علوم کاربردی سیب‌زمینی
سال سوم شماره ۲، پائیز و زمستان ۱۳۹۹

استفاده از روش حد بحرانی نیترات پای بوته به‌منظور کاهش مصرف کودهای نیتروژنه در محصول سیب‌زمینی

رحیم مطلبی‌فرد[۱،*] فریدون نورقلی‌پور[۲]

[۱] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

[۲] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات شیمی و حاصلخیزی خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

* آدرس پست الکترونیک نویسنده مسئول: motalebifard@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۵ تاریخ انجام اصلاحات: ۱۳۹۹/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۸

چکیده

نیتروژن نقش اساسی در رشد و نمو اندام هوایی گیاه دارد و مواد آلی خاک، عمده‌ترین منبع تأمین‌کننده نیتروژن در خاک می‌باشند. به‌دلیل کمبود مواد آلی در خاک‌های ایران، حجم زیادی از نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق کودهای شیمیایی نیتروژنه تأمین می‌شود. با توجه به اینکه کودهای نیتروژنه تأثیر زیادی بر افزایش عملکرد دارند، نحوه تأثیر آن‌ها بستگی به نوع و میزان کود مصرفی، رقم، تراکم، تناوب زراعی، استفاده از کودهای حیوانی، نوع سامانه آبیاری و حاصلخیزی خاک دارد. مصرف بیش از حد نیتروژن، ممکن است سبب کاهش ماده خشک و افزایش قندهای احیایی، پروتئین و نیترات شود. استفاده از نیترات پای بوته یکی از روش‌هایی است که باعث می‌شود مصرف کودهای نیتروژنه مدیریت شده و از تجمع نیترات در غده جلوگیری شود. این آزمایش به‌منظور ارزیابی کارایی روش اندازه‌گیری نیترات پای بوته، پیش از سرک‌دهی نیتروژن در زراعت سیب‌زمینی با سه تیمار، سه تکرار و در دو سال در مزارع مختلف زارعین استان‌های مختلف کشور اجرا شد. سه تیمار آزمایشی شامل: ۱- شاهد (بدون مصرف کود نیتروژنی)، ۲- مصرف نیتروژن براساس نیترات پای بوته، ۲۵ الی ۳۰ روز پس از کاشت و ۳- مصرف نیتروژن براساس توصیه منطقه بود. نتایج دوساله نشان داد که از لحاظ عملکرد، اختلاف معنی‌داری بین دو روش نیترات پای بوته و مصرف نیتروژن براساس توصیه منطقه وجود نداشت. غلظت نیترات در تیمار توصیه کودی منطقه، بیش‌تر از روش نیترات پای بوته بود. در مناطقی که مقدار نیتروژن نیتراتی در آن‌ها بیش‌تر از حد بحرانی بود، عکس‌العمل مثبتی به مصرف کودهای نیتروژنی وجود نداشت.

واژگان کلیدی: *سیب‌زمینی، نیترات پای بوته، نیتروژن.*

مقدمه

سیب‌زمینی جزو مهم‌ترین محصولات زراعی دنیا است و بعد از ذرت، گندم و برنج چهارمین محصول از نظر تولید محصول در دنیا می‌باشد (۶). در ایران هم سیب‌زمینی با ۴/۵ میلیون تن تولید بعد از گندم، نیشکر، گوجه‌فرنگی و یونجه بیش‌ترین مقدار تولید را به‌خود اختصاص داده است. ضریب تبدیل انرژی در محصول سیب‌زمینی بسیار مطلوب می‌باشد و با مصرف یک واحد آب، بیش‌ترین ماده خشک را در بین محصولات زراعی عمده کشور تولید می‌کند به‌طوری که با استفاده از ۱/۳ درصد سطح زیر کشت کل اراضی کشور و حدود ۲/۵ درصد اراضی آبی کشور، حدود ۷ درصد کل تولیدات زراعی به محصول سیب‌زمینی اختصاص دارد (۵). متوسط عملکرد در واحد سطح سیب‌زمینی در کشور بسیار متغیر است و استان همدان با ۴۳ تن در هکتار، بیش‌ترین و استان گلستان با حدود ۱۷ تن در هکتار، کم‌ترین عملکرد کشور را دارا می‌باشند (۵).

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز سیب‌زمینی می‌باشد به‌طوری که رشد و تولید این گیاه به‌شدت تحت تأثیر این عنصر غذایی قرار می‌گیرد. مقدار نیتروژن لازم در زراعت سیب‌زمینی بسته به هدف استفاده از محصول و نوع خاک، متغیر است. تأمین نیتروژن به‌عنوان مهم‌ترین عنصر مورد نیاز گیاهان در خاک، عمدتاً از طریق مواد آلی صورت می‌گیرد. در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌دلایل مختلف، مواد آلی خاک بسیار پائین است. لذا عمده نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق کودهای شیمیایی نیتروژنه، تأمین می‌شود. تأثیر این کودها بر عملکرد محصول بستگی به میزان و نحوه کود مصرفی، نوع گیاه، و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد. مصرف مقدار زیاد نیتروژن، رشد ساقه و برگ را تحریک کرده و تشکیل غده‌ها را به تأخیر می‌اندازد و باعث تجمع نیترات می‌شود. در صورت مصرف بیش از حد نیتروژن، مقدار ماده خشک کاهش و قندهای احیایی، پروتئین و نیترات افزایش می‌یابند (۲). مصرف تمامی کود نیتروژنه توصیه‌شده در اول فصل باعث آبشویی، تصعید و هدررفت آن شده و کارایی را به‌شدت کاهش می‌دهد. هم‌چنین مصرف بیش از نیاز کودهای نیتروژنه، باعث تجمع نیترات در بافت‌های گیاهی شده و سلامتی جامعه هدف را به مخاطره می‌اندازد. نتایج تحقیقات نشان داده است که بین گیاهان از لحاظ توانایی تجمع نیترات در بافت‌های گیاهی، اختلاف زیادی وجود دارد. سبزیجات به‌خصوص سبزیجات برگی و گیاهان علوفه‌ای از جمله گیاهانی هستند که در این زمینه بیش‌تر فعال می‌باشند. غده سیب‌زمینی، پیاز، هندوانه، خیار و گوجه‌فرنگی از این نظر در حد متوسط قرار دارند و در این مقایسه اسفناج، کاهو و چغندرقند محصولاتی هستند که نیترات کمتری در بافت‌های آن‌ها تجمع می‌یابد (۴).

یکی از روش‌هایی که می‌تواند از هدررفت کودهای شیمیایی جلوگیری کرده و کارایی مصرف آن‌ها را افزایش دهد، روش حد بحرانی نیترات پای بوته است. با استفاده از این روش، هم می‌توان میزان مصرف کودهای نیتروژنه را مدیریت کرد و هم از تجمع نیترات در بافت‌های گیاهی جلوگیری به‌عمل آورد.

1- Pre-sidedress soil nitrate test

ضرورت و اهمیت

مقدار زیادی از کود نیتروژنه به‌دلیل پویایی (هم اوره و هم فرم‌های نیتراته) و رشد محدود ریشه در اوایل دوره رشد، در اثر آبیاری به قسمت‌های زیرین خاک منتقل شده و از دسترس ریشه گیاه خارج می‌شود. به این دلیل، لازم است روش‌هایی برای افزایش کارایی کودهای نیتروژنه در پیش گرفته شود. یکی از روش‌های افزایش کارایی کود نیتروژنه، روش حد بحرانی نیترات پای بوته می‌باشد. کاربرد روش حد بحرانی نیترات پای بوته می‌تواند باعث حفظ سرمایه و زمان و بهبود عملکرد و کاهش احتمال آبشویی نیتروژن و آلودگی آب شود.

مگدوف و همکاران (۱۹۸۴) اولین ارائه‌دهندگان روش حد بحرانی نیترات پای بوته هستند. این روش به‌وسیله سایر محققین، در مناطق پرباران ایالات متحده به‌کار گرفته شد و تأثیر مثبتش تأیید شد (۷). اساس این روش، آزمون نیترات خاک ($N\text{-}NO_3$) در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری و در مرحله حدود ۳۰-۱۵ سانتی‌متری ارتفاع ذرت (مرحله V_4 تا V_6 رشد) می‌باشد (۱). زمان انتخاب‌شده نمونه‌برداری از دو جنبه حائز اهمیت است؛ اولاً چون هنوز ذرت به قدر زیاد رشد نکرده است، می‌توان از ادوات استفاده و کود سرک را مصرف کرد و ثانیاً هنوز فرصت وجود دارد تا بتوان تأثیر شرایط آب و هوایی بهار را بر قابلیت دسترسی نیتروژن (برای باقیمانده فصل) ارزیابی کرد. اگرچه روش حد بحرانی نیترات پای بوته برای نخستین بار برای گیاه ذرت ابداع گردید ولی در سالیان بعد برای گیاهان دیگر نیز آزمایش شد. برای مثال حد بحرانی نیترات پای بوته برای سیب‌زمینی، ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و ۲۰ روز بعد از خروج از سطح خاک برآورد شده است (۸). روش حد بحرانی نیترات پای بوته، می‌تواند به تولیدکنندگان کمک کند تا کوددهی نیتروژنه خود را مدیریت و از کاربرد نیتروژن غیر ضروری، اجتناب کنند. این امر در عوض باعث کاهش غلظت نیترات در آب-های زیرزمینی خواهد شد و عملکرد بیشینه می‌شود (۷).

نتایج کاربردی

این تحقیق در مزارع سیب‌زمینی‌کاری استان‌های زنجان، چهارمحال و بختیاری، آذربایجان‌غربی، اصفهان و هرمزگان اجرا شد. هدف از اجرای این پژوهش، ارائه روش حد بحرانی نیترات پای بوته به‌عنوان روشی برای کاهش مصرف کودهای نیتروژنه در زراعت سیب‌زمینی در مقایسه با روش مرسوم کوددهی آن بود. در هر مزرعه، طرحی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از:

۱) بدون مصرف کود نیتروژنه؛ ۲) مصرف کود نیتروژنه براساس روش حد بحرانی نیترات پای بوته ۳) مصرف نیتروژن مطابق توصیه منطقه.

انجام توصیه کودی براساس حد بحرانی نیترات پای بوته در تمام استان‌ها، سبب افزایش عملکرد سیب‌زمینی نسبت به شاهد شد. این افزایش برای استان‌های زنجان، چهارمحال و بختیاری، آذربایجان‌غربی، اصفهان و هرمزگان به‌ترتیب بیشینه ۳۱، ۱۰، ۱۵، ۵۳ و ۴۶ درصد بود. این در حالی است که به‌جز سال اول اجرای پروژه در استان آذربایجان‌غربی، در بقیه استان‌ها بین توصیه کودی مرسوم نیتروژن و روش حد بحرانی نیترات پای بوته، تفاوت معنی-داری از نظر عملکرد وجود نداشت (جدول ۱).

جدول ۱- تأثیر تیمارهای به‌کار رفته بر عملکرد سیب‌زمینی در استان‌های مختلف

محل اجرا	سال اجرا	بدون مصرف کود نیتروژنه	تیمار نیترات پای بوته	مصرف کود نیتروژنه براساس توصیه منطقه
		تن در هکتار		
زنجان	سال اول	۲۵/۴۷b	۳۳/۳۴a	۳۵/۹۷a
	سال دوم	۳۱/۵۳a	۳۱/۵۱a	۳۲/۵۷a
چهارمحال و بختیاری	سال اول	۳۱/۴۲b	۳۴/۵۵ab	۳۷/۱۶a
	سال دوم	۳۳/۴۴a	۳۴/۲۷a	۳۵/۳۳a
آذربایجان غربی	سال اول	۲۷/۷۹c	۲۹/۱۱b	۳۳/۸۳a
	سال دوم	۳۵/۸۸b	۴۱/۳۸a	۴۲/۸۳a
اصفهان	سال اول	۳۳/۹۸b	۳۶/۷۱a	۳۶/۴۷a
	سال دوم	۱۸/۰۰b	۲۷/۶۰a	۲۸/۲۰a
هرمزگان	سال اول	۲۱/۰۴b	۳۰/۶۷a	۳۰/۱۳a
	سال دوم	۳۱/۸۳b	۳۶/۹۶a	۳۵/۲۷a

در عین حال از ۷۸ محل اجرای پروژه در مدت دو سال، در ۴۲ مزرعه نیترات خاک بیست روز بعد از خروج از خاک سیب‌زمینی، بیش‌تر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و در این مزارع کود نیتروژنه مصرف نشد. بنابراین با استفاده از روش حد بحرانی نیترات پای بوته بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد سیب‌زمینی، در ۵۰ درصد مزارع از کود نیتروژنه استفاده نخواهد شد و هزینه مصرف کود نیتروژنه، ۵۰ درصد کاهش خواهد یافت. این موضوع هم می‌تواند از اتلاف سرمایه و هزینه کشاورز و هم از بروز مسائل زیست‌محیطی بعدی جلوگیری کند. بنابراین اگر نتایج این پژوهش به‌وسیله کمینه ۵۰ درصد کشاورزان سیب‌زمینی-کار مورد بهره‌برداری قرار گیرد (با توجه به سطح زیر کشت حدود ۱۵۸ هزار هکتار و فرض مصرف کمینه ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار برای کشت سیب‌زمینی)، حدود ۲۴ هزار تن از کودهای نیتروژنه مصرفی در زراعت سیب‌زمینی قابل صرفه‌جویی بوده و با احتساب قیمت کنونی کود اوره، استفاده از روش نیترات پای بوته، باعث کاهش ۷۲۰ میلیارد ریالی هزینه تولید سیب‌زمینی در کشور خواهد بود.

نتایج هم‌چنین نشان داد در مناطقی که غلظت نیترات خاک ۳۰ روز بعد از کشت، بیش‌تر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود، پاسخ مثبتی به مصرف کودهای نیتروژنه در تیمار کوددهی مرسوم وجود نداشت. مصرف کود نیتروژنه در چنین مزارعی باعث اتلاف سرمایه و هزینه و افزایش غلظت نیترات در غده سیب‌زمینی می‌شود. این روش هم‌چنین در مزارعی که از کود مرغی استفاده می‌شود، می-تواند یک روش مؤثر توصیه کود نیتروژنه باشد. با توجه به اینکه در روش مرسوم آزمون خاک، کود مرغی بعد از اخذ نمونه خاک و یا هم‌زمان با آن مصرف می‌شود، معمولاً نیتروژن آن در توصیه کودی لحاظ نمی‌شود. در روش حد بحرانی نیترات پای بوته، ۳۰ روز بعد از کشت (تعداد روز بیش‌تر بعد از مصرف کود مرغی) نمونه تهیه می‌شود و فرصت برای آزاد شدن نیتروژن کود مرغی فراهم می‌باشد

(عمده نیتروژن کود مرغی). لذا توصیه کودی دقیق‌تر از روش مرسوم آزمون خاک خواهد بود.

در جدول ۲، تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت نیترات غده ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تیمار حد بحرانی نیترات پای بوته علاوه بر کاهش حدود ۵۰ درصدی مصرف کود نیتروژنه و عدم تأثیر معنی‌دار بر عملکرد سیب‌زمینی، دارای غلظت نیترات کم‌تری نسبت به روش مرسوم مصرف کودهای نیتروژنه بود. بین تیمار شاهد و تیمار حد بحرانی نیترات پای بوته، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد از نظر نیترات پای بوته وجود نداشت. این نتایج نشان می‌دهد که روش حد بحرانی نیترات پای بوته، روش بسیار مؤثری در حفظ عملکرد و کیفیت و سلامت محصول سیب‌زمینی می‌باشد.

جدول ۲- تأثیر تیمارهای به‌کار رفته بر غلظت نیترات غده سیب‌زمینی در استان‌های مختلف

محل اجرا	سال اجرا	بدون مصرف کود نیتروژنه	تیمار نیترات پای بوته	مصرف کود نیتروژنه براساس توصیه منطقه
		میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک غده		
چهارمحال و بختیاری	سال اول	۱۶۹b	۱۷۶b	۱۹۱a
	سال دوم	۲۷۶b	۲۷۶b	۲۸۵a
اصفهان	سال اول	۱۲۰a	۱۲۰a	۱۲۰a
	سال دوم	۶۵b	۸۰b	۱۳۰a
هرمزگان	سال اول	۶۷b	۸۳b	۱۱۷a
	سال دوم	۲۴۷a	۲۰۶a	۲۳۴a

مصرف بیش از حد کودهای نیتروژنه علاوه بر اتلاف منابع مالی، می‌تواند موجب تجمع نیترات در سیب‌زمینی شود که برای مصرف دام و انسان خطرناک است. احیاء شیمیایی یا بیولوژیکی نیترات و تبدیل آن به نیتریت، موجب آسیب جدی به انسان و حیوانات خواهد شد. نیتریت قادر است در واکنش با اسیدهای آمینه به ترکیبات سرطان‌زای نیتروز آمین تبدیل شود. به‌علاوه، نیتریت به‌عنوان عامل بیماری مت‌هموگلوبینمیا (کمبود اکسیژن) در اطفال شناخته شده است. هم‌چنین یکی از عوامل محیطی مؤثر در ایجاد سرطان‌های دستگاه گوارش فوقانی، حضور نیتریت و نیترات در آب آشامیدنی و مواد غذایی می‌باشد. نتایج حاصل از مطالعات کلینیکی و اپیدمیولوژیکی نشان می‌دهد که غلظت زیاد نیتریت و نیترات در رژیم غذایی، می‌تواند منجر به سرطان معده شود. نیترات می‌تواند در حفره دهانی و معده به نیتریت احیاء شده و طی واکنش با آمین‌ها و آمیدها سبب ایجاد گروه‌های سرطان‌زایی شود که ترکیبات N- نیتروزآمین نامیده می‌شوند (۲). با توجه به اینکه حد بحرانی نیترات در غده سیب‌زمینی متناسب با سرانه مصرف آن بین ۱۱۰ تا ۱۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر غده تعیین شده است (۳)، اما در بعضی از مناطق اجرای طرح، غلظت نیترات غده بیش‌تر از حدود بحرانی ذکر شده بود که این موضوع نیاز به توجه و بررسی دارد. به‌نظر می‌رسد که علاوه بر مدیریت مصرف کودهای نیتروژنه، ضرورت دارد مصرف متعادل سایر عناصر غذایی از جمله: پتاسیم، منیزیم و عناصر کم‌مصرف نیز در برنامه تغذیه گیاه سیب‌زمینی قرار گیرد.

دستورالعمل کاربردی

روش اجرائی حد بحرانی نیترات پای بوته به‌عنوان روش برتر در ارائه توصیه کودی نیتروژنه، به‌شرح زیر است:

۱- قبل از کاشت سیب‌زمینی، هیچ کود نیتروژنه مصرف نشود و فقط از کودهای پتاسه و فسفره استفاده شود.

۲- حدود ۲۵ تا ۳۰ روز پس از کشت و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر، نمونه خاک مرکب از قسمت‌های مختلف مزرعه تهیه و نمونه خاک در شرایط خنک (داخل فلاسک یخ) به آزمایشگاه منتقل شود. دقت کافی صورت گیرد تا نمونه خاک تهیه‌شده در سریع‌ترین زمان به آزمایشگاه منتقل شود.

۳- بلافاصله غلظت نیتروژن نیتراتی قابل عصاره‌گیری خاک با محلول کلرید پتاسیم دو مولار استخراج و به روش تقطیر به کمک دستگاه میکرو کجدال تعیین شود.

۴- اگر مقدار نیتروژن نیتراتی قابل عصاره‌گیری خاک بیش‌تر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود، هیچ کود نیتروژنه مصرف نشود.

۵- در صورتی که میزان نیترات قابل عصاره‌گیری خاک کم‌تر از ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، نصف کود نیتروژنه توصیه برای منطقه استفاده شود.

۶- باید توجه داشت که نیتروژن به‌صورت سرک و در طی دو مرحله مصرف شود. نصف کود نیتروژنه توصیه‌شده در این تیمار در مرحله ۳۰-۲۵ روز پس از کشت و نصف دیگر حدود یک ماه بعد از مصرف کود نیتروژنه مرحله اول استفاده شود.

مراجع

۱- امامی، عاکفه. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۹۸۲. تهران، ایران.

۲- بصیرت، مجید و رحیم مطلبی‌فرد. ۱۳۹۵. راهنمای تغذیه گیاهی در سیب‌زمینی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۵۴۵ . نشر مؤسسه تحقیقات خاک و آب. کرج، ایران.

۳- گودرزی، فرزاد. ۱۳۹۸. افزایش انبارمانی و بهبود ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی با مدیریت مصرف کودهای نیتروژنه. مجله علوم کاربردی سیب‌زمینی، سال دوم، شماره ۱، صفحه ۳۳ تا ۴۰.

۴- ملکوتی، محمدجعفر. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی کرج، ایران.

۵- وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۵. آمارنامه کشاورزی استان همدان. سازمان جهادکشاورزی استان همدان، همدان، ایران.

6- FAO. 2017. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available in: http://faostat.fao.org/countryprofiles.

7- Magdoff F.R., Ross, D. and Amadon, G.J. 1984. A soil test for nitrogen availability to corn. *Soil Sci. Soc. Amer. J*, 84: 1301-1304.

8- Rodriguez, M.A. 2004. Establishment of continuous critical levels for indices of plant and presidedress soil nitrogen status in the potato crop. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 35 (13 & 14): 2067-2085.