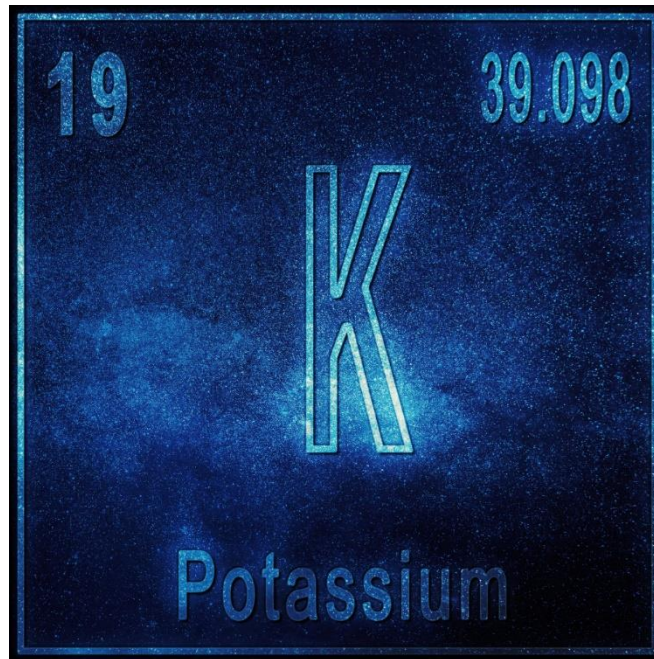


پتاسیم در گیاهان

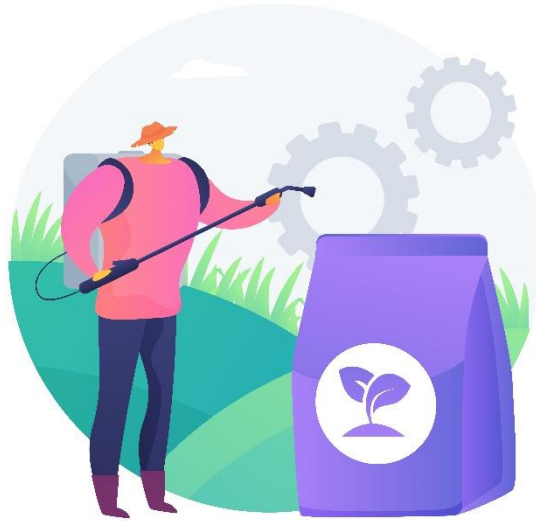
تنظیم رشد و مقاومت به تنش های محیطی

پتاسیم (K) یک عنصر مغذی حیاتی برای گیاهان است که در تنظیم اسمزی، تنظیم پتانسیل غشایی، انتقال قندها، مقاوم سازی گیاهان در برابر تنش ها و رشد مناسب گیاهان نقش دارد.



شرایط تنش های غیرزیستی مانند شوری، خشکسالی و تغییرات دمایی منجر به تولید گونه های اکسیژن فعال (Reactive Oxygen Species) در گیاهان شده که موجب خسارت به گیاهان می گردد. شواهد نشان می دهد که تغذیه گیاهان با پتاسیم می تواند به طور قابل توجهی تحمل گیاهان در برابر تنش های غیرزیستی را افزایش داده و موجب کاهش سطح ROS در گیاهان شود.

استفاده از محصولات کودی حاوی پتاسیم نقش مهمی در تنظیم کاتیون پتاسیم درون گیاه ایفا کرده که تولید ROS را در گیاهان کاهش داده و به تبع آن باعث کاهش فعالیت (NADPH) شده و فعالیت انتقال الکترون فتوسنتزی را حفظ کرده که به کاهش سطح ROS کمک می کند.



کمبود پتاسیم باعث کاهش تثبیت CO_2 فتوسنتزی و همچنین کاهش انتقال و مصرف فتوسیمیلیت ها می شود که آسیب به غشاء و کلروفیل (CHL) در گیاهان را سبب می شود. پتاسیم کنترل فعالیت آنزیمهای دخیل در سم زدایی ROS را به همراه دارد.

در چند سال اخیر، برهمکنش پتاسیم با فیتوهورمونهایی مانند براسینواستروئیدها، اکسین، جیبرلینها، سیتوکینینها، پلی آمینها، اتیلن و اسید-سالیسیلیک به دلیل توانایی آنها در ایجاد تحمل به استرس های غیرزیستی گزارش شده است. پتاسیم تغییرات سریع و بی وقفه ای در ژن های کنترل کننده هورمون های گیاهی ایفا کرده و نقش مهمی در تأثیرگذاری پاسخ گیاه به شوری ایفا می کند.

در این مقاله به مرور نقش پتاسیم در گیاهان، پرداخته می شود.

عملکردهای فیزیولوژیکی پتاسیم

تنظیم روزنه

برای انجام فتوسنتز در گیاهان، عملکرد روزنهها برای حفظ آب درون گیاه، حیاتی است و از این رو، کنترل باز و بسته شدن روزنه ها نیز برای گیاه ضروری است. مکانیسم حرکت روزنه با فشار تورگ که با غلظت پتاسیم کنترل می شود، همراه است و بسته به گونه گیاهی مقدار پتاسیم ممکن است از ۱۰۰ تا ۸۰۰ میلی مولار در سلول های نگهبان گیاه متغیر باشد. در هنگام کمبود آب، بسته شدن روزنه ها با آزاد شدن سریع پتاسیم از سلول های نگهبان به آپوپلاست همراه است که مانع از باز ماندن روزنهها می شود.

فتوستتزر

نقش پتاسیم برای فتوستتزر و رشد گیاه ضروری است. برای تثبیت CO_2 در فتوستتزر، عملکرد طبیعی روزنه‌ها و حفظ شرایط کلروپلاست، pH و فعالیت آنزیم‌ها، پتاسیم نقش مهمی ایفا می‌کند. تحت شرایط کمبود پتاسیم، فتوستتزر کاهش می‌یابد که ناشی از: الف) تغییرات آناتومی برگ مربوط به کاهش رسانایی مزوفیل که منجر به کاهش سطح کلروپلاست در واحد سطح برگ می‌شود ب) کاهش رسانایی روزنه و ج) کاهش محتویات کلروفیل است.

جذب آب

پتاسیم به عنوان یک عامل مهم در حرکت آب و انتقال املاح، از طریق تنظیم پتانسیل غشایی و فشار اسمزی عمل می‌کند. علاوه بر این، فشار اسمزی در آوند چوبی تحت تأثیر غلظت پتاسیم ریشه قرار می‌گیرد که جریان شیره گیاهی را در فواصل طولانی (ریشه به شاخه) هدایت می‌کند.

نقش پتاسیم در افزایش تحمل گیاه به تنش‌های غیرزیستی

مطالعات نشان داده است که پتاسیم دارای عملکردهای متنوع در برابر تنش‌های غیرزیستی مختلف است. سیستم‌های حفاظتی که عمدتاً در هموستاز یونی، یکپارچگی سلولی و فعالیت‌های آنزیمی نقش دارد. در اینجا به توضیح چگونگی افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های غیرزیستی پرداخته میشود:

شوری

شوری به عنوان یک تنش غیرزیستی اثرات منفی شدیدی بر حدود ۱۰ درصد از مساحت کل زمین دارد که منجر به کاهش بهره‌وری کشاورزی می‌شود. شوری در ابتدا بر مورفولوژی گیاهان تأثیر دارد و مثلاً موجب کاهش رشد ریشه و تغییر ساختار برگ شده و در نهایت باعث کاهش سرعت فتوستتزر می‌شود. دلیل اصلی کاهش رشد ریشه، شباهت‌های فیزیکیوشیمیایی بین سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) است. سدیم متابولیسم گیاه را مختل می‌کند. در طول فرآیندهای متابولیکی، سدیم برای محل‌های اتصال پتاسیم در گیاه رقابت کرده که به دنبال آن موجب کمبود پتاسیم، آسیب به غشاء و در نتیجه باعث دپلاریزاسیون (تغییر در توزیع بار الکتریکی درون سلول گیاهی که موجب کاهش بار منفی درون سلول می‌شود) می‌شود. در گیاهان، پتاسیم موجب افزایش نسبت K^+/Na^+ شده که غلظت Na^+ درون گیاه را کاهش می‌دهد. تحت تنش شوری، برای حفظ نسبت K^+/Na^+ ، جذب K^+ در گیاهان بالاتر از یک آستانه خاص ضروری است.

پتاسیم باعث تحریک رشد ریشه، افزایش سطح برگ و رنگدانه فتوستتزی، حفظ پتانسیل اسمزی، فعال شدن آنزیم‌ها، باز و بسته شدن روزنه‌ها و کاهش جذب مازاد یون‌هایی مانند Na^+ و Cl^- می‌شود. همانطور که قبلاً مشخص شد، در خاک‌های آلوده به نمک، یون غالب Na^+ است و جذب پتاسیم اثر منفی Na^+ را کاهش می‌دهد. ادیهکاری و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که کاربرد سولفات پتاسیم (K_2SO_4) و کلرید پتاسیم (KCL) در سویا پاسخ‌های متنوعی را تحت تنش شوری نشان داد. رنگدانه‌های فتوستتزی، آنتی‌اکسیدان‌ها و پلی‌فنل در کاربرد K_2SO_4 نسبت به کاربرد KCl افزایش یافت و باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش شوری شد.

تنش خشکی

کمبود آب منجر به تنش خشکی در گیاهان شده و دلیل اصلی کاهش رشد و عملکرد در مناطق خشک است. در این شرایط به دلیل رشد ضعیف ریشه و سرعت انتشار کم پتاسیم از خاک به ریشه، جذب پتاسیم در گیاهان بسیار کاهش می‌یابد. برای غلبه بر اثر تنش خشکی، سیستم ریشه‌ها باید عمیق‌تر و در سطح وسیع‌تر باشند. کاربرد مناسب پتاسیم، فسفر و نیتروژن موجب افزایش رشد سیستم ریشه گیاه می‌شود. سیگنال‌دهی بین پتاسیم و تنظیم روزنه‌ها با فرآیند فتوستتزر و انتقال فتوستنتات‌ها به مناطق در حال رشد به ویژه ریشه‌ها مرتبط است. از این رو پتاسیم به عنوان

یک واسطه برای محافظت از سلول ها، حفظ فشار تورگ و پایداری غشای سلولی شناخته می شود. بنابراین، پتاسیم وضعیت اسمزی را بهبود می بخشد و توانایی گیاهان را برای مقاومت در برابر تنش خشکی افزایش می دهد.

غرقاب

غرقاب شرایطی است که سطح آب بالاتر از سیستم ریشه است و گیاهان با پدیده کمبود اکسیژن که به نام هیپوکسی/آنکسی نامیده می شود، مواجه هستند که باعث قطع فرآیند تنفس و تولید انرژی در سلول های ریشه می شود. وجود پتاسیم در گیاهان مکانیزم اصلی برای غلبه بر اثر شرایط غرقابی گیاهان است. نتایج پژوهش های مختلف نشان داده که کاربرد پتاسیم در گیاهانی مانند ذرت و گندم موجب افزایش پتانسیل تحمل در برابر شرایط غرقابی شده است. در تحقیق گائو و همکاران (۲۰۲۱) مشخص شد که شرایط غرقابی در گندم زمستانه موجب کاهش فتوسنتز، هدایت روزنه ای، غلظت CO_2 بین سلولی و عملکرد دانه شد در حالی که کاربرد پتاسیم، رشد ریشه را تسریع کرده که به تبع آن جذب مواد مغذی بیشتر منجر به بهبود فتوسنتز می شود. پتاسیم در گیاه پنبه باعث بهبود ارتفاع گیاه، محتوای کلروفیل، عملکرد فتوسنتز و جذب بیشتر مواد مغذی در شرایط غرقابی شد (اشرف و همکاران، ۲۰۱۱).

تنش دمایی

افزایش دما

نقش اساسی پتاسیم در گیاهان تحت تنش دمایی، شامل فعال شدن مسیرهای متابولیکی و فیزیولوژیکی مختلف مانند تغییرات فتوسیستم، تنفس، حفظ سطوح تغذیه ای و افزایش پتانسیل آب بافتها برای مقابله با دماهای بالا است. همچنین پتاسیم به عنوان یک اسمولیت نقش ایفا کرده و به حفظ یا تنظیم رسانایی روزنه کمک می کند و از این رو از آسیب رساندن به سلول ها جلوگیری می کند. پتاسیم با سنتز پروتئین و واکنش های مختلف آنزیمی و بیوسنتز کربوهیدراتها باعث کمک به گیاهان برای کاهش اثر دمای بالا می شود. پژوهش ها نشان می دهد که محلول پاشی پتاسیم در گندم موجب حفاظت برگها از اثرات مضر گرما شده است.

پتاسیم موجب سنتز کربوهیدرات ها در برگ شده و به حفظ سبزیگی برگها و همچنین سرعت پر شدن دانهها کمک می کند. دمای نسبتاً بالای خاک و گیاه نیز بر تجمع پتاسیم در گیاهان تأثیر می گذارد. وقتی دما در قسمت هوایی و ریشه گیاه بالا رود، پتاسیم موجب کاهش مصرف انرژی و محتوای آب برگ می شود. در یک تحقیق نتیجه جالبی بدست آمد به این صورت که نحوه مصرف کود پتاسیم (محلولپاشی، مصرف خاکی و تزریق به تنه درخت) بر روی درختان نخل را ارزیابی کردند که نتیجه نشان داد که در روش تزریق با سولفات پتاسیم، بالاترین رشد، کیفیت میوه و عملکرد تحت تنش دمای زیاد بدست آمد.

کاهش دما

هرگونه نوسان دمایی در درجه اول توسط غشای پلاسمایی گیاه درک می شود که می تواند با تغییر اسید چرب غیر اشباع و ترکیب لیپید به پروتئین در غشای سلولی در برابر سیالیت بوجود آید.



به عنوان مثال تولید انگور در برخی مناطق در زمستان به دلیل دمای انجماد محدود شده است. محلول پاشی سولفات پتاسیم باعث بهبود رشد کلی و تحمل به تنش دمای پایین در انگور عسکری شد. در یکی دیگر از تحقیقات اخیر، کاربرد پتاسیم برای بهبود بیوسنتز سوربیتول و افزایش فتوسنتز در *Plantago major L.* تحت تنش سرما بود. به طوریکه به صورت همزمان، مقدار سوربیتول و نسبت سوربیتول به ساکارز در برگ‌ها و شیره آبکش با افزایش تدریجی سطح پتاسیم، تحت تنش سرما، افزایش یافت. مانند پتاسیم، سوربیتول خود به عنوان یک محافظ اسمزی قوی در نظر گرفته می‌شود و زمانی که شرایط اختلال اسمزی حاکم باشد، بارگذاری ترجیحی را در آوند آبکش نسبت به ساکارز نشان می‌دهد، از این رو تحت سطوح بالای پتاسیم در شرایط تنش سرما، پتانسیل آب در گیاهان حفظ می‌شود. افزایش بیان ژن ناقل سوربیتول PMT1 و PMT2 در شرایط سرد در مقادیر پتاسیم بالا نشان می‌دهد که افزایش ظرفیت انتقال برای تحمل به سرما لازم است و به آن کمک می‌کند.

سمیت فلزات سنگین / متالوئید

تنش اکسیداتیو (تنش اکسیداتیو زمانی بروز میکند که میزان رادیکال‌های آزاد درون سلول از مقدار ترکیبات سم زدا و آنتی‌اکسیدان تجاوز کند) ایجاد شده توسط فلزات در گیاهان را تا حد زیادی میتوان با کاربرد پتاسیم به حداقل رساند زیرا پتاسیم نقش مهمی در تعادل وضعیت آنیون-کاتیون در سلول‌های گیاهی دارد. پتاسیم دارای قدرت تنظیمی برای سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌های مختلف است. به عنوان مثال، آنتی‌اکسیدان‌های آسکوربات (ASA) و GSH در زمان تنش ایجاد شده توسط عنصر کادمیم (Cd) در گیاهان تیمار شده با پتاسیم، تولید شدند. استفاده از پتاسیم در اشکال مختلف مانند نیترات پتاسیم، سولفات پتاسیم و کلرید پتاسیم به طور قابل توجهی باعث تجمع زیستی کادمیم در اندام هوایی گندم بهاره (*Triticum aestivum*) شد، بدون اینکه اثرات مضر برای گیاه گزارش شود (ژائو و همکاران، ۲۰۰۴). کوددهی خاک با سولفات پتاسیم به طور قابل توجهی فراهمی زیستی یون فلزی کادمیم و سرب را کاهش داده و وزن خشک گیاهان را افزایش می‌دهد (چن و همکاران، ۲۰۰۷).

پتانسیل کاهش تنش ایجاد شده توسط عنصر کادمیم در گیاه و نقش مفید پتاسیم در کنترل آن در گیاه گوجه‌فرنگی با تمرکز بر ویژگی‌های فتوسنتزی مورد مطالعه قرار گرفت. نتیجه حاصل بیانگر این بود که پتاسیم می‌تواند بازده فتوسنتز را از طریق بهینه‌سازی زنجیره انتقال الکترون و تنظیم فعالیت روزنه تنظیم کند. علاوه بر این، پتاسیم نقش اولیه‌ای در سنتز کلروفیل دارد و همچنین از تجزیه آن تحت تنش جلوگیری می‌کند. علاوه بر این، افزایش جذب پتاسیم توسط ریشه‌ها موجب افزایش سطح و قطر سلول‌های ریشه می‌شود.

سایر عوامل استرس زا

به غیر از عوامل استرس‌زا، پارامترهای دیگری مانند آفات، علف‌کش‌ها، صاعقه و ... وجود دارد که فعالیت متابولیک طبیعی گیاهان را مختل می‌کند. شدت عوامل تنش‌زای فوق‌الذکر در گیاهان را می‌توان با افزودن پتاسیم به اشکال مختلف تا حد زیادی به حداقل رساند. به عنوان مثال، میزان آلودگی کرم برنج به طور قابل توجهی با استفاده از پتاسیم کاهش یافت (سرور، ۲۰۱۲). در صورتیکه هجوم کرم برنج در گیاهان دارای کمبود پتاسیم شدیدتر بود. یکی دیگر از کاربردهای قابل توجه پتاسیم، کاهش اثرات مضر UV-B در گیاهان است.

بحث

پتاسیم برای گیاهان از مرحله اولیه رشد تا رشد کامل و همچنین در شرایط تنش، حیاتی است. این عنصر علاوه بر دخالت در ساختارهای شیمیایی، سطوح بالای آن در سلول‌ها می‌تواند اثرات نامطلوب تنش‌های مختلف مانند تنش‌های دمایی شدید، شوری، تنش آبی و سمیت فلزات را کاهش دهد.

برای حفظ عملکرد بهینه سلولی و فعالیت پروتئین‌ها به سطوح بالای پتاسیم در سیتوزول نیاز است. پتاسیم به عملکردهای تنظیمی و رشد و نمو مناسب گیاهان کمک می‌کند. با این حال، زمانی که گیاهان تحت تنش شدید قرار می‌گیرند، سطح پتاسیم گیاه برای غلبه بر اثرات مضر آن کافی نیست، بنابراین عرضه پتاسیم می‌تواند پاسخ‌های استرسی مانند کاهش استرس اکسیداتیو، افزایش تولید آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو و ROS را کاهش دهد و با سایر مولکول‌ها برای بهبود رشد گیاه در شرایط تنش کمک کند.

منابع

- Adhikari, B. Dhungana, S. K., Kim, I. D., and Shin, D. H. 2020. Effect of foliar application of potassium fertilizers on soybean plants under salinity stress. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 19 (4), 261-269.
- Ashraf, M. A., Ahmad, M.S.A., Ashraf, M., Al-Qurainy, F., and Ashraf, M. Y. 2021. Alleviation of waterlogging stress in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) by exogenous application of potassium in soil and as a foliar spray. *Crop pasture Sci.* 62, 25-38.
- Gao, J., Su, Y., Yu, M., Huang, Y., Wang, F., and Shen, A. 2021. Potassium alleviates postanthesis photosynthetic reductions in winter wheat caused by waterlogging at the stem elongation stage. *Front. Plant Sci.* 11.
- Johnson R., Vishwakarma K., Shahadat Hossen, Md., Kumar V., Shackira A.M., Puthur J. T., Abedi Gh., Sarraf M., and Hasanuzzaman M. 2022. Potassium in plant: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry.* 172: 56-69.
- Sarwar, M. 2012. Effects of potassium fertilization on population build up of rice stem borers (lepidopteron pests) and rice (*Oryza sativa* L.) yield. *J. cereals Oilseeds* 3, 6-9.