



مقدمه

تغذیه با عناصر معدنی به‌ویژه نیتروژن در دوران رشد رویشی، به سبب نقش این عنصر در بسیاری از فرایندهای حیاتی گیاه اهمیت دارد. مقدار نیتروژن در محلول خاک نوسانات زیادی داشته و به‌شدت تحت تاثیر کوددهی و برداشت گیاهان قرار دارد. تحرک نیتروژن در فرم اسیدهای آمینه در گیاهان خوب است و این اسیدها می‌توانند با شدت زیاد در آوند چوب و آبکش انتقال یابند؛ سمت و سوی این انتقال به اندام‌هایی است که سنتز پروتئین در آن‌ها زیاد است یعنی در مراحل رویشی، به برگ‌های جوان و در مرحله زایشی، به دانه‌ها و میوه‌ها هدایت می‌شوند. کودهای نیتروژنی که در کشاورزی استفاده می‌شوند، بیشتر نیترات و آمونیوم دارند مثل نیترات آمونیوم آهکی ($N/21$) و سولفات آمونیوم نیترات ($N/26$) و اوره ($N/46$). دادن کودهای سرک در مرحله رویشی، تولید پروتئین و رشد رویشی گیاه را تقویت می‌کند. در دوران رشد رویشی، استفاده از کود نیتروژن به‌صورت سرک و در چند مرحله، بنا به گونه گیاه نقش بسزایی در رشد و تولید دارد که در این زمینه، تحقیقات گسترده‌ای در زراعت گیاهان زراعی و نیز محصولات باغی انجام یافته است.

تغذیه گیاهان با ماکروالمنتها

از لحاظ بیوشیمیایی، همه گیاهان برای ساخت یک واحد ساده رشد، به مقادیر مشابهی از S، P و N و مانند آن‌ها نیازمند هستند، با این حال گیاه به کمبود عنصر وابسته به ذخیره غذایی در محیط ریشه واکنش نشان می‌دهد. بخشی از مقدار گوگرد ضروری گیاه از طریق SO_2 موجود در اتمسفر تامین می‌شود؛ برای نمونه، در یک منطقه صنعتی در اروپا (آلمان) بیشترین مقدار گوگرد اندازه‌گیری شده در هکتار طی سال، ۱۴۹ کیلوگرم بوده و این مقدار چندین برابر بیشتر از نیاز مزارع غلات (۱۲ تا ۱۵ کیلوگرم در هکتار) است. با این همه، کودهای محتوی سولفات از قبیل سوپرفسفات، سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم مقدار گوگرد را در حد ثابتی تامین می‌کنند و نیازی به کوددهی جداگانه نیست. کمبود گوگرد در خاک‌های فقیر از هوموس و در شرایط آب و هوایی مرطوب بیشتر دیده می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که در تغذیه ناکافی با گوگرد، گرامینه‌ها در مقایسه با لگومینوزها قدرت بهتری در تطابق با سولفات دارند. به‌همین سبب، در یک مزرعه مخلوط، در حالت کمبود گوگرد ابتدا لگومینوزها از بین می‌روند. کروسیفره‌ها به سبب داشتن روغن خردل، نسبت به غلات، سیب‌زمینی و چغندر قند، نیاز بیشتری به گوگرد دارند. برداشت توسط منداب سه تا چهار برابر بیشتر از غلات است. در مصرف کودهای گوگردی، علاوه بر سولفات‌ها، از گل گوگرد نیز استفاده می‌کنند.





فسفر یکی دیگر از عناصر ضروری گیاه است که بیشتر در ابتدای کاشت و باتوجه به آزمایش خاک به زمین می‌دهند. از آنجایی که بخشی از فسفات‌های ناپایدار به فسفات‌های پایدار تبدیل می‌شود؛ از همین‌رو، در بیشتر موارد باید کود فسفاته بیشتری به خاک داده شود. مقدار اضافی آن در خاک‌های مختلف می‌تواند در حدود ۵۰-۱۰ درصد از کل مقداری باشد که گیاه جذب می‌کند. میزان مناسب کود فسفات برای رشد گیاه، به گسترش ریشه دوانی گونه‌های گیاهی بستگی دارد. به‌طورمعمول، بخش بزرگی از کل فسفات در گیاه سبز به فسفات معدنی اختصاص دارد و این بخش در برگ‌های پیر از همه بخش‌ها بیشتر است. برگ‌های جوان کم و بیش فسفات آلی زیادی به ویژه فسفات اسید نوکلئیکی دارند. با افزایش کود فسفاته، فقط مقدار فسفات معدنی افزایش یافته و فسفر فسفاتیدی فقط کمی اضافه می‌شود و فسفر اسید نوکلئیکی مطلقاً تغییری نمی‌کند. تغذیه کافی با فسفات بر بسیاری از فرایندهای متابولیسمی تاثیر می‌گذارد که حساس‌ترین آن‌ها سنتز اسید نوکلئیک و پروتئین است؛ این سنتز در کمبود فسفات به‌طور مستقیم از طریق کاهش شدت رشد، خود را نشان می‌دهد. گیاهان مبتلا به کمبود فسفر، کوچک و وامانده هستند، برگ‌های خشک و سخت دارند و به سبب کمبود فسفر "خشک‌منظر" نامیده می‌شوند. علایم کمبود فسفر در رابطه با رشد و تولید شاخه‌های جانبی و همچنین ریشه، مشابه کمبود نیتروژن است و مهمترین علامت مشخصه آن رنگ سبز کثیف برگ‌ها است و در بسیاری از مواقع، رنگ بنفش آنتوسیانین نیز ظاهر می‌شود و رنگ برنزه هم نادر نیست. این شاخص‌ها درباره بیشتر گیاهان زراعی صادق است، برگ‌ها زودتر از موعد می‌ریزند. کمبود فسفر در درختان و بوته‌ها، از رشد شاخه‌های جانبی، باز شدن شکوفه‌ها، جوانه‌ها و همچنین رسیدن میوه‌ها جلوگیری می‌کند؛ برگ‌ها قرمز و برنزه شده و زودتر از موعد می‌ریزند. در درختان میوه کمبود فسفر مقاومت به سرما را کاهش می‌دهد. در خاک‌هایی که فقر شدید فسفات دارند، کوددهی ردیفی با فسفات می‌تواند مناسب‌تر باشد. در این روش، کودهای فسفاته را به‌طور ردیفی مانند ردیف گیاهان پخش می‌کنند. کود داده شده در این حالت، فقط با حجم معین و محدودی از خاک در تماس است و به‌همین سبب، کندتر از پخش معمولی تثبیت می‌شود. پس از آنکه سطح فسفات خاک به حد مناسب رسید، میزان کود فسفاته را می‌توان طبق برداشت گیاه تنظیم کرد. در صورتی که خاک کمبود داشته باشد، می‌توان حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد بیشتر از مقدار توصیه‌شده کود فسفات به خاک افزود. کود سوپر فسفات از هضم فسفات خام در H_2SO_4 ایجاد شده و محتوی $Ca(PO_4)_2$ محلول در آب است و گچ موجود در آن نیز برای تامین نیاز گوگردی گیاهان اهمیت دارد. فسفات تریپل محتوی P_2O_5 (۵۰٪) از هضم فسفات خام از سوی H_3PO_4 تهیه می‌شود و بیشتر محتوی $Ca(H_2PO_4)_2$ محلول در آب است. فسفات به‌شدت در خاک تثبیت می‌شود و به ندرت به لایه‌های زیرین خاک مهاجرت می‌کند. در صورت



تغذیه گیاهان با ماکروالمنتها



PTMP/SK/R&D/A/ Macro element02 / 28042022

تعاونی پترو تمدن مهم پارس

استفاده مدام از کودهای فسفاته، شدت آبشویی آن زیر یک کیلوگرم P_2O_5 در هکتار است. با توجه به جابه‌جا نشدن عمودی فسفات در خاک، می‌توان آن را در هر زمان حتی در فصول پرباران بدون ترس از آبشویی به خاک داد.

سلول‌های گیاهی پتاسیم را به مقدار زیادی به‌صورت یون‌های این عنصر جذب می‌کنند. پتاسیم به سبب جذب زیاد، قادر است تا حد زیادی از جذب سایر کاتیون‌ها مثل کلسیم، سدیم و منیزیم با رقابت یونی غیرویزه جلوگیری کند. تاثیر پتاسیم در فرایندهای متابولیسمی بسیار زیاد است، پتاسیم برای تامین و مصرف آب در گیاهان و همچنین برای مدیریت مواد اهمیت اجتناب‌ناپذیری دارد. پتاسیم در حفظ روابط آبی سلول و در تورژسانس سلول‌ها نقش مهمی دارد؛ برای نمونه، زمانی که مقدار پتاسیم سلول در لوبیا کاهش می‌یابد، تورژسانس سلول‌ها کاهش داشته یا حتی بلوکه می‌شود. رابطه تنگاتنگ پتاسیم با رشد مریستمی، در تاثیر سینرژستی (تقویت‌کنندگی) هورمون‌های مختلف گیاهی همچون اسید جیبرلیک و ایندول استیک اسید نمایان شده است. انتقال قند از سلول‌های مزوفیل به آپوپلاست و انتقال به مسافت دور به‌ویژه انتقال در آوند آبکش، با پتاسیم تقویت می‌شود. در صورت تغذیه ناکافی پتاسیم، سنتز مولکول‌های زیادی به‌ویژه ماکرومولکول‌هایی مثل سلولز، نشاسته و پروتئین تضعیف می‌شود. زمانی که گیاه پتاسیم کمی در اختیار دارد، برای تامین مقدار ATP خود، به تنفس روی می‌آورد و از این طریق سطح انرژی گیاه به‌شدت کاسته می‌شود زیرا سنتز RUBP- کرب اکسیلاز بسیار وابسته به غلظت بالای پتاسیم است و در صورت کمبود پتاسیم در گیاه، فتوفسفریلاسیون کاهش می‌یابد. پتاسیم برای تقویت بسیاری از آنزیم‌ها لازم است، محققان عقیده دارند که پتاسیم بسیاری از آنزیم‌های موجود در سیتوپلاسم را تقویت می‌کند؛ به‌ویژه در سنتز و شکل‌گیری پروتئین اهمیت فراوانی دارد. پتاسیم در افزایش مقاومت بسیاری از گیاهان زراعی در مقابل حمله قارچ‌ها و حشرات مفید است. شدت یافتن تولید دیواره سلولی، توجیهی برای افزایش مقاومت گیاهان با تغذیه خوب با پتاسیم به شمار می‌رود. تحقیقات نشان داده که استفاده از کود پتاسیم، می‌تواند مقاومت گیاه را در مقابل یخبندان افزایش دهد؛ دادن کود پتاسیم به مزرعه انگور، سبب افزایش مقاومت جوانه‌های انگور به سرما شده است. تغذیه خوب با پتاسیم می‌تواند به گیاه وضعیت انرژی‌تیک دهد تا قسمت‌های آسیب‌دیده خود را بهتر ترمیم کند.

بنابراین، تامین نیاز پتاسیمی گیاه در مرحله رشد رویشی مدنظر بسیاری از محققان است. برای مثال، در اواسط مرحله ساقه رفتن گندم، می‌توان نسبت با محلولپاشی ترکیبات پتاسیمی گیاه را تقویت کرده و



تغذیه گیاهان با ماکروالمنتها

PTMP/SK/R&D/A/ Macro element02 /28042022



تغذیه گیاهان
پترو تمدن مهام پارس

در افزایش عملکرد تاثیر گذارد. در واقع، بیشترین نیاز گیاهان به پتاسیم در زمان اوج رشد آن است. غلات در فاز رویشی خود به شدت به تغذیه با پتاسیم جواب مثبت می دهند. اختلال در تغذیه غلات با پتاسیم در مرحله ۲ تا ۳ برگی، تعداد ساقه های خوشه دار را کم می کند و اختلالات بعدی یعنی در زمان به ساقه رفتن، تاثیر منفی در وزن هزار دانه دارد. گیاهانی که میوه آبدار و اندام های ذخیره ای مثل گوجه فرنگی، انگور، سیب زمینی و چغندر قند می سازند، در طول دوره رشد رویشی به پتاسیم بسیاری نیاز دارند. در مرحله گلدهی و جوانه زنی انگور، مقدار پتاسیم برگ بسیار بالا است؛ بنابراین، هر چه توقع برداشت محصول بیشتر باشد و هر چه سایر عوامل به ویژه نیتروژن و آب بیشتری در اختیار باشد، اهمیت کودهای معدنی پتاسیمی نیز بیشتر است. در تغذیه ضعیف با نیتروژن، تاثیر کودهای پتاسیمی در تولید محصول کم است و برعکس در تغذیه خوب با نیتروژن، این تاثیر کاملاً واضح به چشم می خورد. با این همه، تاثیر کودهای پتاسیمی به عامل های دیگری نیز بستگی دارد؛ از جمله ساختمان خاک که در گسترش سیستم ریشه ای نقش دارد. در حالتی که میزان کمی K^+ جذب پذیر در خاک مناسب باشد، مقدار کود پتاسیمی لازم را براساس دریافت K^+ در گیاه تعیین می کنند.



شکل ۱- تاثیر عناصر ماکرو بر رشد و عملکرد گیاه



تغذیه گیاهان با ماکروالمنتها



PTMP/SK/R&D/A/ Macro element02 /28042022

تعاونی پترو تمدن مهم پارس

بیشتر کودهای پتاسیمی محلول در آب هستند و به همین سبب پتاسیم آن‌ها به سرعت با پتاسیم خاک مخلوط می‌شود، به طوری که پتاسیم کودی و پتاسیم خاک هر دو در تولید محصول شرکت دارند. متداول ترین کودهای پتاسیمی بر پایه کلرید هستند (کم و بیش چهل درصد K_2O). کودهای کلریدی پتاسیم بیشتر برای غلات، چغندر قند، علوفه، چمن و مرتع استفاده می‌شوند و کودهای پتاسیمی سولفات (۴۸-۵۲ درصد K_2O) برای گیاهان حساس به کلرید مناسب هستند. اینگونه گیاهان عبارتند از: انگور، پنبه، نیشکر، توتون، سیب زمینی. تاثیر کودهای سولفات پتاسیمی در اراضی شور به مراتب بهتر از انواع کلریدی آن است.

مقدار پتاسیم در گیاه، به شدت تحت تاثیر تغذیه با پتاسیم قرار دارد و این مقدار در گیاهانی که کمبود دارند کم و غلظت آن در قسمت‌های سبز گیاه اغلب زیر 15 mg/kg ماده خشک است. غلظت پتاسیم در گیاهانی که خوب تغذیه شده‌اند $20-60 \text{ mg/kg}$ ماده خشک است. پیشتر گفته شد که گیاهان جوان از نظر پتاسیم غنی تر از گیاهان پیر هستند؛ بنابراین، غلظت پتاسیم در غلات به هنگام پنجه زنی کمابیش $50-60 \text{ mg/kg}$ ماده خشک و کلش رسیده $10-15 \text{ mg/kg}$ ماده خشک دارند.

نیاز گیاهان مختلف به کلسیم متفاوت است. گرامینه‌ها از نوک ریشه و لگومینوزها از قسمت‌های پیر ریشه کلسیم جذب می‌کنند. کلسیم چهار نقش عمده در گیاه دارد: غشای سلولی را پایدار می‌کند، در ساختمان دیواره سلولی شرکت دارد، بر آنزیم‌ها تاثیر می‌گذارد و در فرایندهای هورمونی دخالت دارد. تاثیر کلسیم در پروتئین‌های غشایی و آنزیمی با خواص شیمیایی آن توجیه می‌شود. کمبود کلسیم همیشه با علائم خارجی مشخص نمی‌شود و در بسیاری از اوقات، گیاهان از رشد عقب می‌مانند. در کمبود کلسیم، رشد بافت‌های مریستمی متوقف می‌شود و در ادامه پیشرفت کمبود، این بافت‌ها می‌میرند. جوان‌ترین برگ‌ها کلروز می‌شوند و بیشتر برگ‌های پیر برعکس سبز تیره دارند و پهنه برگ در آن‌ها بزرگتر می‌شود. آسیب ناشی از کمبود کلسیم در سلول‌های جوان، با نرم شدن و تغییر رنگ دیواره سلول‌ها شروع می‌شود و سپس اجزای تشکیل دهنده دیواره سلولی حل شده و ماده‌های قهوه‌ای رنگ به وجود می‌آید که با تجمع در فضای داخل سلولی، آوندها را مسدود کرده و بدین ترتیب از انتقال مواد جلوگیری می‌کند. پس از این مرحله، آسیب‌های ثانویه مثل خم شدن و آویزان شدن قسمت بالایی ساقه و قهوه‌ای شدن رگبرگ‌ها در برگ‌های جوان ظاهر می‌شود. مقدار کلسیم گیاهانی که دچار کمبود هستند کم و بیشتر زیر 0.5% درصد در ماده خشک است. انتقال ناکافی کلسیم از طریق ترنسپیراسیون به قسمت‌های معینی از گیاه به ویژه میوه‌ها، سبب کمبود فیزیولوژیکی کلسیم در بسیاری از سبزی‌ها و انواع میوه‌ها مانند کرفس، کلم، فلفل، گوجه فرنگی و سیب می‌شود. در انتقال



تغذیه گیاهان با ماکروالمنتها



PTMP/SK/R&D/A/ Macro element02 /28042022

تغذیه گیاهان با ماکروالمنتها

ناکافی کلسیم به میوه سیب، سلولها ناقص می مانند و همین مسئله موجب تخریب بخش هایی از بافت می شود که به شکل لکه های قهوه ای دیده می شوند. مشخصه سیب های مبتلا، وجود مقدار کم کلسیم و مقدار زیاد K^+ و Mg^{2+} در آنها است. در اثنای دوره رویشی گیاه، می توان از ایجاد بسیاری از کمبودهای کلسیمی در گیاه جلوگیری کرد. بیماری لکه سیاه گوجه فرنگی ناشی از کمبود کلسیم است که هوای سرد و رطوبت بروز این بیماری را تقویت می کند، نسبت بالای پتاسیم به کلسیم در محلول غذایی نیز این بیماری را تقویت می کند. خاک به کود کلسیمی زیادی نیاز دارد و این مقدار به مراتب بیشتر از نیاز کلسیمی گیاه است. برای بهبود وضعیت خاک به آن کود آهکی می دهند و در صورت مناسب شدن وضعیت کلسیمی خاک، گیاهان نیز می توانند در هر صورت از آن تغذیه کنند. خاک های مناطق مرطوب همیشه گرایش به اسیدی شدن و فقیر شدن از کلسیم دارند؛ بنابراین، می توان از کربنات ها، اکسیدها و سیلیکات های کلسیم و منیزیم در این خاک ها استفاده کرد. در خاک های قلیایی، باید یون های کلسیمی به خاک اضافه کرد تا یون های سدیم از کمپلکس های جذبی خارج شوند. افزون بر آن، باید سعی کرد تا حد امکان pH خاک نیز کم شود. در چنین مواردی، استفاده از گچ گزینه مناسبی است زیرا تاثیر خنثی دارد. در هر حال، مقدار زیادی کلسیم در سال از دست می رود؛ از این رو، حتی هنگامی که وضعیت آهک هنوز خوب است نیز می توان کوددهی کرد. آهک نگهداری کننده را باید هر سه سال یکبار به خاک داد و این عمل بیشتر در اواخر تابستان یعنی پس از برداشت محصول انجام می شود و آهک داده شده با بقایای محصول به زیر خاک منتقل می شود. با وجود این، افزایش pH خاک موجب تثبیت میکروالمنت ها می شود و قابلیت جذب عناصری مانند Fe، Mn، Zn، Cu و B در گیاهان با افزایش pH خاک کمتر شده، حتی در شرایطی نیز آثار کمبود عناصر یاد شده نمایان می شود. به ویژه در خاک های مردابی نباید آهک زیاد مصرف کرد زیرا به طور معمول، در اینجا در محدوده pH=4-5 رشد اپتیمم گیاه حاصل می شود.

منبع

فاضلی کاخکی، سید فاضل. (۱۴۰۰). تغذیه بر اساس مراحل رشد فیزیولوژیکی. تهران: نشر آموزش کشاورزی

