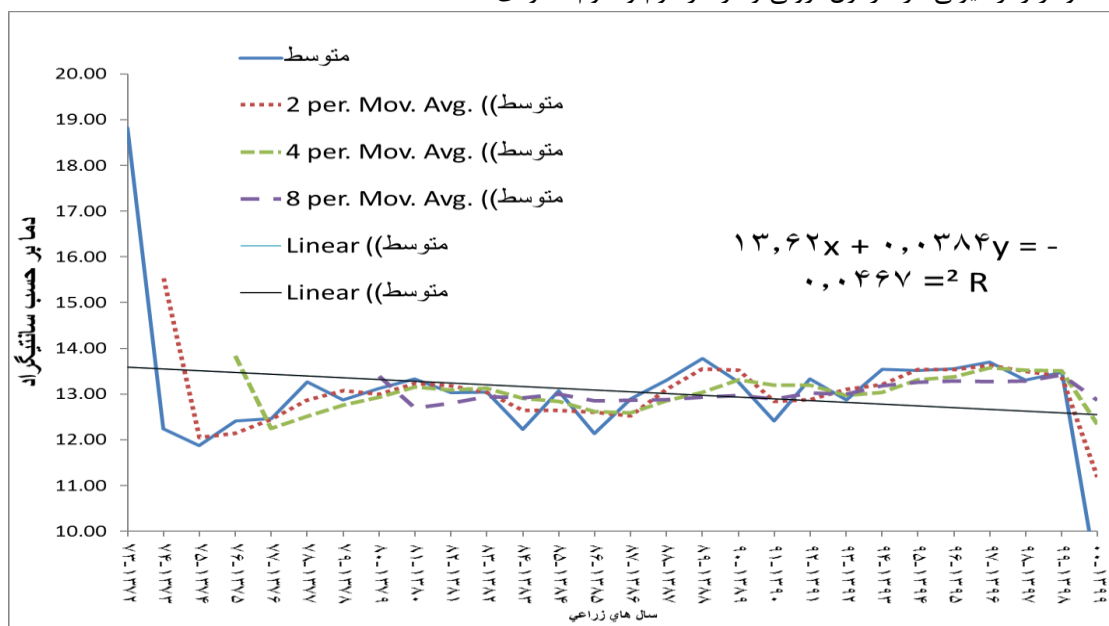
دوره بازگشت هر بارندگی نیز از رابطه و توسط نرم افزار smada محاسبه گردید

$$(2) \text{ فرمول دوره بازگشت } (1 - P) \div RP = 1 \text{ (حرف } p \text{ نشان دهنده احتمال و } RP \text{ دوره بازگشت بارندگی است)}$$

سپس، از کل داده‌ها میانگین‌گیری انجام شد. میزان بارندگی هر سال که بیشتر از میانگین دوره باشد را ماه و سال تر و اعداد پایین‌تر از میانگین را ماه و سال خشک نام‌گذاری شد (Landsberg (1975). بعد از رسم نمودار آمبروترمیک، میانگین متحرک براساس سال زراعی از مهر تا اردیبهشت ماه و در نهایت سال زراعی محاسبه شد Chow and Kareliotis (1970). در تحلیل داده‌ها این مورد را باید مد نظر قرار گرفت که برای هر ایستگاه تحلیلی جداگانه انجام داده شود زیرا امکان دارد سال مورد تحلیل در یک ایستگاه خشک و در ایستگاهی دیگر تر باشد.

نتایج و بحث:

تغییرات دما: متوسط دمای سالانه ایستگاه اقلید (شکل ۱) طی دوره آماری ۱۳۹۹ - ۱۳۷۲ برابر با ۱۳/۶ درجه سلسیوس می باشد و با توجه به فرمول $y = a + bx$ روند کلی تغییر درجه حرارت در دوره مزبور افزایشی بوده است. میزان تغییر درجه حرارت طی دوره ۱/۳۶ درجه سلسیوس برآورد شده است. بررسی نمودار دمای سالانه (شکل ۱) نشان می‌دهد که نمودار رگرسیونی در فاز اول نزولی و در فاز دوم و سوم صعودی است.

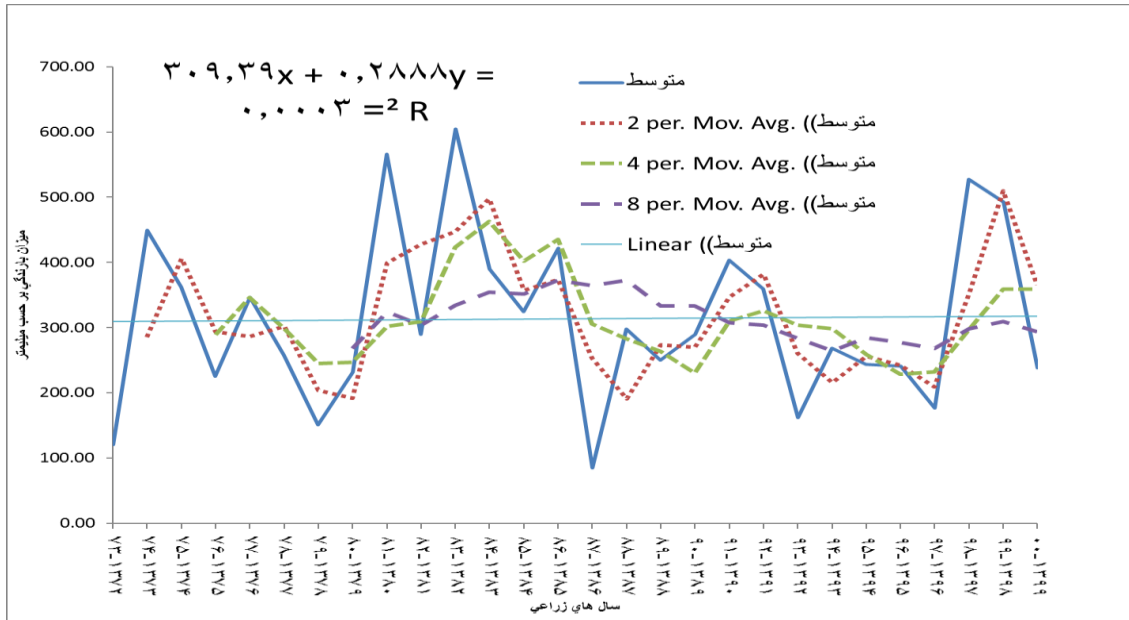


شکل ۱- نمودار دمای سالانه شهرستان اقلید

در (شکل ۱) میانگین‌های متحرک ۲، ۴ و ۸ ساله ترسیم شده‌اند. زمانی که متحرک زمانی ۲ ساله شروع به قطع نمودن متحرک زمانی ۴ ساله و سپس متحرک زمانی ۸ ساله نموده است با تنش‌های دمایی سرد یا گرم برخورد نموده ایم و هر چه فاصله متحرک زمانی ۲ از متحرک زمانی ۸ ساله بیشتر باشد تنش‌های دمایی بیشتری وجود خواهد داشت (Charles (1977).

تغییرات بارش: متوسط بارش سالانه ایستگاه اقلید (شکل ۲) طی دوره آماری ۱۳۹۹ - ۱۳۷۲ برابر با ۳۱۳/۵۸ میلی‌متر می‌باشد. با توجه به فرمول $y = a + bx$ روند کلی تغییر بارش در دوره مزبور افزایشی است. در طی دوره میزان تغییر بارش ۵۲۰ میلی‌متر می‌باشد. این مقدار در معادله رگرسیونی (شکل ۲) مشخص می‌باشد. اگر نمودار را به سه مرحله زمانی

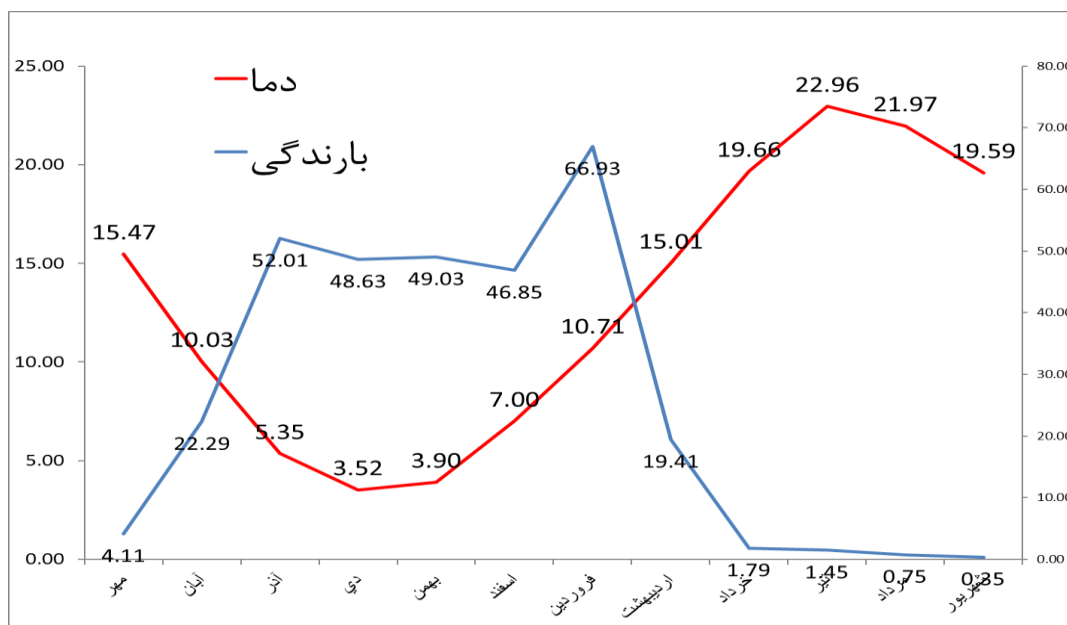
تقسیم شود در فاز اول صعودی در فاز دوم نزولی در فاز سوم صعودی خواهد بود. در (شکل ۲) میانگین‌های بازده زمانی متحرک ۲، ۴ و ۸ ساله ترسیم شده‌اند. با توجه به متحرک‌های زمانی وقتی که متحرک زمانی ۲ ساله شروع به قطع نمودن متحرک زمانی ۴ ساله و سپس متحرک زمانی ۸ ساله نموده است با تنش‌های دمایی سرد یا گرم برخورد نموده‌ایم و هر چه فاصله متحرک زمانی ۲ از متحرک زمانی ۸ ساله بیشتر باشد تنش‌های بارشی بیشتری وجود خواهد داشت کوچکی و نصیری محلاتی (۱۳۷۵).



شکل ۲- نمودار بارندگی سالانه شهرستان اقلید

شاخص خشکی و تر سالی: میانگین ۲۸ ساله بارش در ایستگاه ۳۱۳/۵۸ میلیمتر می‌باشد و بارش‌های بیشتر ۲۵۰ میلیمتر را تر سال و کمتر از آن را خشک سال می‌نامند خوشحال دستجردی (۱۳۹۲). ضمن بررسی‌ها مشخص شد در کل دوره، ۱۲ سال تر و ۱۶ سال خشک بوده است؛ با توجه به اینکه حداقل بارش مورد نیاز کشت دیم ۲۵۰ میلیمتر می‌باشد و احتمال وقوع این نوع بارش ۳۸٪ و دوره بازگشت آن هر ساله است می‌توان نسبت به برنامه ریزی مناسب جهت اجرای این دیم در شهرستان مذکور اقدام نمود.

نمودار آمبروترمیک: با توجه به نمودار آمبروترمیک (شکل ۳) مشخص شد که بارش‌های شهرستان اقلید از آبان ماه شروع و در اردیبهشت ماه خاتمه می‌یابد. طبق این نمودار نقطه تنش در آذر، دی و فروردین ماه به دست می‌آید که در این نقاط رابطه بارش و دما منفی است و هرچه اختلاف برداری حداکثر متوسط دمای سالانه از متوسط حداکثر بارندگی سالانه بیشتر باشد شهرستان از موفقیت کشت دیم بیشتری برخوردار خواهد بود (Croxtton et al. (1973).



شکل ۳- نمودار آمیروترمیک شهرستان اقلید

شاخص خشکی و تر مایی : به منظور بدست آوردن شاخص بارش تر ماه یا خشک ماه در طول دوره ۲۸ ساله (جدول ۱) میانگین بارش به تفکیک ماه‌های مختلف محاسبه شد. طبق نتایج حاصله در هر ماه میزان بارش جهت تامین آب مورد نیاز در کشت دیم متفاوت می‌باشد، میزان بارش طی ماه‌های اول سال زراعی (مهر آبان و آذر) در بروز پدیده خشک سالی و یا تر سالی بسیار مهم می‌باشد. به نحوی که با محاسبه مقدار بارش در این ماه‌ها و احتمال تعیین نوع سال از لحاظ خشک سالی یا تر سالی می‌توان نسبت به برنامه ریزی جهت کشت دیم اقدام نمود Anderson and Babcrof (1952)

جدول ۱- متوسط بارندگی به تفکیک ماه در طول دوره ۲۸ ساله

حد اقل بارندگی	شش ماه دوم سال زراعی	حد اقل بارندگی	شش ماه اول سال زراعی
۶۷	فروردین	۴	مهر
۲۰	اردیبهشت	۲۲	آبان
۲	خرداد	۵۲	آذر
۱/۵	تیر	۴۸	دی
۰/۵	مرداد	۴۹	بهمن
۰/۵	شهریور	۴۶	اسفند

هدف از این پژوهش تحلیلی بر تغییرات بارندگی و دمای شهرستان اقلید، از بدو تاسیس ایستگاه‌های سینوپتیک، رئیسی (۱۳۸۰) در آن شهرستان تا آخر فروردین ماه سال ۱۴۰۰ را مورد بررسی قرار داده است تا گامی در پیش بینی و تاثیر حد اقل بارش در کشت اقتصادی گندم دیم و آبی در منطقه باشد و بتوان برآوردی از میزان بارندگی مورد نیاز کشت و زرع در فصول زراعی، علیزاده (۱۳۷۳) این شهرستان را داشت. منبع آماری مورد نیاز از سایت سازمان هواشناسی فارس اخذ و سپس به سال زراعی تبدیل و در نهایت تجزیه و تحلیل شده است رئیسی (۱۳۸۰).

اهداف تحقیق:

- ۱- مشخص نمودن وضعیت شهرستان از لحاظ خشک سالی و ترسالی در هر سال زراعی
- ۲- مشخص نمودن شاخص حد اقل ماهانه بارندگی در شهرستان و تعیین ماه خشک یا ترماه زراعی
- ۳- ایجاد بستر مناسب جهت برنامه ریزی اقتصادی الگوی کشت گندم آبی و دیم در شهرستان و برآورد نیاز آب آبیاری برای کشت‌های فاریاب و دیم

نتیجه گیری :

بر اساس مطالعه انجام شده نتایج حاصل عبارتند از :

روند تغییرات دما و بارندگی در این شهرستان به ترتیب افزایش و کاهش بوده و بین بارش و دما همبستگی منفی وجود دارد که در نمودارهای آمبروترمیک و دیگر نمودارها کاملاً مشخص است ؛ در نمودارها هر زمان که میانگین متحرک زمانی دوره ۲ ساله از دوره ۴ و ۸ ساله پیشی گرفته است ما شاهد یک تنش ((دمایی یا بارشی)) بوده ایم ، همانطور که از اشکال شاخص خشکی و ترسالی مشاهده می‌گردد احتمال وقوع در کشت دیم حدود ۲۸٪ با دوره بازگشت بارندگی هر ساله و با توجه به نتایج محاسباتی، حداقل بارش مورد نیاز برای هر ماه خشک یا تر ماه بدست آمده است که توجه به آن در برنامه‌ریزی کشت اقتصادی آبی و دیم این شهرستان بسیار حائز اهمیت است. طبق نتایج حاصله در پایان هر ۳ ساله شاهد یک تنش کم بارش و هر ۸ سال یک تنش خشکی شدید بوده ایم و اختلاف معنی‌دار بین حداکثر متوسط دما و حداکثر متوسط بارش سالانه بیانگر قابلیت بالا و عملکرد خوب کشت دیم در این شهرستان می‌باشد. با توجه به نتایج عملی بدست آمده از این تحقیق، مشابه آن در سایر نقاط استان فارس توسط نویسندگان این مقاله در حال انجام می‌باشد

سپاسگزاری :

بعد از حمد و ثنای حق تعالی از همکاران ارجمندم جناب آقایان مهندس دستفال و حقیقت که در تدوین این مقاله با شکیبایی و تحمل بسیار مرا راهنمایی نمود کمال تشکر و سپاس داشته و از خداوند متعال توفیق روز افزون برای ایشان مسئلت دارم.

فهرست منابع :

- ۱- دریاباری، س. ج. (۱۳۸۲). بررسی روند تغییرات درجه حرارت در ساحل دریای خزر، سمینار منطقه‌ای تغییر اقلیم
- ۲- خوشحال دستجردی، ج. (۱۳۹۲). برآورد مناسب‌ترین شیوه محاسبه بارش موثر برای کشت گندم پاییزه در حوزه دریچه نمک، مجله جغرافیای مناطق خشک. ۱۵۳(۱). ۱۴۴-۱۵۶.
- ۳- رحیم زاده، ف. (۱۳۷۷). کاربرد آزمون من-کندال دنباله ای در مطالعات تغییر اقلیم ، چهارمین کنفرانس آمار، تهران. ۶۳-۷۲.
- ۴- رئیسی، ع. (۱۳۸۰). استفاده از روش‌های استوکستیک در مطالعه تغییرات آب و هوایی جنوب ایران، دومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، سازمان هواشناسی ایران.
- ۵- علیزاده، ا. (۱۳۷۳). گرم شدن جهانی و پیامدهای هیدرولوژیک ، مجله نیوار ، ۲۲(۳). ۸۹-۱۰۱.
- ۶- کوچکی، ع. نصیری محلاتی، م. (۱۳۷۵). اکولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۱۱ص.
- 7- Anderson, R.L, and T.A .Babcrof, (1952). Statistical Theory in Research . Mc Graw Hill Book Co , Newyork. 114 p.
- 8- Chanles,T.Haan(1977). Statistical Methods in Hydrology. The Iowa State University Press. 12 (2): 11-17.
- 9- Chow,W.T.,and Kareliotis,S.J(1970). Analysis of Stochastic Hydrologic Systems. Water Resources Res.,No.16,pp.1569-1582.
- 10- Croxton F,Coeden D.,Klein L.(1973). Applied General Statistics Prentice Hall of India. 214 p.
- 11- Landsberg,H.E(1975). Sahel Drought:Change or Part of Climate. Arch.Met.Aeoph.Biokl .Ser .B .23:193-200.
- 12- Lowery,W.P(1971). Compendium of Lecture Notes in Climatology for Class limatology. WMO. 1: 64-77.

Evaluation of rainfall distribution in meeting the water needs of rainfed and irrigated wheat cultivation in Eghlid city

Mohammad hadi payravi¹, Zohreh sepehrzadegan*², Ramin Arianfar³

- 1- Master of Agriculture, Jihad Agriculture Organization of Fars Province, Department of Agriculture, mh_mhp@yahoo.com.
- 2- Corresponding Author, PhD in Agriculture, Agricultural Jihad Organization of Fars Province, Department of Agriculture, zohrehsepehrz@yahoo.com.
- 3- Meteorologist, Meteorological Organization of Fars Province.

Abstract

The climate change is the one of important in earth , and is very attention for all of the community . for survey and apparent of climate change , many parameters of climate , frist important are temperature and rain fall that appointment the climate of state . this research with (variance , moving average , regression and etc) , survey the change of temperature and rain fall in EQLID province on 15 years (1372-1387) . for appointment the period of temperature in the year , decrease and increase temperature are calculated . the changing of temperature at 15 years period equale 12.72 celsius and with this formule $y = a + bx$ process of temperature is increas and equale 1.36 celsius . for the rain fall , changing of rain fall at 15 years period equale 300.4 millimeter and with this formule $y = a + bx$ process of rain fall is decreases and equale 481.3 millimeter . so as maximum of decreases in rain fall depend on year (1386-87) and head of little rain fall and drought year in all of the years . also maximum of increases in rain fall depend on year (1380-81) . forecast the next factor (rain fall & temperature) in circuit 2 , 4 , 8 years .

Keywords: Climate change, temperature, precipitation, time series, forecast.

اثر شوری آب آبیاری و روش کشت بر عملکرد و خصوصیات مرفولوژیکی پیاز

احمد رضانی*^۱، مصلح الدین رضایی

- ۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران- ۱= نویسنده مسئول* آدرس الکترونیکی نویسنده مسئول: Ramazaani@yahoo.com
- ۲- مربی پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

چکیده

اثرات شوری آب آبیاری بر عملکرد و خصوصیات ژنوتیپ‌های بهاره پیاز در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار به صورت طرح کرت‌های دوبار خردشده در ایستگاه تحقیقات رودشت اصفهان در طی دو سال بررسی شد. ۴ سطح شوری آب آبیاری (۱، ۳، ۵، ۷ دسی‌زیمنس بر متر) بعنوان کرت‌های اصلی، و دو روش کشت مستقیم بذر و کشت نشائی بعنوان کرت‌های فرعی و چهار ژنوتیپ پیاز بهاره (قرمز درچه اصفهان، سفید کاشان، سفید قم و یلوسوئیت اسپانیش) به عنوان کرت‌های فرعی- فرعی بود. با افزایش شوری از ۱ به ۷ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد کل، عملکرد بازارپسند و اندازه سوخ به طور معنی‌داری کاهش یافت. عملکرد در تیمارهای شوری ۳، ۵ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد به ترتیب ۱۵/۳، ۳۷/۸ و ۶۱/۲ درصد کاهش یافت. عملکرد و خصوصیات سوخ ژنوتیپ‌ها به جز توده سفید قم در دو روش کاشت تفاوت معنی‌داری نداشت، اما عملکرد کل توده سفید قم در کشت نشائی نسبت به کشت مستقیم بذر افزایش معنی‌داری نشان داد. بیشترین عملکرد کل و بازارپسند از توده سفید قم (به ترتیب با ۷۴/۲۳ و ۶۵/۳۶ تن در هکتار) و کمترین آنها به رقم سوئیت اسپانیش (به ترتیب با ۴۳/۹۹ و ۳۵/۱۲ تن در هکتار) حاصل شد.

واژگان کلیدی: پیاز، شوری آب، ژنوتیپ‌های بهاره، کشت مستقیم، کشت نشائی

مقدمه

حدود ۱۵ درصد از اراضی کشور (حدود ۲۵ میلیون هکتار) تحت تأثیر شوری قرار دارد که ۳۲۰۰۰۰ هکتار آن در استان اصفهان قرار دارد. زراعت پیاز جایگاه ویژه‌ای در الگوی کشت استان داشته و حدود ۴۰۰۰ هکتار از زمین‌های کشاورزی منطقه را به خود اختصاص داده است که بیش از نیمی از این مساحت را اراضی شامل می‌شوند که با کیفیت آب با شوری حدود ۳ تا ۶ دسی‌زیمنس بر متر آبیاری می‌گردند (فیضی، ۱۳۷۱). انتخاب ژنوتیپ‌هایی که نسبت به درجات مختلف شوری تحمل نشان داده و دارای بالاترین عملکرد و کیفیت مناسب هستند، یکی از راهکارهای مناسب جهت کشت پیاز در مناطق مختلف اصفهان می‌باشد. بررسی تحمل و عکس‌العمل ارقام و توده‌های پیاز به شوری که در استان اصفهان عملکرد مطلوبی داشته و کشت می‌شود، به انتخاب ژنوتیپ‌ها برتر در درجات مختلف شوری مختلف منجر گردید (پروین و میرخانی، ۱۳۸۴). امین پور و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی چهار توده بهاره پیاز (سفید قم، درچه اصفهان، سفید کاشان و قرمز آذر شهر) در اصفهان گزارش کردند توده سفید قم و قرمز آذر شهر به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد پیاز را دارا بود. از طرف دیگر کمبود منابع آب و افت سطح آب‌های زیر زمینی اهمیت صرفه جویی در مصرف آب را دوچندان نموده است. کشت نشائی یکی از روش‌های شناخته شده در صرفه جویی آب نسبت به روش کشت مستقیم در سطوح مختلف شوری که لازم

است، اثرات متقابل شوری و روش‌های کشت نشایی و مستقیم بذر بررسی شده و مدیریت لازم توصیه گردد (خانکدانی و همکاران، ۱۳۹۲).

پیاز به شوری حساس بوده و آستانه مقاومت شوری برای کاهش عملکرد بسیاری از ارقام آن ۱/۲ دسی زیمنس بر متر می‌باشد (Doss *et al.*, 2002) اما عکس العمل ارقام مختلف و روند کاهش عملکرد با افزایش شوری متفاوت است (Richard *et al.*, 1999). در بررسی اثرات شوری بر عملکرد پیاز حد آستانه تحمل شوری عصاره اشباع خاک در اردن با حدود ۳/۶ دسی زیمنس بر متر گزارش نمود (Abu-Awwad, 1996). در شرایط غیر شور در اصفهان عملکرد پیاز در کشت نشایی کمتر از کشت دستپاش گزارش شده است (مرتضوی، ۱۳۷۴). در هفت رقم پیاز در شهرستان میناب روش نشایی ۵۰ روز بعد از کشت مستقیم (اول آبان ماه) نشان داد که درصد به گل رفتن ارتفاع بوته و شاخص شکل سوخ در پیازهای نشایی از کشت مستقیم و زودسی بیشتر بود. بطور کلی عملکرد کشت نشایی بیشتر از کشت مستقیم بود ولی اختلاف آنها فقط برای یک رقم معنی‌دار شد (حسن زاده خنک هدانی و همکاران، ۱۳۹۵). دانشی و همکاران (۱۳۸۴) اثر روش‌های کاشت کرتی دست پاش همراه با مصرف ماسه، کشت مستقیم ردیفی و نشایی گزارش دادند؛ که عملکرد کشت مستقیم ردیفی و نشایی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشته در حالیکه از نظر میزان هزینه و کنترل علف‌های هرز و هزینه داشت کشت نشایی برتری نشان داد. هدف از این آزمایش بررسی عملکرد و عکس العمل چهار ژنوتیپ پیاز بهاره در دو روش کشت مستقیم و نشایی به شوری آب آبیاری است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی رودشت اصفهان طی دو سال زراعی انجام شد. زمین مورد کشت در سال قبل از آزمایش آیش و در دو نوبت قبل از آن جهت یکنواخت شدن شوری به کشت گندم اختصاص یافته بود. قبل از کاشت و در طول دوره داشت، کودهای لازم بر اساس تجزیه خاک اعمال شد. آزمایش به صورت طرح کرت‌های دوبار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی شامل ۴ سطح شوری آب آبیاری به ترتیب ۱، ۳، ۵ و ۷ دسی زیمنس بر متر و کرت‌های فرعی شامل دو روش کشت به ترتیب کشت مستقیم بذر و کشت نشایی بود. کرت‌های فرعی - فرعی به چهار ژنوتیپ پیاز بهاره به ترتیب قرمز درچه اصفهان، سفید کاشان، سفید قم و یلوسوئیت اسپانیش اختصاص داده شد. کشت مستقیم بذر در زمین اصلی و در خزانه در هفته دوم اسفند ماه انجام گرفت. در مراحل مختلف نمو، مانند شروع پیاز دهی و رسیدگی تیمارها، یادداشت برداری شد. در زمان رسیدگی عملکرد هر کرت از ۲ متر طول وسط سه ردیف میانی هر کرت تعیین گردید. همچنین عملکرد بازار پسند هر کرت نیز با حذف پیازهای لهیده و چند قلو از پیازهای سالم محاسبه شد. وزن مخصوص پیازها و درصد ماده خشک پیاز هر تیمار با استفاده از ۵ عدد پیاز تصادفی در هر تیمار، در زمان برداشت، اندازه‌گیری گردید. پیازها را پس از قطعه کردن به مدت ۴۸ ساعت در گرمخانه در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شد. در پایان آزمایش تجزیه‌های آماری لازم و تجزیه مرکب دو ساله انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس عملکرد و خصوصیات سوخ تولیدی در تیمارهای مختلف آزمایش را نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس مرکب دو سال نشان داد که اثر سال بر صفات مور مطالعه معنی‌دار نیست. بنابراین نتایج دو سال آزمایش در هم ادغام گردید. میانگین مربعات عملکرد کل سوخ، عملکرد بازار پسند، قطر، ارتفاع و قطر گردن سوخ و نسبت ارتفاع به سوخ بین سطوح شوری و ژنوتیپ‌ها همگی در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد، اما بین سطوح روش کاشت معنی‌دار نشده‌اند.

اثر شوری آب آبیاری

مقایسه میانگین‌های عملکرد کل و عملکرد بازارپسند بین تیمارهای شوری، در جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد کل و بازارپسند معنی‌دار است به طوری که در شوری ۱ دسی زیمنس بر متر به ترتیب با ۷۷/۸۹ و ۶۷/۰۸ تن بر هکتار بیشترین عملکرد کل و عملکرد بازارپسند تولید گردید و در شوری‌های ۳، ۵ و ۷ دسی زیمنس بر متر عملکرد کل

به ترتیب حدود ۱۵/۳، ۳۷/۸ و ۶۱/۲ درصد نسبت به شوری ۱ دسی زیمنس بر متر کاهش یافت. تغییرات قطر سوخ نیز بین تیمارهای شوری روندی مشابه تغییرات عملکرد نشان داد و با افزایش تنش شوری به طور معنی‌داری کاهش یافت همچنین مقایسه میانگین‌های ارتفاع سوخ بین سطوح شوری نشان داد که بیشترین ارتفاع سوخ در شوری ۱ و کمترین آن در شوری ۷ دسی زیمنس بر متر بدست آمد، بطوریکه تفاوت ارتفاع سوخ بین شوری‌های ۳ و ۵، ۱ و ۳ و ۵ با ۷ دسی زیمنس بر متر معنی‌دار نگردید. تغییرات قطر گردن سوخ بین تیمارهای شوری روند مشخصی نداشت کمترین قطر گردن در سطح شوری ۱ و بیشترین آن در سطح ۳ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد. اختلاف قطر گردن سوخ بین شوری‌های ۵ با ۷ دسی‌زیمنس و نیز بین شوری‌های ۳ و ۵ با ۷ دسی زیمنس بر متر معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب دوساله اثرات سال، شوری، ژنوتیپ و روش کاشت، اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد کل، عملکرد بازاریسند و خصوصیات سوخ تولیدی.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد کل	عملکرد بازاریسند	قطر سوخ	ارتفاع سوخ	قطر گردن سوخ	نسبت ارتفاع به قطر سوخ
سال (Y)	۱	۷/۶۹ n.s.	۱۳/۱۵ n.s.	۰/۳۶ n.s.	۰/۰۱ n.s.	۰/۰۰۰۵ n.s.	۰/۰۱۵۶ n.s.
تکرار (Rep)	۶	۴۰۰/۷۱	۱۸۱/۴۷	۰/۴۷ n.s.	۰/۵۳	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۴
شوری A	۳	۲۷۷۸۷/۳۳**	۲۳۵۵۸/۰۷**	۲۷/۸۹**	۵/۷۳**	۰/۱۶۶۶**	۰/۲۹۱۹**
اثر متقابل YA	۳	۶/۴۱ n.s.	۲۱۵/۲۱ n.s.	۰/۱۹ n.s.	۰/۰۱ n.s.	۰/۰۲۴۷ n.s.	۰/۰۰۷۵ n.s.
Rep×A(Y)	۱۸	۱۱۳/۷۱	۸۳/۰۲	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۱۳
روش کاشت B	۱	۲۱۳/۰۵ n.s.	۱۱۱/۳ n.s.	۰/۱۸ n.s.	۳۷ n.s. /	۰/۰۲۱۴ n.s.	۰/۰۰۱۱ n.s.
اثر متقابل AB	۳	۱۴۳/۳۱ n.s.	۱۸۹/۹۱ n.s.	۰/۴۱ n.s.	۰/۳۱ n.s.	۰/۰۱۵۳ n.s.	۰/۰۰۷۶ n.s.
اثر متقابل YB	۳	۵/۱۴ n.s.	۰/۵۶ n.s.	۰/۰۲ n.s.	۰/۰۹ n.s.	۰/۰۱۶۶ n.s.	۰/۰۰۲۸ n.s.
اثر متقابل YAB	۳	۳/۳۸ n.s.	۱۲/۶۷ n.s.	۰/۰۴ n.s.	۰/۰۴ n.s. /	۰/۰۱۰۳ n.s.	۰/۰۰۷۷ n.s. /
Rep×A×B(Y)	۲۴	۸۷/۶۲	۹۲/۵۰	۰/۴۴	۰/۱۵	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۶۲
ژنوتیپ C	۳	۱۱۵۷۷/۰۷**	۱۱۰۲/۴۷**	۲۲/۲۳**	۳۳/۴۱**	۴/۱۶۹۱**	۳/۵۳۹۱**
اثر متقابل AC	۹	۱۶۳/۸۷*	۱۲۷/۶۳	۰/۲۹ n.s.	۱/۶۳	۰/۰۵۰۵**	۰/۰۸۹۳**
اثر متقابل BC	۳	۴۱۲/۰۴**	۷۶۶/۰۷	۰/۶۸ n.s.	۰/۸۸	۰/۱۶۸۰**	۰/۰۱۳۰ n.s.
اثر متقابل YC	۳	۲/۰۶ n.s.	۱۲/۷ n.s.	۰/۰۲ n.s.	۰/۰۲ n.s.	۰/۰۰۰۷ n.s.	۰/۰۰۰۶ n.s.
اثر متقابل ABC	۹	۱۶۵/۱۳**	۱۸۲/۰۰**	۰/۰۱ n.s.	۰/۴۴**	۰/۰۹۸۹	۰/۰۱۳۹ n.s.
اثر متقابل YAC	۹	۱/۵۶ n.s.	۷۵/۵۲ n.s.	۰/۲۰ n.s.	۰/۰۳ n.s.	۰/۰۰۳۳ n.s.	۰/۰۰۰۷ n.s.
اثر متقابل YBC	۳	۰/۱۵ n.s.	۶/۶۵ n.s.	۰/۰۱ n.s.	۰/۰۲ n.s.	۰/۰۰۲۳ n.s.	۰/۰۰۰۵ n.s.
اثر متقابل YABC	۶	۰/۴۶ n.s.	۶/۴۶ n.s.	۰/۰۱ n.s.	۰/۰۲ n.s.	۰/۰۱۲۷ n.s.	۰/۰۰۰۷ n.s.
خطا	۱۴۴	۴۸/۰۵	۷/۱۲	۰/۱۲ n.s.	۰/۰۹	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۶۸
C.V.	-	۱۴/۴۶	۱۵/۳۵	۶/۰۵	۶/۳۰	۹/۳۲	۸/۷۷

** و * به ترتیب علامت تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد آماری و n.s علامت نداشتن تفاوت معنی‌دار است.

هدفهین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

اثر ژنوتیپ‌ها مختلف پیاز بر عملکرد کل و عملکرد بازار پسند

مقایسه میانگین‌های عملکرد کل، عملکرد بازارپسند، قطر، ارتفاع و قطر گردن سوخ را بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در جدول ۳ نشان می‌دهد. بیشترین عملکرد کل و بازارپسند مربوط به توده سفید قم (به ترتیب با ۷۴/۲۳ و ۶۵/۳۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین از رقم سوئیت اسپانیش (به ترتیب با ۴۴/۰ و ۳۵/۱۲ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. میانگین عملکرد کل توده قرمز درجه نیز با اختلاف معنی‌داری بعد از میانگین عملکرد کل توده سفید کاشان در گروه آماری C قرار گرفت، اما میانگین عملکرد بازارپسند توده‌های قرمز درجه و سفید کاشان اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های عملکرد کل، عملکرد بازارپسند و خصوصیات سوخ تولیدی، در سطوح شوری آب آبیاری.

نسبت ارتفاع به قطر سوخ	قطر گردن سوخ	ارتفاع سوخ	قطر سوخ	عملکرد بازارپسند	عملکرد کل	شوری آب آبیاری
۰/۸۸ ^d	۰/۹ ^c	۵/۱۶ ^a	۶/۰ ^a	۶۷/۰۸ ^a	۷۷/۸۹ ^a	۱
۹/۹ ^c	۱/۰ ^b	۴/۹۴ ^{ab}	۵/۵۸ ^b	۵۵/۴۵ ^b	۶۵/۹۵ ^b	۳
۰/۹۶ ^b	۱/۰۸ ^a	۴/۹۶ ^{bc}	۵/۰۱ ^c	۲۲/۸۱ ^c	۴۸/۴۶ ^c	۵
۱/۰۳ ^a	۱/۰ ^b	۴/۴۷ ^c	۴/۴۹ ^d	۲۲/۸۱ ^d	۳۰/۲۰ ^d	۷

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون چند دامنه ای دانکن).

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های عملکرد کل (تن بر هکتار) ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف شوری.

ژنوتیپ	شوری آب آبیاری (dS/m)			
	۱	۳	۵	۷
قرمز درجه	۷۰/۶۹ ^d	۵/۳۱ ^{fg}	۴۰/۴۷ ⁱ	۲۶/۹۵ ^k
سفید کاشان	۷۷/۷۸ ^c	۶۷/۲۰ ^e	۴۹/۵۱ ^g	۳۱/۲۹ ^j
سفید قم	۹۲/۷۳ ^a	۸۹/۴۵ ^b	۷۰/۵۸ ^d	۴۴/۱۲ ^h
سوئیت اسپانیش	۷۰/۴۰ ^d	۵۳/۸۱ ^f	۳۲/۲۹ ^j	۱۸/۴۵ ^l

میانگین‌ها با حروف مشابه از نظر آماری در سطح ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون چند دامنه ای دانکن).

توده سفید قم با میانگین ۶/۰۲ سانتی متر بیشترین و رقم سوئیت اسپانیش با میانگین ۴/۵۸ سانتی متر کمترین قطر سوخ را داشت و بین توده‌های قرمز درجه و سفید کاشان تفاوت معنی‌داری نبود. ارتفاع سوخ در رقم سوئیت اسپانیش با ۵/۵۰ سانتی متر و توده سفید کاشان با ۵/۳۷ سانتی متر بیشترین و در توده قرمز درجه با ۴/۰۸ سانتی متر در پائین‌ترین سطح آماری قرار گرفتند (جدول ۴). سوخ‌های تولید شده در توده پیاز سفید کاشان و قرمز درجه اصفهان به ترتیب با میانگین‌های ۱/۳۱ و ۰/۶۸ سانتی‌متر دارای بیشترین و کمترین قطر گردن بودند (جدول ۳).

اثر روش کاشت بر عملکرد

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

اثر روش‌های مختلف کاشت بر عملکرد و خصوصیات آن در روش‌های کاشت معنی‌دار نشد. اثرات متقابل روش کاشت در ژنوتیپ برای عملکرد کل، عملکرد بازارپسند، قطر، ارتفاع و قطر گردن سوخ معنی‌دار گردید، اما تفاوت نسبت ارتفاع به قطر سوخ ژنوتیپ‌ها در دو روش کاشت معنی‌دار نگردید (جدول ۱). جدول ۴ نشان می‌دهد که عملکرد کل توده سفید قم در دو روش کشت نشائی و مستقیم از عملکرد سایر ژنوتیپ‌ها بیشتر است هر چند که عملکرد این توده در روش کاشت مستقیم نسبت به روش نشائی، به طور معنی‌داری بیشتر بود. احتمالاً حساسیت نشاء توده سفید قم به شوری در اثر تغییرات ناگهانی شرایط محیطی، نسبت به گیاهچه‌های حاصل از کشت مستقیم آن بیشتر بوده است.

تفاوت عملکرد کل سایر ژنوتیپ‌ها در دو روش کاشت از نظر آماری معنی‌دار نشد (جدول ۴). عملکرد کل در توده قرمز درجه و رقم سوئیت اسپانیش در روش کشت نشائی تفاوت معنی‌داری نداشتند با این وجود عملکرد بازارپسند در توده قرمز درجه در هر دو روش کاشت نسبت به رقم سوئیت اسپانیش در سطح آماری بالاتری قرار گرفت (جدول ۴). روند تغییرات عملکرد بازارپسند و قطر سوخ هر ژنوتیپ در دو روش کاشت مشابه عملکرد کل بود با این تفاوت که عملکرد بازارپسند توده سفید کاشان در کشت نشائی به طور معنی‌داری بیشتر از کشت مستقیم گردید (جدول ۴).

بطور کلی کشت نشائی با ۵ نوبت آبیاری کمتر نسبت به کشت مستقیم (۱۶ در مقایسه با ۲۱) راندمان مصرف آب را افزایش می‌دهد. با توجه به هزینه بالای کارگری لازم است که اقدامات لازم در جهت مکانیزاسیون کشت نشائی و انتخاب رقم مناسب صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

با افزایش شوری آب آبیاری از ۱ دسی زیمنس بر متر عملکرد و اندازه سوخ کاهش می‌یابد. با افزایش شوری شکل سوخ در ژنوتیپ‌های سفید کاشان و سوئیت اسپانیش کشیده تر و با گردن کلفت می‌شود. عکس العمل ژنوتیپ‌های مورد آزمایش نسبت به شوری متفاوت است. توده سفید قم نسبت به سایر ژنوتیپ‌های آزمایشی متحمل به شوری بوده و سرعت کاهش عملکرد آن تا شوری آب آبیاری ۳ دسی زیمنس بر متر نسبت به سه ژنوتیپ دیگر کمتر می‌باشد. عملکرد رقم سوئیت اسپانیش در شوری‌های بالاتر از ۳ دسی زیمنس بیشتر از توده درجه تحت تأثیر تنش شوری، کاهش می‌یابد.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و عملکرد بازارپسند (تن بر هکتار) ژنوتیپ‌ها در روش کاشت مستقیم و نشائی

روش کاشت	عملکرد		
	قرمز درجه	سفید کاشان	سفید قم
مستقیم	۴۸/۴۸ ^d	۵۵/۲۳ ^c	۷۸/۴۲ ^a
نشائی	۴۷/۲۲ ^{de}	۵۷/۶۵ ^c	۷۰/۰۴ ^b
	عملکرد بازارپسند		
مستقیم	۴۲/۷۹ ^{cd}	۴۰/۹۱ ^d	۷۰/۸۰ ^a
نشائی	۴۰/۸۹ ^{cd}	۴۵/۷۳ ^c	۵۹/۹۲ ^b

میانگین‌های با حروف مشابه از نظر آماری در سطح ۵٪ فاقد اختلاف معنی‌دار هستند (آزمون چند دامنه ای دانکن).

فهرست منابع

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

- (۱) فیضی، محمد. ۱۳۷۶. اثر کیفیت و میزان آب آبیاری بر شوری زدایی خاک در منطقه رودشت اصفهان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.
 - (۲) آریا پروین و میرخانی رسول. ۱۳۸۴. روش‌های اندازه‌گیری ویژه‌گی‌های فیزیکی خاک. نشریه فنی شماره ۴۷۹. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. انتشارات سنا. تهران ایران. ۳۱ صفحه.
 - (۳) امین پور، رضا، رضایی، مصلح الدین و مبللی، مصطفی. ۱۳۸۸. بررسی عملکرد ژنوتیپ‌های پیاز تحت تاثیر شوری آب در اصفهان. دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. اصفهان. اردیبهشت ۱۳۸۸.
 - (۴) خنکهدانی، حامد. خدادادی، محسن. و ابوطالبی، عبدالحسین. ۱۳۹۲. اثر روشهای کاشت مستقیم و نشایی پیاز بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف پیاز (*Allium cepa* L.) در شرایط روز کوتاه. مجله علمی پژوهش اکوفیزیولوژیکی گیاهی. سال هشتم. شماره بیست و هفت، زمستان ۹۵.
 - (۵) دانشی، ناصر. ۱۳۹۱. بررسی اثر رژیمهای مختلف آبیاری و روشهای کشت بر خصوصیات کمی و کیفی پیاز رقم قولی قصه. انتشارات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال. ۱۷ صفحه.
 - (۶) مرتضوی، ا. ۱۳۷۴. بررسی اثرات روش کاشت و مصرف شن روی عملکرد ارقام انتخابی پیاز. خلاصه مقالات دومین سمینار سبزی و صیفی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج. صفحه ۴۹ تا ۵۱.
- 7) Abu-Awwad, A. M. 1996. Irrigation water management for onion trickle irrigated with saline drainage water. International Refereed research journal. Dirasat Agricultural Sciences. 23:46-54.
 - 8) Doss, O. C., M. E. Bartolo, J. C. Davis, and G. E. Cardon. 2002. Interactions between salinity and onion production practices in the Arkansas Valley, Colorado. National Allium Research Conference. Pasco, WA. Colorado State.
 - 9) Richard G. A., S.P. Luis, D. Raes, and M. Smith. 1999. Crop evapotranspiration. FAO 56.

Effects of irrigation water salinity and cultivation method on yield and morphological characteristics of onions

Ahmad Ramezani^{*1}, Moslehuddin Rezaei²

¹= Ahmad Ramazani, Assistant Professor of Horticultural Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

²= Resercher of Soil and Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran.

Abstract

The effects of irrigation water salinity on yield and characteristics of spring onion genotypes based on randomized complete block with 4 replications in split split plot design were studied in Rudasht Research Station in Isfahan during two years. Four salinity levels of irrigation water (1, 3, 5 and 7 dS/m) as main plots, and two methods of planting (direct seeding and transplanting) as subplots and four genotypes of spring onion (Ghermez Dorchehe Isfahan, Sefide Kashan, Sefide Qom and Spanish Suite) as sub-plots. Increasing salinity from 1 to 7 dS / m, decreased total yield, marketable yield and bulb size significantly. Total yield in salinity

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

treatments of 3, 5 and 7 dS / m compared to the control decreased by 15.3%, 37.8% and 6.2%, respectively. Total yield and bulb characteristics of all genotypes except Sefide Qom in the two planting methods were not significantly different, but the total yield of Sefide Qom in transplanting compared to direct seeding significantly increased. The highest total and marketable yield was obtained from Sefide Qom (74.23 and 65.36 t/h) and the lowest were obtained from Spanish Suite (43.99 and 35.12 t/h) respectively.

Keywords: Onion, Water salinity, Spring genotypes, Direct seeding, Transplanting

بررسی همپوشانی کلاس‌های آب و هوایی و نقشه رده‌بندی خاک‌های دنیا

فرناز شرقی^{۱*}، سید بهمن موسوی^۲، مهدی رحمتی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

(* نویسنده مسئول: sharghi.fr@gmail.com

چکیده

بررسی همپوشانی کلاس‌های آب و هوایی و نقشه رده‌بندی خاک‌ها می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی در خصوص نحوه تشکیل و مدیریت آنها ارائه دهد. در همین راستا، در تحقیق حاضر اقدام به بررسی همپوشانی کلاس‌های آب و هوایی و نقشه رده‌بندی خاک‌های دنیا شد. برای این منظور از نقشه آب و هوایی کوپن- گیگر و نقشه رده‌بندی خاک دنیا استفاده شد. همپوشانی کلاس‌های آب و هوایی و کلاس‌های رده‌بندی خاک در محیط نرم‌افزار ArcGIS بررسی و مساحت سطح پوشش آنها تعیین و گزارش شد. نتایج پژوهش نشان داد که عمده خاک‌ها در کلاس آب و هوایی خشک در رده اریدی سول یا آنتی سول، در کلاس آب و هوایی قطبی در رده جلی سول‌ها، در کلاس آب و هوایی گرم و معتدل در رده‌های اینسپتی سول، آلتی سول و آلفی سول‌ها، در کلاس آب و هوایی استوایی در رده‌های اوکسی سول و آلتی سول و در کلاس آب و هوایی برفی در رده اینسپتی سول و جلی سول قرار می‌گیرند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که میزان توسعه‌یافتگی خاک‌ها در شرایط آب و هوایی گرم و معتدل و استوایی بیشتر از سه کلاس آب و هوایی دیگر می‌باشد.

واژگان کلیدی: نقشه رده‌بندی خاک، کلاس آب و هوایی، همپوشانی نقشه‌ها، توزیع مکانی.

مقدمه

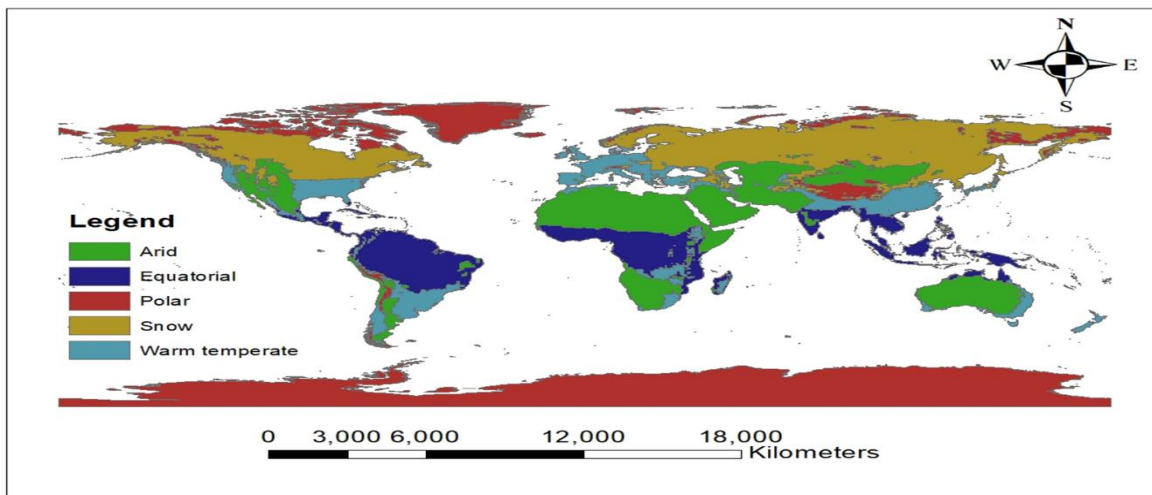
آب و هوا یا اقلیم یکی از مهمترین عوامل در تخریب شیمیایی و تشکیل خاک می‌باشد. از مهمترین فاکتورهای آب و هوایی تاثیرگذار در تشکیل خاک، می‌توان به بارندگی و درجه حرارت اشاره کرد به طوری که بارندگی با تامین رطوبت خاک موجب رخداد واکنش‌های شیمیایی درون خاک می‌گردد و درجه حرارت نیز در کنترل سرعت واکنش‌ها نقش دارد. از طرفی دیگر، اقلیم و به طور خاص رطوبت و درجه حرارت در نوع پوشش گیاهی منطقه و در نتیجه میزان و کیفیت ماده آلی خاک و همچنین در کمیت و کیفیت رشد موجودات زنده در خاک نیز نقش دارد و از این طریق به طور غیرمستقیم نیز در تشکیل خاک تاثیرگذار می‌باشد. گروثر (Growther, 1930) از دانشمندان پیشرو در بررسی نقش اقلیم در تشکیل و توزیع انواع مختلف خاک می‌باشد به طوری که بررسی‌های ایشان منجر به ارائه ضابطه‌ای برای بررسی تاثیر درجه حرارت و مقدار باران در تشکیل خاک شد که تحت عنوان عامل آبشویی شناخته می‌شود. فیلیپ و ماریون (Phillips and Marion, 2005) نیز اعتقاد دارند که خاک‌ها در هر موقعیتی از سرزمین که باشند، به صورت مستقیم یا غیرمستقیم تحت تاثیر عوامل و فرآیندهای خاکسازي یا برهمکنش‌های پیچیده خود با فرآیندهای آبشناختی و زمین‌شناختی تشکیل و تکامل می‌یابند که در این بین آب و هوا نیز نقش بسیار مهمی دارد.

با در نظر گرفتن موارد فوق، به نظر می‌رسد بررسی روابط خاک با اقلیم، می‌تواند مفاهیم درک پراکنش و تشکیل خاک و توصیف تغییر پذیری مکانی خاک‌ها را هر چه بیشتر تشریح نماید. بررسی چنین روابطی نیازمند نقشه‌های رده‌بندی خاک و کلاس‌های آب و هوایی در مقیاس بزرگ می‌باشد که در سال‌های اخیر ارائه شده‌اند. لذا در این تحقیق تلاش خواهد شد با به کارگیری نقشه‌های رده‌بندی خاک و کلاس‌های آب و هوایی موجود، پراکنش و توزیع رده‌های مختلف خاک در کلاس‌های آب و هوایی مختلف در سطح جهان بررسی شود.

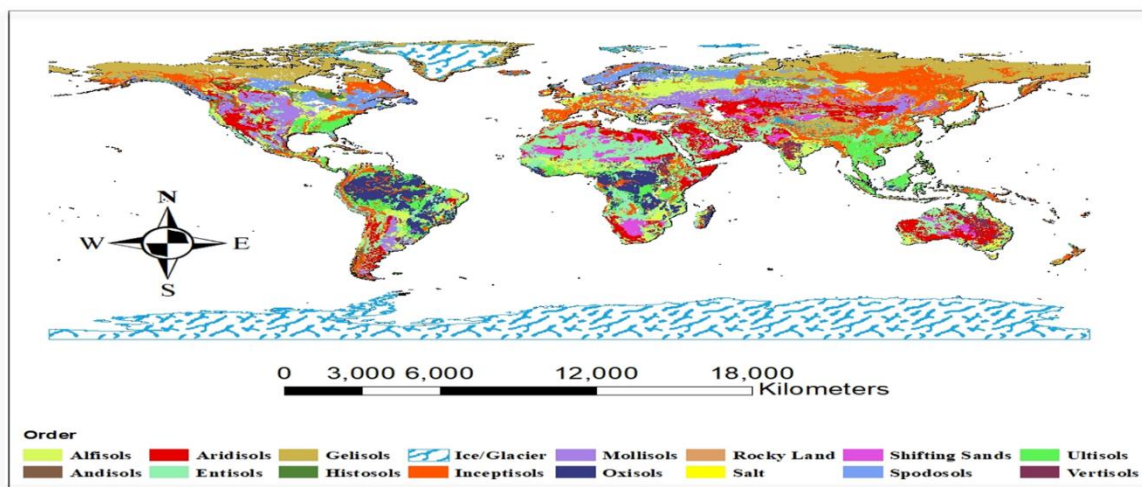
هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از نقشه‌های آب و هوایی کوپن- گیگر (Beck et al, 2018) با رزولوشن مکانی یک کیلومتر (شکل ۱) و نقشه رده‌بندی خاک دنیا (Eswaran et al., 2012) با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰۰ (شکل ۲) استفاده شد. برای بررسی همپوشانی کلاس- های آب و هوایی و کلاس‌های رده‌بندی خاک، سطوح مشترک دو نقشه در محیط نرم‌افزار ArcGIS بررسی و مساحت سطح پوشش آنها تعیین و گزارش شد.



شکل ۱- نقشه کلاس آب و هوایی کوپن- گیگر (Beck et al, 2018)



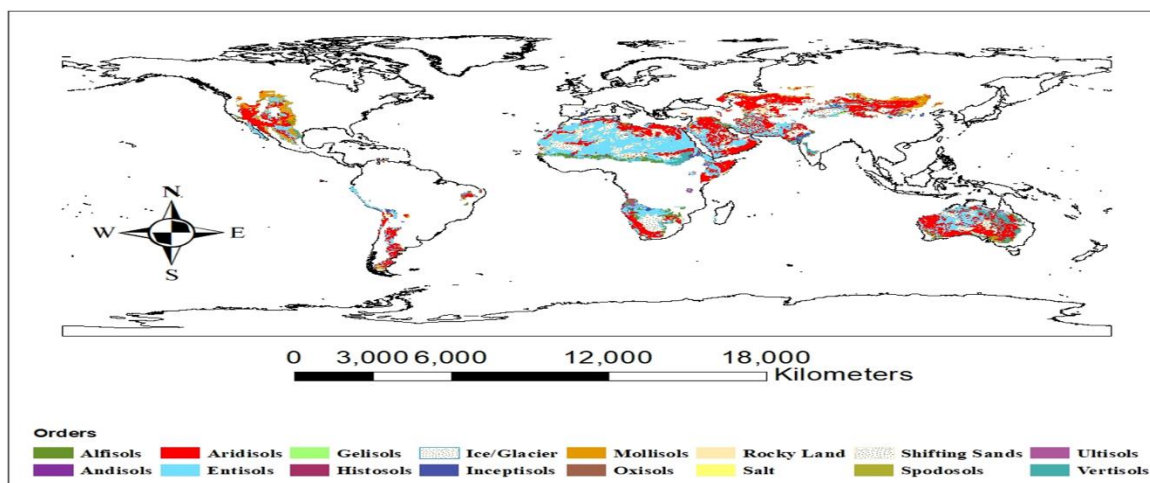
شکل ۲- نقشه نقشه رده‌بندی خاک دنیا (Eswaran et al., 2012)

نتایج و بحث

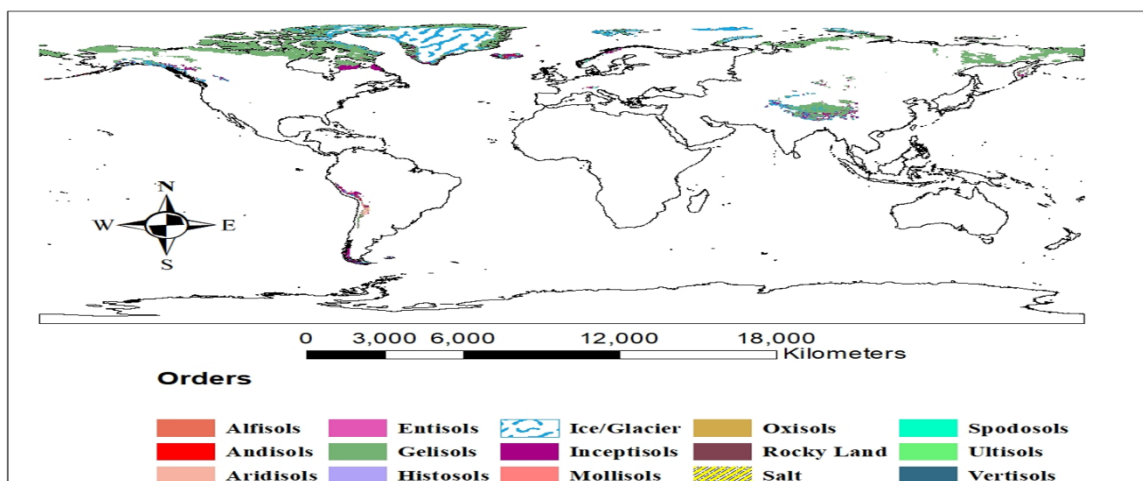
نتایج بررسی همپوشانی نقشه‌های کلاس آب و هوایی و نقشه رده‌بندی خاک در مقیاس جهانی در ۵ کلاس آب و هوایی اصلی شامل آب و هوای خشک، قطبی، گرم و معتدل، استوایی و برفی در شکل‌های ۳ تا ۷ ارائه شده است. همچنین آماره توصیفی رده‌های خاک در هر کدام از کلاس‌های آب و هوایی نیز در جداول ۱ تا ۵ گزارش شده است. نتایج نشان دهنده این هست که حدود ۹ درصد از اریدی‌سول‌ها و ۸٫۵ درصد انتی‌سول‌ها در کلاس آب و هوایی خشک قرار می‌گیرند که در مجموع حدود

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

۶۵ درصد اراضی خشک دنیا را شامل می‌شوند. حدود ۴/۵ درصد از جلی‌سول‌ها نیز در کلاس آب و هوایی قطبی قرار می‌گیرند که در برگیرنده حدود ۶۵ درصد اراضی با آب و هوای قطبی می‌باشد. اینسپتی‌سول‌ها دیگر رده عمده خاک هستند که در این کلاس آب و هوایی تشکیل می‌شوند (حدود ۱۰ درصد کل اراضی با آب و هوای قطبی). رده‌های خاک اینسپتی‌سول، آلتی‌سول، آلفی‌سول‌ها و انتی‌سول چهار گروه عمده خاک هستند که در کلاس آب و هوایی گرم و معتدل تشکیل می‌شوند به طوری که به ترتیب ۱۹، ۱۷، ۱۳ و ۱۰ درصد اراضی کلاس آب و هوایی گرم و معتدل و مجموعاً حدود ۹ درصد اراضی کل زمین را تشکیل می‌دهند. رده‌های خاک اوکسی‌سول، آلتی‌سول، اینسپتی‌سول، آلفی‌سول و انتی‌سول به ترتیب با ۲۳، ۲۴، ۱۲، ۱۰ و ۹ درصد اراضی کلاس آب و هوایی استوایی نیز عمده‌ترین خاک‌های تشکیل شده در محدوده آب و هوای استوایی می‌باشند. رده‌های خاک اینسپتی‌سول، جلی‌سول، اسپادوسول و مالی‌سول به ترتیب با ۲۹، ۲۲، ۱۰ و ۱۰ درصد اراضی کلاس آب و هوایی برفی نیز عمده‌ترین رده‌های خاک تشکیل شده در محدوده آب و هوایی برفی می‌باشند. نتایج فوق نشان دهنده توسعه یافتگی بیشتر خاک‌ها در کلاس آب و هوایی استوایی و گرم و معتدل در مقایسه با کلاس آب و هوایی خشک، قطبی و برفی می‌باشد که بیانگر تاثیر شرایط آب و هوایی مختلف در تشکیل و توسعه یافتگی خاک‌ها می‌باشد به طوری که با افزایش درجه حرارت و میزان بارندگی میزان توسعه یافتگی خاک‌ها بیشتر می‌شود (Growther, 1930).

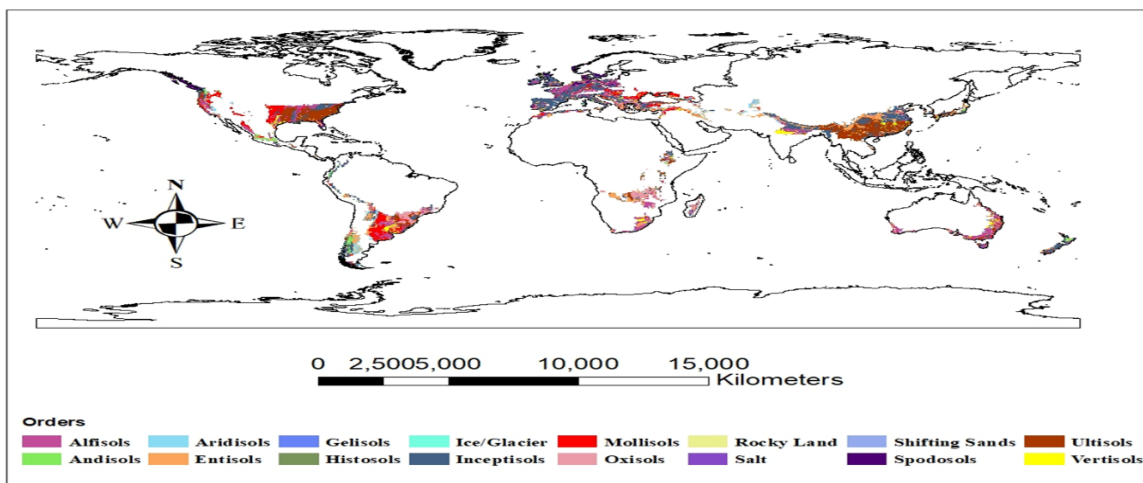


شکل ۳- توزیع رده‌های مختلف خاک در کلاس آب و هوای خشک (Arid)

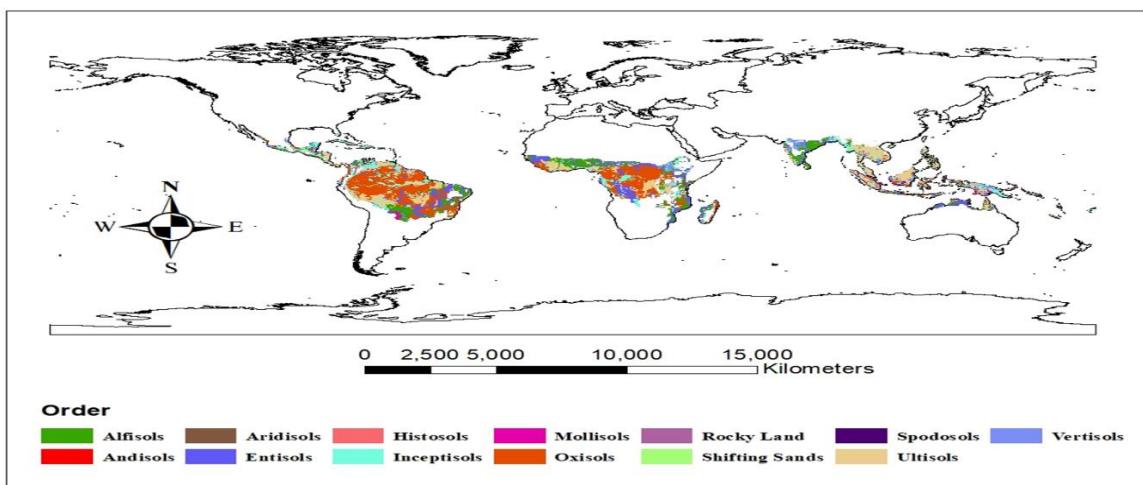


شکل ۴- توزیع رده‌های مختلف خاک در کلاس آب و هوای قطبی (Polar)

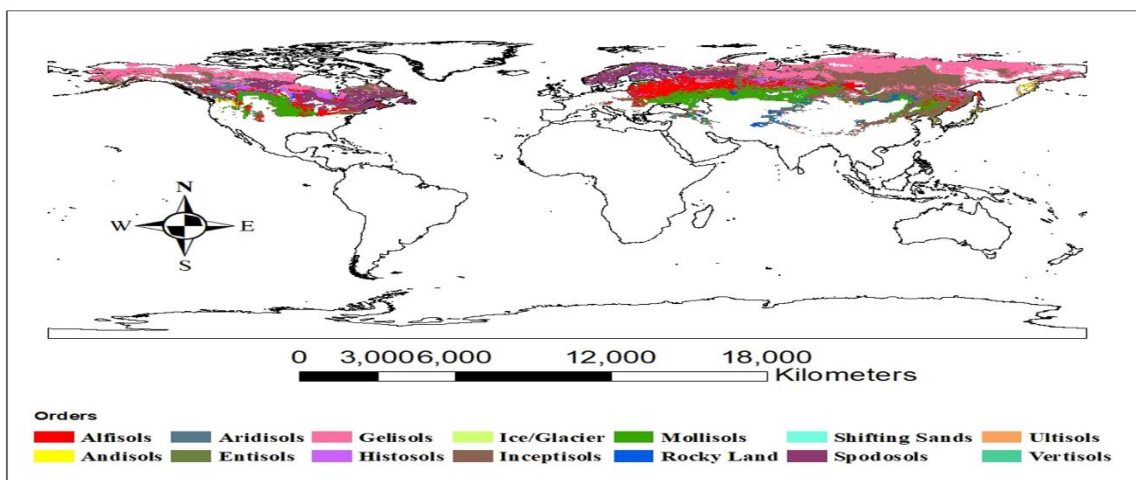
هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



شکل ۵- توزیع رده های مختلف خاک در کلاس آب و هوای گرم و معتدل (Warm temperate)



شکل ۶- توزیع رده های مختلف خاک در کلاس آب و هوای استوایی (Equatorial)



شکل ۷- توزیع رده های مختلف خاک در کلاس آب و هوای برفی (Snow)

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

جدول ۱- توصیف آماری رده و زیررده های مختلف خاک در

کلاس آب وهوایی قطبی			
مساحت (درصد)	مساحت (km)	زیررده	رده بندی
۲/۵۶۸	۵۷۷۱۱۸۳	Orthels	Gelisols
۱/۸۸۴	۴۲۳۳۶۸۷	Turbels	Gelisols
۱/۳۵۷	۳۰۴۹۷۰۳	Ice/Glacier	Ice/Glacier
۰/۳۳۹	۷۶۱۷۳۹	Gelepts	Inceptisols
۰/۳۳۰	۷۴۲۲۶۵	Cryepts	Inceptisols
۰/۱۲۴	۲۷۸۲۳۴	Rocky Land	Rocky Land
۰/۳۰۶	-		سایر رده ها

جدول ۲- توصیف آماری رده و زیررده های مختلف خاک در

کلاس آب وهوایی خشک			
مساحت (درصد)	مساحت (km)	زیررده خاک	رده خاک
۶/۰۸۸	۱۳۶۷۹۳۸۶	Orthents	Entisols
۳/۶۳۷	۸۱۷۲۵۰۱	Argids	Aridisols
۳/۱۱۹	۷۰۰۸۱۷۳	Shifting Sands	Shifting Sands
۲/۸۶۶	۶۴۴۰۰۸۳	Calcids	Aridisols
۱/۸۴۹	۴۱۵۵۳۱۰	Psamments	Entisols
۱/۶۷۸	۳۷۷۱۴۶۵	Cambids	Aridisols
۱/۰۱۴	۲۲۷۷۸۱۲	Torrerts	Vertisols
۶/۵۲۹	-	-	سایر رده ها

جدول ۳- توصیف آماری رده و زیررده های مختلف خاک در

کلاس آب وهوای استوایی			
مساحت (درصد)	مساحت (km)	زیررده	رده بندی
۲/۵۵۰	۵۷۲۹۱۱۰	Udox	Oxisols
۱/۷۸۱	۴۰۰۲۰۰۸	Udults	Ultisols
۱/۷۵۰	۳۹۳۳۰۰۹	Ustalfs	Alfisols
۱/۶۹۷	۳۸۱۴۱۸۳	Ustults	Ultisols
۱/۵۵۱	۳۴۸۶۳۰۸	Udepts	Inceptisols
۱/۳۰۵	۲۹۳۳۴۶۴	Ustox	Oxisols
۱/۰۰۷	۲۲۶۲۹۶۲	Orthents	Entisols
۱/۰۰۶	۲۲۵۹۴۸۳	Psamments	Entisols
۵/۷۶۶	-	-	سایر رده ها

جدول ۴- توصیف آماری رده و زیررده های مختلف خاک در

کلاس آب وهوایی گرم و معتدل			
مساحت (درصد)	مساحت (km)	زیررده	رده بندی
۲/۴۹۲	۵۵۹۹۷۷۲	Udults	Ultisols
۱/۵۶۶	۳۵۱۹۷۲۷	Orthents	Entisols
۱/۵۲۱	۳۴۱۸۲۴۹	Udepts	Inceptisols
۱/۱۰۵	۲۴۸۴۱۲۶	Udalfs	Alfisols
۰/۸۴۳	۱۸۹۵۱۹۶	Ustalfs	Alfisols
۰/۷۸۲	۱۷۵۷۸۶۶	Aquepts	Inceptisols
۰/۶۱۴	۱۳۷۹۱۷۴	Ustolls	Mollisols
۰/۵۷۰	۱۲۸۱۰۰۰	Ustepts	Inceptisols
۵/۳۲۴	-	-	Others

جدول ۵- توصیف آماری رده و زیررده های مختلف خاک در کلاس آب وهوای برفی

مساحت (درصد)	مساحت (km)	زیررده	رده بندی
۴/۴۲۸	۹۹۴۸۹۴۰	Gelepts	Inceptisols
۲/۶۰۵	۵۸۵۴۳۴۳	Orthels	Gelisols
۱/۹۸۱	۴۴۵۰۷۷۰	Turbels	Gelisols
۱/۶۸۵	۳۷۸۵۵۸۰	Cryalfs	Alfisols
۱/۵۴۹	۳۴۸۱۸۱۹	Cryods	Spodosols
۱/۴۶۵	۳۲۹۰۹۶۵	Cryepts	Inceptisols
۱/۳۸۶	۳۱۱۴۸۲۷	Cryolls	Mollisols
۱/۰۵۵	۲۳۷۰۱۰۶	Ustolls	Mollisols
۷/۸۶۲	-	-	سایر رده ها

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش بیانگر این است که عمده خاک‌ها در کلاس آب و هوایی خشک در رده آریدی سول یا آنتی سول، در کلاس آب و هوایی قطبی در رده جلی سول‌ها، در کلاس آب و هوایی گرم و معتدل در رده‌های اینسپتی سول، آلتی سول و آلفی سول‌ها، در کلاس آب و هوایی استوایی در رده‌های اوکسی سول و آلتی سول و در کلاس برفی در رده اینسپتی سول و جلی سول قرار می‌گیرند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که میزان توسعه‌یافتگی خاک‌ها در شرایط آب و هوایی گرم و معتدل و استوایی بیشتر از سه کلاس آب و هوایی دیگر می‌باشد.

فهرست منابع

- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018). Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific data*, 5(1), 1-12.
- Crowther, E. M. (1930). The relationship of climatic and geological factors to the composition of soil clay and the distribution of soil types. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character*, 107(748), 1-30.
- Eswaran, H., Reich, P.F. and Padmanabhan, E. (2012). World soil resources: Opportunities and challenges. In: R. Lal et al. (Eds.) *World Soil Resources and Food Security*. CRC Press. p. 29-51.
- Phillips, J.D., Marion, D. (2005). Biomechanical effects, lithological variations, and local pedodiversity in some forest soils of Arkansas. *Geoderma*, 124, 73-89.

Investigating the Overlap of Climate Classes and the Soil Classification Map of the World

Farnaz Sharghi^{1*}, Seyed Bahman Mousavi², Mehdi Rahmati²

1- Master student, Department of Soil Science and Engineering, Maragheh University, Maragheh, Iran

2- Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Maragheh University, Maragheh, Iran

*) corresponding author: sharghi.fr@gmail.com

Abstract

Evaluating the overlap of climatic classes and the soil classification map can provide very useful information on how the soils are formed and distributed. In this regard, in the present study, the overlap of climatic classes and soil classification map of the world was investigated. For this purpose, the Köppen-Geiger climate map and the world soil classification map were used. The overlap of climate classes and soil classification classes was investigated in ArcGIS software and the classes intersects were determined and reported. The results showed that the dominant soils orders in the Arid climate class are Aridisols or Entisols, in the polar climate class is the Gelisols, in the warm and temperate climate class are Inceptisols, Ultisols, and Alfisols, in the equatorial climate class are the Oxisols and Ultisols, and in the snow climate class are the Inceptisols and Gelisols. The results of this study show that the level of soil development in warm and temperate climate class as well as the equatorial climate class is higher than that in the remaining three climate classes.

Keywords: Soil classification map, Climate class, Map overlap, Spatial distribution

بررسی تغییر اقلیم، بر تشکیل و تحول خاکهای کشاورزی

ناهید کاوه زاده^۱، نصرت اله منتجبی^۲

۱- محقق مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان (nkavezadeh@gmail.com)

۲- استادیار مرکز تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

چکیده

تغییر اقلیم یکی از مهمترین چالشهایی است که بر اکوسیستمهای طبیعی و جنبه های مختلف زندگی انسان تاثیر دارد. افزایش انتشار گازهای گلخانه ای و تشدید پدیده تغییر اقلیم، موجب تغییر کاربری اراضی کشاورزی شده اند. اقلیم مهمترین عامل اثرگذار بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می باشد. تغییرات اقلیمی با تاثیر بر رژیمهای رطوبتی و حرارتی خاک سبب تغییر تراکم پوشش گیاهی شده و در نهایت بر ویژگیهای مختلف خاک تاثیر می گذارد. به طوری که تغییرات کربن خاک یکی از مهمترین شاخصهای نشان دهنده تاثیر اقلیم بر خاک است. نتایج این تحقیق نیز نشان می دهد که اقلیم از طریق عواملی مانند بارندگی، دما، تبخیر و تعرق، یخبندان، باد و همچنین تشعشع بر بعضی از فرآیندهای خاکسازی و بخشهای مختلف خاک تاثیر می گذارد. به طوری که فاکتورهای اقلیمی تاثیر زیادی بر تحول خاک و اجزای خاک از قبیل نوع و مقدار رس و فرسایش دارند. بنابراین با توجه به اینکه فرسایش خاک عامل مهم و اصلی افزایش گازهای گلخانه ای در اتمسفر می باشد، لذا مدیریت خاکها و کاهش فرسایش خاک از طریق اتخاذ روشهای بهینه حفاظتی، می تواند رویکرد مناسبی به منظور کاهش تغییرات اقلیمی و عامل مهمی در کنترل گازهای گلخانه ای باشد.

واژه های کلیدی: اقلیم، خاک، حفاظت، فرسایش، گازهای گلخانه ای

مقدمه

خاک، منبعی ضروری برای زنجیره غذایی و جوامع انسانی است. تشکیل خاک فرایندی کند است، در حالیکه تخریب و هدررفت آن سریع است. از این رو خاک به عنوان یک منبع غیرقابل تجدید شناخته می شود که پایداری آن مهم است.

اقلیم:

افزایش دما و تغییر الگوی آب و هوای جهانی یکی از این تغییرات است که بیشتر بر مقدار و تغییرات بارندگی و درجه حرارت تاثیر گذاشته و از طریق تغییر شدت بارندگی، پوشش گیاهی و تولید رواناب سطحی، فرسایش خاک را تحت تاثیر قرار می دهد (۱۹). میزان بارندگی و رطوبت خاک نیز تعیین کننده چگونگی پاسخ جانداران خاکریز به افزایش دما می باشد، چنانچه رطوبت خاک محدودکننده نباشد، افزایش دما سبب بهبود کارایی جوامع میکروبی، افزایش تجزیه ریشه و سایر بقایای گیاهی و در نهایت انتشار بیشتر کربن از خاک خواهد شد، اما چنانچه میزان رطوبت خاک محدودکننده باشد، افزایش دما سبب کاهش کارکردهای میکروبی، کاهش تجزیه ریشه و سایر بقایای گیاهی و در نهایت کاهش خروج کربن از خاک خواهد شد (۷۶).

تغییر اقلیم:

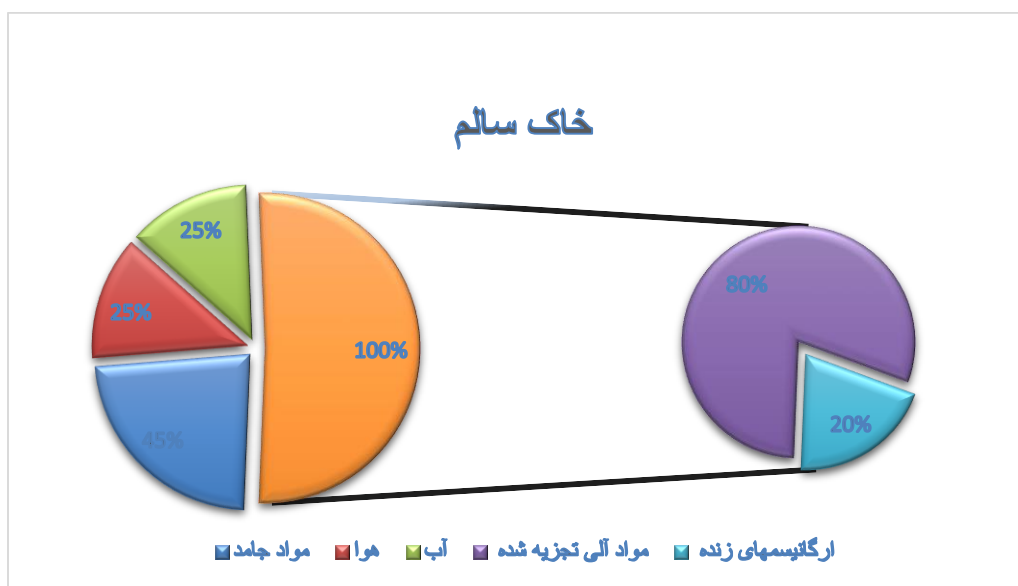
تغییر اقلیم معادل تغییرات معنی دار آماری برای متوسط وضع آب و هوا در یک دوره طولانی است که این تغییرات می تواند در میانگین دما، بارندگی، باد، تابش و دیگر متغیرهای اقلیمی باشد (۲). گرمایش کره زمین واقعیتی است که طی قرن گذشته با آن مواجه بوده ایم و دمای سطح زمین در ۱۰۰ سال گذشته ۰/۷ درجه سانتیگراد افزایش یافته که علت آن افزایش گازهای گلخانه ای در اتمسفر می باشد (۱۱). افزایش انتشار گازهای گلخانه ای و تغییر کاربری اراضی از جمله عواملی هستند که طی دهه های اخیر

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

موجب تشدید پدیده تغییر اقلیم شده‌اند. اگر چه این گازها به طور طبیعی در اتمسفر وجود دارند، اما فعالیتهای مخرب انسانی و آلودگیهای ناشی از این فعالیتهای، مقدار گازهای مذکور را به طور غیر طبیعی افزایش داده و در نتیجه گرمای ناشی از تابشهای خورشیدی در جو زمین محبوس شده و سبب گرمایش جهانی، کاهش و تغییر الگوی بارش، افزایش تبخیر و تعرق، تغییر جهت وزش باد، افزایش وقوع خشکسالی، افزایش مناطق بیابانی و تغییر در حجم منابع آب سطحی و زیرزمینی منجر شده است (۱ و ۴).

تأثیر اقلیم بر خصوصیات خاک

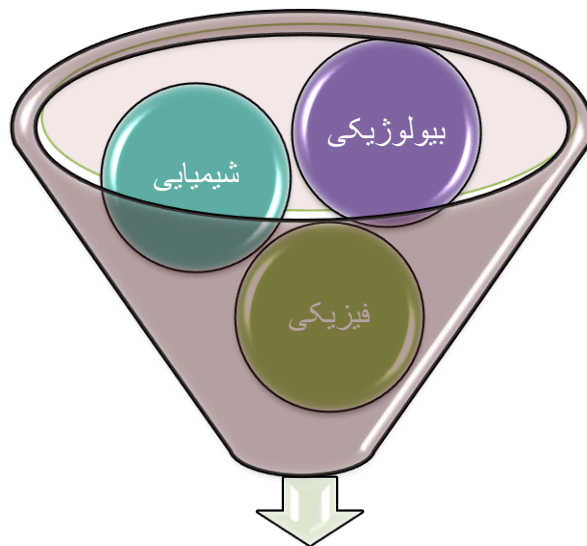
تغییرات اقلیمی با تأثیر بر رژیمهای رطوبتی و حرارتی خاک سبب تغییر تراکم پوشش گیاهی شده و در نهایت بر اشکال مختلف کربن خاک به ویژه کربن آلی خاک تأثیر می‌گذارد (۱). نقش حیاتی کربن خاک در چرخه جهانی کربن و قابلیت آن در تعدیل یا تشدید انتشار گازهای گلخانه‌ای و تأثیر آن بر گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، موجب تمرکز مطالعات روی کربن خاک شده و مباحث مربوط به کربن به یکی از مهمترین مباحث قرن ۲۱ تبدیل گردیده است (۱۷). خاک از چهار جزء اصلی تشکیل می‌شود؛ مواد معدنی، مواد آلی، آب و هوا. در حالی که معمولاً مواد معدنی از خاک رس، گل و لای و شن تشکیل می‌شوند، مواد آلی از مواد گیاهی و حیوانی ای که در مراحل مختلفی از تجزیه شدن قرار دارند، تشکیل می‌شود. خاک سالم باید شامل ۴۵ درصد مواد جامد، ۲۵ درصد هوا و ۲۵ درصد آب باشد. ۸۰ درصد از پنج درصد باقی مانده باید مواد آلی تجزیه شده و یا در حال تجزیه باشند، در حالی که ۲۰ درصد آن شامل ارگانیسم‌های زنده، ریشه‌ها و پس ماند تازه می‌باشد (شکل شماره ۱).



شکل شماره (۱) خاکهای سالم

ظرفیت مشخصه ی از خاک برای عملکرد در محدوده اکوسیستم طبیعی یا مدیریت برای حفظ بهره وری گیاه و حیوانات، حفظ یا افزایش کیفیت آب و هوا و حمایت از سلامت انسانی و زندگی

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

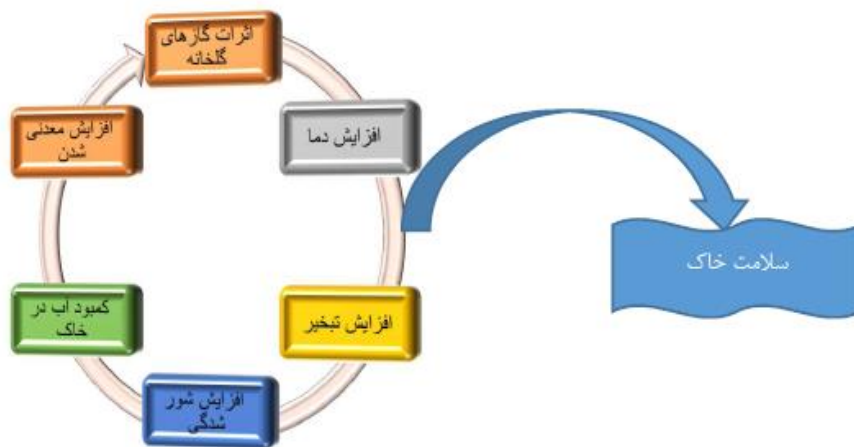


شاخصهای سلامت خاک

شکل شماره (۲) شاخصهای سلامت خاک

در مناطق وسیع و در مقیاس جهانی، تنوع اقلیمی اولین عامل کنترل کننده تغییرات کربن آلی خاک است (۲۲). کربن غیر آلی خاک نیز یکی از مهمترین ترکیبات تشکیل دهنده خاک در اقلیمهای خشک تا نیمه مرطوب می باشد (۱۳).

اثرات تغییر اقلیم بر سلامت خاک



شکل شماره (۳) تغییرات اقلیمی و خاک

تأثیر خاک بر اقلیم

مواد آلی خاک مهمترین عامل افزایش حاصلخیزی و کیفیت خاک بوده و موجب حفاظت بهینه از محیط زیست، تصفیه آلایندهها، جذب و ذخیره آب و املاح و بهبود کیفیت و کمیت آب نیز می شود. علاوه بر این عامل مهمی در تعدیل تغییرات اقلیمی و کاهش

هدفهین کنکره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

گازهای گلخانه ای می باشد (۲۳). این در حالی است که خاک نقش مهمی در انتشار گازهای گلخانه ای دارد. ویژگیهای مختلف خاک تأثیر بسزایی بر انتشار گازهای گلخانه ای و افزایش تراکم آنها در اتمسفر و در نتیجه تغییرات اقلیمی دارد. بنابراین اتخاذ روش های بهینه حفاظت و توسعه اکوسیستم های طبیعی مانند جنگلها و مراتع جذب و ذخیره گازهای گلخانه ای توسط خاک را افزایش داده و انتشار آنها را کاهش می دهد(۱۴). همچنین تغییر اقلیم ممکن است ساختار جامعه میکروبی را دگرگون سازد و در این رویکرد سرعت فرآیندها و ساز و کار کنترل آنها نیز تغییر می کند. زیرا جامعه میکروبی جدید فیزیولوژی متفاوتی از جامعه میکروبی اول خواهد داشت(۱۹). تأثیر تغییرات اقلیمی بر پروسه تشکیل و تحول خاک: در خصوص تأثیر اقلیم بر تحول خاک در صورت برابر بودن میزان تولید ماده آلی، با افزایش بارندگی و کاهش درجه حرارت، خاکها از تکامل پروفیلی و تنوع افقهای بیشتری برخوردار میشوند(۲۱). همچنین در یک زمین نما پروسه های پدوژیک و تغییرات کیفیت خاک با خصوصیات هیدرولوژیکی هماهنگی دارد(۱۶). علاوه بر اینها تنفس و زیتوده میکروبی از مهم ترین ویژگیها و شاخصها در تحول و تکوین خاک و فرآیندهای مهم اکوسیستمی نظیر چرخه جهانی کربن، چرخه عناصر غذایی و اصلاح زیستی به شمار می آید(۲). فعالیت و تنفس میکروبی عامل فراهم نمودن مواد غذایی و انرژی برای میکروارگانیسمها و گیاهان به شمار می آیند و به عوامل محیطی از جمله دما و رطوبت محیط وابسته میباشند که هر کدام به طور مستقیم یا غیر مستقیم بر این فرآیندهای مهم متابولیکی خاک موثر بوده و مهمتر اینکه اثرات متقابل آنها بر فرآیندهای مختلف میکروبی بسیار پیچیده است. بنابراین هر تغییری در دما و رطوبت، تهویه و یا میزان زیست فراهمی عناصر ناشی از تغییرات اقلیمی یا مدیریتهای متفاوت اراضی میتواند اثرات مهمی بر تنفس میکروبی خاک و متعاقب آن انتشار دی اکسید کربن از سطح خاک و چرخه عناصر غذایی داشته باشد(۱۸). همچنین از دیگر ویژگیهای میکروبی که میتوان آن را به عنوان نشانهای از سلامت اکوسیستم عنوان نمود، زیتوده میکروبی (عامل تغییر حالت مواد آلی در خاک است(۱۱)).

خاک لس یکی از مهم ترین بایگانیهای زمینی نشان دهنده تغییرات اقلیمی میباشد. از این رو توالیهای لس-خاک قدیمی ۵ در فراهم آوردن اطلاعات مختلف در مورد اقلیم و محیط گذشته میتواند به کار گرفته شود(۱۵). در همین رابطه، رسوبات لسی شمال ایران منعکس کننده چندین چرخه تغییر اقلیم و تکامل سیمای سرزمین برای دوره میانی تا اواخر کواترنری هستند. به طوری که تغییر اقلیم در ارتفاعات ایران و مناطق اطراف آن در اواسط و اواخر دوره کواترنری بسیار بحث برانگیز بوده و در گذشته بر اساس دورههای بارندگی و بین بارندگی یا یخچالی و بین یخچالی مورد بحث قرار گرفته است(۱۶).

تأثیر تغییرات اقلیمی بر میکروارگانیسم های خاک

جانداران خاکزی در بسیاری از فرآیندهای اکولوژیک همانند چرخه غذایی، تجزیه پسماندهای گیاهی، تولید یا مصرف گازهای کم یاب و تغییر و تبدیل فلزات، که برای نگه داشت زندگی بر روی این کره خاکی ضروریاند، نقش اساسی دارند (۵). بنابراین اگرچه پژوهشهای تغییرات اقلیمی اغلب بر اثر این معضل محیطی در مقیاسهای بزرگ گیاهان و حیوانات بر روی زمین تمرکز یافتهاند، اما فرآیندهای میکروبی در داخل خاک نقش چشمگیری را در شکلدهی اثراتی که گرمایش زمین بر روی اکوسیستمهای خشکی دارند، ایفا میکنند، بنابراین درک فیزیولوژی و دینامیک جانداران خاکزی و چگونگی پاسخ آنها به جنبه های مختلف تغییرات اقلیمی در اکوسیستمهای مختلف برای افزایش دانش ما در رابطه با ساز و کارهایی که گازهای گلخانه ای و گرمایش زمین را کنترل می کنند، بسیار ضروری است به طوریکه بر خی از محققین (۵) معتقدند که تغییر پارامترهای اقلیمی مانند افزایش گاز دی اکسیدکربن و دما و تغییر در توزیع و میزان بارندگی سبب دگرگونی در کارکرد و ساختار جانداران مختلف خاکزی در اکوسیستمهای خشکی می شوند(۹).

نتیجه گیری:

یکی از اثرات تغییرات اقلیم در هر منطقه اثر گذاری آن بر خاک می باشد به خصوص بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک. نتایج حاصل از مطالعات منابع داخلی و خارجی، تغییر اقلیم و تشدید پیامدهای منفی آن طی سالهای اخیر، از طریق تغییر

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

در رطوبت و دمای خاک می تواند بر ماده آلی، کربن آلی و مواد آلی ذره‌های خاک و در نتیجه بر چرخه کربن خاک اثر گذار باشد. علاوه بر این، اقلیم بر تکامل پروفیلها و افقهای خاک نیز تاثیرگذار می باشد. در رابطه ای متقابل نیز فرسایش خاک و انتشار گازهای گلخانه ای به اتمسفر عامل اصلی تغییرات اقلیمی است. بنابراین می توان گفت که فرسایش خاک عامل مهم و اصلی افزایش گازهای گلخانه ای در اتمسفر می باشد، لذا کاهش فرسایش خاک و اتخاذ روشهای بهینه می تواند این خطر را تا حدودی رو به بهبودی سوق دهد. علاوه بر این، مدیریت خاکها در حفظ و ذخیره گازهای گلخانه ای رویکرد مناسبی به منظور کاهش تغییرات اقلیمی می تواند باشد.

فهرست منابع:

- ۱- راهب، ع، ر، حیدری، ا، محمودی، ش، ۱۳۹۵ تغییرات کربن آلی و غیر آلی در اجزاء اندازه‌های ذرات خاکهای تشکیل شده در ردیف اقلیمی خشک تا نیمه مرطوب، تحقیقات آب و خاک ایران دوره ۴۸، شماره ۱، ص ۱۲۵-۱۳۵
- ۲- گلشن، س. راثینی سرجاز، م. و نوروز والشدی، ر. ۱۳۹۴ بررسی و آشکارسازی اثر گرمایش جهانی بر تغییرات روند دمای خاک و برآورد آن با روش رگرسیون. نشریه پژوهش‌های حفاظت خاک و آب، (۴) ۲۲: ۱۳۹-۱۲۱.

- 3-Angel 'j. 2008.potential impacts of change on water availability. illinois state water survey, institute of natural resource sustainability,12;397-409
- 4- Austin A.T, ahdjian L.Y, Stark J.M, Belnap J, Porporato A, Norton U, Ravetta D.A, Schaeffer S.M, 2004. Water pulses and biogeochemical cycles in arid and semiarid ecosystems. 141:221-235.
- 5- Allison, S.D., Wallenstein, M.D., Bradford, M.A., 2010. Soil-carbon response to warming dependent on microbial physiology. Nature Geosci . Vol. 3, pp. 336-340
- 6- Bontti , E.A., Decant, J.P., Munson, S.M., Gathany, M.A., Przeszlowska, A., Haddix, M.L., Owens, S., Burke I.C., Parton W.J., Harmon M.E., 2009. Litter decomposition in grasslands of Central North America (US Great Plains). Global Change Biology Vol. 15, pp 1356-1363.
- 7- Butenschoen , O., S. Scheu., N. Eisenhauer, 2011. Interactive effects of warming, soil humidity and plant diversity on litter decomposition and microbial activity. Soil Biology and Biochemistry Vol. 43, pp. 1902-1907
- 8- cacho,o ,r.hean ,k.ginoga and r.wise .2008.econmic potential of land-use change and forestry for carbon sequestration and poverty reduction. Part 1 australian centre for international agricultural research,canberra,pp;33-6.
- 9- Chapin, F.S., Walker, B.H., Hobbs, R.J., Hooper, D.U., Lawton, J.H., Sala, OE., Tilman, D., 1997. Biotic control over the functioning of ecosystems. Science Vol. 277, pp. 500-5
- 10-Davidson, E.A, Janssens, I.A., 2006. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. Nature Vol. 440, pp. 165-73.
- 11-Das P, Pal R and Chowdhury A, 2007. Effect of novaluron on microbial biomass, respiration, and fluorescein diacetate-hydrolyzing activity in tropical soils. Biol Ferti Soils 44:387-391.
- 12-Dalgren, R.A., Boettinger, J.L., Muntington, G.L., and Amundsen, R.G. 1997. Soil development along elevational transect in the western Sierra. Nevada, California. Geoderma. 78: 207-236.
- 13- Eswaran, H., Reich, P. F., Kimble, J. M., Beinroth, F. H., Padmanabhan, E. and Moncharoen, P. (2000). Global carbon sinks. In R. Lal, J. M. Kimble and B. A. Stewart (Eds.), Global Climate Change and Pedogenic Carbonates. (pp.15-26). CRC/Lewis Press, Boca Raton, Florida.
- 14- European Environment agency(2015), soil and climate change ,www.europa.eu, 10pp.
- 15- Francis M. L., Fey M.V., Prinsloo H.B., Ellis F., Mills A.J., and Medinski T.V. 2007. Soils of Namaqualand: Compositions for aridity. Jurnal of Arid Environment, 70: 588-603.
- 16- Kehl, M. 2009. Quaternary climate change in Iran-the state of knowledge. Erdkunde, 63: 1-17 [27]
- 17-Jafari, M., and Sarmadian, F. 2003. Fundamentals of soil science, Tehran University.267p.
- 18-IPCC. (2007). Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland.
- 19-Keith H, Jacobsen K.L and Raison R.J, 1997. Effects of soil phosphorus availability, temperature and moisture on soil respiration in Eucalyptus pauciflora forest. Plan Soil 190:127-141
- 20-Nunes, J., and Nearing, M. 2011. Modelling impacts of climatic change: Case studies using the new generation of erosion models. Wiley- Blackwell, Oxford, Pp: 289-312.

- 21-Pittock, B. 2003. Climate Change: An Australian Guide to the Science and Potential Impacts. Australian Greenhouse Office, Commonwealth of Australia
- 22-Rameshni, Kh. and Abtahi, A. (1995). Effect of climate and topography on the formation of the soils of Kuhgiluyeh area. 4th Congress of Soil Science. Isfahan University of Technology. (In Farsi)
- 23-Schimel, J.P., Gullage, J. 1998. Microbial community structure and Princeton, NJ, USA: Princeton University Press.
- 24- Wang, Z. P., Han, X. G., Chang, S. X., Wang, B., Yu, Q., Hou, L. Y. and Li, L. H. (2013). Soil organic and inorganic carbon contents under various land uses across a transect of continental steppes in Inner Mongolia. *Catena*, 109, 110-117.
- 25-Izaurrealde, R., Williams, C.J.R., Post, W.M. and Thomson, A.M., 2007. Long-term modeling of soil C erosion and sequestration at the small watershed scale. *Climatic Change*, 80, 73-90.

The effect of climate change on the formation and evolution of agricultural soils

Nahid Kavehzadeh¹ and Nosratolah Montajabi²

1- Researcher of Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

2- Assistant Prof., Soil and water Research Department, Esfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension organization, Esfahan, Iran.

Abstract:

Climate change is one of the most important challenges affecting on natural ecosystems and various aspects of human life. Greenhouse gas emission increasing and exacerbated the climate change phenomenon have caused agricultural land use change. Climate is the most important factor affecting the physical, chemical and biological properties of soil. Climate change by affecting soil moisture and temperature regimes causes a change in vegetation density and ultimately affects different soil characteristics. So that change in soil carbon is one of the most important indicators of the climate impact on soil. The results of this study also show that climate affects some soil processes and different parts of the soil through factors such as rainfall, temperature, evapotranspiration, frost, wind as well as radiation. Therefore, considering that soil erosion is an important and main factor for increasing greenhouse gases in the atmosphere, so soils management and reducing soil erosion by adopting optimal conservation methods can be suitable approach to reducing climate changes and important factor in greenhouse gases control.

Keywords: Climate, Soil, Greenhouse gases, Erosion, conservation

بررسی تبخیر تعرق پتانسیل با استفاده از مدل اقلیمی RCP

میرناصر نویدی*^۱ منصور چترنور^۲، نسرین مرادی مجد^۳، جواد سیدمحمدی^۴

۱. استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛

n.navidi@areeo.ac.ir

۲. دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران؛

m.chatrenor@gmail.com

۳. دانش‌آموخته دکتری، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران؛

moradymajd@yahoo.com

۴. استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران؛

j.mohammadi@areeo.ac.ir

چکیده

تبخیر-تعرق از عناصر مهم در چرخه آب محسوب می‌شود و همچنین از مولفه‌های مهم اقلیمی مصرف آب در بخش کشاورزی است. با توجه به اهمیت مسئله تلاش‌های گسترده‌ای برای توسعه و اندازه‌گیری تبخیر و تعرق در مقیاس محلی و منطقه‌ای صورت گرفته است. در این راستا هدف از پژوهش حاضر بررسی تبخیر و تعرق براساس سناریوی جدید واداشت تابشی RCP در سال‌های ۲۰۹۹-۲۰۱۰ در تبریز است. برای این منظور در ابتدا تبخیر-تعرق پتانسیل با استفاده از معادله پنمن-مانتیت و داده‌های هواشناسی تاریخی دوره‌ی پایه ایستگاه تبریز برآورد گردید. به منظور کاهش خطاهای موجود در برآورد مدل، عمل پس‌پردازش بر روی داده‌های برآورد شده انجام شد. نتایج حاصل از پس‌پردازش نشان داد که عملکرد مدل در ماه‌های گرم سال نسبت به ماه‌های سرد بهتر بوده است. در ادامه جهت تعیین امتیاز از منحنی ROC استفاده شد که این مقدار برای تبخیر-تعرق تاریخی ۰/۷۱ و بعد از پس‌پردازش به مقدار ۰/۷۶ رسید. همچنین مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل در تبریز تحت سناریوی 8.5 RCP برای دوره ۲۰۹۹-۲۰۱۰ تهیه شد. در نهایت مشخص شد که تبخیر-تعرق پتانسیل در سناریوی مورد بررسی برای دوره مورد مطالعه افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: پنمن-مانتیت، تبخیر-تعرق، سناریوی RCP، امتیاز مهارتی

مقدمه

تبخیر-تعرق به مثابه یکی از عنصرهای مهم چرخه آبشناسی، مولفه مهمی در مدل‌های اقلیمی و عامل اصلی مصرف آب در بخش کشاورزی است و تاکنون مدل‌های بسیاری برای برآورد دقیق آن با استفاده از داده‌های هواشناسی توسعه یافته است. به منظور برآورد میزان تغییرات پارامترهای اقلیمی طی قرن آتی، مدل‌های اقلیم جهانی GCM با قدرت تفکیک زمانی و مکانی متفاوت اجرا می‌شود و در نهایت نتایج آنها در اختیار محققان قرار می‌گیرد. چون معمولاً این داده‌ها تفکیک زمانی و مکانی کمی دارند، اولین گام در کاربست خروجی مدل‌های اقلیم جهانی، ریزمقیاس‌نمای آنها با روش‌های آماری و یا دینامیکی و نیز تلفیقی از هر دو روش به منظور تولید داده‌هایی با دقت مکانی بیشتر و در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر بود (صادقی و دین‌پژوه، ۱۳۹۶). اخیراً تلاش‌های زیادی از طرف مجامع اقلیم‌شناسی برای توسعه روش‌های ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی و آماری برای بیان تغییر اقلیم در یک

^۱. نویسنده مسئول، آدرس: کرج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، بخش تحقیقات ارزیابی اراضی،

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

مقیاس محلی و منطقه ای صورت گرفته است. مدل های RCM نمونه ای از مدل های ریزمقیاس نمایی-دینامیکی است. مدل های دینامیکی منطقه ای دارای دقت فضایی مناسبی برای ارزیابی های اقلیمی بوده و همچنین فرآیندهای ریزمقیاس جوی و اقلیمی تا حد ممکن در آنها لحاظ می شوند (Mearns, 2001).

در پژوهش های مختلفی از انواعی از مدل ها برای بررسی پدیده تبخیر و تعرق و تغییرات اقلیمی استفاده شده است. حافظ پرست و پور خیرالله (۱۳۹۶) طی پژوهشی اقدام به پایش خشکسالی هواشناسی در منطقه حوضه آبریز سد دویرج شهرستان دهلران کردند. در پژوهش آنها از سناریوهای واداشت تابشی استفاده شد. در این تحقیق نتایج نشان دهنده افزایش میانگین درازمدت بارش و دمای ماهانه به میزان ۱۴ درصد و ۱/۲ سانتیگراد نسبت به دوره پایه است. عسگری و همکاران (۱۳۹۶) اقدام به بررسی اثرات محتمل تغییر اقلیم بر شاخص گرمایی THI تحت سناریوهای واداشت تابشی RCP را در ایران نمودند. شاخص گرمایی THI به عنوان یک شاخص اقلیمی- کشاورزی موثر در تولید دام در نظر گرفته شده است. طبق نتایج این تحقیق در فصول بهار و تابستان مناطق مستعد تولید دام با توجه به گرمایش جهانی رو به کاهش می باشد ولی در فصول پاییز و زمستان دام در گستره ایران دچار تنش های گرمایی محسوس خواهد بود. سارین و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی با استفاده از مدل های گزارش پنجم IPCC تحت دو سناریوی RCP 4.5 و RCP 8.5 به ارزیابی تحولات آینده دمای ماهانه و بارش و تاثیرات آنها بر خشکسالی در حوضه رودخانه Barlad در شرق رومانی با استفاده از شاخص خشکسالی پالم PDSI پرداختند. تجزیه و تحلیل شاخص پالم در دو سناریو بیان کرد که به طور متوسط در حوضه رودخانه یاد شده تحت شرایط تغییرات آب و هوایی خشکسالی کمی اتفاق خواهد افتاد. جانگ و همکاران (۲۰۱۶) به پایش پدیده خشکسالی در حوضه رودخانه لانگات در مالزی پرداختند. به منظور بررسی شدت و مدت خشکسالی از خروجی مدل های گزارش پنجم IPCC تحت سناریوی RCP 8.5 از دو شاخص EDI و SPI استفاده کردند. نتایج نشان داد خشکسالی در اقلیم آتی حوضه رودخانه سیر افزایشی خواهد داشت.

کشور ایران در یک منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته است و هر ساله با کاهش بارش و تغییرات دمایی مواجه هستیم، بنابراین نیاز است که با استفاده از مدل های اقلیمی به بررسی تغییرات اقلیم و تبخیر تعرق پرداخته شود. بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی توانایی مدل های ریزمقیاس نمایی دینامیکی در برآورد میزان تبخیر و تعرق پتانسیل تبریز تحت سناریوهای جدید واداشت تابشی RCP است.

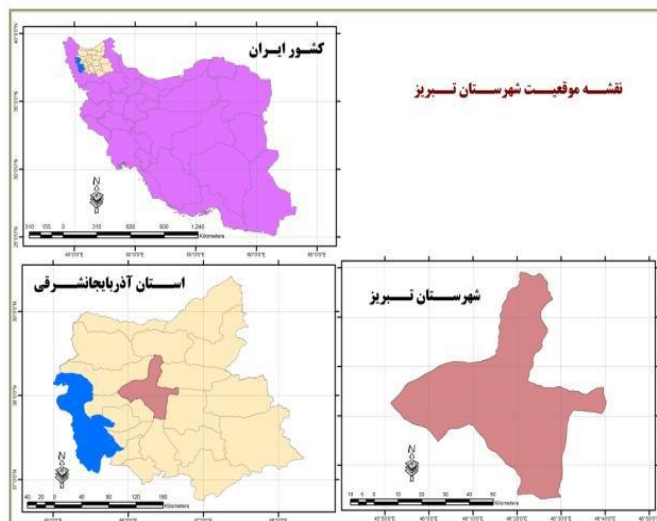
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: تبریز مرکز استان آذربایجان شرقی با مساحتی حدود ۱۲۰۰ کیلومتر مربع، در ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۰۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. تبریز از شمال به کوه عینالی و از جنوب به دامنه کوه سهند و از سمت غرب به جلگه تبریز و دریاچه ارومیه محدود است و دارای ارتفاع ۱۳۶۶ متر از سطح دریا است (عساکره و اکبر زاده، ۱۳۹۶). شکل ۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه را در سطح استان و کشور نشان می دهد. داده های مشاهده ای پایه این تحقیق مربوط به دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۰۵ شامل مقادیر دمای کمینه، دمای بیشینه، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی در مقیاس ماهانه بود. سپس مقادیر تبخیر- تعرق پتانسیل ET_0 به روش پنمن - مانتیث محاسبه شد. علت استفاده از روش پنمن مانتیث این است که علاوه بر بارندگی، پارامترهای زیاد دیگری همچون تابش خالص خورشیدی، دمای متوسط محیط، شار گرمایی، سرعت باد، فشار بخار اشباع، فشار بخار واقعی، شیب منحنی فشار بخار در آن قابل ارزیابی می باشند (سبقتی و همکاران، ۱۳۹۵).

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\left(\frac{900}{T + 273}\right)U_2(e_s - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

که در آن ET_0 تبخیر-تعرق پتانسیل بر حسب میلی متر بر روز، R_n تابش خالص در سطح پوشش گیاهی بر حسب مگاژول بر مترمربع در روز، T متوسط دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین، $es-ed$ اختلاف فشار بخار آب در ارتفاع دو متری نسبت به حالت اشباع بر حسب کیلوپاسکال، Δ شیب فشار بخار بر حسب کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس، G شار گرمایی به داخل خاک بر حسب مگاژول بر مترمربع بر روز، و در نهایت γ ضریب رطوبتی بر حسب کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس است (Allen et al., 1998).



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه تبریز در کشور

مدل های اقلیمی استفاده شده در این تحقیق مدل NOAA-GFDL-GFDL-ESM₂M از مجموعه مدل های اقلیمی CMIP 5 با ابعاد سلولی ۲/۵ درجه طول جغرافیایی در ۲ درجه عرض جغرافیایی، به منزله مدل اقلیم جهانی است. پس از این مرحله، داده های مدل اقلیم جهانی منتخب از مرکز هواشناسی و آب شناسی سوئد تهیه شد. این داده ها در سه دسته داده های تاریخی برآورد شده برای دوره پایه یعنی سال های ۱۹۹۱-۲۰۰۵ و نیز داده های تبخیر - تعرق پتانسیل برآورد شده برای قرن بیست و یکم تحت سناریوی RCP 8.5 برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۹۹ بود. تفکیک زمانی همه داده ها روزانه است و مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل بر حسب کیلوگرم بر مترمربع بر ثانیه برآورد شده است. تفکیک مکانی مورد استفاده برای داده های پایه برآورد شده ۰/۲۲ درجه و داده های برآورد شده تحت سناریوهای تغییر اقلیم با قدرت تفکیک مکانی ۰/۴۴ درجه در نظر گرفته شد. پس از تعیین سلول های مورد نظر در هر مجموعه داده، داده های مربوط به سال های مورد نظر استخراج و در نهایت نتایج بررسی و تحلیل شدند.

به منظور مقایسه، در بخش اول سه سری داده مورد استفاده قرار می گیرد. سری اول داده ها مربوط به داده های تبخیر - تعرق پتانسیل محاسبه شده با توجه به داده های هواشناسی برداشت شده در سطح ایستگاه سینوپتیک تبریز است.

مقادیر تبخیر-تعرق این بخش با استفاده از مقادیر دمای کمینه، دمای بیشینه، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی بر اساس معادله پنمن - مانتیت محاسبه و تحت عنوان مقادیر تبخیر-تعرق مشاهده شده obs ثبت شده اند. سری دوم داده ها مربوط به داده های تبخیر-تعرق حاصل از خروجی مدل ریزمقیاس نمایی است. داده های خروجی مدل در ابعاد ۰/۲ درجه و تفکیک زمانی آنها نیز روزانه است. با توجه به اینکه مبنای مقایسه ها در تحقیق حاضر مقادیر ماهانه است، با میانگین گیری از مقادیر روزانه، مقدار تبخیر-تعرق ماهانه برای هر یک از ماه های میلادی محاسبه شد. با توجه به این که معمولاً خروجی مدل ها با مقادیر

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

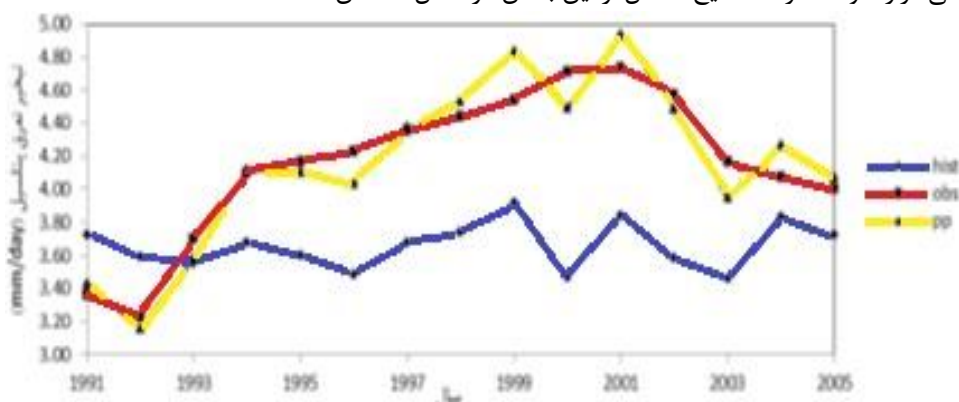
مشاهده شده معمولا دارای اختلاف است، دسته سوم داده ها مربوط به داده های پس پردازش شده pp است. به منظور اعمال پس پردازش روی داده ها از رابطه زیر استفاده شد (باباییان و همکاران، ۱۳۸۸).

$$ET_{pp} = ET_{hist} + (ET_{obs} - \overline{ET}_{obs}) \times \left(\frac{\overline{ET}_{hist}}{\overline{ET}_{obs}} \right) + (\overline{ET}_{obs} - \overline{ET}_{hist}) \quad (2)$$

که در آن، هریک از مقادیر ET_{pp} ، ET_{obs} ، ET_{hist} به ترتیب مربوط به تبخیر- تفرق پس پردازش شده، تبخیر- تفرق مشاهده شده و تبخیر- تفرق تاریخی برآورد شده مدل و نیز مقادیر \overline{ET}_{obs} و \overline{ET}_{hist} مربوط به میانگین سالانه تبخیر- تفرق تاریخی برآورد شده مدل و میانگین سالانه داده های تبخیر- تفرق مشاهده شده هستند. رابطه ۲ از سه قسمت تشکیل شده است، قسمت اول مربوط به داده های برآورد شده تاریخی، قسمت دوم مربوط به تصحیح ضریب زاویه است که در آن پس از محاسبه میزان اختلاف مقادیر مشاهده شده از میانگین آنها، این میزان اختلاف به نسبت میانگین ها وزن دهی می شود و تصحیح ضریب زاویه برای هر نقطه به دست می آید و در نهایت قسمت سوم مربوط به تصحیح عرض از مبدا می باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این پژوهش در دو بخش عرضه شده است. در بخش اول با تحلیل داده های پس پردازش شده حاصل از خروجی مدل های ریزمقیاس نمایی توانایی این مدل در برآورد میزان تبخیر- تفرق پتانسیل برای دوره پایه بررسی می شود. پس از این مرحله با استفاده از خروجی های مدل، میزان تغییرات تبخیر- تفرق پتانسیل برای تحت سناریوی RCP 8.5 برای دوره ۲۰۲۱-۲۰۷۰ مورد بررسی قرار خواهد گرفت. نتایج حاصل از این بخش در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- مقادیر میانگین سالانه ET_{pp} ، ET_{obs} و ET_{hist} برای دوره پایه (۱۹۹۱-۲۰۰۵)

به منظور مقایسه مقادیر تبخیر- تفرق قبل و بعد از پس پردازش با مقادیر مشاهداتی، مقادیر N-S، RMSE، درصد صحت، ضریب همبستگی r و P-Value آزمون مقایسه میانگین t در سطح معنی داری ۰/۰۵ محاسبه شد که نتایج در جدول ۱ عرضه شده است. طبق جدول ۱ کمترین میزان RMSE در تبخیر- تفرق تاریخی مربوط به ماه دسامبر با میزان ۰/۳۵ و کمترین میزان تبخیر- تفرق پس پردازش شده مربوط به ماه ژانویه با میزان ۰/۱۵ است. بیشترین میزان RMSE در تبخیر- تفرق تاریخی در ماه ژوئن با میزان ۱/۳۸ و بیشترین میزان تبخیر- تفرق پس پردازش شده مربوط به همین ماه با میزان ۰/۵۹ است. میزان سالانه RMSE در تبخیر- تفرق تاریخی ۰/۷۲ و میزان سالانه RMSE در تبخیر- تفرق پس پردازش شده ۰/۱۷ می باشد. کمترین میزان N-S در تبخیر- تفرق تاریخی مربوط به ماه سپتامبر با میزان ۶/۵- و کمترین میزان تبخیر- تفرق پس پردازش شده مربوط به ماه های آوریل و دسامبر با میزان ۰/۳۴ است. بیشترین میزان N-S در تبخیر- تفرق تاریخی در ماه مارس با مقدار ۰/۰۳ و بیشترین میزان تبخیر- تفرق پس پردازش شده مربوط به ماه های اوت و فوریه با میزان ۰/۷۹ است.

هفدهمین کنگره علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

میزان سالانه N-S در تبخیر- تعرق تاریخی ۱/۵۴- و میزان سالانه N-S در تبخیر- تعرق پس پردازش شده ۰/۹۲ می باشد. کمترین میزان صحت در تبخیر- تعرق تاریخی مربوط به ماه اکتبر با میزان ۶۱ درصد و کمترین میزان تبخیر- تعرق پس پردازش شده مربوط به ماه های اکتبر و دسامبر با میزان ۸۱ درصد است. بیشترین میزان صحت در تبخیر- تعرق تاریخی در ماه سپتامبر با مقدار ۹۳ درصد و بیشترین میزان تبخیر- تعرق پس پردازش شده مربوط به ماه های ژوئیه، اوت و سپتامبر با میزان ۱۰۰ درصد است. میزان سالانه صحت در تبخیر- تعرق تاریخی ۸۵ درصد و میزان سالانه صحت در تبخیر- تعرق پس پردازش شده ۹۰ درصد می باشد. کمترین میزان ضریب همبستگی در تبخیر- تعرق تاریخی مربوط به ماه اکتبر با میزان ۰/۴۵- و کمترین میزان تبخیر- تعرق پس پردازش شده مربوط به ماه دسامبر با میزان ۰/۷۶ است. بیشترین میزان ضریب همبستگی در تبخیر- تعرق تاریخی در ماه می با مقدار ۰/۳۷ درصد و بیشترین میزان تبخیر- تعرق پس پردازش شده مربوط به ماه های فوریه و می با میزان ۰/۹۵ است. میزان سالانه ضریب همبستگی در تبخیر- تعرق تاریخی ۰/۱۵ و میزان سالانه ضریب همبستگی در تبخیر- تعرق پس پردازش شده ۰/۹۸ می باشد.

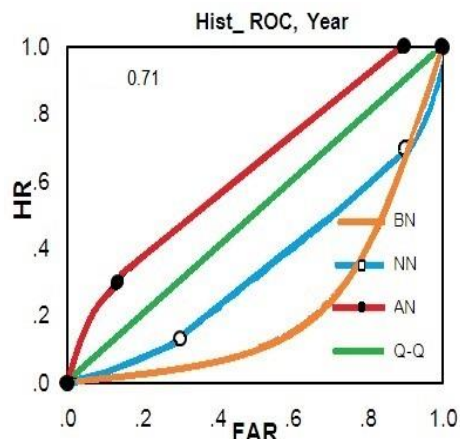
جدول ۱- مقادیر RMSE، N-S، درصد صحت، ضریب همبستگی r و P-Value آزمون مقایسه میانگین t

ماه	RMSE		N-S		صحت		rr		p-value (t)
	PP	Hist	PP	Hist	PP	Hist	PP	Hist	
	ژانویه	۰/۱۵	۰/۴	۰/۶۴	-۰/۴	۹۰	۷۵	۰/۸۵	
فوریه	۰/۱۸	۰/۴	۰/۷۹	-۰/۰۴	۹۰	۶۹	۰/۹۵	۰/۱	۰/۴
مارس	۰/۳۵	۰/۵	۰/۶۲	۰/۰۳	۹۰	۷۰	۰/۹۰	۰/۳۵	۰/۴
آوریل	۰/۵۳	۰/۸	۰/۳۴	-۰/۵۸	۹۰	۸۲	۰/۸۲	۰/۲	۰/۰۴*
می	۰/۵۵	۱/۳	۰/۷۶	-۰/۳	۹۰	۷۲	۰/۹۵	۰/۳۷	۰/۰۲*
ژوئن	۰/۵۹	۱/۳۸	۰/۳۹	-۲/۵	۸۵	۶۵	۰/۸۰	۰/۰۵	۰/۰۰۰۳*
ژوئیه	۰/۴۴	۱/۳۲	۰/۴۶	-۳/۴۵	۱۰۰	۹۲	۰/۸۵	۰/۱۵	۰/۰۰۰۳*
اوت	۰/۳	۱/۳۵	۰/۷۹	-۱/۹۸	۱۰۰	۹۱	۰/۹۰	-۰/۱	۰/۰۰۰۱*
سپتامبر	۰/۲۴	۱/۳۵	۰/۷۲	-۶/۵	۱۰۰	۹۳	۰/۸۶	-۰/۵	۰/۰۰۰۱*
اکتبر	۰/۳	۱/۱	۰/۶۸	-۲/۷۶	۸۱	۶۱	۰/۸۶	-۰/۴۵	۰/۰۰۰۱*
نوامبر	۰/۲۵	۰/۴	۰/۳۵	-۰/۷۸	۸۸	۶۷	۰/۸۰	۰/۰۴	۰/۴*
دسامبر	۰/۱۶	۰/۳۵	۰/۳۴	-۱/۴۳	۸۱	۶۲	۰/۷۶	-۰/۱	۰/۰۷۶
سالانه	۰/۱۷	۰/۷۲	۰/۹۲	-۱/۵۴	۹۰	۸۵	۰/۹۸	۰/۱۵	۰/۰۰۰۳*

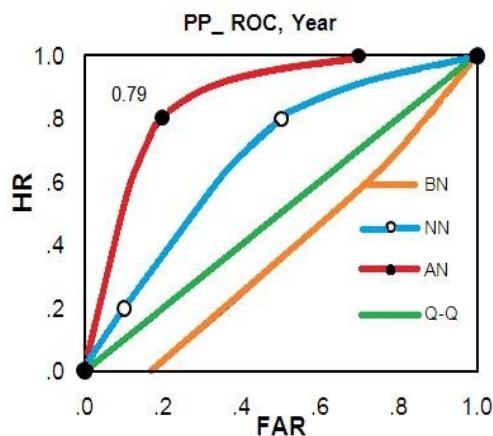
همانطور که در جدول ۱ مشخص شده است، مدل برای ماه های گرم سال توانایی بهتری در برآورد میزان تبخیر- تعرق پتانسیل در مقایسه با ماه های سرد سال کمترین خطای RMSE در ماه های سرد رخ داده است، به طوری که کمترین مقدار آن در ماه ژانویه با مقدار ۰/۱۵ میلی متر است. بهترین میزان برآورد مربوط به دو ماه فوریه و اوت است و توانایی مدل در برآورد مقادیر سالانه تبخیر- تعرق دقت مناسبی داشته است. اعمال پس پردازش روی داده های تاریخی توانسته است به مقدار بسیار زیادی کارایی مدل در شبیه سازی تبخیر- تعرق افزایش دهد. همانطور که در جدول ۱ دیده می شود در حالی که نمایه ناش- ساتکلیف قبل از اعمال پس پردازش منفی بوده است، اما با اعمال پس پردازش به ۰/۹۲ رسیده است که بسیار مطلوب است. این روش همچنین توانسته است افت و خیز تبخیر- تعرق را نسبت به مقادیر دیدبانی حفظ کند به طوری که همبستگی بین مقادیر پس پردازش شده با مقادیر دیدبانی ۰/۹۸ است. با بررسی مقادیر p-value بدست آمده از آزمون مقایسه میانگین نیز مشخص می شود که مقادیر برآورد شده با مدل برای سه ماه فوریه، مارس و دسامبر در سطح ۵٪ معنی دار نیستند اما در باقی ماه های سال مقادیر میانگین معنی دار هستند.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

مطابق دستورالعمل سازمان جهانی هواشناسی با استفاده از جدول توافقی می توان امتیاز مهارتی نمایه ROC پیش بینی صحیح و پیش بینی نادرست را برای هر طبقه از پیش بینی ها محاسبه کرد. مساحت زیر خم ROC به منزله یکی از نمایه های ارزیابی پیش بینی است. امتیاز مهارتی ROC می تواند جزئیات دقیق تری از پیش بینی ها را بدست آورد. امتیاز مهارتی کمتر از ۰/۵ قابل قبول نیست، در حالی که مقدار امتیاز مهارتی ۰/۵ باشد مقادیر نرمال بلند مدت، جایگزین خوبی برای پیش بینی هستند، اما هنگامی که امتیاز مهارتی نزدیک ۱ باشد مدل دارای کارایی مناسب است. در شکل های ۳ و ۴ ROC سالانه نشان داده شده است. در روی هر یک از نمودارها بیشترین امتیاز مهارتی درج شده است. ملاحظه می شود که امتیاز مهارتی پس از اعمال پس پردازش آماری بهبود قابل ملاحظه ای یافته است. بیشترین امتیاز مهارتی برای حالتی است که پیش بینی در طبقه نرمال باشد و کمترین امتیاز مهارتی برای حالتی است که تبخیر و تعرق کمتر از نرمال پیش بینی شده باشد.



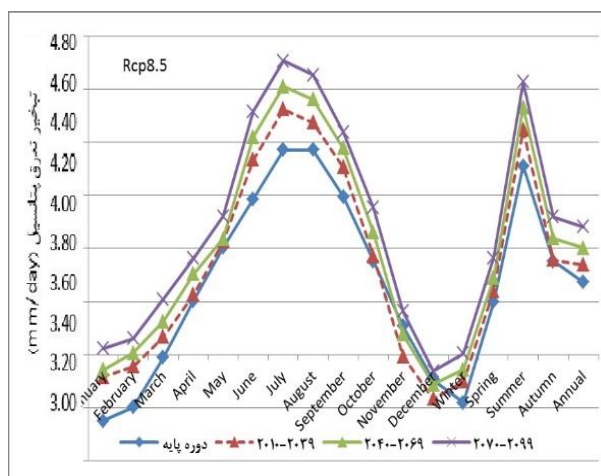
شکل ۳- خم ROC سالانه تبخیر - تعرق تاریخی



شکل ۴- خم ROC سالانه تبخیر - تعرق پس پردازش شده

در قسمت دوم پژوهش، به منظور بررسی میزان تغییرات تبخیر- تعرق پتانسیل در تبریز خروجی مدل های ریزمقیاس نمایی تحت سناریوی RCP 8.5 تهیه و تغییرات این پارامتر برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۹۹ بررسی شد. مطابق شکل ۵ همان طور که در نمودار مشخص شده است، در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ افزایش محسوس نیست ولی در دوره ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ این افزایش کاملاً معنی دار و مشخص است. در سناریوی مورد بررسی برای سه دوره مورد مطالعه افزایش می یابد. همچنین میزان تبخیر- تعرق به طور کلی در تمام فصول افزایش می یابد ولی در فصل تابستان بیشترین افزایش مشاهده می گردد.

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



شکل ۵- تغییرات میانگین سالانه تبخیر- تعرق پتانسیل تحت سناریوی RCP 8.5

نتیجه گیری کلی

مدل مورد استفاده در تحقیق حاضر مدل دینامیکی مرکز هواشناسی و آب شناسی سوئد است. به منظور بررسی همبستگی مقادیر مشاهده شده و مقادیر برآورد شده پس از تهیه داده های خروجی از مدل ریزمقیاس نمایی و تفکیک زمانی روزانه، مقادیر میانگین ماهانه تبخیر- تعرق پتانسیل محاسبه و پس از اعمال پس پردازش، مقادیر پس پردازش شده با مقادیر مشاهده شده مقایسه شد. نتایج حاصل از این قسمت نشان دهنده ۹۵٪ و ۹۰٪ همبستگی بین این دو مقدار به ترتیب در ماه های فوریه، می، مارس و اوت بود. از طرف مقابل کمترین همبستگی در ماه های دسامبر با ضریب همبستگی ۷۶٪ مشاهده شد. همچنین پس از اجرای آزمون مقایسه میانگین t با دیگر نتیجه قبل در ارتباط با توانایی قابل قبول مدل در برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل ماه های گرم سال تایید شد. خروجی های ریزمقیاس شده این مدل برای تبریز در دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۰۵ در ماه های گرم سال بیشترین هماهنگی را با داده های واقعی دارد. نتایج قسمت دوم تحقیق که مربوط به بررسی میزان تغییرات تبخیر- تعرق پتانسیل در دوره ۲۰۱۰-۲۰۹۹ تحت سناریوی RCP 8.5 نسبت به دوره پایه ۱۹۹۱-۲۰۰۵ بود، بیانگر افزایش تبخیر- تعرق پتانسیل نسبت به دوره پایه بود.

منابع

باباییان، ا.، کریمیان، م.، مدیریان، ر.، بیاتانی، ف. (۱۳۹۵). کارایی روش های پس پردازش آماری در بهبود پیش بینی بارش ماهانه مدل MRI-CGCM3 در خراسان رضوی، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۲(۲): ۸۳-۹۲.

حافظ پرست، م.، پور خیرالله، ز. (۱۳۹۶). پایش خشکسالی هواشناسی به منظور حفظ پایداری در سناریوهای واداشت تابشی منطقه مطالعاتی (حوزه آبریز سد دویرج)، اکوهیدرولوژی، ۴(۴): ۱۲۳۹-۱۲۲۷.

سبقتی، م.، احمدی بیرگانی، ح.، مقدم، ع.ر. (۱۳۹۵). محاسبه تداوم و شدت خشکسالی به وسیله شاخص SPEI اصلاحی (مطالعه موردی: شهرهای ارومیه و تبریز)، مجله محیط زیست و مهندسی آب، ۲(۲): ۱۸۸-۱۹۵.

صادقی، ا.، دین پژوه، ی. (۱۳۹۶). پیش بینی روند دمای کمینه و بیشینه شهر تبریز تحت شرایط تغییر اقلیم در دوره آتی، کنفرانس پژوهش های نوین در مهندسی کشاورزی، محیط زیست و منابع طبیعی.

عساکره، ح.، اکبرزاده، ی. (۱۳۹۶). شبیه سازی تغییرات دما و بارش ایستگاه سینوپتیک تبریز با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری SDSM و خروجی مدل CanESM2، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۱، ۱۵۳-۱۷۴.

عسگری، س.، قهرمان، ن.، باباییان، ا. (۱۳۹۶). پیش نگرایی کمی اثرات محتمل تغییر اقلیم بر شاخص گرمایی (THI) تحت سناریوهای واداشت تابشی (RCP) در ایران، پژوهش های اقلیم شناسی، ۸(۳۱، ۳۲): ۱-۱۷.

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M., (1998), Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements-FAO irrigation and drainage paper, 56, FAO, Rome, 300(9).
- Chaumont, D. (2014). A guidebook on climate scenarios: Using climate information to guide adaptation research and decisions.
- Jong T.A, Yuk F, Hung Yong J.T, Mirzaei M, Z. (2016). Drought Forecasting Using SPI and EDI under RCP8.5 Climate Change Scenarios for Langat River Basin, Procedia Engineering. 154: 710–717.
- Mearns, L. (2001). Regional climate information – Evaluation and projections. In: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 583-638.
- Sorin LD., Madalina G., Roxana B., Marius VB., Roxana C., Ruxandra V., Mary JA, Viorel CH. (2016). Drought-related variables over the Bârlad basin (Eastern Romania) under climate change scenarios. 141: 92-99.

Evaluation of potential transpiration evaporation using RCP climate model

Mir Naser Navidi*¹, Mansour Chatrenour², Nasrin Moradimajd³, javad seyedmohammadi⁴

1. Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, E-mail: n.navidi@areeo.ac.ir
2. PhD Graduated, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran ; E-mail: m.chatrenor@gmail.com
2. PhD Graduated, Department Geomorphology & Meteorology, Faculty of Geography & Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran; E-mail: moradymajd@yahoo.com
4. Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran, E-mail: j.mohammadi@areeo.ac.ir

Abstract

Evapotranspiration is an important element in the water cycle and is also an important component in climatic models of water consumption in agriculture. Given the importance of the issue, extensive efforts have been made to develop and measure evapotranspiration on a local and regional scale. In this regard, the purpose of this study is to investigate evapotranspiration based on the new scenario of RCP radiation induction in the years 2010-2010 in Tabriz. For this purpose, at first, the potential evapotranspiration was estimated using the Penman-Monteith equation and the historical meteorological data of the base period of Tabriz station. In order to reduce the errors in the model estimation, post-processing was performed on the estimated data. The results of post-processing showed that the performance of the model in the warm months of the year was better than the cold months. Then, the ROC curve was used to determine the score, which reached 0.71 for historical evapotranspiration and 0.76 after post-processing. Also, potential evapotranspiration values in Tabriz were prepared under the 8.5 RCP scenario for the period 2010-2010. Finally, it was found that the potential evapotranspiration in the study scenario increases for the study period.

Keywords: Penman-Monteith, Evapotranspiration, RCP Scenario, Skills Score

¹ Corresponding author: Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری بر برخی از خصوصیات رشدی کاهو

فرهاد آذر می آتاجان^۱

۱- عضو هیئت علمی گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند. farhadazarmi@yahoo.com و

farhadazarmi@birjand.ac.ir

چکیده

شوری خاک و آب یکی از مهمترین تنش‌های زیست محیطی محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از نقاط جهان بویژه مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. با توجه به افزایش روزافزون شوری آب آبیاری در بسیاری از نقاط کشور، مطالعه‌ای گلخانه‌ای به منظور بررسی سطوح مختلف آب آبیاری (صفر، ۴، ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر از منبع کلرید سدیم) بر رشد و عملکرد کاهو در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری عملکرد، وزن خشک اندام هوایی، غلظت کلروفیل کل و نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی کاهو کاهش یافت. اعمال سطح شوری آب ۴ دسی زیمنس بر متر وزن تر، وزن خشک و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی کاهو را به ترتیب ۲۰، ۱۸ و ۴۴ درصد نسبت به شاهد بدون تنش کاهش داد. در این سطح شوری مقدار کلروفیل تغییر معنی‌داری نشان نداد. با توجه به نتایج بدست آمده، عملکرد و رشد کاهو در تمامی سطوح شوری آب کاهش یافت که نشان دهنده حساسیت این گیاه به شوری حتی در مقادیر نسبتاً کم می‌باشد.

واژگان کلیدی: شوری آب، عملکرد، کاهو، کلروفیل

مقدمه

شوری خاک و آب یکی از گسترده‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محدود کرده است. اراضی واقع در مناطقی با مقدار آب قابل دسترس کم، کیفیت پایین آب آبیاری، بارندگی کم، دمای بالا و تبخیر و تعرق زیاد در معرض شوری قرار دارند (Meloni et al. 2001). عمده‌ترین دلیل افزایش شوری در اراضی کشاورزی مربوط به آبیاری با آب‌های زیرزمینی حاوی غلظت بالای نمک‌های محلول، مدیریت ضعیف اراضی و هم‌چنین ساختار و ماهیت طبیعی خاک است. در حال حاضر حدود ۲۰ درصد اراضی قابل کشت جهان و ۳۰ درصد زمین‌های کشاورزی ایران (Khoshgofarmanesh et al. 2004) با مشکل شوری مواجه هستند. مهم‌ترین نمک‌های قابل حل در اراضی شور شامل کلریدهای سدیم، کلسیم و منیزیم و به‌مقدار کمتری سولفات‌ها و کربنات‌ها هستند. در این بین کلرید سدیم بیشترین حلالیت و فراوانی را دارد.

تنش شوری موجب کاهش استقرار، رشد و عملکرد گیاه می‌شود. بسته به مقدار املاح در خاک و هم‌چنین نوع گونه گیاهی، مقاومت گیاهان در برابر شوری متفاوت است. گیاهانی که در معرض شوری فزاینده و شدید قرار می‌گیرند کلروزه شده و در نهایت از بین می‌روند. در خاک‌های شور، پتانسیل کم آب خاک همراه با تأثیر منفی برخی از یون‌ها نظیر کلرید، بی‌کربنات، بور و به‌ویژه سدیم باعث افزایش نسبت Na/K ، Na/Ca ، Mg/Ca ، Cl/NO_3 در گیاه شده و بدین ترتیب تعادل عناصر غذایی در گیاه به‌هم خورده و سبب کاهش عملکرد می‌گردد (همایی، ۱۳۸۱). به‌طور کلی، شوری گیاهان را از سه طریق تحت تأثیر قرار می‌دهد: ۱- کاهش پتانسیل اسمزی خاک که منجر به کاهش فراهمی آب و در نهایت کمبود آب فیزیولوژیکی برای گیاه می‌شود. ۲- اثر سمیت یون‌ها به‌ویژه سدیم و کلر که منجر به تخریب غشا پلاسمایی، آسیب به مولکول‌ها و اندامک‌های درون سلولی، کاهش ظرفیت فتوسنتز و تنفس، کاهش سنتز پروتئین و جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های مختلف می‌شود. ۳- کاهش جذب عناصر غذایی که این امر منجر به عدم تعادل تغذیه‌ای در گیاه و یا عدم انتقال آن‌ها به اندام هوایی می‌شود (Feng et al. 2002).

کاهو (*Lactuca sativa* L.) گیاهی یکساله، روز بلند از خانواده مرکب‌یان بوده و بطور عمده بصورت تازه خوری و در تهیه سالاد کاربرد دارد. این گیاه حاوی مقادیر زیادی از عناصر معدنی کلسیم، پتاسیم، فسفر، منگنز و آهن بوده و هم‌چنین سرشار از

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

ویتامین‌هایی مانند A، B، C و K می‌باشد. کاهو در بین سبزیجات از منابع مهم آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشد (Rubatzky and Yamaguchi, 1997). کاهو از گیاهان نسبتاً حساس به شوری بوده و افزایش شوری اثر منفی بر رشد و عملکرد آن دارد (Clarkson et al. 2003). (Unlukara et al. 2008) گزارش کردند که با افزایش شوری آب آبیاری، تعداد برگ، ارتفاع گیاه، عملکرد و غلظت کلسیم و آهن کاهش ولی وزن خشک کاهو افزایش یافت. با توجه به افزایش تقاضا برای مصرف کاهو از یک طرف و گسترش اراضی و آب‌های شور در بسیاری از نقاط کشور از طرف دیگر، هدف از این مطالعه بررسی تاثیر سطوح مختلف آب آبیاری بر رشد و عملکرد کاهو می‌باشد.

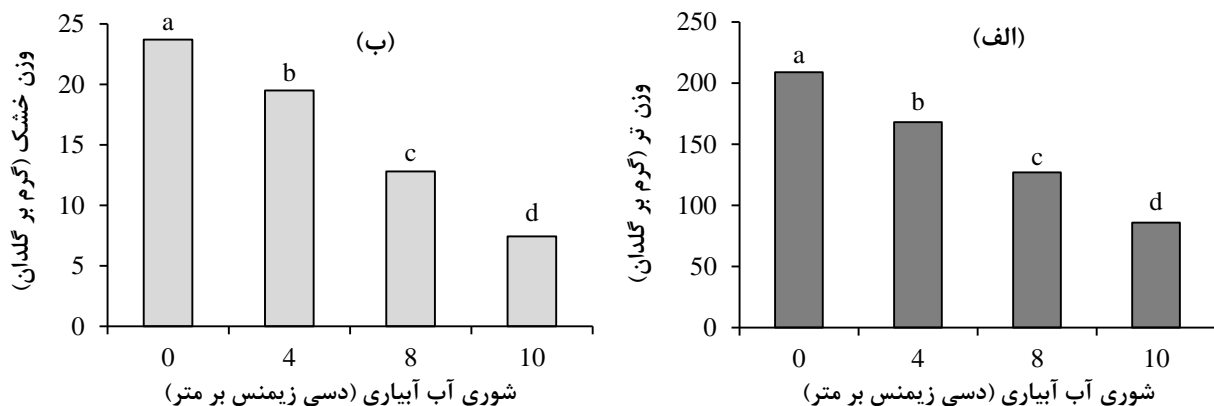
مواد و روش‌ها

به منظور بررسی سطوح مختلف شوری آب آبیاری (صفر (شاهد)، ۴، ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر از منبع کلرید سدیم) بر رشد و عملکرد کاهو، مطالعه‌ای گلخانه‌ای بصورت طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. ابتدا گلدان‌ها با ۳ کیلوگرم خاک همگن عبور داده شده از الک ۲ میلی‌متری با قابلیت هدایت الکتریکی (EC) ۱/۷ دسی زیمنس بر متر و اسیدیته (pH) ۷/۸ پر شد. برای کاشت، ابتدا در هر گلدان ۶ عدد بذر کاهو رقم فردوس کشت شد. پس از سبز شدن، تعداد بوته‌ها را در هر گلدان به دو عدد کاهش داده و به مدت ۳۰ روز با آب مقطر آبیاری شدند. پس از آن گلدان‌ها تا زمان برداشت، با آب شور تهیه شده براساس تیمارهای آبیاری شدند. ده هفته پس از کاشت، کاهوها برداشت شده و وزن تر (تازه) آنها اندازه‌گیری شد. سپس گیاهان برداشت شده به مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و پس از توزین، آسیاب شدند. پس از سوزاندن نمونه‌ها در کوره و تبدیل به خاکستر، عصاره‌گیری با اسید کلریدریک انجام و غلظت پتاسیم و کلر با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. مقدار کلروفیل کل نمونه‌ها نیز قبل از برداشت به روش عصاره‌گیری با استون و اندازه‌گیری شدت نور در عصاره رویی توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر انجام شد (Porra, 2002). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

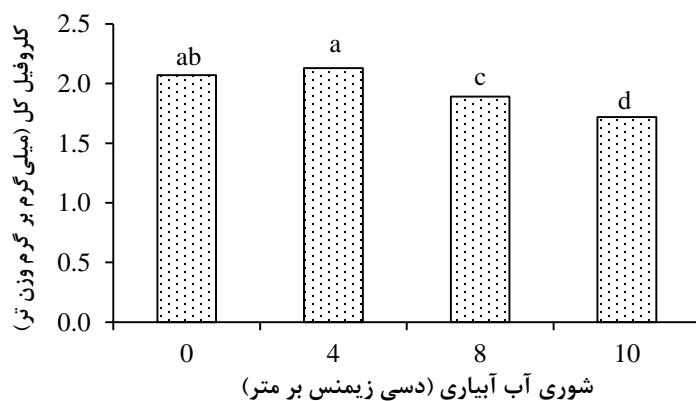
نتایج نشان داد که با افزایش شوری آب آبیاری، وزن تازه و خشک کاهو به طور معنی‌داری کاهش یافت. با اعمال سطوح شوری آب آبیاری ۴، ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر وزن تازه (شکل ۱-الف) کاهو به ترتیب ۲۰، ۳۹ و ۵۹ درصد و وزن خشک (شکل ۱-ب) آن به ترتیب ۱۸، ۴۶ و ۶۸ درصد نسبت به تیمار شاهد بدون تنش کاهش یافت. یکی از بارزترین اثرات شوری بر گیاه کاهش رشد و توسعه آن است. کاهش فاکتورهای رشد تحت تنش شوری ممکن است مربوط به افزایش فشار اسمزی، کمبود عناصر غذایی و آسیب به برخی از مکانیسم‌های فیزیولوژیکی باشد. تنش شوری از طریق کاهش تکثیر سلولی و کاهش مدت زمان تجمع ماده خشک باعث کوتاه شدن میان‌گره‌ها شده و ارتفاع بوته و در نتیجه وزن خشک برگ و اندام هوایی را کاهش می‌دهد. کاهش رشد گیاه تحت تنش شوری به‌طور عمده به دلیل افزایش فشار اسمزی، کاهش فراهمی آب در محیط ریشه، تجمع و سمیت یون‌های سدیم و کلر، کاهش سنتز پروتئین، کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی، از بین رفتن تعادل تغذیه‌ای و جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاه می‌باشد (Munns, 2002).

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات شوری آب آبیاری بر وزن تر (الف) و خشک (ب) اندام هوایی کاهو

با توجه به نتایج بدست آمده، اگر چه سطح شوری کم تأثیر معنی‌داری بر غلظت کلروفیل کل اندام هوایی کاهو نداشت، اما با اعمال سطوح شوری شدیدتر مقدار کلروفیل کل کاهش یافت. با افزایش شوری آب آبیاری به ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر، مقدار کلروفیل کل کاهو به ترتیب ۹ و ۱۷ درصد در مقایسه با شاهد بدون تنش کاهش نشان داد (شکل ۲). محتوای کلروفیل در گیاهان رشد کرده در شرایط تنش یکی از مهمترین پارامترها در برآورد مقاومت گیاه به شوری و نشان دهنده کارایی سیستم فتوسنتز است. تنش شوری موجب پیری زودرس شده و با تخریب کلروپلاست موجب کاهش فتوسنتز می‌شود. کاهش مقدار کلروفیل در شرایط شور می‌تواند به دلیل اثر بازدارندگی یون‌های سدیم و کلر در بیوسنتز رنگیزه‌ها، تخریب سنتز و یا تشدید تجزیه آن‌ها باشد (Ashraf and Harris, 2013). زوال غشای کلروپلاست و تیلاکوئیدها و هم‌چنین از بین رفتن آنزیم‌های دخیل در سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی نیز از دیگر عوامل مؤثر در کاهش محتوای کلروفیل تحت تنش شوری عنوان شده است. جایگزینی سدیم بجای منیزیم و هم‌چنین کاهش جذب آهن در شرایط شور از دیگر عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل بیان شده است (Karimi et al., 2009).

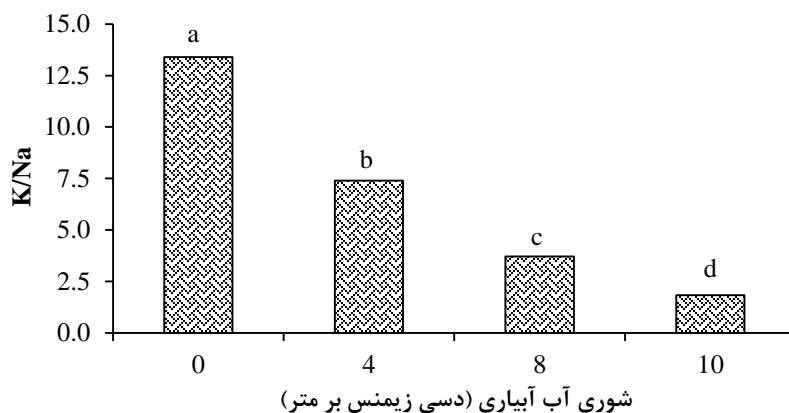


شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات شوری آب آبیاری بر مقدار کلروفیل کل کاهو

اعمال سطوح شوری آب آبیاری باعث کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی کاهو شد. با افزایش شوری آب آبیاری به ۴، ۸ و ۱۰ دسی زیمنس بر متر نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی کاهو به ترتیب ۴۴، ۷۲ و ۸۶ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافت (شکل ۳). یکی از مهمترین واکنش‌های گیاه به تنش شوری، خروج K از سلول و ورود Na به درون سلول است که نتیجه آن کاهش نسبت K/Na است. در گیاهان رشد کرده در شرایط تنش، رقابت Na با دیگر عناصر کاتیونی از جمله K موجب

هفدهمین کنفرانس علوم خاک ایران و چهارمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

عدم تعادل تغذیه ای در گیاه می‌شود. پتاسیم نیز به‌عنوان یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه، می‌تواند به‌طور مستقیم با غلظت‌های بالای کلرید سدیم در محیط ریشه تحت تأثیر قرار گرفته و جذب آن کاهش یابد. (Grattan and Grieve 1999) بیان کردند که شوری به‌طور مستقیم می‌تواند جذب عناصر غذایی را تحت تأثیر قرار دهد، به‌طوری‌که غلظت بالای Na^+ منجر به کاهش جذب K^+ در گیاه می‌شود.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات شوری آب آبیاری بر نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی کاهو

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که شوری آب آبیاری تأثیر منفی بر رشد و عملکرد کاهو داشت، به‌طوری‌که حتی در سطح شوری کم (۴ دسی زیمنس بر متر) عملکرد آن حدود ۲۰ درصد کاهش یافت. هم‌چنین در سطح شوری زیاد (۱۰ دسی زیمنس بر متر) عملکرد آن حدود ۶۰ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش نشان داد. با توجه به نتایج، اگر چه در سطوح شوری نسبتاً کم می‌توان کشت و تولید کاهو را انجام داد، ولی در شرایط شوری زیاد تولید این محصول از نظر اقتصادی نمی‌تواند مقرون به صرفه باشد.

فهرست منابع

- ۱- همایی، م. (۱۳۸۱). واکنش گیاهان به شوری. چاپ اول، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۵۸، تهران، ایران.
- 2- Ashraf, M., Harris, P. J. C. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, 51: 163-190.
- 3- Clarkson, G. J. J., O'Byrne, E. E., Rothwell, S. D., Taylor, G. (2003). Identifying traits to improve postharvest processability in baby leaf salad. *Journal of Postharvest Biology and Technology*, 30, 287-298.
- 4- Feng, G., Zhang, F. S., Xi, L., Tian, C. Y., Tang, C., Rengel, Z. (2002). Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza*, 12: 185-190.
- 5- Grattan, S. R., Grieve, C. M. (1999). Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 78: 127-157.
- 6- Karimi, S., Rahemi, M., Maftoun, M., Eshghi, S., Tavallali, V. (2009). Effect of long-term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *Australian Journal of Crop Science*, 3: 1630-1639.
- 7- Meloni, D. A., Oliva, M. A., Ruiz, H. A., Martinez, C. A. (2001). Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 24: 599-668.
- 8- Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25: 239-250.
- 9- Porra, R. J. (2002). The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. *Photosynthesis Research*, 73, 149-156
- 10- Rubatzky, V. E., Yamaguchi, M. (1997). World Vegetables. New York, Chapman & Hall.
- 11- Unlukara, A., Cemek, B., Karaman, S., Ersahin, S. (2008). Response of lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) to salinity of irrigation water. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 36, 265-273.

The effect of different salinity levels of irrigation water on some growth characteristics of lettuce

Farhad Azarmi-Atajan¹

Assistan Prof., Soil Science Department, University of Birjand. farhadazarmi@yahoo.com , farhadazarmi@birjand.ac.ir

Abstract

Soil and water salinity is one of the most important environmental stresses limiting plant growth and yield in many areas of the world, especially arid and semi-arid regions. Due to the increasing salinity of irrigation water in many regions of Iran, a greenhouse study was conducted to evaluate different levels of irrigation water (0, 4, 8 and 10 dS/m as NaCl) on lettuce growth and yield in three replications. The results showed that with increasing salinity, yield, shoot dry weight, total chlorophyll concentration and K/Na in lettuce decreased. Application of 4 dS/m water salinity reduced fresh weight, dry weight and K/Na of lettuce by 20, 18 and 44% compared to control, respectively. At this salinity level, the amount of total chlorophyll did not change significantly. According to the results, lettuce yield and growth decreased at all water salinity levels, indicating that the plant is sensitive to salinity even in relatively low level.

Keywords: Chlorophyll, Lettuce, Water salinity, Yield