19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

حاصلخیزی خاک و تنش‌های محیطی (با تأکید بر عارضه زوال مرکبات)

یعقوب حسینی[1*]

۱- دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
*yaaghoob.hosseini@yahoo.com

چکیده

تغییرات اقلیمی، اثرات تنش‌های غیرزیستی مانند گرما، شوری، خشکسالی، آلودگی، فلزات سنگین و.. را تشدید می‌کند. بخش کشاورزی به سبب مواجه گسترده و مستقیم با محیط پیرامونی، بیشترین تأثیر را از فرآیند پدیده تغییر اقلیم می‌پذیرد؛ بنابراین تولید محصولات کشاورزی تحت فشار تغییرات اقلیمی (منطقه‌ای و جهانی) می‌باشد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند یکی از اقدامات بسیار مؤثر که می‌تواند در افزایش تحمل و مقاومت گیاهان به تنش‌ها، بویژه تنش‌های غیرزیستی، کمک نماید مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه است. بدیهی است ترکیب چند تنش به طور همزمان می‌تواند آثار زیانبارتری را ایجاد نماید؛ مصداق آن هم عارضه زوال مرکبات است که چند سالی است بشدت در باغ‌های مرکبات استان‌های جنوبی گسترش پیدا کرده و منجر به غیر اقتصادی شدن و یا از بین رفتن آنها شده است. آنچه مسلم است این است که در بروز عارضه زوال مرکبات تنش‌های مختلف غیرزیستی نقش دارند و البته می‌توانند همراه با تنش‌های زیستی باشند. می‌توان گفت بروز عارضه زوال مرکبات در یک منطقه، حاصل وقوع تنش‌های مختلف (با شدت‌های متفاوت) در آن منطقه می‌باشد. خوشبختانه در تحقیقاتی که در سال‌های اخیر انجام شده است نقش تغذیه گیاهی به همراه رعایت توصیه‌های به‌باغی و بهداشتی در کنترل عارضه و برگرداندن درختانی که در شروع عارضه بودند، به‌خوبی نشان داده شده است.

واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی، تنش، تغذیه گیاه، حاصلخیزی خاک، عارضه زوال مرکبات

مقدمه

تنش به عنوان کاهش رشد کمّی یا کیفی یک گیاه خاص تعریف می‌شود که در اثر تغییرات خارج از دامنه مطلوب عوامل محیطی ایجاد می‌شود. تنش‌ها با توجه به عامل ایجاد آنها به دو گروه تنش‌های ناشی از عوامل زنده و تنش‌های ناشی از عوامل غیرزنده تقسیم می‌شوند. همان‌گونه که از این تقسیم‌بندی مشخص است تنش‌های زنده (زیستی) به تنش‌های ناشی از هر عامل زنده بر گیاه اشاره دارد که این عامل زنده می‌تواند آفات، بیمارگرها، علف‌های هرز و حتی انسان باشد. در مقابل، تنش‌های غیرزنده (غیرزیستی) به تنش‌های ناشی از هر عامل غیرزنده تأثیرگذار بر رشد گیاه گفته می‌شود که معمولا شامل تنش‌های خشکی، شوری، گرما، سرما و... می‌باشد. شرایط تنش، رشد و نمو طبیعی گیاهان را محدود می‌کند و بنابراین بهره‌وری محصول را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (Singh et al., 2024). علاوه بر این، تنش‌های غیر زیستی، آسیب‌پذیری در برابر آفات و بیماری‌ها را افزایش می‌دهند، مکانیسم‌های دفاعی گیاه را تضعیف می‌کنند و وقوع و شدت این بیماری‌ها را تشدید می‌کنند. تغییرات اقلیمی، اثرات تنش‌های غیرزیستی مانند گرما، شوری، خشکسالی و آلودگی فلزات سنگین را بر بهره‌وری محصولات و سلامت اکوسیستم تشدید کرده است (Begum et al., 2019). بنابراین تولید محصولات کشاورزی تحت فشار تغییرات اقلیمی و جمعیت جهانی خواهد بود و تقاضا برای محصولات کشاورزی در آینده رو به افزایش خواهد بود. بنابراین، لازم است با مدیریت مؤثر منابع موجود، عملکرد محصول را افزایش داد (Hasanuzzaman et al. 2019a; Ahmed and Stockle 2016; Ahmed 2020). از مهمترین رویکردها برای حفظ و بهبود رشد گیاه و افزایش بهره‌وری محصول در محیط‌های تنش‌زا بهبود حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه است که تصور می‌شود با استفاده از ابزار تنظیم کاربرد مواد کودی قابل تحقق می‌باشد.

تغییرات اقلیمی و آسیب‌های آن

تغییرات اقلیمی، دستیابی به اهداف حیاتی برای توسعه انسانی را به خطر می‌اندازد. تأثیرات فزاینده تغییرات اقلیمی، پیشرفت‌های حاصل شده در مبارزه با گرسنگی و سوءتغذیه در سال‌های اخیر را تهدید به تضعیف و احتمالاً معکوس می‌کند. فرآیندهای کند تغییرات اقلیمی و رویدادهای شدید و مکرر آب و هوایی، بر بهره‌وری کشاورزی تأثیر می‌گذارند و فشار بیشتری را بر سیستم‌های غذایی و زیست‌محیطی شکننده وارد می‌کنند. تولیدکنندگان خرده‌پا و فقرای روستایی در کشورهای در حال توسعه، در برابر اثرات تغییرات اقلیمی و نوسانات اقلیمی بیشتر آسیب‌پذیر هستند. تأثیرات منفی تغییرات اقلیمی توسط همه کشورها و به ویژه در کشورهای کمتر توسعه‌یافته، و مناطقی با اکوسیستم‌های شکننده (مانند مناطق خشک) به شدت احساس خواهد شد. گزارش ارزیابی چهارم IPCC[1] بیان می‌کند که میانگین دمای جهانی در قرن گذشته با ۰/۷۴ درجه سانتیگراد افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود که در این قرن ۱/۱ تا ۶ درجه سانتیگراد دیگر افزایش یابد (IPCC, 2007). در اثر تغییرات اقلیمی تغییراتی در الگوی بارندگی مشاهده خواهد شد که منجر به افزایش یا کاهش بارندگی خواهد شد (Kontgis et al., 2019). سیستم تولید گیاهان زراعی عمدتا به وسیله عوامل محیطی کنترل می‌شود، بنابراین نسبت به تغییر اقلیم واکنش نشان خواهند داد. میزان واکنش سیستم‌های تولید در مقابل تغییرات اقلیم بستگی به مدت زمان قرارگیری و میزان حساسیت سیستم‌های تولید در اقلیم جدید دارد. در مطالعه‌ای (ترابی و همکاران، ۱۴۰۰) با هدف ارزیابی روند تغییرات اقلیمی ایران در ۳۰ سال گذشته، اطلاعات ۱۲۶ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کشور با توجه به نقشه پراکنش اراضی زراعی و باغی (به تفکیک آبی و دیم) بررسی شد. برای بررسی روند تغییرات داده‌های اقلیمی (دما و بارندگی) سالانه و فصلی گذشته، از ۴۰ ایستگاه هواشناسی دارای آمار ۳۰ ساله واقعی (۲۰۱۵-۱۹۸۶) استفاده شد. روند تغییرات و معنی‌داری این داده‌ها در طی ۳۰ سال گذشته با استفاده از آنالیز رگرسیون خطی بررسی شد. نتایج نشان داد در همه ایستگاههای هواشناسی، به جز ایستگاه شهرکرد، دمای متوسط

[1] - Intergovernmental Panel on Climate Change

سالانه روند افزایشی داشت که در ۳۲ ایستگاه هواشناسی این روند معنی‌دار بود. میزان افزایش دمای متوسط سالانه در این ایستگاه‌ها بین ۰/۰۱ تا ۰/۹ درجه سانتیگراد بر دهه متغیر بود. روند تغییرات دمای متوسط فصلی نیز نشان داد که در فصول بهار، تابستان و زمستان تقریبا در ۷۵ درصد از ایستگاه‌های هواشناسی روند افزایش دمای متوسط معنی‌دار بود. همچنین نتایج نشان داد در اکثر ایستگاه‌های هواشناسی روند کاهشی در میزان بارندگی به میزان ۰/۱ تا ۶۶/۵ میلیمتر بر دهه در ۳۰ سال گذشته وجود دارد که در تعداد کمی از ایستگاهها این روند معنی‌دار بود. بر اساس نتایج مذکور در تعداد اندکی از ایستگاه‌های هواشناسی افزایش بارندگی به میزان ۰/۹ تا ۳۰/۳ میلیمتر بر دهه وجود دارد که در هیچ یک از آنها این روند معنی‌دار نبود. روند تغییرات بارندگی فصلی نشان داد که در هیچ یک از ایستگاه‌های هواشناسی در فصول بهار، تابستان و پاییز روند تغییرات بارندگی معنی‌دار نبود، در حالی که در فصل زمستان در حدود ۲۸ درصد از ایستگاه‌های هواشناسی روند تغییرات بارندگی معنی‌دار بود. در اکثر ایستگاه‌های هواشناسی روند تغییرات بارندگی فصلی به صورت کاهشی بود (ترابی و همکاران، ۱۴۰۰).

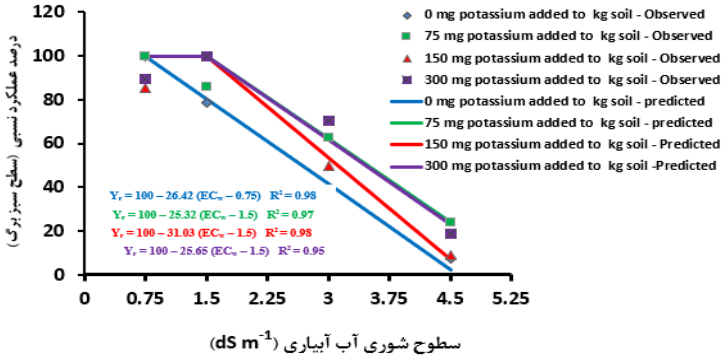
تأثیر تنش‌های غیرزیستی بر گیاهان

تغییرات اقلیمی سبب شده است تا شدت و تأثیر منفی تنش‌های غیرزیستی (از قبیل شوری، خشکسالی، دمای بسیار بالا و پایین، سیل، فلزات سمی، شدت نور زیاد، ...) بر گیاهان روند فزاینده‌ای پیدا کند. به عبارت دیگر در عمده مناطق دنیا تغییرات اقلیمی با تشدید تنش‌ها بویژه تنش‌های غیرزیستی خود را نشان داده است. بدیهی است این تنش‌های غیرزیستی تهدیدات عمده‌ای برای کشاورزی و امنیت غذایی هستند (Hasanuzzaman et al. 2012a). طبق گزارش فائو در سال ۲۰۱۹، از بین رفتن محصول به دلیل عوامل تنش‌زای غیرزیستی و زیستی به ترتیب تا ۵۰٪ و ۴۰٪ را تشکیل می‌دهد که نگرانی عمده‌ای برای امنیت غذایی است. به‌طور کلی تنش‌های محیطی منجر به تولید گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر (ROS)، کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد محصولات به پایین‌تر از پتانسیل واقعی آنها می‌شود. گیاهان نیز برای مقابله با تنش استراتژیهایی خاص مرتبط با هر تنش را بروز می‌دهند.

مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه در کنترل تنش‌ها

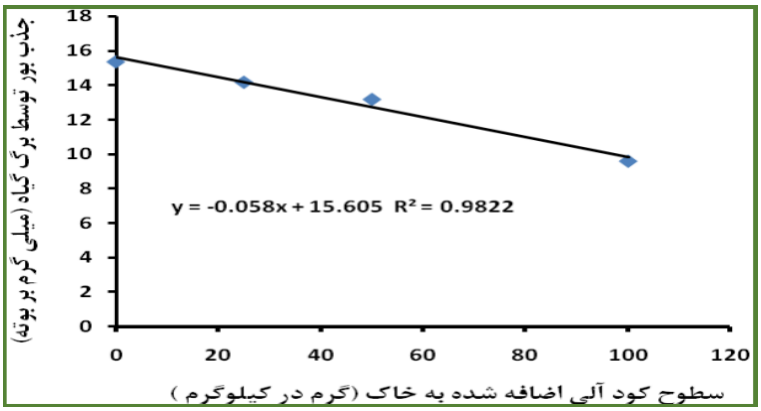
تحقیقات نشان داده است یکی از اقدامات بسیار مؤثر که می‌تواند در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های غیرزیستی کمک نماید، مدیریت حاصلخیزی خاک (شامل حاصلخیزی شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک) و نقش عناصر غذایی کلیدی در کنترل و کاهش آثار تنش است (موسوی و همکاران، ۱۴۰۱). مواد کودی مختلف می‌توانند به ایجاد انواع مختلف واکنش‌های دفاعی کمک کنند و به گیاه در تحمل به تنش کمک نمایند. بنابراین، استفاده از این ترکیبات می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای مقابله با انواع مختلف تنش‌های غیرزیستی مانند شوری، خشکسالی، دمای بالا، سرما، فلزات سمی، غرقابی، شدت نور بالا، تابش UV-B و O_3 باشد (Hasanuzzaman, et al., 2018a). برای مثال، در آزمایشی که بروی انبه (یکی حساس‌ترین گیاهان به شوری) انجام شد مشاهده گردید که کاربرد پتاسیم توانست اثرات مضر شوری (بویژه در شوری های متوسط ۱/۵ و ۳ دسی زیمنس بر متر) را کاهش دهد (شکل۱). کاربرد پتاسیم آستانه تحمل به شوری برای سطح سبز برگ را دو برابر افزایش داد (شکل ۲). همچنین کاربرد پتاسیم سبب افزایش غلظت و جذب پتاسیم برگ گردید و کاربرد آن بویژه در سطوح بالا سبب ایجاد روند کاهشی در غلظت و جذب سدیم و کلر برگ گردید (حسینی و همکاران، ۱۳۹۴). در آزمایش دیگری ملاحظه گردید که کاربرد سیلیکات پتاسیم سبب کاهش جذب کل بور و افزایش مقدار پرولین در نهال انبه گردید (قریشی و همکاران، ۱۳۹۲).

شکل ۱- تأثیر کاربرد پتاسیم در کاهش اثر شوری بر رشد دانهال‌های انبه



شکل ۲- افزایش آستانه تحمل به شوری در انبه با کاربرد پتاسیم (شبیه‌سازی مدل Maas- Hoffman هنگام استفاده از آب شور برای برآورد درصد عملکرد نسبی سطح سبز برگ دانهال انبه در سطوح مختلف کاربرد پتاسیم)

در پژوهش دیگری نشان داده شد کاربرد کود گوسفندی در مقایسه با کود مرغی، به هنگام استفاده از آب دارای زیادی غلظت بور، شرایط مناسب‌تری را برای رشد دانهال انبه ایجاد کرد. به‌طور کلی کاربرد کود آلی بویژه در غلظت‌های بالای بور (سمیّت بور) توانست اثرات مضر آن را کاهش دهد (شکل ۳)؛ اگرچه نوع کود الی نیز تأثیر گذار بود. غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و بور در برگ، هنگام استفاده از آب دارای بور، افزایش یافت؛ لیکن کاربرد کود آلی سبب افزایش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ و ایجاد روند کاهشی در غلظت و جذب بور برگ گردید (شکل ۴). در نهایت استفاده از کود گوسفندی برای شرایط زیادی بور در آب آبیاری در دانهال انبه توصیه گردید (حسینی و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۳- تأثیر کود آلی بر کاهش جذب بور توسط دانهال انبه

شکل ۳- تأثیر کود آلی (گوسفندی) در کاهش اثر سمیت بور (غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۶ میلی مول بور در لیتر آب آبیاری) بر رشد دانهال‌های انبه

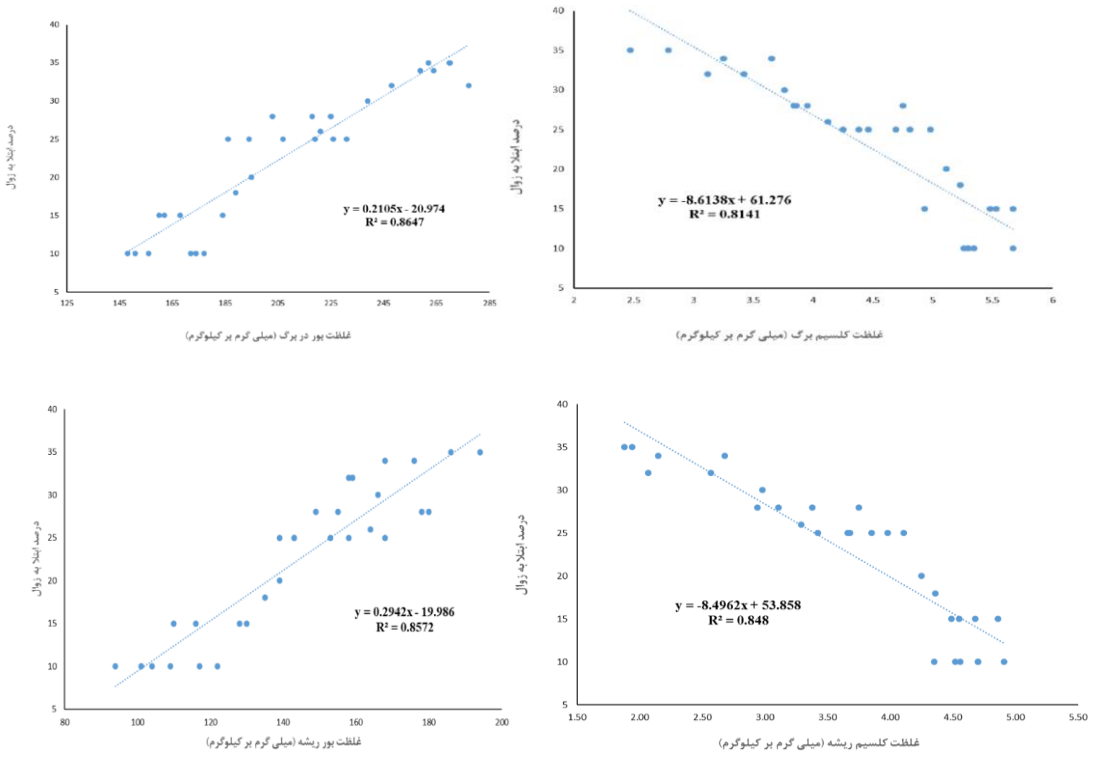
عارضه زوال مرکبات

عارضه زوال مرکبات چند سالی است بشدت در باغهای مرکبات استان‌های جنوبی گسترش پیدا کرده و منجر به غیر اقتصادی شدن و یا از بین رفتن آنها شده است. در حال حاضر این عارضه با روند پیشرفت سریع خود و خسارت اقتصادی فراوانی که بر جای می‌گذارد به عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی باغداران جنوب کشور محسوب می‌شود (شکل ۵).

شکل ۵- مقایسه درختان نارنگی سالم (سمت راست) و درختان نارنگی دچار عارضه زوال مرکبات (سمت چپ)

علت‌های متعددی در بروز و شدت آن نقش دارند و نمی‌توان به یک علت اکتفا نمود و به‌همین دلیل هم به آن اصطلاح کلی "زوال" اطلاق می‌شود. آنچه مسلم است این است که در اغلب موارد، در بروز عارضه زوال مرکبات تنش‌های مختلف غیرزیستی (به صورت تکی یا توأمان) نقش دارند و می‌توانند همراه با تنش‌های زیستی باشند. می‌توان گفت

بروز عارضه زوال مرکبات در یک منطقه حاصل وقوع تنش‌های مختلف (با شدت‌های متفاوت) در آن منطقه می‌باشد. در پژوهشی (صالح و همکاران، ۱۴۰۲) در استان‌های مرکبات‌خیز جنوب کشور (فارس، هرمزگان و جنوب کرمان) مشخص شد که به‌همراه شرایط نامساعد اقلیمی، مهم‌ترین عوامل غیرزیستی مؤثر بر بروز عارضه زوال عبارت بودند از شوری آب، غلظت زیاد سدیم و منیزیم خاک، نسبت نامناسب غلظت کلسیم به منیزیم در آب و خاک (ناشی از ذخیره آب در استخرهای روباز که به دلیل دمای بالای جنوب کشور، باعث بر هم خوردن نسبت کلسیم منیزیم در آب و خاک باغ‌ها می‌شود). همچنین مقدار کلسیم و بور در برگ و ریشه گیاه رابطه مستقیمی با درصد زوال درختان نشان دادند (شکل ۶). عوامل مذکور به تنهایی و یا توأم با یکدیگر، می‌توانند باعث کاهش شدید استحکام و در نتیجه، تخریب بافت ریشه و آسیب‌پذیری آن نسبت به عوامل بیماری‌زا نظیر قارچ‌ها شوند که پیامد آن، اختلال جدی در فرآیند جذب و انتقال آب و عناصر غذایی در گیاه خواهد بود. همچنین بیمارگرهای قارچی و شبه‌قارچی خاک‌زاد به میزان قابل‌توجهی در وقوع عارضه زوال مرکبات نقش دارند و علائم ناشی از عارضه زوال عمدتاً پس از وارد شدن آسیب به ریشه‌ها ظهور می‌یابند. ریشه‌های دارای علائم پوسیدگی درختان مرکبات در تمام مناطق مورد بررسی، جدایه‌های *Fusarium solani* در مقایسه با جدایه‌های سایر قارچ‌ها از بیشترین فراوانی برخوردار بودند. همچنین در هر شش منطقه، بیشترین فراوانی در بین گونه‌های قارچی جداسازی‌شده از شاخه‌های دارای علائم سرخشکیدگی مربوط به جدایه‌های *Alternaria alternata* بودند (گودرزی و همکاران، ۱۴۰۱).



شکل۶- تأثیر کلسیم و بور در برگ (بالا) و ریشه (پایین) بر عارضه زوال مرکبات

در پژوهشی (حسینی و همکاران، ۱۴۰۲) در چندین سایت در استان‌های جنوبی کشور ملاحظه گردید که همه تیمارهای اعمال شده، نسبت به تیمار شاهد (عرف باغدار) و نسبت و وضعیت اولیه درخت در شروع اعمال تیمارها،

توانستند وضعیت درختان مبتلا به عارضه زوال را بهبود ببخشند. برترین تیمار تغذیه درختان بر اساس آزمایش خاک و برگ، افزودن قارچ میکوریزا و تریکودرما، کاربرد نیترات کلسیم به میزان ۵۰۰ گرم برای هر درخت در سه نوبت به فاصله هر یک ماه یکبار به همراه محلول‌پاشی کلات کلسیم و عناصر میکرو (شامل روی، منگنز، آهن و مس) در سه نوبت، با رعایت توصیه‌های به‌باغی و بهداشت باغ همچون هرس، تنک میوه، حذف شاخه‌های خشکیده و مصرف سموم قارچ‌کش مناسب بود که توانست درختانی که در شروع زوال (درجه پیشرفت زوال حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد) بودند را به روال طبیعی برگرداند (شکل ۷).

شکل ۷- تأثیر اعمال تیمار تغذیه‌ای بر عارضه زوال مرکبات در نارنگی سیاهو (هرمزگان)؛
تیمار شاهد با عرف باغدار (شکل بالا)، اعمال تیمار تغذیه‌ای (شکل پایین)

نتیجه‌گیری

بخش کشاورزی به سبب مواجه گسترده و مستقیم با محیط پیرامونی، بیشرین تأثیر را از فرآیند پدیده تغییر اقلیم می‌پذیرد، برای مثال اندک تغییر دما سبب دامن زدن به موضوع خشکسالی، تاثیر در اکوسیستم‌های طبیعی و فعالیت‌های کشاورزی خواهد شد. پدیده تغییر اقلیم سبب تشدید تنش‌های غیرزیستی و در مواردی تنش‌های زیستی می‌گردد. از آنجا که امکان مقابله مستقیم با پدیده تغییراقلیم خیلی ضعیف است و یا وجود ندارد، حداقل در حوزه کشاورزی باید برای مصون مایدن از این پدیده تا جایی که ممکن است به تعدیل آثار آن پرداخته شود. از اقدامات بسیار مؤثر که می‌تواند در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌ها، بویژه تنش‌های غیرزیستی کمک نماید، مدیریت حاصلخیزی خاک و نقش عناصر غذایی کلیدی در کنترل و کاهش آثار تنش است. برای مثال در عارضه زوال مرکبات، که ناشی از تجمع تنش‌های مختلف است، بهبود تغذیه درختان و استفاده مناسب و به‌جا از ابزارهای تغذیه‌ای و کودی توانست به‌طور رضایت‌مندی عارضه مذکور را کنترل و درختانی که در شروع زوال بودند را به شرایط ظبیعی برگرداند.

فهرست منابع

۱- ترابی، ب.، ا. سلطانی، س. رهبان، ا. حبیب پور کاشفی، ش. پورشیرازی، م. عالیمقام. (۱۴۰۰). ارزیابی اثر اقلیم آینده بر عملکرد گیاهان زراعی و باغی مهم ایران. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، تهران، ایران.

۲- حسینی، ی.، ج. سرحدی، ی. ع. کرمی، ح. حقیقت‌نیا، م. عسکری سیاهوئی و ف. رجالی. (۱۴۰۲). بررسی امکان کنترل عارضه زوال مرکبات با محوریت مدیریت تغذیه‌ای در جنوب کشور. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

۳- حسینی، ی.، ح. رضایی، ر. رضازاده، ح. حسن‌زاده خانکهدانی، غ. سعیدی، م. قریشی و ح. هوشیار. (۱۳۹۴). بررسی تاثیر دو نوع ماده آلی درکاهش سمیّت بور در دانهال‌های جوان انبه. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

۴- حسینی، ی.، ر. رضازاده، ح. حسن‌زاده خانکهدانی، غ. سعیدی، م. قریشی و ح. هوشیار. (۱۳۹۴).. بررسی امکان کاهش اثرات شوری با کاربرد پتاسیم در دانهال‌های جوان انبه. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

۵- صالح، ج.، ح. حقیقت نیا، آ. گودرزی و ج. سرحدی. (۱۴۰۲). زمینه‌یابی عوامل بالقوه مؤثر در بروز زوال مرکبات در جنوب ایران. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

۶- قریشی، م.، ی. حسینی، م. مفتون، ی. ع. کرمی، ز. خوگر، ا. مقیمی، ج. صالح. (۱۳۹۲). تأثیر کاربرد سیلیسیوم بر کاهش سوختگی حاشیه برگ دانهال های انبه، غلظت و جذب سیلیسیوم و بور در شرایط زیادی بور. سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران، اهواز، ایران.

۷- گودرزی، آ. و ج. صالح. (۱۴۰۱). تعیین فراوانی گونه‌های قارچی و شبه‌قارچی دخیل در عارضه زوال درختان مرکبات و بررسی نقش آنها در وقوع علائم زوال مرکبات در استان هرمزگان. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۸- موسوی، س. م.، م. چراغی، و س. ع. غفاری‌نژاد. (۱۴۰۱). مروری بر کارکردهای تخصصی عناصر غذایی در تعدیل آثار تنش‌های محیطی (تنش خشکی، تنش شوری و تنش دمایی). موسسه تحقیقات خاک و آب، ۶۲۹۰۳، کرج، ایران.

9- Ahmed M., Stockle C. O. (2016) Quantification of climate variability, adaptation and mitigation for agricultural sustainability: Springer Nature Singapore Pvt. Ltd., pp. 437. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32059-5. https://www.springer.com/gp/book/9783319320571

10- Ahmed, M., (2020) Systems Modeling: Springer Nature Singapore Pte Ltd. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4728-7_6

11- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., et al. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. Front. Plant Sci. 10:1068. doi: 10.3389/fpls.2019.01068

12- Hasanuzzaman, M., Fujita, M., Nahar, K., Hawrylak-Nowak, B. (2018a) Plant nutrients and abiotic stress tolerance. Springer, Singapore, p 590.

13- Hasanuzzaman, M., Hossain M. A., Fujita, M. (2012a) Exogenous selenium pretreatment protects rapeseed seedlings from cadmium-induced oxidative stress by upregulating the antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems. Biological Trace Element Research, 149(2), 248–261.

14- Hasanuzzaman, M., Shabala, S., Fujita, M. (2019a) Halophytes and climate change: adaptive mechanisms and potential uses. CABI, Wallingford, p xi

15- IPCC, 2007. Climate change 2007: The physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.In: Solomon S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Avert, K B., Tignor, M., Miller, H. L., (Eds.) Cambridge University Press.

16- Kontgis, C., Schneider, A., Ozdogan, M., Kucharik, C., Tri, V.P.T., Duc, N. H., Schatz, J. 2019. Climate change impacts on rice productivity in the Mekong River Delta. Applied Geography, 102, 71-83.
17- Singh, K., Gupta, R., shokat, S. M., Iqbal, N., Kocy, G., Perez-Perez, J. M., Riyazuddin, R. (2024). Ascorbat, plant hormoes and their intraction during plant responses to biotic. Phsiologia Plantarum,176, 1-16.

Soil Fertility and Environmental Stresses: A Focus on Citrus Decline

Yaaghoob Hosseini[1]

[1]Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran.

Abstract

Climate change has intensified the impact of abiotic stresses, such as heat, salinity, drought, pollution, and heavy metals, on plants. The agricultural sector is particularly vulnerable to these effects due to its direct exposure to the surrounding environment. As a result, agricultural production is under pressure from both regional and global climate change. Research has shown that effective soil fertility management and plant nutrition can increase the tolerance and resistance of plants to abiotic stresses. However, the combination of multiple stresses can have even more damaging effects, as seen in the rapid spread of citrus decline in southern citrus orchards in recent years. This has resulted in economic losses and destruction of trees. It is clear that various abiotic stresses contribute to the occurrence of citrus decline, and they may also be accompanied by biotic stresses. The occurrence of citrus decline in a region is likely the result of a combination of different stresses, each with varying intensities. Fortunately, recent research has highlighted the importance of plant nutrition and following horticultural and health recommendations in controlling and restoring affected trees.

Keywords: Climate change, Stress, Plant nutrition, Soil fertility, and Citrus decline