

اثر محلول پاشی عناصر پرمصرف بر تولیدات کشاورزی

سولماز کاظم علیلو^۱ و علیرضا قربانی^۲

^۱دکتری علوم خاک، مسئول باشگاه کشاورزان و مسئول روابط عمومی استان آذربایجان غربی

^۲مدیر شرکت خدمات حمایتی کشاورزی استان آذربایجان غربی

مقدمه

رشد و نمو گیاهان به عناصر غذایی متنوعی (حدود ۱۶ عنصر) بستگی دارد که از طریق ریشه و برگ جذب می شوند. هر کدام از عناصر غذایی ضروری نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان دارند و در صورت کمبود می توانند رشد و عملکرد گیاهان را کاهش دهند. کربن، هیدروژن و اکسیژن معمولاً از طریق هوا جذب می شوند و ۱۳ عنصر بعدی از خاک و از طریق سیستم ریشه ای جذب می شوند. بعضی از این عناصر ممکن است در صورت محلولپاشی بر کانوبی گیاه با غلظت مناسب، از طریق برگها نیز جذب شوند. محلولپاشی برگی یک روش نسبتاً جدید و بحث برانگیز است که در برخی مواقع نتایج بهتر و سریعتری نسبت به مصرف خاکی ارائه می دهد. اخیراً محلولپاشی برگی برای اصلاح کمبود عناصر غذایی در گیاهان مورد استفاده قرار می گیرد و می تواند باعث افزایش کارایی کودهای مورد استفاده شود. از آنجایی که برخی عناصر غذایی در مقادیر زیادی برای گیاهان مورد نیاز هستند، فراهمی آنها از طریق برگ امکانپذیر نمی باشد ولی زمانی که شرایط خاکی نامطلوب است و یا در مورد عناصر کم مصرف، محلول پاشی برگی برای برطرف کردن کمبود عناصر در گیاهان می تواند مفید باشد. همچنین هنگامی که جذب عناصر از خاک محدود شود و یا رقابت برای کربوهیدرات در بین اندام های گیاهی وجود داشته باشد محلولپاشی برگی روشی مؤثر برای افزایش عملکرد و کیفیت محصول می باشد. از طرفی دیگر محلول پاشی برگی باعث کاهش آلودگی محیط زیست و بهبود کارایی مصرف عناصر غذایی از طریق کاهش مصرف کودهای شیمیایی می شود. محلول پاشی برگی سبب افزایش جذب عناصر غذایی از طریق بهبود رشد ریشه و حرکت عناصر از برگهای انتهایی به ریشه های عمیق گیاه می شود. از طرفی، تغذیه برگی باعث افزایش سطح عناصر غذایی در گیاه و تولید قندها در زمان تنش می شود. همچنین فعالیتهای بیوشیمیایی برگ را از طریق افزایش کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها افزایش می دهد که برای فتوسنتز مفید است.

محدودیت های محلولپاشی برگی

مواد کودی مناسب برای محلولپاشی برگی باید در آب محلول باشند که اکثر آنها به صورت نمک بوده و اگر در غلظت های بالا مورد استفاده قرار بگیرند ممکن است سبب ایجاد سوزش در بافتهای گیاهی شوند. معمولاً غلظت ایمن این مواد کودی در محلول بسیار اندک بوده و برای تأمین نیاز غذایی گیاهان به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم لازم است محلولپاشی تکرار شود.

مکانیزم جذب عناصر غذایی از طریق محلولپاشی برگ

برای اینکه کودهای محلولپاشی شده بتوانند در رشد گیاه مورد استفاده قرار بگیرند عناصر غذایی ابتدا باید قبل از ورود به سیتوپلاسم سلول برگ، به سطح برگ نفوذ کنند. جذب عناصر غذایی برگ از طریق کوتیکولها، روزنه ها، تارهای برگ و سایر سلولهای اپیدرمی تخصصی صورت می گیرد. اغلب برگ های گیاهی دارای کوتیکول های ضخیمی هستند که با یک لایه مومی پوشیده شده و جذب املاح را مشکل می کند. کوتیکول یک لایه چربی است که نسبت به آب و روغن قابلیت نفوذ کمی دارد. مومهای اپی کوتیکولی مانعی برای نگهداری و نفوذ کودهای محلولپاشی شده به اندام های گیاهی هستند. تقریباً همه موم های سطح گیاهی آبگریز هستند و محلول های بر پایه آب را دفع می کنند. به همین دلیل اغلب زمان محلولپاشی برگ با زمان باز شدن روزنه ها معطوف می شود. لایه اپیدرمی دارای روزنه هایی است که امکان تبادل CO_2 بین محیط بیرون و سلول های فتوسنتزی را فراهم می کند. منافذ روزنه ها نیز توسط دو سلول نگهبان پوشیده شده است که باز و بسته شدن روزنه ها را تنظیم می کند. همچنین روزنه ها، مسیرهای اصلی برای تبخیر آب، تبادل گازهای فتوسنتزی و کنترل انتقال آب در سراسر اپیدرم را فراهم می کنند. نفوذپذیری کوتیکول نسبت به یونها به عوامل محیطی مشابه به جذب روزنه ها بستگی دارد. تحقیقات انجام شده نشان می دهد که هم روزنه ها و هم کوتیکول نقش مهمی در جذب عناصر غذایی نقش دارند. با این حال، به نظر می رسد نفوذ عناصر از طریق روزنه ها پیچیده تر بوده و به عوامل محیطی بیشتر از نفوذ کوتیکولی وابسته است ولی جذب روزنه ای سریعتر از جذب کوتیکولی صورت می گیرد.

محلول پاشی برگ عناصر پرمصرف

نیتروژن

برگهای گیاهان می توانند نیتروژن اتمسفری را جذب کنند. بررسی ها نشان داده است که گیاهان زراعی می توانند تا ۱۰ درصد از کل نیاز نیتروژنی خود را به طور مستقیم از NH_3 هوا تأمین کنند. بیشتر گیاهان به سرعت اوره محلولپاشی شده را جذب کرده و در سیتوزول آن را هیدرولیز می کنند. اوره (۴۶ درصد نیتروژن) رایج ترین کود برای محلولپاشی برگ است که حلالیت زیادی در آب داشته و هدررفت نیتروژن خاک از طریق آبشویی، نترات زدایی، تصعید، ایموبیلیزیشن و یا ترکیبی از همه این مسیرها را کاهش می دهد. محلولپاشی برگ نیتروژن نمی تواند به تنهایی تمام نیاز نیتروژنی گیاه را تأمین کرده و جایگزین مصرف خاکی اوره شود اما می تواند به عنوان مکمل همراه با مصرف خاکی نیتروژن مورد استفاده مفید قرار گیرد. بررسی ها نشان داده است که محلول پاشی اوره سبب افزایش عملکرد، پروتئین، مقاومت به سرما و کاهش حساسیت برگ گیاهان می شود. مصرف خاکی اوره در فصل رشد سبب افزایش رشد شاخساره و بیومس هوایی درخت سیب شد ولی محلولپاشی برگ اوره بیومس ریشه در درختان جوان سیب را افزایش داد. زمانی که رشد گیاه و جذب عناصر غذایی ریشه توسط عوامل خارجی مانند غرقاب، تنش های رطوبتی، خاک های سنگین و غیره محدود شود محلولپاشی برگ می تواند روشی برای غلبه بر کمبود موقت

نیترژن گیاه باشد. محلولپاشی برگی اوره یک روشی کارآمد و مقرون به صرفه برای تأمین نیترژن گیاه است و بیشترین کارایی آن در pH برابر 6.5 است. اوره به دلیل داشتن سمیت نسبتاً کم، جذب سریع و نسبتاً ارزان رایج ترین منبع نیترژن برای محلولپاشی است. بررسی ها نشان داده است که محلولپاشی غلیظ محلول اوره در رطوبت کم و دمای بالا سبب ایجاد سوزش در برگ های سویا شد و اعتقاد بر این است که میزان سوختگی برگ به شکل کود نیترژن مصرفی بستگی دارد. اوره نسبت به سایر کودهای نیترژنی شاخص شوری کمتری داشته و سریعاً توسط برگ ها جذب می شود. با این حال، اغلب پس از محلولپاشی گیاهان با اوره سوزش برگ مشاهده شده است. گزارش شده است که با محلولپاشی برگی اوره، فعالیت آنزیم اوره آز برگ (بر اثر هیدرولیز اوره) افزایش و در نتیجه این فعالیت، آمونیاک تولید شده و سبب ایجاد سوزش در برگ گیاه می شود. بنابراین، گیاهان مختلف نسبت به غلظت اوره یا غلظت نیترژن برای رشد بهینه، مقاومت متفاوتی دارند و به همین دلیل، ویتور و همکاران (۱۹۶۳) آستانه تحمل گیاهان مختلف را در جدول زیر ارائه کرده اند.

جدول ۱. مقاومت برگ گیاهان نسبت به محلولپاشی اوره بر حسب کیلوگرم در ۱۰۰ لیتر آب

مقاومت	گیاهان زراعی	مقاومت	درختان	مقاومت	سبزیجات
2.40	سیب زمینی، چغندر قند	0.48-0.72	انگور، سیب	0.36-0.6	خیار
2.40	یونجه	0.48-0.72	توت فرنگی	0.48-0.72	لوبیا، گوجه فرنگی، فلفل، ذرت شیرین
2.40	گندم	0.60-1.80	آلو	0.72-1.44	کاهو
0.60-2.40	ذرت	0.60-2.40	هلو، گیلان	2.40	کلم، هویج، جعفری، پیاز

فسفر

محلولپاشی برگی فسفر مؤثرترین روش برای فراهمی فسفر در گیاهانی است که با تأخیر کشت شده اند و کارایی مصرف کود را به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهد. میزان کود، pH و مخلوط عناصر غذایی اثرهای مهمی بر کارایی محلولپاشی فسفر دارند. محلولپاشی فسفر در محصولات زراعی مختلف مانند سویا، شبدر، گندم و ذرت بررسی شده است تا بهترین فرمول کودی، مقدار، زمان، نوع گیاه و مکان مصرف آن مشخص شود. مناسب ترین زمان برای مصرف فسفر در سویا در مرحله رشد اولیه غلاف، مرحله گرده افشانی و در ذرت اوایل ظهور کاکل ها است. میزان مصرف کود به نیاز گیاه، نوع گیاه، دفعات محلولپاشی، حجم آب و میزان حلالیت نمک بستگی دارد اما در کل ۱.۵ تا ۴ کیلوگرم فسفر در هکتار بهترین نتیجه را دارد. نتایج بررسی ها نشان می دهد که محلولپاشی فسفر توانایی کاهش اثرهای ملایم تنش خشکی را دارد. استفاده از محلولپاشی برگی در شرایط تنش آبی به در نظر گرفتن زمان دقیق باز شدن روزنه ها و سرعت خشک شدن کود روی برگ قبل از نفوذ نیاز دارد. بنابراین، بیشترین پاسخ گیاه نسبت به محلولپاشی فسفر در خاک هایی است که میزان فسفر کمی دارند. گزارش شده است محلولپاشی فسفر سبب القای مقاومت موضعی و سیستمیک در برابر بیماری سفیدک پودری خیار شد.

پتاسیم

در برخی شرایط خاص محلولپاشی پتاسیم فرصتی برای اصلاح سریع کمبود عناصر (در طی ۲۰ ساعت) و کارآمد به ویژه در اواخر فصل رشد می باشد. بنابراین، هنگامی که شرایط آب و هوایی و خاکی باعث کاهش جذب عناصر غذایی از خاک می شود، محلولپاشی پتاسیم می تواند روشی مکمل باشد. بررسی ها نشان داده است که محلولپاشی ۲.۵ درصد نیترات پتاسیم در دوره رشد ذرت از طریق تحریک تولید کرومیل سبب افزایش میزان پروتئین دانه شد. هرچند، در برخی منابع از سولفات پتاسیم هم برای محلول پاشی استفاده شده است. وقتی شرایط خاکی و اقلیمی جذب عناصر از خاک را کاهش می دهد توصیه شده است همراه با مصرف خاکی پتاسیم از محلول پاشی برگ پتاسیم نیز به عنوان مکمل در تولید سویا استفاده شود تا اثرهای کمبود پتاسیم و کاهش عملکرد گیاه را جبران کند. نتایج بررسی ها نشان داد که محلول پاشی پتاسیم در طول دوره رشد میوه و بلوغ طالبی با افزایش استحکام بافت میوه، میزان قند و ارزش غذایی از طریق افزایش بتاکاروتن، اسید اسکوربیک و غلظت پتاسیم در بخش گوشتی میوه، کیفیت بازاری میوه را بهبود بخشید. بنابراین، محلول پاشی پتاسیم در مراحل حساس رشد گیاه و به عنوان مکمل تغذیه ای می تواند باعث افزایش تولید و کیفیت محصول شود. محلول پاشی نیترات پتاسیم از نظر افزایش کیفیت و عملکرد کارایی بیشتری نسبت به کلرید پتاسیم دارد.

گوگرد

در سال های اخیر، کمبود گوگرد به یک مشکل رو به رشد در کشاورزی تبدیل شده است که سبب کاهش کیفیت و عملکرد محصول می شود. بعد از نیتروژن، فسفر و پتاسیم، گوگرد چهارمین عنصر اصلی مورد نیاز گیاه است. گیاهان دانه روغنی نسبت به سایر گیاهان زراعی مانند گندم یا ذرت نیاز بیشتری به گوگرد دارند. برای مثال تولید یک تن بذر کلزا به ۱۶ کیلوگرم گوگرد ولی تولید یک تن بذر گندم به ۲ تا ۳ کیلوگرم گوگرد نیاز دارد. معمولاً در شرایط تنش ملایم، کمبود گوگرد ممکن است تأثیر کمی بر عملکرد گیاه داشته باشد ولی اثر مهمی بر کیفیت و نسبت N:S محصول تولیدی دارد. به طور کلی، نیاز گوگردی گیاهان غلات نسبت به گیاهان ریشه ای، کلزا و حبوبات کمتر است. گیاهان گوگرد را به شکل سولفات و از طریق سیستم ریشه ای از خاک جذب و سپس به کلروپلاست سلولهای برگ انتقال می دهند و در آنجا سولفات به سولفید کاهش یافته و درون ترکیبات آلی ساخته می شود. شکل عنصری گوگرد به طور مستقیم قابل استفاده گیاهان نیست و باید در خاک به شکل سولفات تبدیل شود. تبدیل گوگرد عنصری به سولفات به عوامل زیادی مانند تعداد و فعالیت جامعه میکروبی، دما و رطوبت خاک و اندازه دانه های گوگرد بستگی دارد. گوگرد عنصری در شکل خیلی ریز نیز می تواند برای محلولپاشی برگ استفاده شود زیرا در سطح برگ اکسایش صورت گرفته و در فرآیندهای متابولیسم گیاه مورد استفاده قرار می گیرد.

از دیرباز گوگرد عنصری برای کنترل کنه های عنکبوتی و برخی بیماری های گیاهی مورد استفاده قرار گرفته و برای تولید ارگانیک محصولات زراعی مورد تأیید می باشد. باغبان های تولید کننده محصولات ارگانیک در ابتدا از شکل های پودری گوگرد برای محلولپاشی استفاده می کردند. گوگرد می تواند باعث تحریک پوست و چشم شود و در صورت استفاده بیش از حد ممکن است سبب آسیب به گیاه شود

به ویژه اگر همراه با روغن استفاده شود. استفاده از گوگرد عنصری در خاک، pH خاک را به میزان قابل توجهی کاهش می دهد در حالی که محلولپاشی گوگرد تأثیری بر pH خاک ندارد.

جدول ۲. رایج ترین منابع کودی گوگرد

درصد گوگرد	فرمول	نوع کود
۲۴	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	سولفات آمونیوم
۱۸	K_2SO_4	سولفات پتاسیم
۲۳	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{Mg SO}_4$	سولفات منیزیم پتاسیم
۱۷	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	سولفات کلسیم (گچ)
۱۴	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	سولفات منیزیم
۲۶	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$	محلول تیوسولفات آمونیوم
۱۴	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$	سوپرفسفات معمولی
۱۸	ZnSO_4	سولفات روی
۸۸-۹۸	S	گوگرد عنصری

کلسیم

کلسیم نقش مهمی در حفظ کیفیت میوه و سبزیجات دارد. مصرف کلسیم سبب سفتی بافت میوه، افزایش ویتامین C، کاهش پوسیدگی و قهوه ای شدن آن می شود. محلول پاشی کلسیم سبب ایجاد مقاومت در برابر بیماری پژمردگی باکتریایی و مقاومت در برابر پوسیدگی فوزاریومی در گوجه فرنگی می شود. از طریق محلول پاشی کلسیم می توان برای جلوگیری از پوسیدگی گلگاه گوجه فرنگی و سایر میوه ها، نوک سوختگی برگ کاهو و کلم که معمولاً در دوره های خشک اتفاق می افتد استفاده کرد. کلسیم و بور در آوند آبکشی غیرمتحرک بوده و برای اصلاح کمبود موقت بایستی به جای مصرف یکباره کلسیم و بور به مقدار کم و در فواصل مکرر مصرف شوند. محلول پاشی کلسیم ممکن است بروز برخی از اختلالات میوه را کاهش داده و کیفیت میوه را بهبود بخشد. اختلالات فیزیولوژیکی مانند لکه تلخ سیب، لکه چوب پنبه ای، ترک خوردگی و سفتی میوه گیلان اغلب به میزان کلسیم میوه مربوط است. رایجترین کود مورد استفاده برای محلولپاشی کلسیم، کلرید کلسیم می باشد که علاوه بر بهبود کیفیت و خاصیت انبارداری میوه، بقایای سموم شیمیایی در سیب را نیز کاهش می دهد. کلرید کلسیم حاوی ناخالصی است و ممکن است باعث سوختگی برگ و آسیب به میوه شود و با آفت کش ها سازگاری کمی دارد. نیترات کلسیم نیز با موفقیت برای کاهش لکه تلخ سیب مورد استفاده قرار گرفته است ولی سبب بهبود رنگ سبز یا قرمز سیب نمی شود. با این حال، محلولپاشی نیترات کلسیم بیشتر از کلرید کلسیم باعث آسیب میوه می شود.

جدول ۳. منابع کودهای کلسیمی

درصد گوگرد	فرمول	نوع کود
۴۰	CaCO ₃	آهک کلسیت
۲۲	CaCO ₃ +MgCO ₃	آهک دولومیت
۲۲	CaSO ₄ . 2H ₂ O	گچ/ژیپس
۵۴	Ca(OH) ₂	آهک ریز
۲۰	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ +CaSO ₄	سوپرفسفات معمولی
۱۴	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	سوپرفسفات تریپل
۳۶	CaCl ₂	کلرید کلسیم
۲۴	Ca(NO ₃) ₂	نیترات کلسیم

منیزیم

منیزیم به شکل Mg^{2+} توسط گیاهان جذب می شود. میزان جذب آن به میزان منیزیم موجود در خاک، pH، CEC، پتاسیم و کلسیم خاک بستگی دارد. منیزیم ماده اصلی تشکیل دهنده کلروفیل بوده و ۱۵ تا ۲۰ درصد منیزیم کل گیاه را شامل می شود. گیاهانی مانند لوبیا، نخود فرنگی، کاهو و اسفناج می توانند در خاکهایی با سطح منیزیم کم رشد کرده و عملکرد خوبی داشته باشند اما گیاهانی مانند گوجه فرنگی، فلفل، گل رز و غیره برای رشد بهینه به منیزیم بالایی احتیاج دارند.

کلسیم و پتاسیم برای جذب توسط ریشه گیاه با منیزیم رقابت می کنند و اغلب منیزیم شکست می خورد. به طور کلی، علائم کمبود منیزیم ابتدا در برگهای قدیمی ظاهر می شود. برخی مواقع ممکن است آزمون خاک کفایت منیزیم موجود در خاک را نشان دهد ولی به دلیل رقابت یونی علائم کمبود آن در گیاه مشاهده شود در چنین شرایطی، محلول پاشی منیزیم نتایج مثبتی در پی دارد. گزارش شده است محلول پاشی سولفات منیزیم با غلظت دو درصد کمبود منیزیم در گوجه فرنگی و سیب را برطرف و سبب افزایش عملکرد محصول شد. میزان منیزیم مورد نیاز برای محلول پاشی بسیار کمتر از مصرف خاکی آن است و به جای مصرف خاکی ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کیسیریت (سولفات منیزیم آبدار: $MgSO_4 \cdot H_2O$)، محلولپاشی ۳۵ کیلوگرم در هکتار نمک اپسوم (سولفات منیزیم: $MgSO_4$) توصیه شده است. محلول پاشی سولفات منیزیم علاوه بر مصرف خاکی آن برای اصلاح کمبود منیزیم در برخی گیاهان مانند انگور توصیه شده است. بررسی ها نشان داده است که محلول پاشی سولفات منیزیم در مرحله ۶ تا ۸ برگی و قبل از مرحله گلدهی سبب افزایش تعداد شاخه در بوته و عملکرد دانه نخود شد. آبشویی منیزیم اغلب یک مشکل جدی بوده (۳۵ کیلوگرم در هکتار در سال) و کمبود آن در خاک های شمال غربی ایران اتفاق می افتد که در زیر کشت انگور قرار دارند. نتایج بررسی ها نشان داده است که محلولپاشی منیزیم و روی سبب افزایش عملکرد و کیفیت میوه انگور شد. برای دستیابی به حداکثر عملکرد و کیفیت، بهتر است مصرف خاکی همراه با محلولپاشی منیزیم و روی برای کاهش نسبت پتاسیم به منیزیم در خاک های کمبود منیزیم ضروری است. افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان ماش با محلولپاشی پتاسیم، منیزیم و روی نیز گزارش شده است.

Singh, J., Singh, M., Jain, A., Bhardwaj, S., Singh, A., Singh, D.K., Bhushan, B. and Dubey, S.K., 2013. An introduction of plant nutrients and foliar fertilization: a review. *Precision farming: a new approach, New Delhi: Daya Publishing Company*, pp.252-320.