

پاسخ رشد و عملکرد نخود فرنگی (*Pisum sativum*) به اثر بقایای کودهای آلی و اوره در کشت قبلی

سیف‌اله فلاح^{۱*}، نرگس قاسمی‌سیانی^۲ و عالیہ صالحی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۷)

چکیده

استفاده از کودهای دامی در کشت آلی و تداوم معدنی شدن نیتروژن این کودها، بررسی اثرات باقی مانده نیتروژن را در کشت بعدی ضروری می‌سازد. بر این اساس، اثرات باقی مانده ترکیبات کود گاوی و اوره مصرفی کشت قبلی (سیاهدانه) بر رشد، عملکرد نخود فرنگی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دانشگاه شهرکرد مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای کودی در کشت سیاهدانه (سال زراعی ۹۱ - ۹۰) شامل کود گاوی، کود شیمیایی اوره، سه نسبت کود گاوی: اوره تقسیطی (۲:۱؛ ۱:۱؛ ۱:۲) و سه نسبت کود گاوی: اوره غیر تقسیطی (۲:۱؛ ۱:۱؛ ۱:۲) و هم‌چنین عدم مصرف کود (شاهد) بودند. کشت نخود فرنگی بدون اضافه کردن کود (دامی یا شیمیایی) در سال زراعی ۹۲ - ۹۱ انجام شد. نتایج نشان داد ماده خشک در مرحله گل‌دهی، غلظت نیتروژن و فسفر گیاه، ارتفاع بوته، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود فرنگی تحت بقایای کود اوره جداگانه اختلاف معنی‌داری با بقایای تیمار شاهد نداشت. عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تحت تیمار بقایای کودی گاوی و بقایای تلفیقی بیشتر از بقایای کود اوره بود. بیشترین عملکرد دانه (۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار بقایای کود گاوی: کود اوره (۲:۱) غیر تقسیطی اختصاص داشت و این تیمار باعث شد عملکرد دانه نسبت به تیمار بقایای کود اوره، جداگانه ۱/۵ برابر افزایش یابد. بیشترین عملکرد بیولوژیک (۸۳۲۵ کیلوگرم در هکتار) نیز در تیمار بقایای کود گاوی جداگانه به دست آمد که از لحاظ آماری با تیمارهای تلفیقی (۱:۲) اختلاف آماری نداشت. به‌طور کلی اگرچه بقایای کود اوره بر تولید گیاه نخود فرنگی تأثیری نداشت ولی تولید این محصول با استفاده از بقایای کود گاوی در حذف هزینه کوددهی و جلوگیری از آلودگی زیست‌محیطی مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، بقایای نیتروژن، کود اوره، کود تلفیقی

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشیار و دانشجویان دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Falah1357@yahoo.com

مقدمه

آب‌وهوای سرد نسبتاً مرطوب مناسب است (۶ و ۱۱) و میزان تثبیت نیتروژن این محصول ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۲۶).

در کشت ارگانیک گیاهان دارویی منبع تأمین کننده نیتروژن از منابع آلی است (۱۴) و آزاد شدن عناصر از منابع کود آلی به تدریج صورت می‌گیرد (۲)، بنابراین استفاده از بقایای کود نیتروژن در تناوب با کشت این گیاهان مسئله مهم‌تری می‌باشد. گزارش‌ها حاکی است که میزان تأثیرگذاری کودهای دامی بر رشد و عملکرد گیاه در سال اول حدود ۶۰ درصد و در سال‌های دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۴۵، ۳۰ و ۲۵ درصد می‌باشد (۸). هم‌چنین در مطالعه دیگری گزارش شده است که حدود ۳۰ درصد نیتروژن به‌کار رفته از کود دامی برای گیاه قابل دسترس است و مابقی در سیستم خاک گیاه باقی می‌ماند (۱۳).

از آنجا که تولید گیاهان دارویی در کشور در حال توسعه است و تغذیه این گیاهان اغلب از طریق کودهای دامی و یا تلفیق کود دامی با شیمیایی انجام می‌شود، لذا وجود بقایایی نیتروژن در خاک و در نتیجه امکان تلفات و یا تأثیر بر گیاه بعدی در تناوب محتمل است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر باقی‌مانده کودهای شیمیایی و دامی کشت سیاهدانه بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد نخود فرنگی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقات کشاورزی دانشگاه شهرکرد به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۹۲ - ۹۱ اجرا گردید. تیمارها شامل بقایای تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن در کشت سیاهدانه) و هم‌چنین بقایای کود گاوی، کود شیمیایی اوره، سه نسبت کود گاوی: اوره تقسیمی (۱:۲؛ ۱:۱؛ ۱:۲) و سه نسبت کود گاوی: اوره غیرتقسیمی (۱:۲؛ ۱:۱؛ ۱:۲) در کشت سیاهدانه بودند. شرح تیمارها به تفصیل و به‌صورت کمی در جدول ۱ نشان داده می‌شود. در تیمارهای

در کشت گیاهان زراعی تابستانه اغلب کود نیتروژن به‌میزان زیادی مصرف می‌شود (۱۵)، این در حالی است که فقط قسمتی از نیتروژن به‌کار رفته (۲۰ تا ۷۰ درصد) توسط گیاه جذب می‌شود و به‌عنوان بازایافت ظاهری نیتروژن عنوان می‌شود. به‌عبارتی ۳۰ تا ۸۰ درصد نیتروژن به‌کار رفته یا در سیستم خاک - بقایای گیاه باقی می‌ماند و یا به محیط اطراف هدر می‌رود (۱۹ و ۲۴). در این ارتباط گزارش شده است که در حدود ۹۰ درصد عناصر غذایی کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار در همان سال اول مصرف می‌شود و حداکثر ۱۰ درصد این کودها برای استفاده گیاهان سال بعد در خاک باقی می‌ماند (۸). در واقع بقایای کود نیتروژنه در خاک ممکن است در معرض تلفات قرار گیرند، به‌طوری‌که امروزه آلودگی سیستم‌های آبی توسط نیترات حاصل از زراعت فشرده و به‌کارگیری کودهای نیتروژنه، به‌عنوان مشکلی بسیار مهم در سرتاسر دنیا محسوب می‌شود (۷). بنابراین در چنین شرایطی کشت کلزا و غلات پاییزه به‌عنوان گیاه گیرنده در تناوب می‌تواند از هدرروی نیتروژن و پیامدهای آلودگی ناشی از آن جلوگیری کند (۱۰). با این حال اکتفا کردن به کشت کلزا و یا غلات نیازمند کاربرد کود نیتروژن تکمیلی نیز می‌باشد و علاوه بر این مضرات تک‌کشتی غلات را نیز به‌دنبال دارد. در مناطقی که اولویت با کاشت گندم پاییزه است، استفاده از سایر گیاهان زراعی در الگوی کشت، منوط به سودمندی اکولوژیک آنها در دوره تناوب و توان بهبود وضعیت اقتصادی کشاورزان است (۱۳). لذا استفاده از یک گیاه لگوم به‌منظور استفاده از بقایای نیتروژن و هم‌چنین بهره‌گیری از تثبیت نیتروژن نه تنها نیاز به مصرف کود شیمیایی را به حداقل می‌رساند بلکه با رهاسازی نیتروژن در خاک ممکن است گیاه بعدی در تناوب را نیز حمایت نماید. در این راستا گزارش شده است که خاک‌های تحت کشت گیاهان بقولات نسبت به غیر بقولات حاوی نیتروژن بیشتری هستند (۲۳). در بین بقولات پاییزه می‌توان به نخودسبز (*Pisum sativum*) یا نخود فرنگی اشاره نمود که برای مناطق با

جدول ۱. شرح تیمارهای آزمایشی

| شرح تیمار | نام تیمار |
|--|--------------------------|
| عدم مصرف کود | شاهد |
| ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره | کود اوره جداگانه |
| ۴۰ تن در هکتار کود گاوی | کود گاوی جداگانه |
| ۱۱۶ کیلوگرم در هکتار کود اوره + ۱۳/۳۳ تن در هکتار کود گاوی | کود اوره: کود گاوی (۱:۲) |
| ۸۶/۶۶ کیلوگرم در هکتار کود اوره + ۲۰ تن در هکتار کود گاوی | کود اوره: کود گاوی (۱:۱) |
| ۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار کود اوره + ۲۶/۶ تن در هکتار کود گاوی | کود اوره: کود گاوی (۲:۱) |
| ۱۱۶ کیلوگرم در هکتار کود اوره + ۱۳/۳۳ تن در هکتار کود گاوی | کود اوره: کود گاوی (۱:۲) |
| ۸۶/۶۶ کیلوگرم در هکتار کود اوره + ۲۰ تن در هکتار کود گاوی | کود اوره: کود گاوی (۱:۱) |
| ۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار کود اوره + ۲۶/۶ تن در هکتار کود گاوی | کود اوره: کود گاوی (۲:۱) |

نیز صورت گرفت. بعد از کاشت آبیاری به صورت بارانی صورت گرفت و در مراحل بعدی براساس شرایط محیطی و نیاز گیاه آبیاری انجام شد.

به منظور تعیین ماده خشک در مرحله گل دهی نمونه برداری گیاه از ۵/۰ متر طولی از یکی از ردیف های میانی کرت انجام گردید. از هر نمونه خشک شده یک ریزنمونه تهیه و توسط دستگاه آسیاب برقی پودر گردید و میزان نیتروژن گیاه با روش هضم، تقطیر و تیتراسیون توسط دستگاه کجلدال (۲۰) و میزان فسفر با روش زرد مولیبدات و توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (۲۰) اندازه گیری شد.

برای تعیین ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، در مرحله رسیدگی (تیر ماه) تعداد ۱۰ بوته متوالی از یک خط کاشت هر کرت با رعایت حاشیه

کودی میزان ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای گیاه سیاهدانه مصرف شده بود. پس از برداشت گیاه سیاهدانه در شهریور ماه و خروج بقایای گیاهی ابتدا نمونه هایی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک هر کرت تهیه شد تا مقدار نیتروژن کل و فسفر قابل دسترس خاک قبل از کشت مشخص گردد. در کرت های آزمایشی در آبان ماه اقدام به کشت نخودفرنگی گردید. هر کرت به طول ۲ متر و شامل ۸ ردیف به فاصله ۲۵ سانتی متر بود. کشت نخود فرنگی در عمق ۴ سانتی متری با فاصله روی ردیف ۵ سانتی متر برای حصول تراکم ۸۰ بوته در مترمربع به صورت کپه ای انجام شد. در هر کپه ۳ بذر قرار داده و پس از استقرار مناسب جهت دستیابی به تراکم های مطلوب (۸۰ بوته در مترمربع) عملیات تنک انجام شد. در طول دوره آزمایش مراقبت های لازم از جمله وجین دستی علف های هرز

برداشت شد. سپس برای تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک مساحت ۵/۰ مترمربع هر کرت با در نظر گرفتن اثر حاشیه از ردیف‌های میانی کرت برداشت و پس از توزین و جداسازی کاه و کلش مقدار عملکرد دانه و بیولوژیک براساس کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. پس از تجزیه واریانس و مقایسات گروهی، مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

باقی‌مانده نیتروژن و فسفر در خاک

میزان بقایای نیتروژن کل و فسفر قابل دسترس تیمارهای کودی بیشتر از شاهد بود و در تیمارهای تلفیقی با سهم بیشتر کود گاوی بیشتر از تیمارهای با سهم بیشتر کود اوره بود (شکل ۱). این در حالی است که میزان نیتروژن باقی‌مانده و فسفر قابل دسترس از تیمار کود اوره کامل نیز با شاهد از لحاظ آماری مشابه بود که می‌تواند به دلیل جذب و یا تلفات عناصر غذایی در تیمار کود اوره در طی دوره رشد سیاهدانه باشد. پژوهشگران نشان داده‌اند که در حدود ۹۰ درصد عناصر غذایی کودهای شیمیایی در همان سال اول مصرف می‌شود و حداکثر ۱۰ درصد آن برای استفاده گیاهان سال بعد در خاک باقی می‌ماند (۸). در مطالعه دیگری گزارش شده است که حدود ۳۰ درصد نیتروژن به کار رفته از کود دامی برای گیاه ذرت قابل دسترس است و مابقی در سیستم خاک برای گیاه بعدی باقی می‌ماند (۱۲).

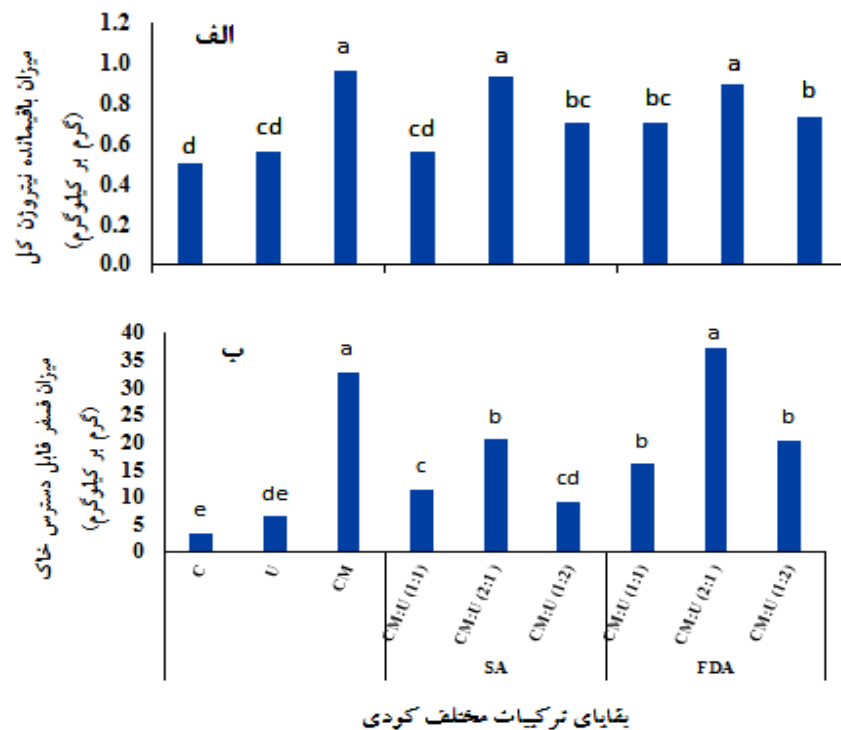
ماده خشک مرحله گل‌دهی

ماده خشک مرحله گل‌دهی به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر باقی‌مانده کوددهی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسات گروهی حاکی از تفاوت معنی‌دار ماده خشک در مرحله گل‌دهی تیمارهای دریافت‌کننده کود در کشت قبلی نسبت به تیمار شاهد بود (جدول ۲). به‌طوری‌که کوددهی به‌جز برای تیمار

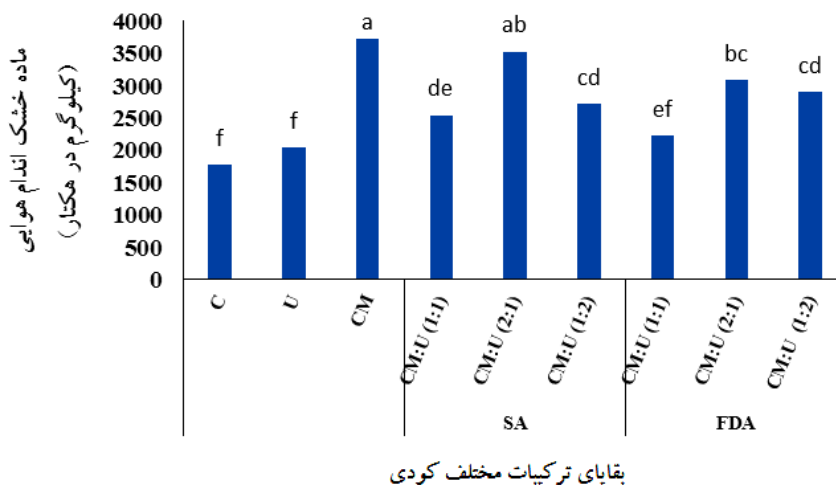
کوددهی کامل شیمیایی در کشت قبلی منجر به افزایش معنی‌دار ماده خشک در مرحله گل‌دهی گردید (شکل ۲). بیشترین ماده خشک در تیمار باقی‌مانده کود گاوی و کمترین ماده خشک مربوط به باقی‌مانده تیمار شاهد بود (شکل ۲). با این حال چنانچه از مقایسات گروهی تلفیقی در مقابل جداگانه برمی‌آید اختلاف معنی‌داری در ماده خشک مرحله گل‌دهی بین این دو گروه تیمار مشاهده نشد (جدول ۱). ماده خشک مرحله گل‌دهی همبستگی معنی‌داری با غلظت نیتروژن اندام هوایی گیاه (۰/۷۸) داشت. هرچه غلظت نیتروژن در برگ‌ها افزایش یابد، شدت کربن‌گیری نیز بیشتر می‌شود. زیرا نیتروژن علاوه بر آنکه به‌صورت پروتئین در گیاه وجود دارد، عنصر اصلی تشکیل‌دهنده کلروفیل در گیاه است و عامل اصلی در کربن‌گیری محسوب می‌شود (۲۵). بنابراین فراهم بودن نیتروژن در تیمارهای که پتانسیل نیتروژن قابل دسترس بیشتری داشته‌اند دلیل اصلی افزایش ماده خشک در آنها می‌باشد.

غلظت نیتروژن و فسفر گیاه مرحله گل‌دهی

همان‌طورکه در جدول ۲ مشاهده می‌شود غلظت نیتروژن اندام هوایی به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر باقی‌مانده کوددهی قرار گرفت. مقایسات گروهی نیز حاکی از اختلاف معنی‌دار غلظت نیتروژن گیاه گروه تیمار باقی‌مانده کودی در مقابل گروه تیمار شاهد بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین باقی‌مانده تیمارها بیانگر این بود که تیمار تلفیقی (۱:۲) تقسیمی دارای حداکثر میزان غلظت نیتروژن اندام هوایی بود و غلظت نیتروژن اندام هوایی باقی‌مانده کود اوره و حتی تلفیقی (۲:۱) تقسیمی مشابه تیمار شاهد بود (شکل ۳-الف). همان‌طورکه در شکل ۱ نیز مشخص است تیمارهایی که دارای بیشترین میزان بقایای نیتروژن بودند منجر به افزایش غلظت نیتروژن اندام هوایی مرحله گل‌دهی شده‌اند. همبستگی مثبت و معنی‌دار باقی‌مانده نیتروژن خاک با غلظت نیتروژن گیاه (۰/۷۳) (جدول ۵) این موضوع را تأیید می‌کند که میزان نیتروژن خاک بیشتری برای جذب توسط گیاه وجود داشته است.



شکل ۱. میزان باقی مانده نیتروژن کل (الف) و فسفر قابل دسترس (ب) خاک تیمارهای مختلف کودی پس از برداشت سیاهدانه. C، U، CM، SA و FDA به ترتیب بیانگر شاهد، کود اوره، کود گاوی، کاربرد تقسیمی کود اوره و کاربرد غیرتقسیمی کود اوره در شرایط تلفیق. میانگین تیمارهای دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

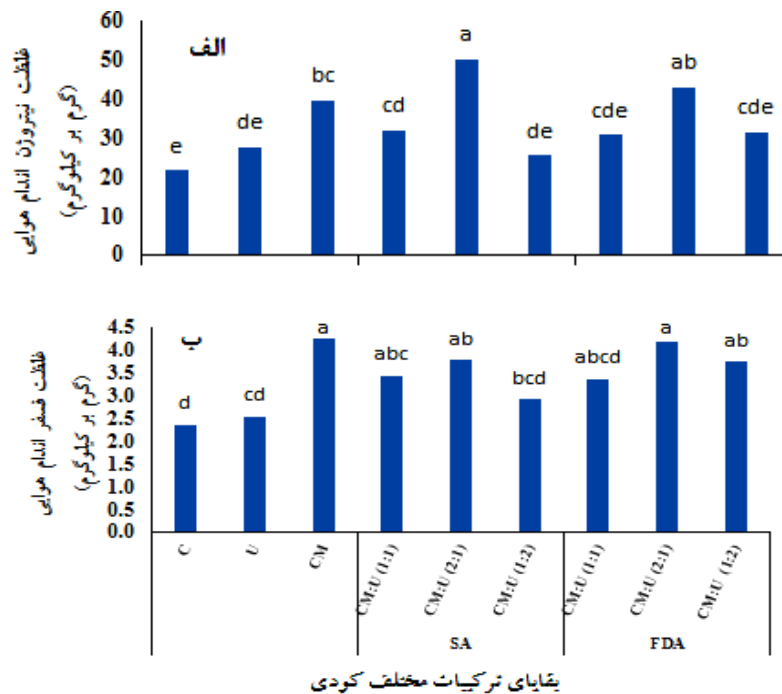


شکل ۲. اثر بقایای ترکیبات کودی کشت سیاهدانه بر ماده خشک نخود فرنگی در مرحله گل دهی. C، U، CM، SA و FDA به ترتیب بیانگر بقایای شاهد، کود اوره، کود گاوی، کاربرد تقسیمی کود اوره و کاربرد غیرتقسیمی کود اوره در شرایط تلفیق. میانگین تیمارهای دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ماده خشک، غلظت نیتروژن و فسفر اندام هوایی نخودفرنگی در مرحله گل دهی تحت بقایای تیمارهای کودی کشت قبلی (سیاهدانه)

| منبع تغییر | درجه آزادی | ماده خشک | غلظت نیتروژن | غلظت فسفر |
|-----------------------------|------------|-----------|--------------|-----------|
| بلوک | ۲ | ۳۲۱۶۳۷ | ۳ | ۰/۰۸۲ |
| بقایای کودی | ۸ | ۱۳۰۴۷۶۴** | ۲۴۸** | ۱/۳۷۴** |
| خطای آزمایشی | ۱۶ | ۷۷۵۲۴ | ۳۵ | ۰/۳۴۵ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۱۰/۲ | ۱۷/۷ | ۱۷/۲ |
| مقایسات گروهی | | | | |
| کوددهی: شاهد | ۱ | ۳۰۷۱۸۱۰** | ۴۷۹** | ۳/۶۱** |
| تلفیقی: جداگانه y | ۱ | ۱۲۱۶۸ | ۱۴ | ۰/۱۳ |
| غیر تقسیمی: تقسیمی FDA : SA | ۱ | ۱۶۴۴۹۵ | ۳ | ۰/۶۶ |

** در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار است.



شکل ۳. اثر بقایای ترکیبات کودی کشت قبلی (سیاهدانه) بر غلظت نیتروژن (الف) و غلظت فسفر (ب) گیاه نخود فرنگی در مرحله گل دهی. C, U, CM, SA و FDA به ترتیب بیانگر بقایای شاهد، کود اویره، کود گاوی، کاربرد تقسیمی کود اویره و کاربرد غیر تقسیمی کود اویره در شرایط تلفیق. میانگین تیمارهای دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

غلظت فسفر اندام هوایی نیز تحت تأثیر بقایای کودی قرار گرفت (جدول ۲). همان طور که جدول مقایسات گروهی مقابل گروه تیمار شاهد از نظر غلظت فسفر گیاه وجود داشت برمی آید اختلاف معنی داری بین گروه تیمار باقی مانده کودی در

جداگانه مشاهده شد. هم‌چنین قابل ذکر است که کود دامی در افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد، افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و هم‌چنین افزایش فعالیت ریزجانداران مفید مؤثر بوده و سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد (۳).

اجزای عملکرد

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) مشاهده می‌شود تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر بقایای مختلف کودی قرار گرفتند ($P < 0.05$). کمترین تعداد غلاف در بوته (۵/۲۲) غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته (۲/۸۱) دانه در بوته و وزن هزار دانه (۸۷/۹۳ گرم) مربوط به تیمار شاهد و بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۵/۲۷) غلاف در بوته، مربوط به بقایای تیمار کود گاوی: کود اوره (۲:۱) غیرتقسیمی بود که تفاوت معنی‌داری با حالت تقسیمی این تیمار نداشت (شکل ۵-الف). علاوه بر این، بقایای تیمارهایی که کود دامی در آنها مصرف شده بود در مقایسه با شاهد و کود اوره جداگانه تعداد دانه در غلاف بیشتری تولید نمودند (شکل ۵-ب). هم‌چنین وزن هزار دانه نخود فرنگی در بقایای تیمارهای مختلف کودی به‌استثنای کود اوره جداگانه و هم‌چنین کود گاوی: کود اوره (۱:۱) غیرتقسیمی برتری معنی‌داری نسبت به بقایای کود اوره و تیمار شاهد نداشت (شکل ۵-ج).

تیمار کود گاوی: کود اوره (۱:۲) به‌دلیل وجود کود دامی نسبتاً زیاد و احتمالاً فراهمی بیشتر نیتروژن تعداد غلاف در بوته را به‌نحو مناسبی افزایش داده است. ولی تعداد دانه در بوته احتمالاً در تیمارهایی که محدودیت بیشتری در فراهمی نیتروژن برای گیاه داشته‌اند، کاهش نشان داده است و در سایر تیمارها ممکن است پتانسیل فراهمی عناصر در خاک طی تشکیل دانه‌ها نسبتاً یکسان بوده است. در زمان پر شدن دانه‌ها نیز کاهش نیتروژن قابل دسترس گیاه در تیمار بقایای کود گاوی: کود اوره (۱:۱) غیرتقسیمی به‌همراه بقایای اوره ممکن است به‌دلیل

(جدول ۲). کمترین میزان فسفر اندام هوایی به باقی‌مانده تیمار شاهد اختصاص داشت که اختلاف معنی‌داری با باقی‌مانده کود اوره نیز نداشت. باقی‌مانده تیمار تلفیقی (۲:۱) غیرتقسیمی با ۷۲ درصد افزایش نسبت به شاهد دارای بیشترین میزان فسفر اندام هوایی بود. هم‌چنین نتایج نشان داد باقی‌مانده تیمار کود گاوی و نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۱ تقسیمی بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار حداکثر در مرتبه بعد قرار گرفت (شکل ۳-ب). افزایش غلظت فسفر در تیمارهایی که باقی‌مانده کود گاوی چه به‌صورت تلفیقی و چه جداگانه در آنها وجود داشته است، نسبت به باقی‌مانده کود اوره کامل به‌دلیل تفاوت در اسیدهای آلی آزاد شده از مواد آلی می‌باشد که از تثبیت فسفر توسط خاک جلوگیری می‌کنند (۱۶) و باعث افزایش فسفر قابل دسترس برای جذب توسط گیاه می‌گردد.

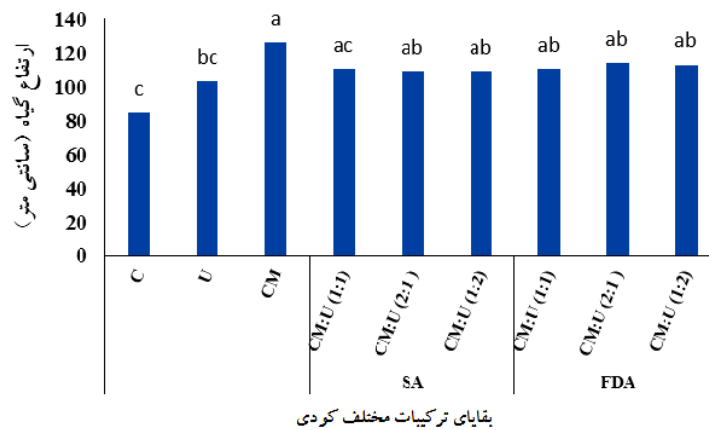
ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس ارتفاع بوته در جدول ۲ مشاهده می‌شود. ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمار بقایای کودی قرار گرفت ($P < 0.05$). کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار شاهد (۸۴/۶۶ سانتی‌متر) و بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار بقایای کود گاوی بود که با سایر تیمارهای بقایای کود به‌استثنای بقایای کود اوره از لحاظ آماری مشابه بود (شکل ۴). در مقایسات گروهی انجام شده بین بقایای کودی به‌صورت تلفیقی و جداگانه و بقایای تیمارهای تقسیم و غیرتقسیم کود اوره تفاوت معنی‌داری از لحاظ ارتفاع بوته ملاحظه نشد (جدول ۳). کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین اندازه ارتفاع گیاه است و در این ارتباط نیتروژن عامل اصلی افزایش ارتفاع در گیاه است (۲۲). همبستگی معنی‌دار میزان نیتروژن گیاه با ارتفاع بوته (۰/۶۶) (جدول ۵) نیز حاکی از وابستگی ارتفاع گیاه به‌میزان نیتروژن می‌باشد. به‌همین دلیل در تیمار باقی‌مانده کود اوره جداگانه و شاهد که میزان نیتروژن باقی‌مانده کمتری نیز داشتند (شکل ۱) گیاهان با ارتفاع کمتر نسبت به تیمارهای باقی‌مانده تلفیقی و کود گاوی

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ارتفاع بوته و اجزای عملکرد نخود فرنگی تحت بقایای تیمارهای کودی کشت قبلی (سیاهدانه)

| منبع تغییر | درجه آزادی | ارتفاع بوته | تعداد غلاف در بوته | تعداد دانه در غلاف | وزن هزار دانه |
|------------------------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------|
| بلوک | ۲ | ۴۳/۳ | ۰/۲۰ | ۰/۰۶ | ۲۳۱ |
| بقایای کودی | ۸ | ۳۶۰* | ۳۷/۶** | ۰/۲۹* | ۴۱۸** |
| خطای آزمایشی | ۱۶ | ۱۳ | ۱/۸۸ | ۰/۹۰ | ۸۲/۲ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۱۲ | ۱۳/۶ | ۹/۱ | ۹/۶۰ |
| مقایسات گروهی | | | | | |
| کوددهی : شاهد | ۱ | ۱۹۸۶** | ۷۹/۸** | ۱/۱۱** | ۷۸۳** |
| تلفیقی : جداگانه y | ۱ | ۵۸ | ۲۱/۵** | ۰/۱۱ | ۲۱۰ |
| غیر تقسیمی: تقسیمی FDA:SA | ۱ | ۴۰ | ۰/۰۴۱ | ۰/۰۰۶ | ۳۸/۱ |

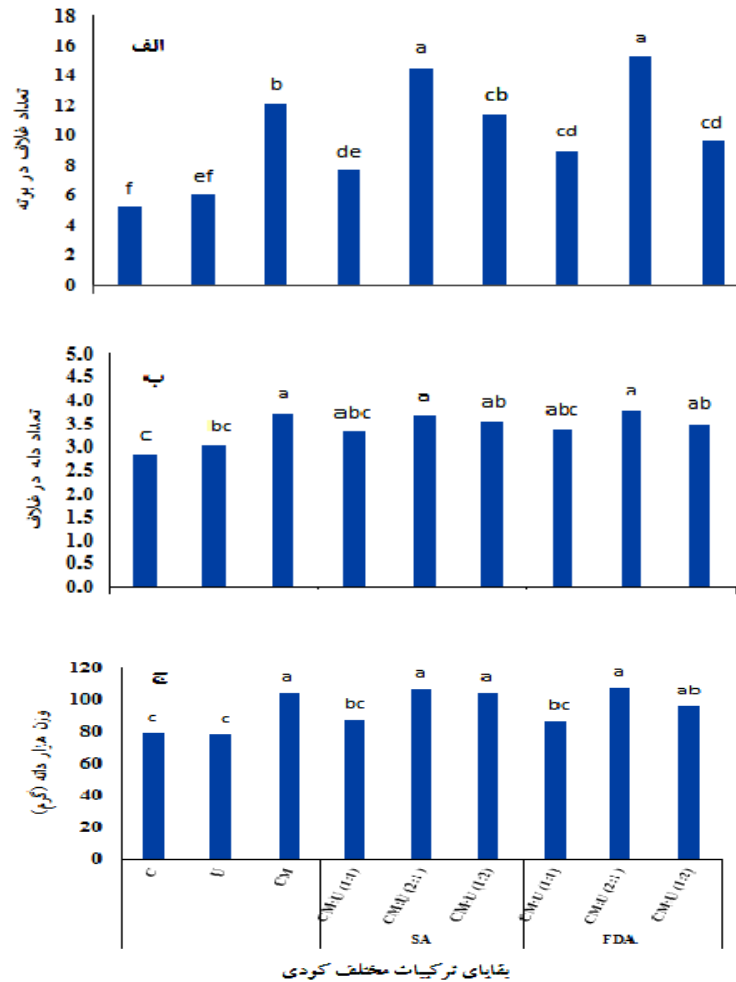
* و ** در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد به ترتیب معنی دار است.



شکل ۴. اثر بقایای ترکیبات کودی کشت قبلی (سیاهدانه) بر ارتفاع بوته نخود فرنگی. C, U, CM, SA و FDA به ترتیب بیانگر بقایای شاهد، کود اوره، کود گاوی، کاربرد تقسیمی کود اوره و کاربرد غیر تقسیمی کود اوره در شرایط تلفیق. میانگین تیمارهای دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

دانه‌ها (۲) و به تبع آن دوام سبزی‌نگی برگ‌ها و افزایش فتوسنتز گیاه می‌گردد که نتیجه آن می‌تواند بهبود وزن هزار دانه باشد. Fageria و همکاران (۹) نیز نشان داده‌اند که نیتروژن باعث افزایش تعداد غلاف در گیاه می‌گردد و از این جهت مسئول تغییر در عملکرد گیاه می‌باشد. در مقایسات گروهی انجام شده بین بقایای کودی به صورت تلفیقی و جداگانه و تقسیمی و

آبشویی عنصر نیتروژن و در نتیجه محدودیت دسترسی این عنصر در طی پر شدن دانه باشد که وزن دانه آنها از لحاظ آماری مشابه تیمار شاهد بوده است این در حالی است که وجود کود دامی در سایر تیمارها، افزایش وزن هزار دانه را منتج شده است. به نظر می‌رسد تداوم معدنی شدن نیتروژن در کود دامی موجب افزایش قابلیت دسترسی نیتروژن در طی پر شدن



بقایای ترکیبات مختلف کودی

شکل ۵. اثر بقایای ترکیبات کودی کشت قبلی (سیاهدانه) بر تعداد غلاف در بوته (الف)، تعداد دانه در غلاف (ب) و وزن هزار دانه نخود فرنگی (ج). C، U، CM، SA، FDA و به ترتیب بیانگر بقایای شاهد، کود اوره، کود گاوی، کاربرد تقسیمی کود اوره و کاربرد غیرتقسیمی کود اوره در شرایط تلفیق. میانگین تیمارهای دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

معنی دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسات گروهی انجام شده بین شاهد و بقایای تیمارهای کودی حاکی از این است که کوددهی کشت سیاهدانه منجر به افزایش ۱۴۰ درصدی عملکرد دانه نخود فرنگی در مقایسه با شاهد شده است. هم‌چنین در بین بقایای تیمارهای مختلف کودی نیز بیشترین عملکرد دانه (۴۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به بقایای تیمار کود گاوی: کود اوره (۱:۲) غیرتقسیمی بود که با بقایای تیمار کود گاوی: کود اوره (۲:۱) تقسیمی تفاوت معنی داری نداشت (شکل ۶). همبستگی عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته (۰/۶۲)، تعداد

غیرتقسیمی تفاوت معنی داری از لحاظ تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه مشاهده نشد (جدول ۳). با این حال برای صفت تعداد غلاف در بوته بین نحوه کاربرد اختلاف معنی داری مشاهده شد، به طوری که تیمارهای تلفیقی تعداد غلاف در بوته را به میزان ۲۴ درصد افزایش دادند (جدول ۲).

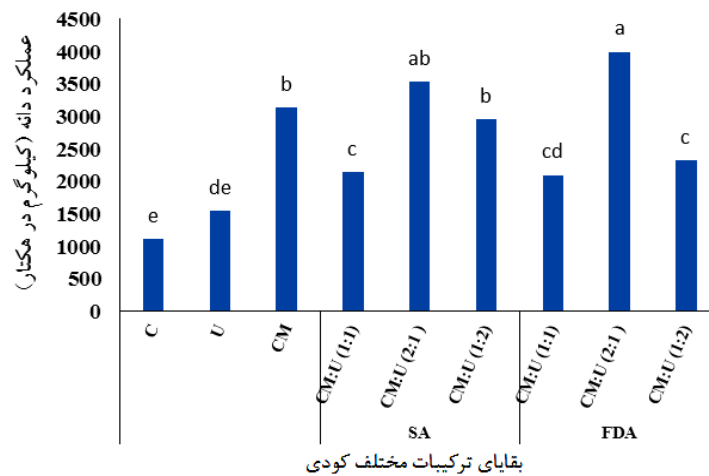
عملکرد دانه

براساس جدول تجزیه واریانس تأثیر بقایای مختلف کودی بر میزان عملکرد نخود فرنگی در سطح احتمال ۰/۱ درصد

جدول ۴. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نخود فرنگی تحت بقایای تیمارهای کودی کشت قبلی (سیاهدانه)

| منبع تغییر | درجه آزادی | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیک | شاخص برداشت |
|--------------------|------------|-------------|-----------------|-------------|
| بلوک block | ۲ | ۱۲۵۸۹۴ | ۴۳۵۵۵ | ۵۰/۳ |
| بقایای کودی | ۸ | ۲۶۵۹۱۱۷** | ۶۸۱۲۶۸۱** | ۱۲۶** |
| خطای آزمایشی | ۱۶ | ۱۱۲۷۶۲ | ۶۴۸۴۳۷ | ۳۵/۸ |
| ضریب تغییرات (%) | | ۱۳/۲ | ۱۲ | ۱۶/۱ |
| مقایسات گروهی | | | | |
| کوددهی: شاهد | ۱ | ۶۹۰۶۹۳۶** | ۱۶۴۵۰۱۵۲** | ۴۵۵** |
| تلفیقی: جداگانه | ۱ | ۱۱۲۳۷۷۵** | ۲۵۵۱۷۶۶* | ۴۳/۵ |
| غیر تقسیمی: تقسیمی | ۱ | ۲۲۸۹۸ | ۱۷۶۴ | ۰/۷۵ |

* و ** در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد به ترتیب معنی دار است.



شکل ۶. اثر بقایای ترکیبات کودی کشت قبلی (سیاهدانه) بر عملکرد دانه نخود فرنگی. C, U, CM, SA و FDA به ترتیب بیانگر بقایای شاهد، کود اوره، کود گاوی، کاربرد تقسیمی کود اوره و کاربرد غیر تقسیمی کود اوره در شرایط تلفیق. میانگین تیمارهای دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

۲۱ درصد نسبت به کاربرد جداگانه افزایش دادند ولی این افزایش معنی دار نبود (جدول ۳). به طور کلی در تیمارهای تلفیقی، تیمارهایی که سهم کود گاوی آن در کشت قبلی بیشتر از ۵۰ درصد بود نسبت به سایر تیمارها عملکرد بهتری داشتند (شکل ۶) و دلیل افزایش عملکرد در این تیمارها می توان به تشکیل بیشتر تعداد غلاف در بوته مرتبط دانست (شکل

دانه در غلاف (۵۲/۰) و وزن هزار دانه (۳۶/۰) (جدول ۵) با عملکرد دانه بود و در این دو تیمار تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه در سطح بالایی قرار داشت ولی برتری معنی دار تعداد غلاف در بوته این دو تیمار موجب افزایش بیشتر عملکرد شده است (شکل ۵- الف). هرچند که بقایای تیمارهای تلفیقی عملکرد دانه را به میزان

جدول ۵. ضرایب همبستگی باقی مانده نیتروژن و فسفر خاک، ماده خشک، غلظت نیتروژن و فسفر گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد دانه تحت تأثیر بقایای تیمارهای کودی کشت قبلی (سیاهدانه)

| X_{12} | X_{11} | X_{10} | X_9 | X_8 | X_7 | X_6 | X_5 | X_4 | X_3 | X_2 | X_1 |
|----------|----------|----------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | | | | | | | | | | ۱ |
| | | | | | | | | | | ۰/۷۸** | X_2 |
| | | | | | | | | | ۰/۷۱** | ۰/۷۳** | X_3 |
| | | | | | | | | ۱ | ۰/۶۵** | ۰/۶۶** | X_4 |
| | | | | | | | ۱ | ۰/۷۱** | ۰/۶۴** | ۰/۷۵** | X_5 |
| | | | | | | ۱ | ۰/۴۵* | ۰/۴۸** | ۰/۴۲* | ۰/۵۲** | X_6 |
| | | | | | ۱ | ۰/۶۲** | ۰/۶۴** | ۰/۶۸** | ۰/۷۸** | ۰/۷۴** | X_7 |
| | | | | ۱ | ۰/۸۷ | ۰/۵۲** | ۰/۵۶** | ۰/۶۶** | ۰/۷۴** | ۰/۷۸** | X_8 |
| | | | ۱ | ۰/۹۰** | ۰/۸۰** | ۰/۳۶ ^{ns} | ۰/۶۳** | ۰/۶۹** | ۰/۷۶** | ۰/۷۶** | X_9 |
| | | ۱ | ۰/۷۱** | ۰/۶۸** | ۰/۸۲** | ۰/۲۹ ^{ns} | ۰/۵۰** | ۰/۴۷* | ۰/۶۷** | ۰/۶۶** | X_{10} |
| | ۱ | ۰/۵۵** | ۰/۷۶** | ۰/۷۹** | ۰/۷۵** | ۰/۳۵ ^{ns} | ۰/۴۵* | ۰/۴۱* | ۰/۶۶** | ۰/۵۷** | X_{11} |
| ۱ | ۰/۶۲** | ۰/۴۳* | ۰/۷۲** | ۰/۸۲** | ۰/۴۷* | ۰/۳۱ ^{ns} | ۰/۳۲ ^{ns} | ۰/۴۰* | ۰/۵۱** | ۰/۵۶** | X_{12} |

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می دهد. (X_1 : باقی مانده نیتروژن در خاک؛ X_2 : باقی مانده فسفر در خاک؛ X_3 : ماده خشک مرحله گل دهی، X_4 : غلظت نیتروژن گیاه؛ X_5 : غلظت فسفر گیاه؛ X_6 : ارتفاع بوته؛ X_7 : تعداد غلاف در بوته؛ X_8 : تعداد دانه در غلاف؛ X_9 : وزن هزار دانه؛ X_{10} : عملکرد دانه؛ X_{11} : عملکرد بیولوژیک؛ X_{12} : شاخص برداشت).

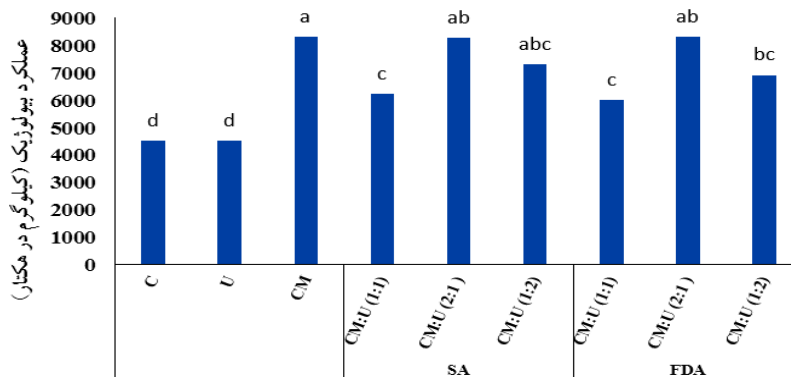
(۵-الف). افزایش عملکرد دانه در این تیمارها را می توان به نقش مثبت کود دامی در افزایش فعالیت ریزجانداران مفید، بهبود ساختمان خاک، افزایش فراهمی و جذب عناصر مورد نیاز، بهبود فعالیت های فیزیکی و بیولوژیکی و همین طور افزایش ظرفیت نگهداری آب نسبت داد (۴ و ۱۷). تیمارهای تلفیقی که به نسبت مساوی از کود گاوی و اوره دریافت کرده بودند نتوانستند در عملکرد دانه با تیمارهای کود گاوی: کود اوره (۲:۱) کود اوره رقابت کنند. این مسئله ممکن است به دلیل برداشت بیشتر نیتروژن و ماده خشک بیشتر این تیمارها کود گاوی: کود اوره (۱:۱) به وسیله سیاهدانه در کشت قبلی باشد (۲۱).

(۵-الف). مقایسات گروهی نیز حاکی است که میزان عملکرد بیولوژیک نخود فرنگی در کرت های دریافت کننده کود در کشت قبلی نسبت به شاهد افزایش ۵۵ درصدی داشت (جدول ۴). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک با بقایای تیمار کود گاوی جداگانه حاصل شد که با تیمارهایی که در کشت قبلی، نسبت بیشتری از کود گاوی دریافت کرده بودند و هم چنین تیمار کود گاوی: اوره (۱:۲) تقسیمی اختلاف معنی داری نشان نداد (شکل ۷). همان طور که در شکل ۵ مشاهده می شود عملکرد بیولوژیک تیمار بقایای کود گاوی جداگانه به میزان ۸۳ درصد بیشتر از عملکرد بیولوژیک تیمار کود اوره جداگانه بود. افزایش عملکرد بیولوژیک در این تیمار را می توان به نقش کود دامی در بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، آزادسازی و تأمین عناصر غذایی (به ویژه نیتروژن)، افزایش فعالیت های میکروبی و آنزیمی، افزایش ظرفیت نگهداری آب و در نتیجه افزایش رشد رویشی نسبت داد (۵ و ۱۱). محققان

عملکرد بیولوژیک تیمارها را می توان به نقش مثبت کود دامی در افزایش فعالیت ریزجانداران مفید، بهبود ساختمان خاک، افزایش فراهمی و جذب عناصر مورد نیاز، بهبود فعالیت های فیزیکی و بیولوژیکی و همین طور افزایش ظرفیت نگهداری آب نسبت داد (۴ و ۱۷). تیمارهای تلفیقی که به نسبت مساوی از کود گاوی و اوره دریافت کرده بودند نتوانستند در عملکرد دانه با تیمارهای کود گاوی: کود اوره (۲:۱) کود اوره رقابت کنند. این مسئله ممکن است به دلیل برداشت بیشتر نیتروژن و ماده خشک بیشتر این تیمارها کود گاوی: کود اوره (۱:۱) به وسیله سیاهدانه در کشت قبلی باشد (۲۱).

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک نخود فرنگی به طور معنی داری تحت تأثیر بقایای کودی قرار گرفت



بقایای ترکیبات مختلف کودی

شکل ۷. اثر بقایای ترکیبات کودی کشت قبلی (سیاهدانه) بر عملکرد بیولوژیک نخود فرنگی. C، U، CM، SA و FDA به ترتیب بیانگر بقایای شاهد، کود اوره، کود گاوی، کاربرد تقسیمی کود اوره و کاربرد غیر تقسیمی کود اوره در شرایط تلفیق. میانگین تیمارهای دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

فیزیولوژیکی منجر به افزایش تولید دانه شده است (شکل ۶). ولی دسترسی به نیتروژن در بقایای تیمار کود گاوی احتمالاً به میزان بیشتری بوده است که عملکرد بیولوژیک را نسبتاً افزایش داده (شکل ۷) و در نتیجه شاخص برداشت این تیمار در رتبه دوم قرار گرفت (شکل ۸).

نتیجه گیری

بقایای کود گاوی: کود اوره (۲:۱) و سپس بقایای کود گاوی جداگانه می‌تواند تولید نخود فرنگی را در مقایسه با بقایای کود اوره افزایش دهد. این امر علاوه بر اینکه مزیت طولانی مدت کاربرد کودهای دامی را نشان می‌دهد، ضرورت توجه به باقی مانده عناصر غذایی سیستم‌های تغذیه آلی گیاهان دارویی را نیز منعکس می‌نماید. بنابراین با کشت گیاه لگوم علاوه بر جلوگیری از تلفات نیتروژن در محیط می‌توان محصولی مناسب را بدون اعمال کوددهی به دست آورد.

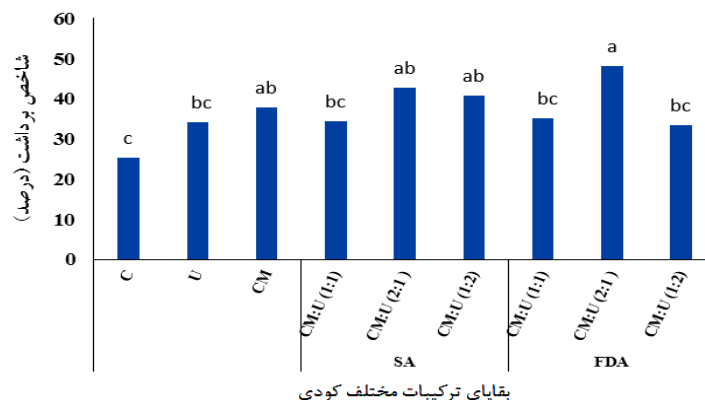
سپاسگزاری

از مساعدت‌های مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش قدردانی می‌شود.

دیگری نیز نشان دادند که تأثیر بقایای کود دامی نسبت به کود اوره بر عملکرد خشک گل بابونه بیشتر بود (۱).

شاخص برداشت

مطابق نتایج تجزیه واریانس، تأثیر بقایای کودی بر شاخص برداشت نخود فرنگی معنی دار بود (جدول ۴). براساس مقایسات گروهی، بقایای ترکیبات کودی در مقابل شاهد منجر به افزایش ۵۴ درصد شاخص برداشت گردید. اما بین بقایای گروه تلفیقی در مقابل جداگانه و یا بقایای گروه تقسیمی در مقابل گروه غیر تقسیمی اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳). کمترین شاخص برداشت (۲۵/۳) مربوط به تیمار شاهد و بیشترین شاخص برداشت (۴۸/۱) مربوط به بقایای تیمار کود گاوی: کود اوره (۲:۱) غیر تقسیمی بود که با بقایای تیمار کود گاوی: کود اوره (۲:۱) تقسیمی، بقایای تیمار کود گاوی: کود اوره (۲:۱) تقسیمی و بقایای تیمار کود گاوی تفاوت معنی داری را نشان نداد (شکل ۶). افزایش اجزاء عملکرد به‌ویژه وزن هزار دانه در تیمارهای دارای شاخص برداشت بالا (شکل ۵ - ج) بیانگر آن است که دسترسی به نیتروژن در طی رشد زایشی و به‌ویژه پر شدن دانه، ممکن است با تداوم سبزماندگی بافت فتوسنتزی و هم‌چنین افزایش مخازن



شکل ۸. اثر بقایای ترکیبات کودی کشت قبلی (سیاهدانه) بر شاخص برداشت نخود فرنگی. C، U، CM، SA و FDA به ترتیب بیانگر بقایای شاهد، کود اوره، کود گاوی، کاربرد تقسیمی کود اوره و کاربرد غیرتقسیمی کود اوره در شرایط تلفیق. میانگین تیمارهای دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

منابع مورد استفاده

- Ahmadian, A., A. Ghanbari and B. Siahshar. 2011. Effect of water stress and mineral and organic fertilizers in yield and yield components of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Agroecology* 3: 383-395. (In Farsi).
- Alizadeh, P., S. Fallah and F. Raiesi. 2012. Potential N mineralization and availability to irrigated maize in a calcareous soil amended with organic manures and urea under field condition. *International Journal of Plant Production* 6: 493-512.
- Arancon, N. Q., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J. D. Metzger. 2004. Influence of vermicompost on field strawberries. *Bioresource Technology* 93: 145-153.
- Aziz, T., S. Ullah, A. Sattar, M. Nasim, M. Farooq and M. Mujtabakhan. 2010. Nutrient availability and maize (*Zea mays* L.) growth in soil amended with organic manure. *Journal of Agriculture and Biology* 12: 621-624.
- Basu, M., P. B. S. Bhadoria and S. C. Mahapatra. 2008. Growth, nitrogen fixation, yield and kernel quality of peanut in response to lime, organic and inorganic fertilizer levels. *Bioresource Technology* 99: 4675-4683.
- Biabani, A. 2009. The effect of sowing arrangement on seed yield and yield components and some planting characteristics of pea cultivar Philip. *Electronics Journal of Crop Production* 2: 15- 24. (In Farsi).
- Choi, W. J., G. H. Han, S. M. Lee, G. T. Lee, K. S. Yoon, S. M. Choi and H. M. Ro. 2007. Impact of landuse types on nitrate concentration and ^{15}N in unconfined groundwater in rural areas of Korea. *Agriculture & Ecosystems and Environment* 120: 259-268.
- Eghball, B., D. Ginting and J. E. Gilley 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal* 96: 442-7.
- Fageria, N. K., V. C. Baligar and R. B. Clark. 2006. *Physiology of Crop Production*. The Haworth Press, New York.
- Fallah, S. 2011. Recovery of residual fertilizer nitrogen by canola in a winter canola–forage maize rotation. *Journal of Agroecology* 2: 75-83. (In Farsi).
- Gryndler, M., R. Sudova and J. Rydlova. 2008. Cultivation of high-biomass crops on mine spoil banks: Can microbial inoculation compensate for high doses of organic matter. *Bioresource Technology* 99: 6391–6399.
- Jamaval, J. S. 2006. Effect of integrated nutrient management in maize (*Zea mays*) on succeeding winter crops under rainfed conditions. *Indian Journal of Agronomy* 51: 14–16.
- Johanston, A. M., D. L. Tanaka, P. R. Miller, S. A. Brandt, D. C. Nielsen, G. P. Lafond and N. R. Riveland. 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the northern Great Plains. *Agronomy Journal* 94: 231-240.
- Karla, A. 2003. *Organic Cultivation of Medicinal and Aromatic Plants. A Hope for Sustainability and Quality Enhancement. Organic Production Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs)*. FAO.
- Khalesro, SH., M. Aghaalikhani and A. M. Modares Sanavi. 2001. Effect of nitrogen rate in yield and quality of forage maize, pearl millet and sorghum in double-cropping system. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8: 930-938. (In Farsi).

16. Laboski, C. A. M. and J. A. Lamb. 2003. Changes in soil test phosphorus concentration after application of manure or fertilizer. *Soil Science Society of America Journal* 174: 544-554.
17. Mgbeze, G. C. and Y. Abu. 2010. The effects of NPK and farmyard manure on the growth and development of the African yam bean (*Sphenostylis stenocarpa* Hochst ex. a rich). *African Journal of Biotechnology* 9: 6085-6090.
18. Majnoun Hosseini, N. 2009. Grain Legume Production and Agronomy (Grain Legume in Iran). Publication of Tehran University of Jihad. Tehran, Iran. (In Farsi).
19. Mosier, A. R., J. K. Syers and J. R. Freney. 2004. Agriculture and the Nitrogen Cycle. Island Press, Washington, USA.
20. Rayan, J. R., G. Estefan and A. Rashid. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. ICARDA. Syria.
21. Salehi, A. 2013. Effect of solitary and integrated application of cattle manure and urea fertilizer on soil CO₂ flux, growth and yield of black cumin (*Nigella sativa* L.). MSc. Thesis. University of Shahrekord. Shahrekord, Iran. (In Farsi).
22. Singh, R. V. and S. P. S. Chauhan. 1994. Response of barley to the levels and sources of nitrogen with and without zinc in relation to yield and water use under dryland conditions. *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika* 6: 43-48.
23. Turpin, J. E., D. F. Herridge and M. J. Robertson. 2002. Nitrogen fixation and soil nitrate interactions in field-grown chickpea (*Cicer arietinum*) and faba bean (*Vicia faba*). *Australian Journal of Agricultural Research* 53: 599-608.
24. Vellinga El Linga, T. V., G. Andre Ndre, R. L. M. Schils and O. Oenema. 2004. Operational nitrogen fertilizer management in dairy farming systems: identification of criteria and derivation of fertilizer application rates. *Grass and Forage Science* 59:364-377.
25. Foyer, C., H. Zhang. 2010. Annual Plant Reviews, Nitrogen Metabolism in Plants in the Post-genomic Era. Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, USA.
26. Werner, D. and W. E. Newton. 2005. Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment. Springer, Dordrecht, Netherlands.