علوم کاربردی سیب‌زمینی
سال ششم شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۲

افزایش عملکرد و کاهش غلظت نیترات در سیب‌زمینی با کاربرد تلفیقی کود مرغی

جواد سرحدی [۱]، صابر حیدری [۲]، مهری شریف [۳]*

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

* نشانی پست الکترونیکی نویسنده مسئول: s.heydary@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶
تاریخ انجام اصلاحات: ۱۴۰۲/۱۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اصلاح مدیریت مصرف کود نیتروژنه و کاربرد کود مرغی بر عملکرد و غلظت نیترات در محصول سیب‌زمینی کشت پائیزه در منطقه جیرفت و کهنوج، پژوهشی با سه تیمار در شهرستان جیرفت اجرا شد. تیمار اول به‌عنوان شاهد یا عرف زارع بود که از ۲۷۶ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده شد. در تیمار دوم از ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (حد بهینه توصیه‌شده برای محصول منطقه) به‌علاوه مصرف بهینه سایر عناصر غذایی براساس آزمون خاک استفاده شد و در نهایت در تیمار سوم از ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (۲۵ درصد کم‌تر از حد بهینه) به‌علاوه مصرف بهینه سایر عناصر غذایی براساس آزمون خاک و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی استفاده شد. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که تیمار شاهد (عرف زارع) دارای کم‌ترین عملکرد (۲۰ تن در هکتار) و بیش‌ترین غلظت نیترات در غده و برگ (به‌ترتیب برابر ۲۹۳/۳ و ۶۳۹/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) بود. در حالی‌که تیمار سه (مصرف ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (۲۵ درصد کم‌تر از حد بهینه) به‌همراه ۱۰ تن کود مرغی در هکتار همراه با مصرف بهینه سایر عناصر غذایی مورد نیاز، دارای بیش‌ترین عملکرد (۳۴/۷۷ تن در هکتار) بود که نسبت به شاهد ۷۴ درصد افزایش نشان می‌دهد. هم‌چنین این تیمار دارای غلظت نیترات ۱۷۴ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک غده سیب‌زمینی بود که نه‌تنها ضمن کاهش معنی‌داری از تیمار شاهد بلکه کم‌تر از حد استاندارد نیترات برای مصرف‌کننده (۲۴۶ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک غده) بود.

واژگان کلیدی: *سیب‌زمینی، عملکرد، کود مرغی، کود نیتروژنه، نیترات*

بیان مسئله

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum L.*) به‌عنوان چهارمین محصول غذایی مهم در جهان پس از گندم، برنج و ذرت بوده و نقش مهمی در تغذیه تقریباً نیمی از بشریت دارد (۵). در کشاورزی، کود عامل کلیدی در رشد و عملکرد محصول زراعی است. به‌طور مثال، نیتروژن نقش مهمی در تولید سیب‌زمینی دارد و کمبود آن می‌تواند سبب کاهش عملکرد محصول به‌میزان قابل‌توجهی شود (٦). تاکنون پژوهش‌های قابل‌توجهی در زمینه کاهش انباشت نیترات در سبزی‌ها و محصولات دیگر صورت گرفته است که در بیش‌تر این پژوهش‌ها، عوامل مؤثر بر انباشت نیترات در سه گروه: عوامل تغذیه‌ای، ژنتیکی و محیطی بررسی شده‌اند (٤). در بیشتر مطالعات انجام‌شده، دما و شدت نور از عوامل محیطی بسیار تأثیرگذار بر میزان انباشت نیترات به‌شمار می‌روند. لذا با توجه به این‌که تغییر عوامل محیطی در وضعیت طبیعی و مزرعه‌ای دشوار است، عمدتاً نقش عوامل تغذیه‌ای به‌ویژه وقتی که غلظت نیترات در محیط خارجی زیاد باشد، نسبت به دو عامل دیگر به‌مراتب از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. با مصرف نامتعادل کودها و به‌ویژه زیاده‌روی در مصرف کودهای نیتروژنی در انواع سبزی و صیفی‌جات علاوه بر افزایش تجمع نیترات، کاهش قابل‌توجه غلظت ویتامین ث گزارش شده است. بنابراین با رعایت اصول مصرف بهینه کود، می‌توان غلظت نیترات در محصول را کاهش داد (۲). با توجه به این‌که حذف یکباره کودهای شیمیایی در کشاورزی صنعتی امکان‌پذیر نمی‌باشد و هم‌چنین استفاده از کودهای آلی به‌تنهایی نمی‌تواند نیاز غذایی گیاه به‌خصوص گیاهان یکساله را به‌طور کامل تأمین کند، در نتیجه استفاده از کودهای آلی به‌همراه مصرف بهینه کودهای شیمیایی می‌تواند نقش به‌سزایی در حفظ ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش عملکرد محصول و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی کودهای شیمیایی داشته باشد.

در منطقه جیرفت و کهنوج کشت طرح استمرار سیب‌زمینی (کشت پائیزه و تولید زمستانه) بیش از یک دهه، برای تأمین خلاء تولید فصل زمستان این محصول در کشور صورت می‌گیرد و بر همین اساس کشاورزان منطقه با وجود هزینه بسیار بالای این طرح، هرساله حتی با وجود ضرر و زیان سال قبل، اقدام به کشت سیب‌زمینی در قالب طرح یادشده می‌کنند. به‌طور متوسط، سطح زیر کشت این طرح حدود ٤٠٠٠ هکتار و عملکرد متوسط آن ۲۵ تن در هکتار می‌باشد (۱). طبق بررسی‌های اولیه از میزان و نوع کودهای مصرفی در کشت پائیزه منطقه، به‌نظر می‌رسد که هرساله ضمن تولید محصول (حتی در برخی موارد محصول بدون کیفیت و نامناسب) از بین رفتن قدرت حاصلخیزی خاک و آلوده شدن آب‌های محدود زیرزمینی نیز اتفاق می‌افتد. یکی از اقدامات مؤثر برای کاهش یا توقف این روند غلط، مصرف بهینه کودها از نظر نوع و مقدار می‌باشد (۳). از آن‌جایی که مصرف بهینه عناصر غذایی و ماده آلی به‌همراه کودهای نیتروژنه در افزایش عملکرد کمی و کیفی سیب‌زمینی مؤثر بوده و موجب کاهش غلظت و سمیت نیترات در محصول می‌شود، اجرای این پروژه روی سیب‌زمینی به‌عنوان یکی از محصولات اقتصادی منطقه، از اهمیت و ضرورت بالایی برخوردار می‌باشد تا با تولیدی مطمئن هم به کشاورزان این منطقه کمکی شود و هم سلامت مصرف‌کننده و حفظ پایداری حاصلخیزی خاک بهبود یابد.

معرفی دستاورد یا راهکار

در این تحقیق از سه تیمار استفاده شد. تیمار اول شاهد یا عرف زارع بود که از ۲۷٦ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده شد. در تیمار دوم از ۱۸٤ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (حد بهینه توصیه‌شده برای محصول منطقه) به‌علاوه مصرف بهینه سایر عناصر غذایی براساس آزمون خاک و در نهایت در تیمار سوم از ۱٤۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (۲۵ درصد کم‌تر از حد بهینه) به‌علاوه مصرف بهینه سایر عناصر غذایی براساس آزمون خاک و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی استفاده شد. روش کشت همانند عرف منطقه شامل: شخم زمین دو بار در جهت عمود بر هم و از بین بردن کلوخ‌ها و علف‌های هرز به‌وسیله دیسک و عملیات تسطیح زمین و تهیه جوی و پشته انجام شد. ابعاد هر کرت آزمایشی ۱۵ مترمربع و روش

کشت همانند عرف منطقه، پشته‌ای و با تراکم حدود ٤٠ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شد. سامانه آبیاری از نوع تحت‌فشار تیپ بود و آب آبیاری از نظر کیفی برای گیاه سیب‌زمینی محدودیتی نداشت. آبیاری اول بعد از سبز شدن غده‌های سیب‌زمینی و آبیاری بعدی هم با فاصله ۷ تا ۱۰ روز انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز با استفاده از وجین دستی انجام شد و هیچ‌گونه علف‌کشی مورد استفاده قرار نگرفت. در این آزمایش به جز تیمارها، سایر عناصر غذایی براساس نتایج آزمون خاک برای گیاه سیب‌زمینی در نظر گرفته شد و عنصر فسفر و پتاسیم به‌ترتیب از منابع سوپرفسفات تریپل (۵۰ کیلوگرم در هکتار و تماماً قبل از کاشت) و سولفات پتاسیم (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار با تقسیط ۵۰ کیلوگرم قبل از کاشت از طریق خاک و مابقی در مراحل رشد رویشی، تشکیل غده و پرشدن غده از طریق سامانه) مصرف شد. در این آزمایش ٤٠ کیلوگرم سولفات روی، ٤٠ کیلوگرم سولفات منگنز، دو کیلوگرم سکوسترین آهن و ۵۰ کیلوگرم سولفات منیزیم در هکتار مصرف شد که هر کدام در سه تقسیط تقریباً مساوی در مراحل رشد رویشی، تشکیل غده و پرشدن غده از طریق سامانه در اختیار گیاه قرار گرفت. بخش نیتروژنه تیمارها از منبع اوره در مرحله رشد رویشی، غده‌زایی و بزرگ شدن غده از طریق سامانه و بخش کود مرغی تیمارها در مرحله رشد رویشی مطابق با عرف منطقه زیر تیپ‌ها ریخته و با خاک پوشانده شد.

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده، خاک محل مورد آزمایش دارای بافت لوم شنی بوده و از نظر ماده آلی و عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف تقریباً فقیر و فاقد محدودیت شوری برای سیب‌زمینی بود. در جدول ۲، ویژگی‌های کود مرغی مورد استفاده در آزمایش ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

مشخصات نمونه خاک	بافت خاک	pH گل اشباع	هدایت الکتریکی $mmohs.cm^{-1}$	TNV ٪	کربن آلی ٪	فسفر mg.kg-1	پتاسیم mg.kg-1	آهن mg.kg-1	منگنز mg.kg-1	روی mg.kg-1
-	S.L	۷/۸	۲/۳	۲/۵	۰/۳۱	۱۲/۵	۱۸۱	۳/۱	۲/۵	۱/۵

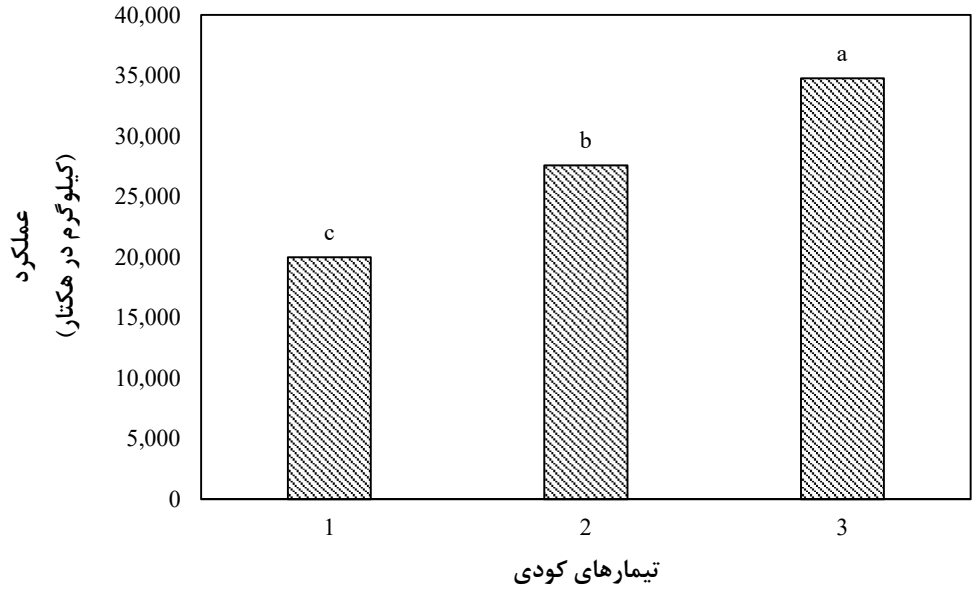
جدول ۲- ویژگی‌های کود مرغی مورد استفاده در پژوهش

هدایت الکتریکی $mmohs.cm^{-1}$	PH	فسفر %	نیتروژن %	پتاسیم %	کلسیم %	منیزیم %	آهن mg/kg	روی mg/kg	منگنز mg/kg
۳۵/۲	۷/٤	۱/۸۸	۳/۵	۱/٤	٤/۸	۰/۸۱	۱۲۰۲/۵	٤۱۲/۵	۵۱۱/۳

برداشت نهایی در زمان خشک شدن ۵۰ درصد اندام هوایی با حذف قسمت‌های هوایی گیاه انجام گرفت. نیم متر از ابتدا و انتهای ردیف‌های کاشت و دو ردیف کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شده و نمونه‌برداری از دو ردیف وسط هر کرت انجام شد. در پایان سال، میزان عملکرد در هکتار مربوط به تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. هم‌چنین از غده‌های هر کرت نمونه‌ای تصادفی به وزن یک کیلوگرم تهیه و اندازه‌گیری غلظت نیترات در آن‌ها صورت گرفت. در نهایت داده‌های حاصل با نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده، نتایج نشان داد که کم‌ترین میزان عملکرد غده با مقدار ۲۰ تن در هکتار مربوط به تیمار یک (کود اوره براساس عرف زارع یا مقدار ۲۷٦ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) بود. با مصرف کود نیتروژن براساس آزمون خاک (تیمار دو)، میزان عملکرد غده نسبت به تیمار یک

۳۷/۸ درصد افزایش یافت. با کاهش مقدار مصرف نیتروژن و استفاده از کود مرغی به‌میزان ۱۰ تن در هکتار، میزان عملکرد غده افزایش یافت به‌طوری که بیش‌ترین مقدار عملکرد سیب‌زمینی (۳٤/۸ تن در هکتار) در تیمار سه به‌دست آمد که نسبت به تیمار یک، ۷۳/۸ درصد افزایش عملکرد را نشان می‌دهد. تیمار شماره یک، بالاترین غلظت نیترات در غده (۲۹۳/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و اندام هوایی (٦۳۹/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را داشت (شکل ۲). تیمار شماره سه (۱٤۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار کود مرغی) کم‌ترین مقدار نیترات در غده (۱۷٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و اندام هوایی (۳۷۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را داشت که کاهش معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و حدود ٤۰ درصدی نسبت به تیمار شاهد یا عرف زارع را نشان داد (شکل ۲). تیمارهایی که دارای سطح کود نیتروژن مصرفی بالایی هستند، از غلظت نیترات بیش‌تری در بخش هوایی و غده برخوردارند. با کاهش مصرف نیتروژن و مصرف سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه براساس آزمون خاک و مصرف کود مرغی، غلظت نیترات غده و برگ کاهش معنی‌داری یافت.



شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد غده در سیب‌زمینی

شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر غلظت نیترات در غده و اندام هوایی سیب‌زمینی

کاهش مصرف نیتروژن (۲۵ درصد کم‌تر از حد بهینه) به‌علاوه مصرف بهینه سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه براساس آزمون خاک و مصرف کود مرغی به‌میزان ۱۰ تن در هکتار ضمن افزایش عملکرد محصول موجب کاهش غلظت نیترات محصول از حد بحرانی در ایران (۲٤٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و اروپا (۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به غلظت بی‌خطر آن (به‌ترتیب حدود ۳۰ و ۱۵ درصد کم‌تر از بیشینه مجاز ایران و اروپا) شد (۳). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که مصرف کودهای حیوانی علاوه بر افزودن مواد آلی به خاک، به‌دلیل عناصر غذایی موجود در آن موجب افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه نیز می‌شود. یکی از کودهای حیوانی با اهمیت، کود مرغی می‌باشد. این کود بسیار ارزشمند بوده و جانشین مناسبی برای کودهای شیمیایی است. کاربرد آن موجب افزایش ۵۳ درصدی سطح نیتروژن خاک می‌شود. هم‌چنین کود یادشده ضمن تأمین عناصر غذایی و افزایش قابلیت جذب آن‌ها برای گیاه باعث اصلاح خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک شده و بدین ترتیب موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات مختلف کشاورزی می‌شود.

توصیه ترویجی

با توجه به شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک‌های منطقه جیرفت و کهنوج، داشتن رتبه اول کشوری در تولید زمستانه محصول سیب‌زمینی، جایگاه محصول سیب‌زمینی در سبد غذایی مردم، اهمیت سلامتی محصول برای مصرف‌کننده، ارزانی کودهای نیتروژنه یارانه‌دار و مصرف بی‌رویه این کودها به‌وسیله کشاورزان منطقه، بی‌توجهی به بهبود میزان ماده آلی خاک در منطقه و کم‌توجهی به مصرف سایر عناصر غذایی و به‌ویژه عناصر ریزمغذی و نیز نتایج حاصل از اجرای این پژوهش برای کاهش غلظت نیترات در محصول سیب‌زمینی، می‌توان نکات زیر را نتیجه‌گیری و توصیه کرد:

۱- کودهای حیوانی و به‌ویژه کود مرغی علاوه بر بهبود ماده آلی خاک، با تجزیه تدریجی خود موجب تأمین بخشی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه شده و ضمن افزایش ظرفیت تبادل آنیونی و کاتیونی خاک و کاهش آبشویی عناصر غذایی موجب کاهش مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و به‌ویژه کودهای نیتروژنی می‌شود که این امر ضمن تغذیه بهینه و متعادل گیاه از تجمع نیترات در گیاه و محصول تولیدی می‌کاهد.

۲- با توجه به فقر خاک‌های منطقه از نظر عناصر غذایی، مصرف بهینه عناصر غذایی خیلی مهم اعم از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف برای مزارع سیب‌زمینی بسیار اهمیت دارد.

۳- با توجه به سردی فصل تولید محصول سیب‌زمینی در منطقه (زمستان) و غنی و گرم‌تر بودن کود مرغی، مصرف کود مرغی نسبت به سایر کودهای آلی برتری دارد.

٤- پایش‌های کیفی منطقه‌ای و ملی (مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور) نشان داده است که بخشی از محصول سیب‌زمینی تولیدی منطقه دارای غلظت نیترات بیش از حد استاندارد کشور می‌باشد (۳).

بنابراین با توجه به دلایل و نکات یادشده، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای کاهش غلظت نیترات محصول سیب‌زمینی تولید زمستانه منطقه و در عین حال افزایش عملکرد و افزایش غلظت عناصر مفید برای سلامتی در این محصول، یافته کاربردی این پژوهش به‌شرح زیر توصیه می‌شود:

* مصرف ۱٤۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (۲۵ درصد کم‌تر از حد بهینه) به‌همراه ۱۰ تن کود مرغی و مصرف بهینه سایر عناصر غذایی ضروری براساس نتایج آزمون خاک موجب تولید محصولی در حدود ۳۵ تن در هکتار و غلظت نیترات ۱۷٤ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک غده (۳۰ درصد کم‌تر از حد بحرانی در ایران) شد که این محصول از عناصر مفید برای سلامتی مصرف‌کننده نظیر: پتاسیم، روی، آهن و منگنز نیز غنی می‌باشد.

فهرست منابع

۱- سرحدی، جواد؛ پروین سالاری‌نژاد و اسماعیل سالمی. ۱۳۹۹. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژنه و مرغی بر عملکرد و غلظت نیترات در محصول سیب‌زمینی کشت پائیزه در منطقه جیرفت و کهنوج. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب. شماره ثبت ۵۸٤٦۲ مورخ ۱۳۹۹/۰۸/۱۲، ۳۹ صفحه.

۲- ملکوتی، محمدجعفر. ۱۳۸۹. رابطه مصرف بهینه کود و تولید محصولات کشاورزی سالم (مقاله مروری). *مجله علمی - پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی و علف‌های هرز*، سال چهارم، شماره ۱٦، صفحه ۱۳۳ تا ۱۵۰.

۳- یگانه، مژگان؛ کامبیز بازرگان؛ مرجان سمائی؛ مهناز فیض‌الله زاده اردبیلی و شیدا طباخیان. ۱۳۹۷. بررسی میزان باقیمانده نیترات در سیب‌زمینی مناطق عمده تولید کشور و میدان مرکزی میوه و تره‌بار تهران. *نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)*، الف، جلد ۳۲، شماره ٤، صفحه ٤۷۱ تا ٤۸۳.

4- Anjana, S. U. and Iqbal, M. 2007. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A review. *Agronomy for sustainable development,* 27: 45-57.

5- FAOSTAT, F. 2015. FAO Statistics Division; 2014. https://www.fao.org/faostat/en/#home.

6- Goffart, J.P., Olivier, M., and Frankinet, M. 2008. Potato crop nitrogen status assessment to improve N fertilization management and efficiency: past–present–future. *Potato Research,*51: 355-383.