تاثیر عناصر غذایی بر تعدیل تنش شوری

مقدمه

تنش شوری یکی از عوامل محدود کننده برای رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان در سراسر جهان است. شوری بر مراحل مختلف رشد رویشی، زایشی و بلوغ گیاهان اثر می‌گذارد. در مرحله رویشی بر جوانه‌زنی، تعداد پنجه‌ها، اندازه و تعداد برگ‌های گیاه و در مرحله زایشی بر میزان ماندگاری پنجه‌ها و گلچه‌های موجود در سنبله و در مرحله بلوغ بر تعداد و اندازه دانه‌ها اثر منفی دارد و به‌طور کلی باعث پیری زودرس گیاه می‌شود. گزارش شده است که تنش شوری می‌تواند عملکرد برخی گیاهان مانند گندم را تا ۴۵ درصد کاهش دهد. شوری به دو صورت باعث وارد آمدن خسارت به گیاهان می‌شود: ۱) پتانسیل اسمزی نسبتا بالای محلول خاک که باعث کاهش جذب آب در گیاهان می‌شود و ۲) غلظت بالای برخی از یون‌ها مانند سدیم و کلر که منجر به سمیت یون‌ها و تنش‌هایی که در نتیجه غلظت بالای یون‌های محلول ایجاد می‌شود مانند کمبود سایر عناصر غذایی و تنش اکسیداتیو. نتایج تحقیقات گذشته نشان داده‌اند که ایجاد تعادل تغذیه‌ای می‌تواند تحمل به شوری را در بسیاری از محصولات کشاورزی مهم ازجمله گندم، جو، برنج، ذرت، گوجه‌فرنگی، و سایر محصولات کشاورزی، افزایش دهد. پژوهشگران معتقدند که اثرات مخرب حاصل از شوری بر رشد گیاه را بسته به گونه گیاهی، سطح شوری و شرایط محیطی، میتوان با استفاده مناسب از کود و مدیریت آب، کاهش داد.

نقش عناصر غذایی پر مصرف در کاهش خسارات ناشی از تنش شوری

نیتروژن

شوری خاک و آب به‌همراه پایین بودن سطح نیتروژن قابل جذب گیاه، از مهمترین عوامل محدود کننده رشد اغلب گیاهان می‌باشد. مصرف مقادیر بیش از نیاز نیتروژن ممکن است سبب شور شدن خاک شده و اثر منفی شوری در عملکرد محصول را تشدید نماید. همچنین ممکن است پتانسیل آبشویی نیترات را افزایش دهد. اثر کاربرد نیتروژن بر کاهش اثرات مخرب شوری بسته به گونه گیاه، سطح شوری و شرایط محیطی متفاوت است. گزارش‌ها حاکی از آن است که کاربرد نیتروژن در سطوح پایین شوری، اثرات منفی ناشی از شوری را بر رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان از جمله گوجه‌فرنگی کاهش می‌دهد.

همچنین گزارش شده است که مصرف سطوح بالای نیتروژن در گیاهان رشد یافته تحت تنش شوری بالا، اثر منفی شوری بر کاهش عملکرد برخی از گیاهان مانند فلفل را افزایش می‌دهد.

PTMP/SK/R&D/A/ Salinity stress02 /23082023

مطالعات برهمکنش شوری و نیتروژن، بیشتر در خاک‌های دچار کمبود نیتروژن صورت گرفته است. بنابراین زمانی که درجه شوری خاک شدید نبوده است، با کاربرد نیتروژن رشد و عملکرد اغلب گیاهان از جمله لوبیا چشم بلبلی، گوجه فرنگی، شبدر، ارزن، گندم، اسفناج، بهبود یافته است. همچنین گزارش شده است که تحت تنش شوری، میزان جذب کل نیتروژن توسط گیاه کاهش می‌یابد اما وقتی نیتروژن خاک در سطح بهینه قرار دارد، جذب نیتروژن در اندام هوایی افزایش یا بدون تغییر باقی می‌ماند.

تحت تنش شوری، غلظت نیترات در برگ اکثر گیاهان (بدون تأثیر بر مقدار کل نیتروژن) کاهش می‌یابد. در این شرایط کاربرد نیترات، به سبب اثر آنتاگونیسمی نیترات و کلر، سبب کاهش جذب و تجمع کلر در گیاه می‌شود.

این نوع برهمکنش نه‌تنها غلظت کلر بلکه غلظت سایر عناصر غذایی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای نمونه، افزایش نسبت آمونیوم به نیترات ممکن است تجمع کلر و سدیم در اندام هوایی گیاه را بیشتر و تجمع کلسیم و پتاسیم را کمتر افزایش دهد. شکل نیتروژن عرضه شده به گیاه نیز در میزان حساسیت آن به شوری تأثیر دارد. برای نمونه در گندم و ذرت با افزایش نسبت آمونیوم به نیترات حساسیت آن نسبت به شوری بیشتر می‌شود.

به‌طور کلی، از آنجا که بین یون‌های سدیم و آمونیوم و یا بین یون‌های کلر و نیترات یک برهمکنش وجود دارد، بنابراین زمانی که در خاک‌های شور از کود نیتروژنه استفاده می‌شود، نسبت آمونیوم به نیترات باید مورد توجه قرار گیرد.

در یک مطالعه با بررسی سطوح مختلف نیتروژن و شوری ناشی از کلرید سدیم بر گیاه اسفناج گزارش شد که اثر برهمکنش شوری و نیتروژن بررشد اسفناج تاثیر قابل توجه‌ی ندارد ولی بر غلظت برخی از عناصر موثر در کنترل تنش شوری در اندام هوایی گیاه معنی‌دار است. همچنین مشخص شد که در سطوح بالای شوری، جذب کل نیتروژن نیز افزایش می‌یابد.

از طرفی، مشاهده شده است که در سطوح پایین شوری (۱دسیزیمنس بر متر)، افزایش سطح نیتروژن منجر به بهبود رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی می‌شود ولی در سطوح بالاتر شوری (۵ و ۹ دسیزیمنس بر متر) افزایش سطح نیتروژن منجر به تشدید اثر منفی شوری بر رشد این گیاه می‌شود که دلیل آن نیز حضور غلظت بالای نمک‌های محلول بوده است.

Jan و و همکاران (۲۰۱۳) در آزمایشی اثر تغذیه نیتروژن بر حساسیت گیاه نخود به شوری را بررسی کردند. آن‌ها چهار سطح شوری (صفر (شاهد)، ۲,۵، ۵ و ۷,۵ دسیزیمنس بر متر) و سه منبع نیتروژن شامل نیترات، آمونیوم و نیترات آمونیوم را بهکار بردند. نتایج نشان داد که با صرف‌نظر از نوع منبع نیتروژن، شوری به‌طور معنی‌داری رشد گیاه، طول ریشه، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد کاهش داد. مصرف نیتروژن از منبع نیترات آمونیوم منجر به بهبود پارامترهای رشد و عملکرد در مقایسه با دو منبع دیگر شد. در سطوح شوری بالاتر کاربرد نیتروژن ترکیبی (نیترات آمونیوم) سبب شد که رشد گیاه، کارایی مصرف آب و عملکرد دانه کمتر کاهش یابد. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده ترکیبی از فرم‌های نیتروژن در شرایط شور می‌تواند کاهش رشد گیاه را به حداقل برساند و احتمالا به‌دلیل کنترل بهتر تجمعات اضافی سدیم، کلسیم، پتاسیم، سولفور و کلر در مقایسه با کاربرد نیترات و آمونیوم به‌تنهایی می‌باشد. از طرفی نیز شوری تا حد زیادی جوانه‌زنی بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و باعث کاهش میزان جوانه‌زنی و تأخیر در آغاز رشد گیاهچه‌ها می‌شود. جوانه‌زنی یک مرحله بحرانی برای استقرار بوته‌ها است و در طول این مدت تحمل به شوری می‌تواند رشد گیاه را بهبود ببخشد.

فسفر

اثر فسفر در کنترل آثار منفی ناشی از تنش شوری بین گونه‌های مختلف گیاهی و با توجه به شرایط کشت و کار و آزمایش متفاوت است. در مقایسه با اثر شوری بر جذب نیترات، بعید است که یونهای Cl^-، $H_2PO_4^-$ از نظر جذب با هم در رقابت باشند. با این وجود Zhukovskaya (۱۹۷۳) گزارش کرد که یون‌های Cl^- و SO_2^- جذب فسفر در جو و آفتابگردان را کاهش می‌دهد.

در خاک‌های شور، به‌دلیل اثرات قدرت یونی که فعالیت فسفر را کاهش می‌دهد و نیز به‌دلیل غلظت کم فسفر در محلول خاک که شدیدا توسط فرآیندهای جذب و حلالیت پایین کانی‌های Ca-P کنترل می‌شود، قابلیت دسترسی فسفر می‌تواند بسیار پایین باشد.

از این رو، این موضوع قابل استنباط است که غلظت فسفر در مزارع تحت کشت محصولات زراعی در نتیجه افزایش شوری کاهش یابد. در بسیاری از موارد، غلظت فسفر در بافت گیاهان کشت شده در شرایط شور بین ۲۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. نتایج تحقیق تدین نژاد و همکاران (۱۳۹۹) بر کاربرد فسفر در مراحل مختلف رشد گندم تحت شرایط تنش شوری، نشان داد که افزایش فسفر در محلول غذایی موجب افزایش ماده خشک

گندم شد. تأمین فسفر (کود زیستی فسفاته) در طول دوره رشد گیاه نسبت به مصرف ابتدای فصل کشت در گیاه چمن در شرایط شور باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، افزایش میزان کلروفیل و افزایش ماده خشک می‌گردد.

در مطالعات هیدروپونیک انجام شده در رابطه با برهمکنش بین شوری و فسفر بر گیاهان، مشاهده شده است که شوری غلظت فسفر را در بافت گیاهان افزایش می‌دهد. همچنین مشاهده شده است که تحت تنش شوری، تجمع فسفر در برگ ممکن است همبستگی چندانی با عملکرد برخی از گیاهان مانند گندم نداشته باشد.

از آنجا که قدرت یونی و حلالیت پایین کانی‌های Ca-P قابلیت دسترسی فسفر در شرایط شور را کاهش می‌دهد، بنابراین در خاک‌های شور، استفاده مکرر از فسفر برای رفع نیاز گیاه و بهبود عملکرد محصول مورد نیاز است.

Champagnol (۱۹۷۹) در مطالعه‌ای متوجه شد که مصرف فسفر در خاک‌های شور، عملکرد ۳۴ گیاه از ۳۷ گیاه مورد مطالعه را افزایش می‌دهد. مشابه با نیتروژن، فسفر نیز صرفا سبب افزایش مقاومت گیاهان به شوری نمی‌شود بلکه ممکن است اثر آن در بهبود رشد و عملکرد گیاهان، به این دلیل باشد که شوری منجر به کاهش جذب فسفر می‌شود و مصرف فسفر در این شرایط، نیاز تغذیه‌ای گیاه را تامین نماید.

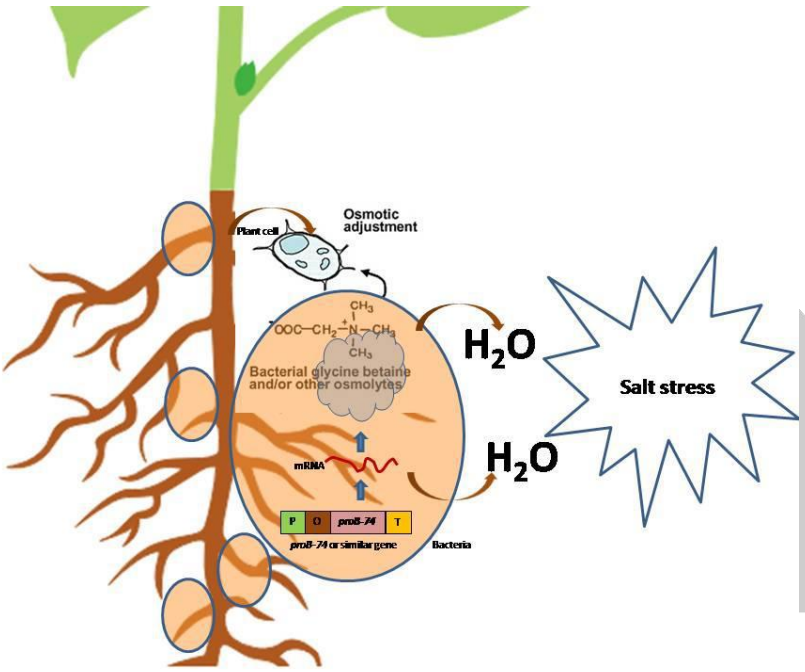
نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که، شوری می‌تواند جذب فسفر را افزایش داده و یا هیچ تأثیری بر جذب فسفر نداشته باشد. بنابراین، این جنبه باید با طراحی آزمایش‌های دقیق مورد بررسی قرار گیرد. برخی از دلایل فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نیز برای کاهش جذب فسفر در خاک‌های شور ارائه شده است.

Hale و Orcutt (۱۹۸۷) گزارش کردند که اثر شوری در کاهش جذب فسفر، با کاهش فعالیت کوآنزیم آدنوزین تری فسفات (ATP) مرتبط است. این آنزیم انرژی لازم برای جذب فسفر را فراهم می‌نماید. در لوبیای قرمز، افزایش سطح شوری در محیط رشد ریشه منجر به کاهش میزان جذب فسفر، آدنوزین تری فسفات و انرژی قابل دسترس برای برگ‌های جوان می‌شود.

علاوه بر این، گیاهان تحت تنش شوری، مانند گیاهان دچار کمبود فسفر، اغلب با برگ‌های کوچک و سبز تیره، کاهش نسبت ساقه به ریشه، کاهش پنجه‌زنی در غلات، تأخیر در گلدهی و کاهش اندازه دانه در غلات و حبوبات همراه هستند.

بنابراین، در یک جمع‌بندی کلی، اثر مصرف برخی از عناصر غذایی در بهبود رشد و عملکرد گیاهان رشد کرده تحت تنش شوری، صرفا محدود به نقش خاص آن‌ها در فرایندهای بیوشیمیایی و فیزولوژیکی گیاه که منجر

به افزایش مقاومت آن‌ها به شوری می‌شود، نبوده و نقش عمومی و مشخص شدهی آن عنصر در متابولیسم گیاه موثر است، زیرا که شوری مانع از جذب نرمال اغلب عناصر غذایی می‌شود.



شکل۱- مکانیسم جذب و تاثیر تنش شوری بر ریشه گیاهان

پتاسیم

تأمین سطوح بهینه پتاسیم و همچنین کلسیم برای حفظ یکپارچگی و عملکرد غشای سلولی گیاهان ضروری است. در گیاهان نمک گریز ، که بسیاری از گونه‌های زراعی را شامل می‌شوند، استراتژی دفع، استراتژی غالب برای مقاومت گیاه به تنش شوری است. گیاهان نمک گریز هم جذب یون‌های سمی از طریق ریشه و هم حرکت آن‌ها به اندام هوایی را محدود می‌نمایند. نسبت بالای K^+ به Na^+ با جذب انتخابی پتاسیم به جای سدیم و هم از طریق بارگزاری ترجیحی پتاسیم بیشتر به آوند چوبی حفظ می‌شود. یون‌های سمی مانند سدیم می‌توانند به دور از سیتوپلاسم به داخل واکوئل سلول منتقل شوند.

به‌طور کلی، مکانیسم‌های اساسی برای حفظ سطوح بهینه پتاسیم در بافت گیاهان رشد کرده در شرایط تنش شوری، وابسته به جذب انتخابی پتاسیم، جزء بندی و توزیع انتخابی پتاسیم و سدیم در اندام هوایی می‌باشد. گیاهان از ناقل‌های با میل ترکیبی بالا و پایین برای جذب پتاسیم از محیط رشد استفاده می‌کنند.

سه کلاس از کانال‌ها با میل ترکیبی پایین، شامل کانال‌های جبران کننده درونی پتاسیم (KIRCs) کانال‌های جبران کننده بیرونی پتاسیم (KORCs) و کانال‌های کاتیونی مستقل ولتاژی (VICS) نقش مهمی در حفظ نسبت پتاسیم به سدیم دارند.

از طرفی تأمین مقادیر بهینه پتاسیم در خاک‌های شور از این جهت مهم است که یکی از عوامل اصلی در ایجاد پتانسیل اسمزی پایین (فشار اسمزی بالا) در استوانه آوندی ریشه پتاسیم است، که خود یک پیش نیاز برای فشار تورمی جهت انتقال املاح در آوند چوبی و تعادل آبی در گیاهان می‌باشد.

در شرایط شور-سدیمی یا سدیمی سطوح بالایی از سدیم خارجی نه تنها با جذب پتاسیم تداخل ایجاد می‌نماید بلکه ممکن است یکپارچگی غشایی سلول‌های ریشه را مختل نموده و انتخاب پذیری آن‌ها را تحت تاثیر قرار دهد. در گیاهان، کاهش جذب K^+ توسط Na^+ یک فرایند رقابتی است و با صرف نظر از اینکه نمک‌های سدیم (Na^+)، کلر (Cl^-) یا سولفات (SO_4^{2-}) محلول غالب است یا خیر، رخ می‌دهد.

حضور مقادر کافی کلسیم در بستر رشد گیاهان، از طریق تغییر نسبت جذب به دفع پتاسیم، نسبت K^+/Na^+ را به صورت انتخابی تحت تأثیر قرار می‌دهد. عرضه Ca^{2+} که یکی از عوامل یکپارچگی غشایی است، همواره به کاهش تراوش پتاسیم از سلول‌های ریشه و بهبود وضعیت پتاسیم ریشه منجر می‌شود.

همچنین غلظت پتاسیم، در گیاهان دچار تنش شوری به منبع نیتروژن نیز بستگی دارد. اگر منبع نیتروژن بهصورت No^{3-} باشد، ممکن است جذب پتاسیم افزایش یابد و اگر منبع نیتروژن به‌صورت NH_4^+ باشد، ممکن است جذب پتاسیم را کاهش دهد. این امر ممکن است به علت برهمکنش منفی بین پتاسیم و آمونیوم ایجاد شود.

حضور سطوح بالای سدیم می‌تواند کلسیم را از غشاء ریشه جابه‌جا نموده و سبب تغییر در یکپارچگی غشاء شود که در نتیجه آن انتخاب پذیری پتاسیم را تحت تأثیر قرار دهد. در برخی از گیاهان مانند ذرت فعالیت آنزیم‌ها از جمله فعالیت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و نیتریت ردوکتار به شدت تحت تنش شوری کاهش یافته و با کاربرد پتاسیم فعالیت آن‌ها بهبود می‌یابد.

Hussein و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که تحت تنش شوری، محلولپاشی سورگوم با محلول‌های پتاسیم و فسفر، برخی اثرات منفی ناشی از شوری را کاهش داده و غلظت این عناصر در برگ و دانه را افزایش می‌دهد. همچنین، در تحقیقی میرزاپور و همکاران (۱۳۸۳) گزارش کردند که مصرف سولفات پتاسیم به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به علت افزایش نسبت پتاسیم به سدیم از یک سو و کاهش نسبت کلر به سولفات در محیط

ریشه از سوی دیگر، سبب افزایش عملکرد گندم در شرایط شور منطقه قم با شوری آب آبیاری معادل ۱۱,۲ دسی زیمنس بر متر گردیده است.

کلسیم

نتایج حاصل از بررسی اثر برهمکنش سدیم و کلسیم تحت تنش شوری نشان داده است که، سدیم به آسانی در سایت‌های تبادلی جایگزین کلسیم شده و قابلیت دسترسی کلسیم در خاک‌های تحت تنش شوری به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. کاهش جذب کلسیم تحت شرایط شور ممکن است به‌دلیل رسوب و افزایش قدرت یونی باشد که فعالیت آن را کاهش می‌دهد. به‌طور کلی، کمبود کلسیم می‌تواند انتخاب پذیری و یکپارچگی غشای سلولی را مختل و اجازه دهد که سدیم به‌طور غیرفعال در بافت‌های گیاهی تجمع یابد. نسبت کم کلسیم به سدیم درخاک‌های شور نقش مهمی در بازدارنگی رشد گیاه ایفا می‌کند و همچنین سبب تغییرات قابل توجهی در مورفولوژی و آناتومی گیاه می‌شود.

افزودن کلسیم در محیط رشد جو، میزان رشد نسبی آن در شرایط خاک شور افزایش می‌دهد. اثر کلسیم در کاهش اثرات مخرب ناشی از تنش شوری بر جوانه زنی بذرها و رشد رویشی لوبیا نیز گزارش شده است. در سوی مقابل، نسبت‌های مختلف کلسیم به سدیم اثر معنی‌داری بر جذب سدیم در برنج نداشته است.

تحت تنش شوری، توزیع کلسیم در اندام هوایی گیاهان حساس به شوری تا حد زیادی کاهش یافته و نشان از توانایی گیاهان در حفظ کلسیم برای مقاومت در برابر شوری است. نگهداری کلسیم و دفع سدیم دربرخی گیاهان مربوط به مقاومت ژنتیکی آن‌ها به شوری است. تحت شرایط تنش شوری، کلسیم درون سلولی به‌عنوان یک تنظیم کننده اسمزی ایفای نقش مینماید.

Huang و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که کلسیم در تنظیم سیگنال‌های مرتبط با تجمع پرولین ناشی از تنش خشکی و شوری به‌منظور تنظیم اسمزی، شرکت دارد.

کلسیم نقش مهمی در تقسیم سلولی، حفظ ساختار غشاء، تنظیم انتقال و انتخاب‌پذیری یونی و همچنین فعالیت‌های آنزیمی دیواره سلولی دارد.

جذب کلسیم توسط گیاهان زراعی از طریق غلظت آن در محلول خاک، pH خاک، میزان کلسیم خاک و گونه‌های زراعی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با افزایش غلظت نمک در ریزوسفر، کلسیم مورد نیاز گیاهان نیز افزایش می‌یابد، فعل و انفعالات یونی، رسوب و قدرت یونی جذب کلسیم در خاک‌های شور کاهش می‌یابد. تمامی این عوامل فعالیت کلسیم در محلول خاک را کاهش داده و در نتیجه کلسیم قابل دسترس گیاهان کاهش می‌یابد.

شوری منجر به بازدارندگی تولید و کاهش رشد طولی سلول‌های ریشه‌ای گیاهان می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که این اثر بازدارندگی تا حد زیادی توسط عرضه مقدار کافی از کلسیم به گیاه بهبود می‌یابد. تحت تنش شوری، به علت تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریشه گیاهان، جذب و انتقال آب در ریشه گیاهان مختل می‌شود. با عرضه مقادیر بهینه از کلسیم از بروز چنین تغییراتی ممانعت شده و کاهش ایجاد شده در هدایت هیدرولیکی ریشه را بهبود می‌بخشد. در محصولات زراعی که مستعد ابتلا به آسیب سدیم و کلر می‌باشند، حفظ و عرضه کافی کلسیم در محلول خاک‌های شور به‌عنوان عامل مهم در کنترل شدت سمیت یون‌های ویژه می‌باشد.

منیزیم و گوگرد

مطالعات اندکی به بررسی اثر منیزیم و گوگرد بر تعدیل اثرات منفی ناشی از تنش شوری پرداخته است. در تحقیقی که توسط Hu و Schmidhalter (۱۹۹۷) انجام شد، مشخص شد که، تحت تنش شوری مصرف سطوح بالاتر منیزیم، منجر به جذب بیشتر آن توسط گیاهان می‌شود. در این پژوهش به وجود همبستگی بین عملکرد دانه گندم و تجمع منیزیم در گیاه نیز اشاره شد و گزارش شد که در زمان کمبود این عنصر غذایی، مصرف بهینه آن می‌تواند نقش مهمی در افزایش مقاومت گیاه به شوری ایفا نماید. همچنین اطلاعات در مورد بر همکنش منیزیم و گوگرد با شوری نیز محدود است. کلسیم به شدت با منیزیم در رقابت است. از این رو، وجود غلظت بالایی از کلسیم در محیط کشت؛ اغلب منجر به افزایش کلسیم برگ و کاهش قابل توجه منیزیم برگ میشود. Bernstein و همکاران (۱۹۷۴) با بررسی شش محصول مشاهده کردند که افزایش شوری به‌تنهایی غلظت منیزیم برگ را در گیاه چغندر کاهش داده و اثر بسیار اندکی بر غلظت منیزیم در برگ‌های پنج محصول دیگر داشت.

نقش عناصر غذایی کم مصرف در کاهش خسارت ناشی از تنش شوری

قابلیت دسترسی عناصر غذایی کم مصرف در خاک‌های شور و یا سدیمی به حلالیت عناصر غذایی کم مصرف، pH خاک و ماهیت سایت‌های پیوندی بر روی سطوح ذرات آلی و غیرآلی بستگی دارد. بنابراین، بسته به نوع گونه زراعی و سطح شوری، با روش‌های متفاوتی می‌تواند بر غلظت عناصر غذایی کم مصرف در گیاه تأثیرگذار باشد. به‌عنوان نمونه، شوری، غلظت منگنز و روی را در اندام هوایی جو و برنج افزایش می‌دهد، اما آن را در گیاه ذرت کاهش می‌دهد. در مواردی مشابه، غلظت آهن در اندام هوایی برنج را افزایش و در جو و ذرت کاهش می‌دهد. با افزایش سطح شوری در زمان گرده افشانی، غلظت بور در اندام هوایی و دانه گندم کاهش می‌یابد. در مطالعات انجام شده در محیط‌های کشت محلول و خاک، Hu و همکاران (۲۰۰۰) به همراه Hu و

Schmidhalter (۲۰۰۱) گزارش کردند که غلظت عناصر غذایی کم مصرف که شامل منگنز، روی، آهن و بور بوده، در برگ‌های در حال رشد و بالغ گندم تا حد زیادی تحت تأثیر شوری قرار نگرفت. اگر چه کمبود بور، به‌خصوص در آب و هوای مرطوب، گسترده‌تر از سمیت بور است. در مناطق خشک که در آن مشکل شوری نیز وجود دارد، سمیت بور یک مسئله نگران‌کننده است.

قابلیت دسترسی عناصر غذایی کم مصرف برای گیاهان در حال رشد در بسترهای شور ممکن است افزایش، کاهش و یا بدون تغییر باقی بماند.

طبق مطالعات، قابلیت دسترسی به منگنز در گیاهان جو در بستر خاک شور کاهش می‌یابد و افزودن منگنز به محیط رشد سبب افزایش مقاومت گیاه به شوری و بهبود رشد و عملکرد آن می‌شود. کاهش جذب منگنز در اثر شوری در لوبیا خشک و ذرت نیز گزارش شده است. همچنین مشخص شده است که با سدیمی شدن محیط کشت، اما نه لزوما شور بودن، غلظت روی در اندام هوایی اغلب گیاهان کاهش می‌یابد. شوری می‌تواند غلظت روی را در اندام هوایی گیاهانی از جمله در لوبیا خشک و ذرت افزایش دهد و یا اثری بر آن نداشته باشد. تحت شرایط تنش شوری، جذب آهن نیز مانند منگنز و روی متناقض است. بر اساس مطالعات انجام شده، شوری غلظت آهن در شاخساره نخود فرنگی را افزایش اما غلظت آن را در ساقه ذرت و جو کاهش داده است.

به اثر شوری بر جذب مس و مولیبدن در گیاهان زراعی کمتر توجه شده است. در مطالعاتی که برروی ذرت انجام شده، مشاهده شد که شوری منجر به افزایش غلظت مولیبدن در گیاهان می‌شود. یافته‌های دیگر محققان نشان می‌دهد که رابطه‌ای بین سطوح شوری و جذب مولیبدن در گیاهان رشد یافته در محلول کشت وجود ندارد. نتایج تحقیقات پژوهشگران در رابطه با تأثیر شوری بر جذب مس نیز ضد و نقیض است. بر اساس مطالعات انجام شده، تحت تنش شوری، غلظت مس در برگ و ساقه ذرت هم در خاک و هم در محیط کشت محلول کاهش یافته است، اما شوری ناشی از کلرید سدیم به‌طور قابل توجهی مقادیر مس در برگ گوجه‌فرنگی کشت شده در شرایط آبکشت افزایش داده است.

برخی از پژوهشگران معتقدند که تأثیر شوری بر جذب بور در گیاهان ناچیز است. با این وجود Yadav و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کردند که مخلوطی از نمک‌های محلول (سدیم، کلسیم، کلر و سولفات) غلظت بور را در برگ گیاهان نخود کاهش داده است. همچنین، شوری اثر منفی سطوح بالای بور در آب آبیاری را اصلاح کرده و از وارد آمدن فشار به گیاهان جلوگیری می‌نماید. غلظت بالای کلسیم در بستر رشد، به‌ویژه در شرایط آهکی، جذب بور را کاهش می‌دهد و می‌تواند سبب کمبود بور شود.

سیلیسیم

استفاده از سیلیسیم می‌تواند تحمل به شوری را در بسیاری از محصولات کشاورزی مهم از جمله گندم، جو، برنج، ذرت، گوجه‌فرنگی و سایر محصولات کشاورزی، افزایش دهد. یکی از عواملی که در شرایط تنش شوری باعث کاهش زیست توده گیاهان می‌شود و در بسیاری از مطالعات نیز به آن اشاره شده است، تولید گونه‌های فعال اکسیژن است. یکی دیگر از مولفه‌هایی که تحت تأثیر تنش شوری خسارت دیده و منجر به توقف یا کاهش رشد گیاه می‌شود، اختلال در سیستم فتوسنتزی و کاهش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی است. اثر تنش شوری در ایجاد اختلال در سیستم فتوسنتزی ممکن است ناشی از اثر NaCl بر بیوسنتز کلروفیل و یا افزایش فعالیت کلروفیلاز و همچنین تخریب غشاء کلروپلاست و تیلاکوئید باشد.

سیلیسیم می‌تواند با رسوب در زیر لایه کوتیکولی برگ (با ضخامت ۰,۱ میکرومتر) و تشکیل لایه دوگانه کوتیکول سیلیس به ضخامت ۲,۵ میکرومتر و در نتیجه افزایش ضخامت لایه کوتیکول و موم آن، باعث کاهش تعرق از سطح برگ و پوست گیاهی شده و در نتیجه آن توسعه برگ، فتوسنتز و نیز تولید ماده خشک را افزایش می‌یابد. اثر سیلیسیم در کنترل آثار تنش شوری را به خوبی نشان می‌دهد. یکی از اثرات منفی تنش شوری در گیاهان رشد نامتعادل سیستم ریشه‌ای نسبت به اندام هوایی است، بنابراین رشد گیاه محدود می‌گردد. تحت تنش شوری و خشکی، گیاه با کمبود آب مواجه می‌شود، لذا در این شرایط گیاه به‌منظور جذب بیشتر آب برای ادامه بقای خود، تمام انرژی و پتانسیل خود را صرف افزایش حجم و سطح ریشه می‌کند که در نهایت منجر به کاهش شدید در رشد اندام هوایی و افزایش نامتعادل نسبت ریشه به اندام هوایی می‌شود و به تبع آن عملکرد گیاه کاهش می‌یابد. براساس این دیدگاه، افزایش رشد ریشه وقتی به عنوان یک پارامتر مثبت درنظر گرفته می‌شود که منجر به کاهش رشد اندام هوایی نگردد و نسبت مناسبی بین این دو بخش برقرار باشد. گزارشات زیادی حاکی از آن است که مصرف سیلیسم تحت تنش شوری و خشکی، رشد ریشه (صفات مورفولوژیکی ریشه از قبیل قطر، مساحت، حجم، وزن خشک ریشه و طول کل ریشه) و اندام هوایی درگیاه گندم را بهبود می‌بخشد.

همانند تنش خشکی، در تنش شوری گیاه با تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) باعث بروز اختلال در رشد و عملکرد محصولات می‌شود. تولید گونه‌های فعال اکسیژن مانند پراکسید هیدروژن، سوپراکسید، اکسیژن منفرد و رادیکال هیدراکسیل، آنتی اکسیدان‌ها را سرکوب کرده و سیستم دفاعی گیاهان را ضعیف می‌کند. مصرف سیلیسیم در محلول غذایی باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز می‌شود و از این طریق می‌تواند آسیب اکسیداتیو ناشی از تنش شوری را

کاهش دهد. از طرف دیگر، سیلیسیم با تقویت گیاه گندم و ذرت برای تولید آنتی اکسیدان‌ها (مانند کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز) باعث افزیش مقاومت آن‌ها به تنش‌های اکسیداتیو می‌شود.

منبع

موسوی، سید مجید؛ چراغی، میثم؛ غفاری‌نژاد، سید علی.(۱۴۰۱). مروری بر کارکردهای تخصصی عناصر غذایی در تعدیل آثار تنش‌های محیطی (تنش خشکی، تنش شوری و تنش دمایی). تهران: نشر آموزش کشاورزی

تعاونی پترو تمدن مهام پارس

PTMP/SK/R&D/A/ Salinity stress02 /23082023