

مدیریت تلفیقی مصرف کودهای شیمیایی و زیستی در کاهش غلظت نیترات در اسفناج

محمد رضا نائینی^۱ و محمد هادی میرزاپور

عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی قم. Nacini2000@yahoo.com

عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قم. mhmirezap@yahoo.com

دریافت: تیر ۱۳۹۳ و پذیرش: شهریور ۱۳۹۴

چکیده

استفاده از برخی کودهای زیستی نیتروژنی، علاوه بر تثبیت نیتروژن و تولید هورمون‌های محرک رشد توسط ریزجانداران موجود در این کودها که منجر به افزایش رشد و عملکرد محصولات زراعی می‌شود با تعدیل مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه، مسایل و مشکلات محیطی را نیز کاهش می‌دهد. کودهای زیستی، حاوی مجموعه‌ای از فعال‌ترین سویه‌های باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن از جنس ازتوباکتر و آزوسپیریلوماست. به منظور بررسی اثر کودهای نیتروژنه و کود زیستی و نیز اثر توأم آن‌ها بر عملکرد و تجمع نیترات در اسفناج، این آزمایش در پاییز ۱۳۹۱ و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش به این قرار بودند: ۱- کود زیستی به صورت بذرمال ۲- کود زیستی در آب آبیاری ۳- کود زیستیه شکل بذرمال + کود زیستی در آب آبیاری ۴- کود زیستی بذرمال + ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) ۵- کود زیستی بذرمال + ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) ۶- مصرف ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) ۷- مصرف ۲۷۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (برابر عرف زارع و معادل ۶۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) ۸- شاهد (عدم مصرف کود زیستی و کود نیتروژنه). نتایج نشان داد بین تیمارها از لحاظ عملکرد ماده تر و خشک اندام هوایی و ریشه و نیز غلظت نیترات اندام هوایی اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن وجود داشت. بالاترین مقادیر ویژگی‌های فوق در تیمار عرف زارع و پایین‌ترین آن در تیمار شاهد به دست آمد. مصرف توأم کود زیستی و اوره باعث افزایش معنی‌دار عملکرد تر تیمارها نسبت به شاهد و یا مصرف تنهای کود زیستی شد. با افزایش مصرف اوره، عملکرد ماده تر و خشک اندام هوایی و غلظت نیترات اندام هوایی افزایش یافت، این در حالی است که تیمارهای کود زیستیتنها، نتوانست عملکرد ماده تر و خشک اسفناج را به اندازه تیمارهای کود اوره افزایش دهد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، اگرچه به‌علت کوپذیری بالای اسفناج، بالاترین عملکرد تر و خشک اسفناج در تیمار عرف زارع بود ولی پیشنهاد می‌شود با توجه به اثرهای زیان‌بار احتمالی مصرف این میزان اوره، طی آزمایش‌هایی، اثر مقادیر پایین‌تر کود اوره و نسبت‌های دیگری از کود زیستی نیتروژنی مورد بررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اسفناج، نیتروژن، نیترات، کود زیستی، بذرمال.

مقدمه

شود که حاوی تعداد کافی از یک یا چند گونه از ریز-جانداران مفید خاکزی بوده و در مواد حامل و نگهدارنده‌ی مناسبی عرضه می‌شوند (خاوازی و همکاران، ۲۰۰۵). این کودها می‌توانند برای تأمین یک یا چند عنصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌کار روند. کودهای زیستی مختلفی با نام‌های تجاری گوناگون در بازار موجود است که حاوی مجموعه‌ای از فعال‌ترین سویه‌های باکتری‌های تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن از جنس ازتوباکتر و آزوسپریلوم می‌باشد که قادر است علاوه بر تأمین بخش عمده‌ای از نیازهای نیتروژنی گیاهان، با تولید هورمون‌های طبیعی محرک رشد گیاه، سبب گسترش ریشه و بهبود جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه شود. همچنین، ترشح آنتی‌بیوتیک و سیدروفور و مواد فرار مانند سیانید هیدروژن در ریزوسفر ریشه توسط باکتری‌های موجود در این کودهای زیستی، از تهاجم بسیاری از عوامل بیماری‌زای خاکزی به ریشه جلوگیری کرده و مقاومت طبیعی گیاه را در برابر این عوامل افزایش می‌دهد (زارع و همکاران، ۲۰۱۳؛ خاوازی و همکاران، ۲۰۰۵).

نتایج پژوهش‌ها نشان داده که باکتری‌های مفیدی مانند ازتوباکتر، با تولید انواع هورمون‌های محرک رشد، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و سیدروفورها سبب افزایش حلالیت و جذب عناصر غذایی مانند آهن، فسفر و روی شده و رشد آنها را افزایش می‌دهد (محمود و همکاران، ۲۰۰۸؛ هاسونا و همکاران، ۱۹۹۸). در آزمایشی دیگر، مصرف ازتوباکتر (*Azotobacterchroococcum*) در ذرت علوفه‌ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) سبب افزایش میزان نیتروژن، درصد پروتئین، غلظت سدیم، ارتفاع گیاه و طول بلال گردید (پیرومیو و همکاران، ۲۰۱۱).

نتایج تحقیقات لورنز (۱۹۷۸) نشان داده که میزان تجمع نیترات در گونه‌های مختلف سبزی‌جات، با یکدیگر متفاوت بوده است. این نتایج، همچنین نشان داده که حتی اندام‌های مختلف یک سبزی نیز از نظر تجمع نیترات با همدیگر اختلاف دارند به عنوان مثال، در

اسفناج، گیاهی خودرو است که در آسیای مرکزی (ایران و افغانستان) می‌روید. این گیاه سرشار از لوئین و گزانتین است که این کاروتنوئیدها، از بین برنده مولکول‌های بی‌ثباتی به نام رادیکال‌های آزاد در بدن (که قادرند به بدن آسیب برسانند) هستند (پیوست، ۱۳۸۱). در حال حاضر، سطحی در حدود ۷۰۰ هکتار از اراضی زراعی استان قم به کشت سبزیجات اختصاص دارد که در حدود ۲۰۰ هکتار آن زیر کشت اسفناج است (آمار نامه کشاورزی، ۱۳۹۰). یکی از مشکلات مهم سبزی‌کاری‌های کشور و استان قم، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنه می‌باشد به‌طوری‌که مصرف این نوع کودها حتی به میزان ۱۴۰۰ تا ۱۶۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار رسیده است و این در حالی است که بالاترین میزان توصیه شده کود نیتروژنه ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و در خاکهای فقیر از لحاظ نیتروژن و مواد آلی می‌باشد. از مخرب‌ترین اثرهای کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی می‌توان به کاهش میزان مواد آلی خاک، کاهش رطوبت خاک، کاهش جمعیت جانوری، سخت شدن خاک و فرسایش آن ذکر نمود (زارع و همکاران، ۲۰۱۳، بای-بوردی و سیادت، ۱۳۸۴، گرودا، ۲۰۰۵، آیشروود، ۲۰۰۰؛ مک‌لارن و کامرون، ۱۹۹۶).

با توجه به اثرات تخریبی کودهای شیمیایی که به موازات دستاورد افزایش محصول به بار آورده است، در سه دهه اخیر و به‌ویژه در چند سال گذشته و با درک اهمیت نیاز خاک‌های کشاورزی به مواد آلی و حفاظت و حاصلخیزی خاک، بازگشت به کشاورزی آلی و استفاده مجدد از مواد و زوائد کشت‌زارها و فضولات، توسط بسیاری از کشاورزان و مصرف‌کنندگان مواد غذایی افزایش یافته است (بای‌بوردی و سیادت، ۱۳۸۴). امروزه اقبال به مصرف کودهای زیستی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی، رو به افزایش است (زارع و همکاران، ۲۰۱۳؛ سینگ و همکاران، ۲۰۱۱؛ خاوازی و همکاران، ۲۰۰۵). کود زیستی به مواد حاصلخیزکننده‌ای اطلاق می‌

کاشت، بافت مزرعه مورد نظر، لومی، با درصد کربن آلی ۰.۶۵ درصد، فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب برابر ۱۰ و ۲۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، درصد آهک برابر ۱۴ درصد و قابلیت هدایت الکتریکی برابر ۴.۹۲ دسی-زیمنس بر متر بود. همچنین غلظت قابل جذب روی، آهن، مس و منگنز به روش DTPA، نیز به ترتیب ۰.۴۴، ۶.۴، ۱.۲ و ۸.۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شد (علی‌احیایی، ۱۳۷۵). قبل از کاشت، عملیات آماده-سازی زمین شامل شخم عمیق، دیسک‌زنی، تسطیح و کرت بندی انجام شد.

ابعاد کرت‌ها ۳×۸ متر بود. در مهر ماه ۱۳۹۱ بذور اسفناج (رقم کاشی) با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع به صورت دستی کاشته شدند. کودهای حاوی عناصر پرمصرف بر اساس آزمون خاک و مدل توصیه کودی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹) قبل از کاشت در زمین مصرف شدند. تمامی کودهای فسفره و پتاسیمی به ترتیب از منابع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم (از هر کدام ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت مصرف گردیدند. کود اوره نیز بر اساس تیمارهای آزمایش به شرح ذیل مصرف شد:

۱- مصرف کود زیستی به صورت بذرمال (به میزان ۰/۵ لیتر در ازای پنج کیلوگرم بذر اسفناج) ۲- مصرف کود زیستی در آب آبیاری (در دو نوبت، یکی در زمان پنج برگی شدن بوته‌ها و دیگری، یک ماه پس از مصرف اولیه و هر بار یک لیتر در هکتار) ۳- مصرف کود زیستی به شکل بذرمال+ مصرف کود زیستی (در دو نوبت) در آب آبیاری ۴- کود زیستی به شکل بذرمال+ ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) ۵- کود زیستی به شکل بذرمال+ ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) ۶- مصرف ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (معادل ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) ۷- مصرف ۲۷۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (برابر عرف زارع و معادل ۶۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) ۸- شاهد (عدم مصرف کود زیستی و کود اوره). کود زیستی

اسفناج، بیشترین مقدار تجمع نیترات در دمبرگ اتفاق می‌افتد که نسبت به پهنک برگ بسیار بیشتر می‌باشد (استاگناری و همکاران، ۲۰۰۷). در این میان، نوع کود مصرفی نیز تاثیر بسزایی بر غلظت نیترات گیاه دارد؛ در این مورد، لاسا و همکاران (۲۰۰۱)، مشاهده کردند که مصرف نیتروژن از منبع نیترات، سبب افزایش بیشتر غلظت نیترات در اسفناج، آفتابگردان و نخود فرنگی نسبت به مصرف منبع آمونیمی می‌گردد. سازمان بهداشت جهانی (۱۹۷۸)، حد مجاز نیترات در اسفناج را بین ۳۴۵ تا ۳۸۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر گزارش نموده است که معادل ۳۴۵۰ تا ۳۸۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک می‌باشد اما اتحادیه اروپایی در سال ۱۹۹۷، حداکثر غلظت مجاز نیترات در اسفناج را ۲۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر تعیین نموده است (الیا و همکاران، ۱۹۹۸)، این در حالی است که به طور مثال در تحقیقی در اصفهان مشاهده شد که میزان غلظت نیترات اسفناج برابر ۳۱۷۴ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده تر بوده است که این امر نشان‌دهنده احتمال تجمع نیترات در سایر مناطق زیر کاشت اسفناج می‌باشد (سبحان‌اردکانی و همکاران، ۱۳۸۴). هدف از اجرای این تحقیق، مقایسه عملکرد و غلظت نیترات اسفناج در صورت استفاده از کود اوره و یا کود زیستی نیتروژنی و نیز مصرف همزمان این دو کود در اسفناج کاری‌های استان قم بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و مقایسه اثر کود نیتروژنه اوره و کود زیستی حاوی سویه‌های باکتری‌های تثبیت کننده ی نیتروژن از جنس ازتوباکتر و آزوسپریلومبر عملکرد و غلظت نیترات برگ اسفناج، این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در یکی از مزارع اسفناج در حومه قم (با مشخصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰۱ دقیقه و ۲۰ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۶ ثانیه عرض شمالی) در پاییز ۱۳۹۱ اجرا گردید. بر اساس نتایج آزمون خاک قبل از

نشان داد که بین تیمارهای مختلف از لحاظ عملکرد تر کل، وزن تر اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه و میزان نیترات اندام هوایی بوته اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۵٪ آزمون دانکن وجود داشت (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های مورد بررسی (جدول ۲)، بین تیمارها از لحاظ عملکرد ماده تر، اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۵٪ آزمون دانکن مشاهده شد، بر این اساس تیمار هفت (مصرف ۶۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و معادل عرف زارع) با عملکرد ۵۱۱۳ گرم در متر مربع به تنهایی در بالاترین سطح و پس از آن تیمار شش (مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و نیز تیمار پنج (استفاده از کود کود زیستی به صورت بذر مال به اضافه ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) به ترتیب با عملکرد ۴۲۹۹ و ۴۲۶۰ گرم در متر مربع قرار گرفتند. کمترین میزان عملکرد مربوط به تیمار هشت (شاهد) با عملکرد ۲۴۵۰ گرم در متر مربع بود. بر اساس نتایج آزمایش، بین تیمارهای مصرف کود زیستی به روش بذر مال و آب آبیاری (تیمارهای ۱، ۲ و ۳) در خصوص عملکرد تر کل، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

از نظر وزن خشک اندام هوایی، تیمار هشت (شاهد) در پایین‌ترین سطح و سایر تیمارها به درجات مختلف دارای عملکرد ماده خشکی بالاتر از شاهد بودند (جدول ۲). همچنین، تیمارهای مصرف اوره نسبت به مصرف کود زیستی (بذر مال و آب آبیاری) وزن خشک اندام هوایی بالاتری داشتند (جدول ۲). روندی مشابه اندام هوایی در خصوص وزن خشک ریشه مشاهده شد (جدول ۲).

حاوی باکتری‌های از جنس *Azotobacter* و *Azospirillum* با جمعیت 10^8 سلول در میلی‌لیتر حامل از هر کدام از جنس‌های باکتری بوده که از موسسه تحقیقات خاک و آب فراهم گردید. یک سوم کود اوره، قبل از کاشت و مابقی به صورت سرک و همراه آب آبیاری در دو نوبت مصرف شد. آبیاری به صورت کرتی صورت گرفت.

پس از ۶۰ روز، برداشت کرت‌ها با حذف حاشیه‌های برداشت، انجام شد و عملکرد تر اندام هوایی هر تیمار اندازه‌گیری شد. همچنین نمونه برداری برگ تیمارها برای تعیین نیترات آن انجام و کلیه نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری نیترات برگ پس از انتقال به آزمایشگاه، با آب معمولی، محلول مایع ظرفشویی و آب مقطر شسته شد و آن‌گاه در خشک‌کن برقی و در دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت و تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. نمونه‌های خشک هر تیمار، آسیاب شد و سپس نیترات برگ به روش نیتراور (امامی، ۱۳۷۵) اندازه‌گیری گردید. به علاوه، تعداد چهار بوته‌ی کامل از تکرارهای هر تیمار پس از تعیین وزن تر، در داخل خشک‌کن برقی قرار داده شدند و وزن خشک اندام هوایی و ریشه آن‌ها نیز اندازه گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و در سطح احتمال ۰/۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه‌ی واریانس داده‌های آزمایش

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مورد بررسی اسفناج متأثر از تیمارهای اوره و نیتروکسین

منبع تغییرات	عملکرد تر kg.ha ⁻¹	وزن تر اندام هوایی* gr.4Plant ⁻¹	وزن خشک اندام هوایی* gr.4Plant ⁻¹	وزن تر ریشه* gr.4Plant ⁻¹	وزن خشک ریشه* gr.4Plant ⁻¹	نیترات (ماده خشک) mg.kg ⁻¹
بلوک	۱۷۲۶۴ ^{ns}	۱۳۸/۵ ^{ns}	۷/۸ ^{ns}	۰/۶۷ ^{ns}	۰/۰۶۳ ^{ns}	۴۷۰۰۵۵۳۴ ^{ns}
تیمار	۱۶۲۸۹۲۱	۱۷۳/۳	۱۶/۶ ^{ns}	۲/۳۸	۰/۲۳۲ ^{ns}	۱۲۵۲۶۱۹۲۳
خطا	۳۵۰۱۵	۵۲/۵۴	۶/۶	۰/۶۸	۰/۰۸۴	۱۸۵۰۸۰۵/۹
C.V	۴/۷۸	۱۴	۹/۶	۱۸/۷	۲۲/۲	۱۵/۹

*وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه بوته اندازه‌گیری شده است.

جدول ۲ - نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های مورد بررسی اسفناج (رقم کاشی)، متاثر از تیمارهای اوره و کود زیستی

ردیف تیمار	تیمارها	عملکرد تر kg.ha ⁻¹	وزن تر اندام هوایی gr.4Plant ⁻¹	وزن خشک اندام هوایی gr.4Plant ⁻¹	وزن تر ریشه* gr.4Plant ⁻¹	وزن خشک ریشه* gr.4Plant ⁻¹	نیترات (ماده خشک) mg.kg ⁻¹
۱	بذر مال	۳۷۰۱۰ ^c	۶۴/۲ ^a	۲۳.۳ ^{ab}	۵.۶ ^a	۱.۲۳ ^{ab}	۱۱۲۵۶ ^c
۲	آب آبیاری	۳۷۳۶۰ ^c	۵۳/۲ ^{ab}	۲۲.۳ ^{ab}	۴.۷ ^{ab}	۱.۲۰ ^{ab}	۱۱۰۳۰ ^c
۳	بذر مال+آبیاری	۳۸۴۴۰ ^c	۵۱/۱۱ ^{ab}	۲۳.۹ ^{ab}	۵.۵ ^a	۱.۲۸ ^{ab}	۱۱۶۰۰ ^c
۴	بذر مال+ مصرف ۱۰۰ کیلو گرم اوره در هکتار	۳۹۶۴۰ ^{bc}	۴۶/۸ ^b	۲۴.۵ ^{ab}	۴.۱ ^{abc}	۱.۳۰ ^{ab}	۱۱۷۰۰ ^c
۵	بذر مال+ مصرف ۲۰۰ کیلو گرم اوره در هکتار	۴۳۶۰۰ ^b	۴۱/۹ ^b	۲۶.۹ ^a	۴.۲ ^{abc}	۱.۴۱ ^a	۱۳۷۷۹ ^b
۶	مصرف ۲۰۰ کیلو گرم اوره در هکتار	۴۲۹۹۰ ^b	۴۵/۳ ^b	۲۷.۳ ^a	۳.۹ ^{bc}	۱.۵۲ ^a	۱۴۵۵۴ ^b
۷	مصرف ۶۰۰ کیلو گرم اوره در هکتار (عرف زارع)	۵۱۱۲۰ ^a	۴۵ ^b	۲۸.۱ ^a	۴.۴ ^{abc}	۱.۶۲ ^a	۱۷۷۹۵ ^a
۸	شاهد	۲۴۵۰۰ ^d	۴۰/۷ ^b	۲۱.۱ ^b	۲.۸ ^c	۰.۸۳ ^b	۴۵۸ ^d

* میانگین‌های با حروف یکسان تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

* وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه چهارپوته اندازه گیری شد

استفاده از کود زیستی (۴، ۵ و ۶)، نسبت به استفاده از کود زیستی تنها (۱، ۲ و ۳) دارای عملکرد تر و ماده خشک بالاتری بودند. این نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژنی اوره، عملکرد تر و ماده خشک در سطح معنی داری افزایش یافت که این نتایج با یافته‌های سایر محققان مطابقت داشته است؛ نیتروژن یکی از عناصر تغذیه‌ای مهم بوده که هم باعث افزایش عملکرد و هم بهبود ویژگی‌های کیفی می‌شود (فلورس، ۲۰۰۴). الیا و همکاران (۱۹۹۹) گزارش نمودند که با افزایش سطح نیتروژن مصرفی، به‌علت افزایش سطح فتوسنتز کننده، سطح برگ و طول ساقه، عملکرد اسفناج افزایش یافت. در واقع، اسفناج به‌علت دارا بودن دوره‌ی رشد کوتاه، به مصرف نیتروژن به سرعت پاسخ داده و این امر، رشد سریع و عملکرد بالا را سبب می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تیمارهای مصرف تنه‌ای کود زیستی توانسته است عملکرد تر و ماده خشک اسفناج را به اندازه تیمارهای مصرف کود اوره افزایش دهد که این امر ممکن است به دلیل کوتاه بودن فاصله کاشت تا برداشت باشد که سبب شده باکتری‌ها نتوانند به حداکثر توانایی خود برای تثبیت و تولید مواد

در خصوص میزان نیترات اندام هوایی، اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ بین تیمارها وجود داشت، به طوری که مصرف کود براساس عرف زارع، یعنی ۶۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، با میزان نیترات ۱۷۷۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی (معادل ۱۷۷۹/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده تر) در بالاترین سطح قرار گرفت و تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) با میزان نیترات ۴۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی در پایین‌ترین سطح قرار گرفت (جدول ۲). بررسی نتایج غلظت نیترات در تیمارها نشان داد با افزایش مصرف اوره، غلظت نیترات برگی نیز افزایش یافته است (جدول ۲) و در تیمارهای (۱، ۲ و ۳) که کود نیتروژنی اوره مصرف نشده و نیز در تیمار چهار که کمترین میزان اوره مصرف گردیده، پایین‌ترین میزان نیترات (پس از شاهد) وجود داشت (جدول ۲).

همان‌گونه که نتایج نشان داده، تیمار مصرف اوره بر اساس عرف زارع (۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) دارای بالاترین عملکرد تر و ماده خشک اسفناج و تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) دارای پایین‌ترین عملکرد فوق می‌باشد و تیمارهای مصرف کود اوره با و بدون

از سوی دیگر، با توجه به این که قسمتی از کودهای نیتروژنی در اثر شسته شدن از دسترس گیاه خارج شده و به اعماق خاک و نهایتاً به سفره‌های آب زیرزمینی و یا آب‌های سطحی راه می‌یابد، لذا، در طولانی مدت نیز خطر آلودگی آب‌های زیر زمینی و سطحی وجود خواهد داشت (بای‌وردی و سیادت، ۱۳۸۴). تیمارهای مصرف کود زیستی به شکل بذرمال و یا همراه آب آبیاری و یا مصرف هر دو آن‌ها باعث افزایش میزان نیترات و عملکرد تر نسبت به شاهد شده است که این نتایج اثر مثبت استفاده از کود زیستی نیتروژنی بر جذب نیترات را نشان می‌دهد که با نتایج سایر محققان همخوانی داشت که اعلام نمودند که این کود می‌تواند نیازهای ازتی گیاهان را تأمین کند و باکتری‌های موجود در آن با تولید هورمون‌های طبیعی محرک ریشه گیاه سبب گسترش ریشه و باعث جذب بهتر آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شود (زارع و همکاران، ۲۰۱۳؛ محمود و همکاران، ۲۰۰۸؛ خاوازی و همکاران، ۲۰۰۵).

از سوی دیگر، با توجه به نتایج مندرج در (جدول ۲)، مقایسه دو تیمار (۴ و ۶) نشان می‌دهد که کاهش ۵۰ درصدی اوره و جایگزینی آن با کود زیستی، تفاوتی را در عملکرد تر ایجاد نکرده و این در حالی است که غلظت نیترات برگ را به‌طور معنی‌داری کاهش داد، به عبارت دیگر، اگر ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره مصرف شود و در همان‌زمان، کود زیستی مصرف شود نه‌تنها عملکرد کاهش نمی‌یابد بلکه از غلظت نیترات برگ کاسته شده و کیفیت محصول تولیدی نیز بهبود می‌یابد.

بررسی اقتصادی

بر اساس قیمت اسفناج پاییزه که از قرار هر کیلوگرم ۱۰۰۰۰ ریال بوده است، درآمد حاصل از تیمارهای آزمایش به شرح جدول زیر خواهد بود (جدول ۳).

محرک رشد برسند. از طرف دیگر، افزایش عملکرد در تیمارهای مصرف همزمان کود زیستی و کود اوره در مقایسه با شاهد نشان دهنده این است که باکتری‌های موجود در کود زیستی تا حدودی توانسته‌اند با سازوکارهای مختلف طبیعی محرک ریشه گیاه (زارع و همکاران، ۲۰۱۳؛ محمود و همکاران، ۲۰۰۸؛ خاوازی و همکاران، ۲۰۰۵؛ هاسونا و همکاران، ۱۹۹۸) سبب جذب بهتر آب و مواد غذایی توسط گیاه شده و جذب نیترات افزایش یافته و باعث افزایش عملکرد در مقایسه با شاهد گردیده است (جدول ۲).

با افزایش مصرف کود نیتروژنی اوره، میزان نیترات گیاه افزایش یافت (جدول ۲). تیمار مصرف اوره بر اساس عرف زارع دارای بالاترین غلظت نیترات در ماده خشک بود به گونه‌ای که در این تیمار، غلظت نیترات برگی نسبت به تیمارهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۸ به ترتیب ۳۷، ۳۸، ۳۵، ۳۴، ۲۳، ۱۸ و ۹۷ درصد افزایش نشان داد. این نتایج با نتایج سایر محققان (گرایفبرگ و همکاران، ۱۹۸۹ و بری مر، ۱۹۸۲) هم‌خوانی دارد. نشان داده شده که اسفناج به دلیل دارا بودن سامانه‌ای بسیار کارآمد در جذب نیترات از یک سو و وجود سامانه‌ی ناکارآمد در احیای نیترات از سوی دیگر، یکی از گیاهان مستعد برای تجمع نیترات می‌باشد (ماینارد و همکاران، ۱۹۷۶). بر اساس نتایج پژوهش حاضر در خصوص غلظت نیترات برگ، میزان نیترات در تمامی تیمارها، هم بر اساس حدود مجاز پیشنهادی توسط اتحادیه اروپایی (۲۵۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) و هم پیشنهاد سازمان بهداشت جهانی (۱۹۷۸) (۳۸۹۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) پایین‌تر از حد مجاز می‌باشند، اما باید به این نکته توجه شود که مصرف مقادیر بالای این سبزی در دراز مدت می‌تواند سلامت انسان را با خطر مواجه نماید. در این میان به‌ویژه بیشترین مقدار نیترات در تیمار ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره معادل ۱۷۷۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک به دست آمد که به حد مجاز اتحادیه اروپایی نزدیک می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه درآمد حاصل از تیمارهای آزمایشی استفاده از کود زیستی تثبیت کننده نیتروژن و اوره و مصرف هم‌زمان آنها (ارقام جدول به میلیون ریال می‌باشد)

ردیف	تیمار	درآمد حاصل از هر تیمار	قیمت کود*	درآمد خالص هر تیمار
۱	بذر مال	۳۷۰.۱	۰.۱	۳۷۰
۲	آب آبیاری	۳۷۳.۶	۰.۴	۳۷۳.۲
۳	بذر مال+آبیاری	۳۸۴.۴	۰.۵	۳۸۳.۹
۴	بذر مال+ ۱۰۰ کیلو گرم اوره در هکتار	۳۹۶.۴	۰.۸	۳۹۵.۶
۵	بذر مال+ مصرف ۲۰۰ کیلو گرم اوره در هکتار	۴۳۶	۱.۵	۴۳۴.۵
۶	مصرف ۲۰۰ کیلو گرم اوره در هکتار	۴۲۹.۹	۱.۴	۴۲۸.۵
۷	مصرف ۶۰۰ کیلو گرم اوره در هکتار	۵۱۱.۲	۴.۲	۵۰۷
۸	شاهد	۲۴۵۰	-	۲۴.۵

* قیمت هر کیلوگرم کود اوره برابر ۷۰۰۰ ریال و قیمت هر لیتر کود زیستی معادل ۲۰۰۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است

رهیافت ترویجی

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، با وجود آن‌که بالاترین عملکرد تر و درآمد، در تیمار عرف زارع (۶۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) به دست آمد، اما به نظر می‌رسد با توجه به اثرهای زیان‌بار مصرف طولانی مدت این میزان کود (احتمال خطر پذیری افراد به بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی، آلودگی خاک، آب‌های زیر زمینی و تصعید نیتروژن) در این شرایط، لازم است تا در آزمایش‌های تکمیلی، اثر مقادیر پایین‌تر کود اوره و نسبت‌های دیگری از کود زیستی تثبیت کننده‌ی نیتروژن در سایر مناطق کشور مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان با مستندات بیشتری در خصوص کاربرد این گونه کودهای زیستی قضاوت کرد. با این وجود و تا رسیدن به نتایج تکمیلی، به نظر می‌رسد، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار به همراه مصرف کود زیستی حاوی سویه‌های باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن قابل توصیه باشد. در این صورت، علاوه بر کاهش غلظت نیترات برگ و کاهش احتمال خطر پذیری افراد به بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی، عملکرد قابل قبولی نیز تولید نماید. همچنین پیشنهاد می‌شود این آزمایش‌ها در شرایط شور (تا شوری پنج دسی‌زیمنس بر متر) نیز اجرا شود.

همان‌گونه که در (جدول ۳) مشاهده می‌شود، بالاترین درآمد خالص، در تیمار عرف زارع به دست آمد که به شکلی قابل توجه نسبت به شاهد و سایر تیمارها اختلاف داشت (جدول ۳) که در واقع به پاسخ مناسب اسفناج به کود نیتروژنی در دوره کوتاه رشد بازمی‌گردد. همچنین، در این تیمار، بالاترین غلظت نیترات در اندام هوایی به دست آمد. اگرچه غلظت نیترات در این تیمار پایین‌تر از حد مجاز پیشنهاد شده توسط سازمان بهداشت جهانی است اما به حد مجاز اتحادیه اروپایی نزدیک می‌باشد و بنابراین باید با دقت نظر به آن نگریست. بر اساس معادله‌هایی می‌توان احتمال خطر پذیری افراد را به بیماری‌های سرطانی و غیر سرطانی محاسبه نمود (زیلونگ و همکاران، ۲۰۰۵). در این معادله‌ها، غلظت آلاینده در غذا، میزان مصرف غذا در هر وعده، مقدار آلاینده که از طریق غذا جذب بدن می‌شود، دفعات مصرف در سال، تعداد سال‌هایی را که از این ماده خوراکی استفاده می‌شود، وزن بدن و حداکثر غلظتی از عنصر که برای موجودات مشکلی ایجاد نمی‌کند استفاده می‌شود. بر این اساس، با توجه به این‌که میزان نیترات دریافتی از تیمار عرف زارع بالاتر از سایر تیمارهاست، لذا، احتمال خطرپذیری در این تیمار نیز بالاتر است که این مورد نیز باید مد نظر قرار گیرد.

سیاس گزارى

پژوهشى دانشگاه آزاد اسلامى و به‌ويژه سرکارخانم رضايى که در مراحل مختلف با اينجانبان همکارى داشته- اند سياس گزارى مى‌نماييم.

کليه هزينه‌هاى اين پژوهش، توسط دفتر پژوهش استنادارى قم تأمين شده که بدین‌وسيله، تشکر و قدرانى خود را اعلام مى‌داريم. همچنين، از معاونت محترم

فهرست منابع

۱. آمار نامه کشاورزى. ۱۳۸۹. جلد اول. محصولات زراعى و باغى سال زراعى ۸۸-۱۳۸۷. دفتر آمار و فناورى اطلاعات، معاونت برنامه ريزى و امور اقتصاد. وزارت جهاد کشاورزى.
۲. امامى، ع. ۱۳۷۵. روش‌هاى تجزيه گياه، جلد اول. نشر يه ۹۸۲، مؤسسه تحقيقات خاک و آب، ۱۲۰ صفحه.
۳. باى بوردى، م و ح. سيادت. ۱۳۸۴. کشاورزى، کودها و محيط زيست (ترجمه). نويسندگان: لاگرید، ام، باکمن، ا. سى و کارستاد، ا. مؤسسه انتشارات نزهت. تهران. ايران.
۴. پيوست، غ. ۱۳۸۱. سبزي کارى. نشر علوم کشاورزى، تهران. ايران.
۵. سبحان اردکانى، س. ک. شايسته، م. افيونى و ن. محبوبى صوفيانى. ا. ۱۳۸۴. غلظت نيترات در برخى از فرآورده‌هاى گياهى اصفهان، مجله محيط شناسى، شماره ۳۷: ۶۹-۷۶.
۶. على احيائى، م. و ع. ا. بهبهانى زاده. ۱۳۷۲. شرح روشهاى تجزيه شيميايى خاک. نشر يه فنى شماره ۸۹۳. مؤسسه تحقيقات خاک و آب. تهران، ايران.
۷. ملکوتى، م. ج. و م. ن. غيبى. ۱۳۷۹. تعيين حد بحرانى عناصر غذايى مؤثر در خاک، گياه وميوه. سازمان تحقيقات، آموزش و ترويج کشاورزى، معاونت آموزش وتجهيز نيروى انساني، نشر آموزش کشاورزى. کرج.
8. Briemer, T. 1982. Environmental factors and cultural measures affecting the nitrate content in spinach. *Fertilizer Research*. 3 (3): 191–292.
9. Elia, A., P. Santamaria, F. Serio. 1999. Nitrogen nutrition, yield and quality of spinach. *Journal of Science, Food and Agriculture*. 76 (3): 341–346.
10. Flores, P., J. M. Navarro, C. Garrido, J.S. Rubio, V. Martinez. 2004. Influence of Ca^{2+} , K^{+} and NO_3^{-} fertilisation on nutritional quality of pepper. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84: 569-574.
11. Graifenberg, A., O. Temperini, L. Giustiniani. 1989. Fertilizing and the accumulation of nitrate in spinach. *Agrario*. 45(1): 57–61, Istituto di Ortoflora Arboricoltura, Universita della Tuscia, Viterbo, Italy.
12. Gruda, N. 2005. Impact of environmental factor on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Critical Review in Plant Science*. 24: 227-247.
13. Hassouna, M.G., A. Mohammad, M. El-Saedy, M. Hossam and A. Saleh. 1998. Biocontrol of soil-borne plant pathogens attacking cucumber (*Cucumis sativus* L.) by *rhizobacteria* in a semiarid environment. *Arid- soil Research Rehabilitation*. 12: 345-357.
14. Huyskens, K.S., and M. Schreiner. 2004. Quality dynamics and quality assurance of fresh fruits and vegetables in pre and post-harvest. In R. Dris & S. Jain (Eds.), *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops* (pp. 401–449). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
15. Isherwood, K.F. 2000. Mineral fertilizer use and the environment. International Fertilizer Industry Association/United Nations Environment Program, Paris, France.

16. Khavazi K, M. J. Malakooti, H. AsadiRahmani. 2005. Necessity of bio-fertilizer production in country. Water and soil research institute. SANA publication. P418.
17. Lasa, B., S. Frechilla, C. Lamsfus and P. M. A. Tejo. 2001. The sensitivity to ammonium nutrition is related to nitrogen accumulation. *Scientia Horticulturae*. 91: 143-152.
18. Lorenz, O.A.1978. Potential nitrate levels in edible plant parts. In: D.R.Nielsen et al., (Eds). Nitrogen in environment. Vol.2, soil- plant- nitrogen relationship, Academic press, New York, USA.210-220.
19. Muhammad, A., B. Mallik and R.D. Williams. 2008. Plant growth promoting *rhizobacteria* and *mycorriza* fungi in sustainable agriculture and forestry. *Applied Soil Ecology*. 25: 99-109.
20. Maynard, D. N., A.V. Barker, P.L., Minotti and H. H. Peck. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Advance of Agronomy*. 28: 71-118.
21. Piromyou, P., B. Buranabanyat, P. Tantasawat, P. Tittabutr, N. Boonkerd and N. Teaumroong. 2011. Effect of plant growth promoting *rhizobacteria* (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. *European Journal of Soil Biology*. 47:44 – 45.
22. Singh, J. S., V. C. Pandey and D. P. Singh. 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 140: 339-353.
23. Stagnari, F., V. D. Bitetto and M. Pisante. 2007. Effects of N fertilizers and rates on yield, safety and nutrients in processing spinach genotypes. *Scientia Horticulturae*. 114:225-233.
24. WHO. 1978. Nitrate, nitrites and N- nitrozo compounds. Geneva, environmental health criteria.
25. Xilong, W., T. Sato, X. Baoshan and S. Tao. 2005. Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Science of the Total Environment*. 350: 28-37.
26. Zare A. A., R. Shahhosseini, H. A. Bahrami, M. Ghovahi and A. R. Askary. 2013. Evaluation the effect of bio-fertilizer and super absorbent on yield components of chickpea in dry farm. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4(8):2033-2038.