نقش پتاسیم در فیزیولوژی گیاهان

مقدمه

گیاهان به طور معمول دارای تمام عناصری هستند که در خاک و محیط ریشه وجود دارد ولی نسبت آن‌ها با آنچه در محیط ریشه یافت می‌شود تفاوت کلی دارد. میزان پتاسیم قابل جذب در خاک‌های مختلف معمولا در حدود ۰/۱ میزان کلسیم قابل جذب می‌باشد، با این حال مقدار پتاسیم گیاه معمولا ۱۰ برابر کلسیم می‌باشد و این نشان می‌دهد که گیاه قدرت انتخابی شدیدی برای برخی عناصر مورد نیاز خود دارد.

نقش پتاسیم در فیزیولوژی گیاهان

فعال شدن آنزیم‌ها: گفته می‌شود بیش از ۵۰ نوع آنزیم در گیاهان وجود دارد که یا به طور کامل به پتاسیم وابسته‌اند و یا به وسیله آن تحریک می‌شوند. پتاسیم و برخی کاتیون‌های یک ظرفیتی دیگر، با تغییر در ساختمان فضایی پروتئین آنزیم، باعث فعال شدن آن می‌شوند. همه مولکول‌های بزرگ، به میزان زیاد آبدار (هیدارته) هستند و بوسیله مولکول‌های آب که محکم به آن‌ها چسبیده و بار الکتریکی دولایه‌ای را تشکیل می‌دهند، احاطه شده‌اند. پژوهش‌ها نشان داده است که در غلظت‌های ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌مول نمک حداکثر کاهش در بار الکتریکی دو لایه‌ای کاتیون‌های یک ظرفیتی و آبدار شدن پروتئین در اندازه‌ای مطلوب رخ می‌دهد. این دامنه غلظت با میزان پتاسیم موجود در سیتوپلاسم گیاهانی که میزان کافی پتاسیم دریافت کرده‌اند و نیز با غلظت حدود ۱۰۰ میلی‌مول که برای حداکثر سرعت تثبیت CO_2 بایستی در کلروپلاست وجود داشته باشد، همخوانی دارد. به طور کلی، تغییر ساختمان آنزیم‌ها که به وسیله پتاسیم انجام می‌گیرد، به افزایش فعالیت آنزیم و حداکثر میزان واکنش (V_{max}) و در مواردی افزایش کشش سوبسترا نسبت به آنزیم (کاهش K_m) منجر می‌شود. در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، برخی تغییرات شیمیایی رخ می‌دهدکه در برگیرنده انباشتگی قندهای محلول، کاهش میزان نشاسته و انباشتگی ترکیبات ازتی محلول است. تغییرات سوخت و سازی قندها می‌تواند ناشی از عدم وجود پتاسیم کافی برای فعالیت آنزیم‌های تنظیم‌کننده مانند ۶-پیرووات کیناز و فسفو فروکتوکیناز باشد. فعالیت آنزیم سینتاز نشاسته نیز به کاتیون‌های یک ظرفیتی وابسته است که در میان آن‌ها پتاسیم از همه مؤثرتر است.

تحقیقات متعدد دیگر نشان داده است که پتاسیم آنزیم سینتاز نشاسته که از گونه‌ها و اندام‌های دیگر گیاهان نظیر برگ‌ها، دانه‌ها و غده‌ها جدا شده است را فعال می‌کند. غلظت پتاسیم مورد نیاز در این حالت، بین ۵۰

PTMP/SK/R&D/A/ The role of potassium in plant physiology01 /24082022

تعاونی پترو تمدن مهام پارس

تا ۱۰۰ میلی مولار است. از طرف دیگر غلظت‌های بیشتر پتاسیم ممکن است اثرات بازدارنده داشته باشند و احتمالا در گیاه سیب‌زمینی به کاهش میزان نشاسته در غده‌های سیب‌زمینی منجر شود.

نقش کلیدی دیگر پتاسیم، فعال کردن آنزیم‌های ATPase چسبیده به غشاء است که به منیزیم نیاز دارند ولی وجود پتاسیم برای فعال شدن آن‌ها ضرورت دارد. فعال شدن آنزیم‌های ATPase به وسیله پتاسیم، نه‌تنها باعث آسانی جابه‌جایی خود پتاسیم از محلول بیرونی از طریق غشای سیتوپلاسم به درون سلول‌های ریشه می‌شود، بلکه پتاسیم را نیز به‌عنوان عنصری اساسی در بزرگ شدن سلول و تنظیم اسمزی تبدیل می‌کند.

در بافت‌های گیاهانی که به کمبود پتاسیم مبتلا هستند، فعالیت برخی آنزیم‌های هیدرولیز کننده، نظیر بتا-گلوکوزیداز و یا اکسیدازها مانند پلیفنولاکسیداز، بسیار بیشتر از فعالیت آن‌ها در بافت‌های گیاهان بدون کمبود پتاسیم است. این تغییرات در فعالیت آنزیم ممکن است، به علت اثرات مستقیم و غیرمستقیم کمبود پتاسیم بر ساختمان آنزیم باشد. مثالی از اثرات غیر مستقیم کمبود، انباشتگی مادهای به نام دو آمینوپوترسین در بافتهای گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم است. آنزیم‌هایی که ساختن پوترسین را از آرژنین سبب می‌گردند، هنگامی فعال می‌شوند که پ‌هاش سلول پایین است. با توجه به نقش برتر پتاسیم در نگهداری پ‌هاش بالا در سیتوپلاسم، به نظر می‌رسد که افزایش ساختن پوترسین، بازتابی از سازوکار تنظیم خود به خود پ‌هاش بالا در سیتوپلاسم باشد. در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم، میزان پوترسین می‌تواند تا حدود ۳۰ درصد، نقش پتاسیم در تنظیم پ‌هاش را جبران کند.

متابولسیم مواد هیدروکربن: گیاهان در ابتدای مبتلا شدن به کمبود پتاسیم معمولا در انساج خود مقدار زیادی نشاسته و قند ذخیره می‌کنند ولی اگر شرایط کمبود برای مدت طولانی باقی بماند میزان هیدرات‌های کربن در گیاه به مراتب کمتر از گیاهان بدون کمبود خواهد شد. تجمع مواد هیدروکربن در گیاه مبتلا به کمبود به آن علت است که مواد ساخته شده نمی‌توانند برای ساخت پروتئین جدید و یا انساج جدید گیاهی به کار روند. کم و زیاد شدن ذخیره هیدرات کربن در گیاهان مبتلا به کمبود با تغییرات تنفس و کربن‌گیری گیاه همگام است، یعنی کم شدن مقدار هیدروکربن‌ها در گیاه مصادف با کم شدن کربن‌گیری یا تثبیت CO_2 و زیاد شدن تنفس است. ولی عوامل دیگری نیز در تولید و ذخیره هیدرات کربن مؤثرند. عامل اول اینکه، در گیاه رشد و نمو و فعالیت‌های حیاتی کاملا بستگی به وضعیت قبلی گیاه دارد. اگر گیاهی چند درصد از سطح برگ خود را در روزهای اول رشد در نتیجه کمبود و یا بیماری از دست بدهد، به طور یقین مقدار قابل ملاحظه‌ای از تولید خود را از دست داده است. عامل دوم ریزش گیاهان مبتلا به کمبود است. برگ‌های پیر

PTMP/SK/R&D/A/ The role of potassium in plant physiology01 /24082022

در این گیاهان به تدریج شروع به ریختن می‌کنند و در کمبود شدید تا حدود ۷۰ درصد برگ‌ها ممکن است خزان کنند. عامل سوم این است که کم شدن رشد و نمو گیاه باعث کم شدن ساخت هیدروکربن‌نیز می‌شود. در خاک‌های حاصلخیز حداکثر درصد قند ریشه در نتیجه افزایش مقدار پتاسیم تا حدی که بدست می‌آید برای رسیدن به حداکثر عملکرد محصول نیز لازم است، به دست می‌آید.

ساختن پروتئین: پتاسیم برای ساختن پروتئین در گیاهان عالی لازم است. پژوهش‌ها نشان داده است در محیط‌های بدون سلول، جهت ساخت پروتئین به وسیله ریبوزوم‌هایی که از جوانه‌های گندم جدا شده‌اند، وجود غلظت معادل ۱۳۰ میلی‌مولار پتاسیم و در حدود ۲ میلی‌مولار منیزیم در محیط ضرورت دارد. در این مورد احتمال دارد که پتاسیم در چندین مرحله از فرآیند برگردان، مانند چسباندن RNA ناقل (tRNA) به ریبوزوم دخالت داشته باشد. در برگ‌های سبز، نیمی از RNA و پروتئین برگ، در کلروپلاست‌ها جا دارد. در گونه‌های گیاهی روز کوتاه (C_3) بخش عمده پروتئین کلروپلاست، آنزیم ریبولوزبیس فسفات کربوکسیلاز است. هنگامی که کمبود پتاسیم وجود دارد، ساختن این آنزیم آسیب می‌بیند و نسبت به افزودن پتاسیم به سرعت پاسخ می‌دهد. حداکثر فعالیت هنگامی به دست آمده است که غلظت‌های پتاسیم در محلول محیط بیرون تا میزان یک میلی‌مولار پایین آمده بود. این غلظت پتاسیم در محیط بیرون، به حدی کافی بود تا غلظت پتاسیم را در کلروپلاست‌ها در حدود ۱۰۰ بار بیشتر از آنچه که برای ساختن پروتئین لازم است، بالا نگه دارد.

در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم ازت به صورت ترکیبات محلول (غیر پروتئینی) نظیر اسیدهای آمینه، آمیدها و نیترات تجمع مییابد. گفته می‌شود پتاسیم نه‌تنها در فعالسازی بلکه احتمالا در ساخت آنزیم نیترات ریداکتاز ضروری است. این آنزیم در فرآیند احیاء نیترات جذب شده و تبدیل آن به آمونیوم جهت ساختن پروتئین لازم است.

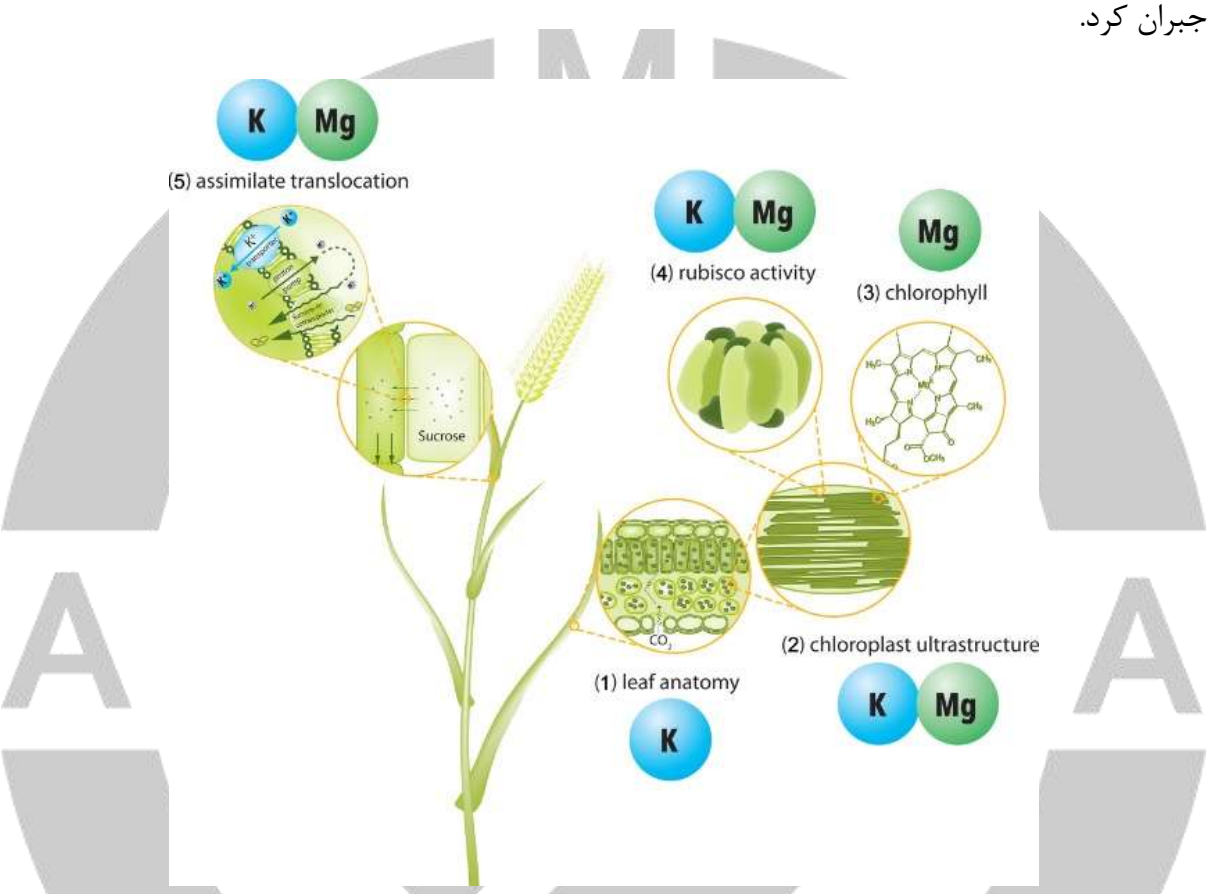
فتوسنتز: پتاسیم در سطوح گوناگون بر فتوسنتز گیاهان عالی اثر می‌گذارد که در این فرآیند، پتاسیم به عنوان یونی است که در جهت عکس جابه‌جایی پروتون از درون غشاء تیلاکوئید در نور حرکت می‌کند. حرکت پروتون در نور برای برقراری شیب پ‌هاش در دو سوی غشا و ساختن (ATP فسفوریلاسیون نوری) همانند ساختن ATP در میتوکندری، لازم است.

نقش پتاسیم را در تثبیت CO_2 می‌توان به طور کاملا آشکار در کلروپلاست‌های جدا شده نشان داد. افزایش غلظت پتاسیم در محیط بیرون به ۱۰۰ میلی‌مولار، یعنی به میزانی در حدود غلظت آن در سیتوپلاسم

PTMP/SK/R&D/A/ The role of potassium in plant physiology01 /24082022

تعاونی پترو تمدن مهام پارس

سلول‌های سالم، تثبیت CO_2 را تا سه برابر افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، والینومایسین که ماده عبور دهنده پتاسیم است و غشاهای زنده را برای جابه‌جایی و خروج غیرفعال پتاسیم به صورت قابل نشت در می‌آورد، تثبیت CO_2 را به شدت کاهش می‌دهد. اثر والینومایسین را می‌توان با غلظت‌های زیاد پتاسیم در محیط بیرون جبران کرد.



شکل۱- نقش عنصر پتاسیم در فتوسنتز سلول‌های گیاهی

افزایش میزان نشت پتاسیم به خارج که به وسیله پادزیست‌ها رخ می‌دهد نیز باعث تغییراتی شدید در ساختمان ظریف کلروپلاست‌ها و پلاستیدها می‌شود واین دلیلی دیگر بر ضروری بودن پتاسیم برای سالم نگه داشتن پلاستیدها و نقش آن‌ها است. بر همین پایه، در غلظت‌های کمتر از غلظت مطلوب، میزان پتاسیم برگ‌ها با عوامل گوناگون دیگر که بر تثبیت و آزادسازی CO_2 تأثیر می‌گذارند همبستگی نزدیک دارند. افزایش میزان پتاسیم برگ با افزایش میزان فتوسنتز، تنفس نوری و فعالیت آنزیم ریبولوزبیس فسفات کربوکسیلاز و کاهش تنفس میتوکندری همراه است. افزایش میزان تنفس، یکی از آثار معمول ناشی از کمبود پتاسیم است. پتاسیم نقش عمده خود در فتوسنتز برگ‌ها را از طریق تنظیم حرکت روزنه‌ها ایفا می‌کند.

PTMP/SK/R&D/A/ The role of potassium in plant physiology01 /24082022

تنظیم اسمزی: نظر داده‌اند که فشار اسمزی زیاد در استوانه مرکزی ریشه‌ها برای جابه‌جایی مواد در آوند چوبی و همچنین ایجاد فشار تورژسانس و موازنه آب در گیاهان ضرورت است. در اصول، سازوکارهای مشابه‌ی در سلول‌ها و در برخی بافت‌های کلیه گیاهان مسئول بزرگ شدن سلول و انواع حرکت‌های گوناگون هستند. پتاسیم، به عنوان مهمترین ماده غیرآلی، نقشی کلیدی در این فرآیندها ایفاء می‌کند.

منبع

ملکوتی، جعفر؛ شهابی، علی اصغر؛ بازرگان، کامبیز.(۱۳۹۵). پتاسیم در کشاورزی: نقش پتاسیم در تولید محصولات کشاورزی سالم. تهران: انتشارات مبلّغان

PTMP/SK/R&D/A/ The role of potassium in plant physiology01 /24082022