نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۵۷۲-۵۶۲

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No.4, Winter. 2014, p. 562-572

بررسی اثرات گیاهان پوششی زمستانه و ریزوباکترهای تحریک‌کننده‌ی رشد بر جنبه‌هایی از حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول در یک سیستم ارگانیک تولید ریحان (*Ocimum basilicum* L.)

محسن جهان[۱*]- محمدبهزاد امیری[۲]- جواد شباهنگ[۳]- فائزه احمدی[٤]- فرزانه سلیمانی[٥]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۴/۱۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۵/۱۵

چکیده

استفاده از کودهای بیولوژیک، تناوب زراعی و گیاهان پوششی از جمله مؤلفه‌های نظام‌های کشاورزی پایدار هستند که تأکید زیادی بر نهاده‌های درون مزرعه دارند. بر این اساس و به‌منظور بررسی برخی پارامترهای حاصلخیزی خاک و عملکرد ریحان تحت شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک و گیاه پوششی، آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده با دو عامل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی دارای ۲ سطح شامل گیاه پوششی و عدم گیاه پوششی و عامل فرعی دارای ۴ سطح شامل کودهای بیولوژیک نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.)، بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.)، نیتروکسین بعلاوه بیوفسفر و تیمار شاهد بود. نتایج، نشان‌دهنده برابری مقادیر اغلب صفات از جمله طول ساقه فرعی، تعداد ساقه فرعی، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک در دو حالت کشت و عدم کشت گیاهان پوششی بود. در نتیجهٔ استفاده از کودهای بیولوژیک، طول ساقهٔ اصلی و فرعی، تعداد ساقه فرعی، وزن خشک اندام هوایی و وزن هزار دانه افزایش یافت و از نظر دو صفت اخیر، این کودها نسبت به شاهد، برتری مطلق نشان دادند. عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تیمار شاهد بیش از تیمارهایی بود که در آنها از کود بیولوژیک استفاده شده بود و بعد از آن، به‌ترتیب نیتروکسین و بیوفسفر قرار داشتند. از لحاظ وزن هزار دانه، گیاهان تحت تیمار نیتروکسین به‌علاوه بیوفسفر، بیشترین مقدار را دارا بودند. اثر متقابل کود بیولوژیک و گیاه پوششی در اکثر صفات معنی‌دار بود به طوری که استفاده از کود بیولوژیک (بویژه فسفر) در شرایط عدم کاربرد گیاه پوششی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و شاخص برداشت شد.

واژه‌های کلیدی: خلر، شبدر، مادهٔ آلی خاک، نیتروکسین، بیوفسفر، عملکرد بیولوژیک

مقدمه

در نظامهای کشاورزی اکولوژیک یا پایدار سعی بر این است که حداقل تکیه بر نهاده‌های برون مزرعه‌ای وجود داشته باشد، در عوض در این‌گونه نظام‌ها بر استفاده از نهاده‌های طبیعی، بومی و گزینه‌های محیطی تأکید می‌شود (۸). بارآ و همکاران (۱۲) بیان کردند که یک بوم‌نظام پایدار باید بتواند با استفادهٔ صحیح از منابع طبیعی، ضمن حفظ کیفیت محیط‌زیست و افزایش تنوع جوامع طبیعی گیاهی، تنوع و فعالیت‌های جوامع مفید میکروبی را تشدید کند. آنچه که از دیدگاه کشاورزی پایدار مهم است، اعمال روش‌هایی است که بر اساس آنها بتوان فعالیت‌های مفید را از طریق تلقیح با خاک، بذر یا گیاهچه افزایش داد (۱۳). استفاده از کودهای آلی، تناوب زراعی، کشت‌های مخلوط و چندگانه و گیاهان پوششی ازجمله ارکان کشاورزی پایدار به‌حساب می‌آیند (۸). گیاهان پوششی یکی از مهمترین منابع مواد آلی محسوب می‌شوند و به‌منظور تولید مواد گیاهی به‌عنوان کود سبز و برگرداندن آن به خاک کشت می‌شوند (۳۶). گیاهان پوشش مزایای فراوانی برای اگرواکوسیستم‌ها دارند که به‌طور ویژه از جمله آنها می‌توان به کاهش فرسایش خاک، کاهش رواناب و نفوذ بیشتر آب به خاک، افزایش نفوذ هوا، تعدیل دمای خاک و بهبود مادهٔ آلی خاک نام برد (۴۱). علاوه بر این، گیاهان پوششی به‌منظور بهبود کیفیت خاک و کاهش آلودگی زیست‌محیطی حاصل از مواد مغذی از جمله نیترات استفاده می‌شوند (۱۶). بنابراین از نظر اقتصادی و زیست محیطی، شناسایی نحوهٔ تأثیر گیاهان پوششی بر ماده آلی خاک، عملکرد

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب دانشیار، دانشجویان دکتری و دانشجویان کارشناسی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: jahan@ferdowsi.um.ac.ir)

محصولات کشاورزی و همچنین کربن خاک و چرخه زیست زمین شیمیایی آن مهم به‌نظر می‌رسد (۱۹).

ماده آلی خاک یک جزء کیفی بسیار واکنش پذیر و اساسی خاک است که تأثیر بسیاری بر حاصلخیزی و ساختار فیزیکی خاک دارد. مواد آلی خاک و ویژگی‌های آن تابعی از عملیات کشاورزی و مقدار و نوع بقایای گیاهی برگردانده شده به خاک می‌باشند (۱۹). واندر و ترایانا (۴۶) نشان دادند که، تناوب محصولات زراعی با گیاهان پوششی باعث افزایش معنی‌داری مقدار مادهٔ آلی خاک نسبت به حالت عدم تناوب با گیاهان پوششی شد. با این‌حال، لَل و همکاران (۲۹) در تحقیقی مشابه عدم تغییر یا تغییر جزئی را در رابطه با مادهٔ آلی خاک در اثر کاربرد گیاه پوششی گزارش کردند.

گزارش شده است که سهم تثبیت زیستی نیتروژن توسط گیاهان پوششی زمستانه در چرخهٔ نیتروژن طی تناوب محصولات زراعی می‌تواند بیش از صد کیلوگرم نیتروژن در هکتار باشد، همچنین در مواد آلی موجود در گیاهان پوششی، نیتروژن زیادی انباشته شده که مؤثر بودن آنها در بهبود رشد گیاه بعدی، به آزاد شدن به‌موقع آنها در زمان نیاز گیاه بعدی به نیتروژن، مربوط می‌شود (۲۶). گزارش شده است که گیاهان پوششی غیر لگوم که نسبت C/N بالا و درصد نیتروژن پایینی دارند، باعث تأثیرات مفید جزئی یا عدم تأثیر بر رشد گیاه بعدی شده‌اند و حتی در برخی آزمایش‌ها بر رشد و عملکرد محصول بعد از خود اثر منفی گذاشته‌اند (۲۸ و ۴۵) دلایل دیگر برای اثرات احتمالی منفی گیاهان پوششی طی تناوب عبارتند از: تخلیه رطوبت خاک توسط گیاهان پوششی در بهار و اثرات دگرآسیبی گیاهان پوششی (۲۶).

یکی دیگر از گزینه‌های موجود جهت افزایش پایداری محصولات کشاورزی، و کاهش مصرف کودهای شیمیایی به‌خصوص در قاره آسیا که بزرگ‌ترین مصرف‌کننده کودهای شیمیایی در جهان می‌باشد، استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی است که می‌توانند از روش‌های مختلفی سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند. از جمله این موجودات می‌توان به ریزوباکترهای محرک رشد گیاه اشاره کرد (۵ و ۴۳). بارآ و همکاران (۱۲) و مارتین و همکاران (۳۳) بیان کردند که بسیاری از گونه‌های باکتری‌ها (به‌ویژه باکتری‌های تحریک‌کنندهٔ رشد گیاه[1]، شامل *Azotobacter* spp. و *Azospirillum* spp.) با تولید هورمون یا توکسین‌هایی که فعالیت ریشه و مورفولوژی آن را تحریک کرده و یا به‌تعویق می‌اندازند، به‌طور مستقیم بر رشد گیاهان تأثیر می‌گذارند. باکتری‌ها، از طریق فعالیت‌های متابولیکی خود، مواد معدنی و آلی خاک را از شکلی به شکل دیگر تغییر داده و قابلیت استفادهٔ مواد غذایی ضروری از قبیل نیتروژن، گوگرد و فسفر را برای گیاهان و دیگر موجودات زندهٔ خاک تغییر می‌دهند، بنابراین، باکتری‌ها در تجزیهٔ مواد آلی، چرخهٔ مواد غذایی و تشکیل خاک، نقش مهمی را ایفا می‌کنند (۲۳ و ۲۵). جهان (۴) گزارش کرد که عملکرد مادهٔ خشک، سرعت فتوسنتز، عدد اسپد، شاخص سطح برگ و عملکرد دانهٔ ذرت در حالت کاربرد توأم باکتری‌های تحریک‌کنندهٔ رشد و میکوریزا در نظام زراعی اکولوژیک نسبت به نظام‌های رایج (متوسط و پرنهاده) بیشتر بود. همچنین گزارش شده است که، تلقیح با مخلوط حاویازوتوباکتر و آزوسپیریلوم به همراه دوز کاملی از سنگ فسفات و کود معدنی نیتروژن و تلقیح با میکوریزا (VAM)[2] بهبود رشد گیاهان داتوره (*Datura stramonium*) و (*Ammi visnaga: Fam. Umbelliferae*) را در پی داشته است (۳۱).

در میان بیش از ۱۵۰ گونه جنس Ocimum، ریحان معمولی (*O. basilicum*) بیشترین استفاده را داشته و مهم‌ترین گونه اقتصادی آن محسوب شده و به‌عنوان عضوی از خانواده نعناع (Lamiaceae) تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل دنیا در سطوح وسیع کشت‌وکار می‌شود (۳۷). این گیاه به‌طور سنتی، به‌عنوان طعم‌دهنده مواد غذایی و نیز در صنایع آرایشی و پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۴). ریحان در اکثر فارماکوپه‌ها به‌عنوان یک گیاه دارویی معرفی شده است. مواد مؤثره پیکر رویشی این گیاه اشتهاآور بوده و برای درمان نفخ و تقویت دستگاه گوارش استفاده می‌شود. در طب سنتی از این گیاه به‌عنوان خلط‌آور، مدر، ضد نفخ، مسکن درد معده و محرک استفاده می‌شود (۱ و ۳۷). عملکرد ماده‌ی خشک ریحان تقریباً ۱/۲ تا ۲ تن در هکتار (۱)، عملکرد تر پیکره‌ی رویشی آن ۸ تا ۱۰ تن و گاهی ۱۲ تن در هکتار (۳۵) و عملکرد بذر آن ۶۰۰ تا۸۰۰ کیلوگرم در هکتارگزارش شده است (۱). اگر هدف از کشت ریحان برداشت بذر آن باشد، محصول را یکبار، زمانی که بذور کاملاً رسیده باشند برداشت می‌کنند. در این مرحله کمیت و کیفیت مواد مؤثره‌ی پیکره‌ی رویشی مطلوب نمی‌باشد (۱).

تولید ارگانیک گیاهان دارویی، تضمین کننده‌ی سلامت و ایمنی محصولات و داروهای تولید شده از آنها می‌باشد، با این حال، از نحوهٔ واکنش بسیاری از گیاهان دارویی به این روش و نیز کاربرد نهاده‌هایی چون کاربرد توأم گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک اطلاعی در دست نیست، لذا این آزمایش با هدف، بررسی برخی ویژگیهای رشدی و عملکرد ریحان تحت شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک و گیاه پوششی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

2- Vesicular Arbuscular Mycorrhiza

شرق مشهد (طول جغرافیایی "۲۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی"۱۵ °۳۶ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در قطعه زمینی به مساحت ۷۵۰ متر مربع اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده با دو عامل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی وجود و عدم گیاه پوششی و عامل فرعی استفاده از کودهای بیولوژیک، شامل ۴ سطح، به قرار: ۱- نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* spp. و *Azospirillum* spp.)، ۲- بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp.)، ۳- نیتروکسین بعلاوه بیوفسفر و ۴- تیمار شاهد بود. ابعاد هر کرت ۶×۳ متر بود. تاریخچه‌ی زراعی زمین محل آزمایش نشان داد که طی دو سال گذشته، هیچ‌گونه ماده‌ی شیمیایی وارد آن نشده بود. در هفته‌ی آخر مهرماه سال ۱۳۸۸، نقشهٔ طرح پیاده شد و حدود کرت‌ها با طناب مشخص گردید و در کرت‌های دارای گیاه پوششی زمستانه، شبدر ایرانی و خلر کشت شد. آماده‌سازی کرت‌های دارای گیاه پوششی به‌صورت دستی بود و بذور بر روی ردیف‌هایی به‌فاصلهٔ ۲۵ سانتی‌متر و به‌صورت یک ردیف در میان خلر و شبدر ایرانی کشت شدند. بلافاصله پس از کاشت، نسبت به آبیاری زمین به‌طریقهٔ نشتی و توسط سیفون اقدام شد. در اواخر اسفند ۸۸ و با در نظر گرفتن شرایط محیطی (دما و رطوبت)، به‌طوری که فرصت کافی و شرایط لازم جهت تجزیهٔ بقایای آن در خاک وجود داشته باشد، گیاه پوششی توسط بیل دستی به داخل خاک برگردانده شد. در بهار سال ۱۳۸۹ و قبل از کاشت محصول اصلی، به‌منظور تعیین میزان نیتروژن کل موجود در خاک، از خاک کلیه‌ی کرت‌ها نمونه‌ی خاک برداشته و به آزمایشگاه ارسال شد تا اثر احتمالی گیاه پوششی بر میزان نیتروژن موجود در خاک برآورد شود.

عملیات کاشت ریحان در اردیبهشت ماه ۱۳۸۹ انجام شد. کشت به‌صورت ردیفی انجام گرفت و بذور ریحان بلافاصله قبل از کشت، توسط کودهای بیولوژیک مربوطه به‌روش استاندارد (۴) و رعایت توصیه‌های شرکت تولید کننده آغشته شدند. بلافاصله پس از کاشت، نسبت به آبیاری هر کرت به‌صورت جداگانه، به‌طریقهٔ نشتی و توسط سیفون اقدام شد. پس از استقرار کامل گیاه و به‌منظور دست‌یابی به تراکم مطلوب، عملیات تنک کردن گیاه در یک مرحله انجام شد. در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دورهٔ رشد هیچ نوع علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش استفاده نشد و کنترل علف‌های هرز توسط وجین دستی در چند نوبت انجام شد. پس از حذف اثرحاشیه‌ای، جهت تعیین عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر و شاخص برداشت، در آخر فصل رشد و زمانی که بذور گیاه کاملاً رسیده بودند، برداشت نهایی انجام شد. قبل از برداشت، تعداد ۳ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات و ویژگی‌های آنها از جمله: طول ساقه اصلی و فرعی بوته، تعداد ساقه فرعی در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته، وزن خشک اندام هوایی بوته و وزن هزار دانه تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS Ver. 9.1 انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم افزار MS-EXCEL Ver. 14 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

طول ساقه اصلی و فرعی، تعداد ساقه فرعی

نتایج نشان‌دهنده‌ی کاهش طول ساقه اصلی در اثر کاربرد گیاه پوششی و عدم تأثیر معنی‌دار گیاه پوششی بر تعداد و طول ساقه فرعی در بوته بود (جدول ۱). همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود بیشترین طول ساقه اصلی و فرعی به‌ترتیب در گیاهان تحت تیمارهای نیتروکسین به‌علاوه بیوفسفر و بیوفسفر به‌تنهایی مشاهده شد و دیگر تیمارها از این نظر باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند. از نظر تعداد ساقه فرعی در بوته نیز گیاهان تحت تیمار شاهد و نیتروکسین بیشترین تعداد را تولید کردند و با دو کود بیولوژیک دیگر اختلاف معنی‌دار داشتند. گزارش‌های متفاوتی در مورد اثر کودهای بیولوژیک بر گیاهان دارویی وجود دارد، در حالی که برخی مطالعات نشان دهنده‌ی بهبود صفاتی مانند طول ساقه و ارتفاع گیاه در اثر کاربرد این قبیل کودها می باشد (۱۱، ۲۰، ۲۷ و ۳۰). نتایج دیگری حاکی از عدم تاثیر این کودها بر این صفات گزارش شده است (۱۰ و ۳۲). شالان (۴۰) گزارش کرد که در گیاه دارویی گاوزبان اروپایی، ارتفاع گیاه با کاربرد باسیلوس (باکتری حل‌کننده فسفات) و آزوسپیریلوم افزایش یافت. محفوظ و شرف الدین (۳۱) نیز بیشترین ارتفاع رازیانه را در نتیجه‌ی کاربرد توأم باسیلوس، ازوتوباکتر، آزوسپیریلوم مشاهده کردند. تهامی و همکاران (۳) گزارش کردند که کودهای نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات باعث افزایش ارتفاع ریحان شد، اما در مقایسه با شاهد بر تعداد شاخه جانبی اثر معنی‌داری نداشت. بهبود ساختمان خاک، تأمین عناصر پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه، تولید هورمون‌های گیاهی بوسیله باکتری‌ها و تقویت جذب و انتقال مواد معدنی، می‌تواند از جمله دلایل متعدد افزایش ارتفاع بوته در اثر مصرف کودهای بیولوژیک باشد (۳). بر اساس نتایج نشان داده شده در جدول ۳، اثر متقابل گیاه پوششی و کود بیولوژیک بر طول ساقه اصلی ریحان معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آن تحت شرایط عدم کاربرد گیاه پوششی و استفاده از کودهای بیولوژیک نیتروکسین به‌علاوه بیوفسفر و نیتروکسین بدست آمد. از لحاظ طول ساقه فرعی، بیشترین مقدار در گیاهان تحت تیمار کاربرد گیاه پوششی و استفاده از بیوفسفر و کمترین مقدار در گیاهان تحت تیمار عدم گیاه پوششی و نیتروکسین مشاهده شد. از نظر تعداد ساقه فرعی نیز اثر متقابل گیاه پوششی و کود بیولوژیک بر تعداد ساقه فرعی معنی‌دار بود و گیاهان تحت تیمار کود نیتروکسین و عدم کاربرد

گیاه پوششی، بیشترین ساقه فرعی را دارا بودند.

افزایش طول ساقه اصلی در افزایش وزن اندام گیاه مؤثر است، جدول ضرایب همبستگی بین برخی صفات (جدول ۴) نشان‌دهنده‌ی همبستگی مثبت و معنی‌دار طول ساقه اصلی و وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد بود. بین طول ساقه فرعی و تعداد ساقه فرعی همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد که می‌تواند نشان‌دهنده کاهش طول ساقه فرعی با افزایش تعداد آن باشد (جدول ۴).

تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه

براساس نتایج نشان داده شده در جدول ۱ تعداد و وزن دانه در بوته در شرایط عدم کشت گیاه پوششی به‌طور معنی‌داری بیشتر از حالت کشت گیاهان پوششی بودند. همچنین نتایج جدول ۲ نشان‌دهنده‌ی برتری گیاهان تحت تیمار شاهد نسبت به کاربرد کود بیولوژیک از نظر صفات مذکور بود و بعد از آن گیاهان تحت تیمار کود بیوفسفر قرار داشتند. اثر متقابل گیاه پوششی و کود بیولوژیک بر تعداد دانه و وزن دانه در بوته معنی‌دار بود. از لحاظ تعداد دانه در بوته، گیاهان تحت تیمار شاهد در هر دو شرایط کشت و عدم کشت گیاه پوششی، نسبت به دیگر تیمارها برتری داشتند. وزن دانه در بوته گیاهان تحت تیمارهای شاهد در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد گیاه پوششی، و تیمار بیوسفر بدون گیاه پوششی به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای دیگر بود (جدول ۳). کشت و عدم کشت گیاه پوششی بر وزن هزار دانه تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱)، اما استفاده از کود بیولوژیک باعث افزایش آن شد و گیاهان تحت تیمار نیتروکسین به‌علاوه بیوفسفر، بیشترین مقدار را دارا بودند و با تیمار شاهد که از این نظر دارای کمترین مقدار بود، اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۲).

در حالیکه کودهای بیولوژیک بر وزن هزار دانه گیاه اثرات مثبتی بر جا گذاشتند، ولی باعث کاهش تعداد و وزن دانه تولیدی در بوته شدند (جدول ۲). اکثر مطالعات صورت گرفته روی گیاهان دارویی، بیانگر اثر مثبت کودهای بیولوژیک بر مقدار بذر تولیدی گیاه می‌باشد. نتایج پژوهش شالان (۴۰) روی گیاه دارویی گاوزبان اروپایی، تهامی (۲) در ریحان، ازاز و همکاران (۱۱) در رازیانه و فلاحی و همکاران (۷) در بابونه، نشان دهنده‌ی اثر مثبت کودهای بیولوژیک در تولید بذر گیاهان مذکور بود.

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های اثر کشت و عدم کشت گیاه پوششی بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد ریحان

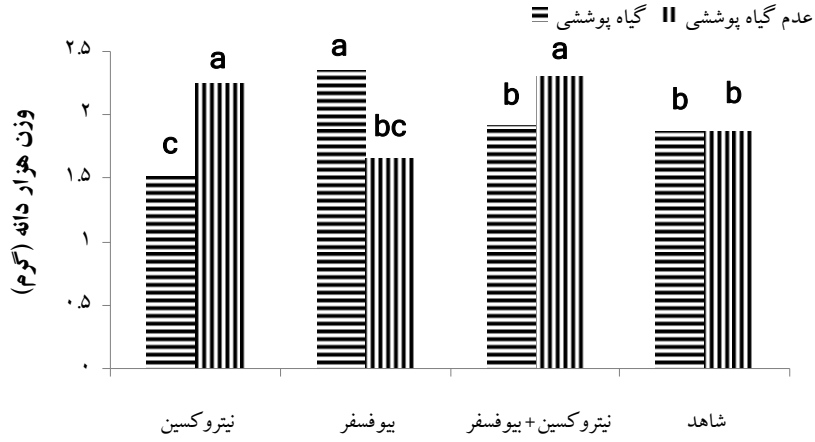
	طول ساقه اصلی (cm)	طول ساقه فرعی (cm)	تعداد ساقه فرعی	تعداد دانه در بوته	وزن دانه در بوته(g)	وزن خشک اندام هوایی (g/plant)	وزن هزار دانه(g)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص برداشت (%)
کشت گیاه پوششی	۸۵/۴۱b	۱۰/۸۱a	۶/۰۲a	۲۴۶۰/۱۰b	۴/۵۹b	۶/۶۵b	۱/۹۱a	۲۵۴۱۷a	۲۲۹۹/۳۹b	۸/۵۲b
عدم کشت گیاه پوششی	۹۶/۷۰a	۸/۷۴a	۷/۷۲a	۳۳۶۴/۵۳a	۷/۲۷a	۷/۷۸a	۲/۰۱a	۳۱۶۴۶a	۳۶۳۸/۹۷a	۱۱/۴۲a

در هرستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر کودهای بیولوژیک بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد ریحان

	طول ساقه اصلی (cm)	طول ساقه فرعی (cm)	تعداد ساقه فرعی	تعداد دانه در بوته	وزن دانه در بوته (g)	وزن خشک اندام هوایی (g/plant)	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص برداشت (%)
نیتروکسین	۹۰/۱۶b	۸/۶۲b	۸/۸۰a	۱۳۰۱/۲۱d	۲/۴۰d	۹/۸۰a	۱/۸۸ab	۲۷۹۵۸b	۱۲۰۴/۶d	۴/۴۰d
بیوفسفر	۸۸/۳۳b	۱۳/۱۳a	۵/۰۰b	۲۷۶۳/۲۳b	۶/۷۴b	۳/۸۸c	۲/۰۰ab	۲۸۸۵۸b	۳۳۷۳/۸b	۱۰/۸۲b
نیتروکسین+ بیوفسفر	۹۸/۰۸a	۸/۶۱b	۵/۲۵b	۲۰۱۹/۹۱c	۴/۲۳c	۷/۹۷b	۲/۱۱a	۲۵۴۱۷b	۲۱۱۷/۵c	۸/۵۴c
شاهد	۸۷/۶۶b	۸/۷۴b	۸/۴۴a	۵۵۶۵/۹۴a	۱۰/۳۶a	۷/۲۲b	۱/۸۷b	۳۲۱۶۷a	۵۱۸۰/۹a	۱۶/۱۰a

در هرستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل ۱- اثر متقابل گیاه پوششی و انواع مختلف کود بیولوژیک بر وزن هزار دانه ریحان

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

دلیل بروز اثر بازدارنده احتمالی کودهای بیولوژیک بر توان تولید بذر توسط گیاه ریحان در این آزمایش، می‌تواند ناشی از برهمکنش منفی کودهای بیولوژیک با گیاه پوششی و دیگر عوامل و شرایط تأثیرگذار بر آزمایش باشد که نتیجه‌گیری دقیق‌تر آن نیازمند تحقیقات گسترده‌تر در این زمینه می‌باشد. یزدانی (۱۰) در گیاه ماریتیغال و مرادی (۹) در گیاه دارویی رازیانه مشاهده کردند که مصرف کودهای بیولوژیک بر وزن هزار دانه تاثیر معنی داری نداشتند. با توجه به جدول ۴ تعداد دانه در بوته در سطح احتمال ۵ درصد همبستگی منفی و معنی‌دار با وزن هزار دانه در بوته داشت.

وزن خشک اندام هوایی

نتایج آزمایش نشان‌دهنده‌ی برتری عدم کشت گیاه پوششی در مقایسه با کشت آن، در افزایش وزن خشک اندام هوایی بود (جدول ۱). تأثیر کود بیولوژیک بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود و کودهای نیتروکسین و بیوفسفر به‌ترتیب باعث تولید بیشترین و کمترین مقدار آن شدند و دو تیمار دیگر حد واسط آنها بودند (جدول ۲). براساس نتایج جدول ۳ اثر متقابل دو عامل آزمایش بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود. گیاهان تحت تیمار نیتروکسین و کاربرد گیاه پوششی و تیمار نیتروکسین به‌علاوه بیوفسفر بدون کاربرد گیاه پوششی از این نظر بیشترین مقدار را تولید کردند و بعد از آن گیاهان تحت تیمار نیتروکسین بدون گیاه پوششی قرار داشتند.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل گیاه پوششی و کودهای بیولوژیک بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد ریحان

عامل اصلی	عامل فرعی	طول ساقه اصلی (cm)	طول ساقه فرعی (cm)	تعداد ساقه فرعی	تعداد دانه در بوته	وزن دانه در بوته (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)
گیاه پوششی	نیتروکسین	۷۹/۸۳e	۱۲/۲۳b	۶/۰۰c	۱۲۸۴/۸۱e	۱/۹۵c	۱۰/۵۳a
	بیوفسفر	۸۹/۶۶c	۱۴/۱۸a	۵/۱۶c	۷۴۷/۸۲f	۱/۷۶c	۳/۸۸d
	نیتروکسین+بیوفسفر	۸۴/۵۰d	۸/۱۰c	۴/۵۰c	۲۲۴۲/۸۷c	۴/۳۱b	۴/۹۸d
	شاهد	۸۷/۶۶cd	۸/۷۴c	۸/۴۴b	۵۵۶۴/۹۴a	۱۰/۳۶a	۷/۲۲c
عدم گیاه پوششی	نیتروکسین	۱۰۰/۵۰a	۵/۰۱d	۱۱/۶۱a	۱۳۱۷/۹۱e	۲/۸۶bc	۹/۰۸b
	بیوفسفر	۸۷/۰۰cd	۱۲/۰۷b	۴/۸۳c	۴۷۷۸/۶۴b	۱۱/۷۳a	۳/۸۷d
	نیتروکسین+بیوفسفر	۱۱۱/۶۶a	۹/۱۳c	۶/۰۰c	۱۷۹۶/۹۵d	۴/۱۵b	۱۰/۹۶a
	شاهد	۸۷/۶۶cd	۸/۷۴c	۸/۴۴b	۵۵۶۴/۹۴a	۱۰/۳۶a	۷/۲۲c

در هرستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

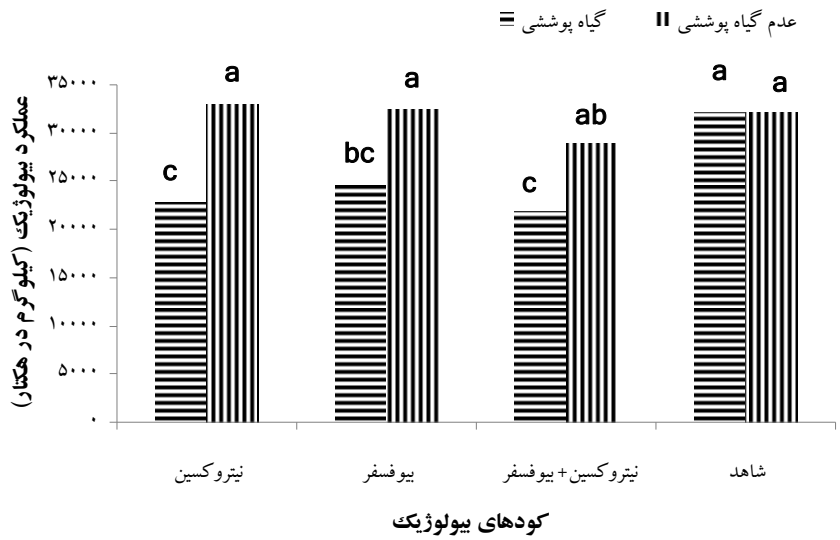
ارانا (۲۰) گزارش کرد که کودهای بیولوژیک آسپرژیلوس، گلوموس، ازوتوباکتر و سودوموناس، وزن خشک ساقه گیاه دارویی استویا را افزایش دادند و در تیمار ترکیب تمامی کودهای بیولوژیک بهترین نتیجه حاصل شد. نتایج آزاز و همکاران (۱۱) در رازیانه، لیسی و همکاران (۳۰) در رزماری، محفوظ و شرف الدین (۳۱) در رازیانه و کومار و همکاران (۲۷) در درمنه نیز بیانگر اثرات مثبت باکتری‌های ازوتوباکتر، آزوسپیریلوم و باسیلوس بر وزن خشک اندام هوایی بود.

عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر معنی‌دار گیاه پوششی قرار نگرفت، اما عملکرد دانه در اثر کاربرد گیاه پوششی کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گیاهان تحت تیمار کود بیولوژیک دارای عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کمتری نسبت به تیمار شاهد بودند و بعد از تیمار شاهد گیاهان تحت تیمار بیوفسفر از لحاظ عملکرد دانه، برتری معنی‌داری نسبت به کودهای دیگر داشتند (جدول ۲). همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود برهمکنش استفاده از کود و گیاه پوششی چندان مطلوب نبوده و استفاده توأم آنها باعث کاهش عملکرد بیولوژیک ریحان شده است. بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک را نیز گیاهان تحت تیمار نیتروکسین در شرایط عدم کاربرد گیاه پوششی دارا بودند. نتایج اثر متقابل نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در هکتار مربوط به تیمار عدم استفاده از گیاه پوششی و کاربرد کود بیولوژیک بیوفسفر به دست آمد (شکل ۳).

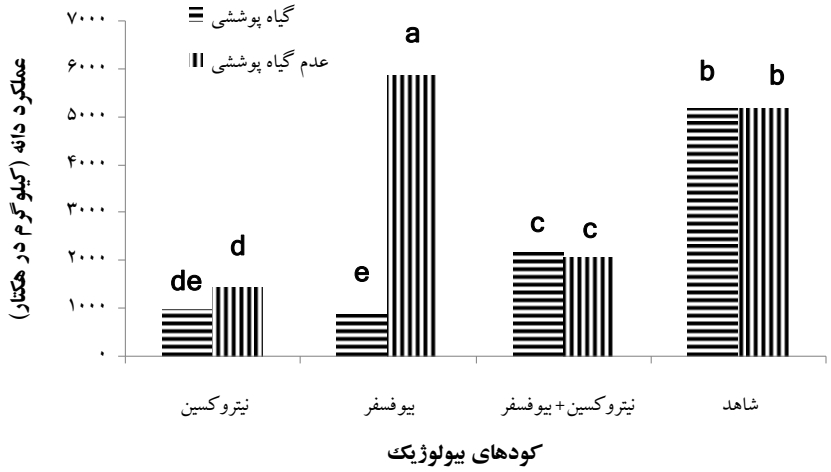
بیشتر مطالعات صورت گرفته نشان دهنده‌ی اثر مثبت کودهای بیولوژیک بر عملکرد گیاهان دارویی است. نتایج پژوهش ماهشواری و همکاران (۳۲) روی اسفرزه، درزی و همکاران (۱۷) در تحقیق بر روی رازیانه، پوریوسف و همکاران (۳۴) در گیاه اسفرزه، و داس و همکاران (۱۸) در گیاه دارویی استویا نشان داد که، بیشترین مقادیر عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیک در نتیجه‌ی کاربرد کودهای بیولوژیک مانند باکتری‌های حل‌کننده فسفات، آزوسپیریلوم، باسیلوس و میکوریزا به‌دست آمد.

با توجه به عدم تجزیه کامل بقایای گیاهان پوششی و با عنایت به این‌که باکتری‌های آزادزی موجود در کودهای بیولوژیک جهت رشد و فعالیت به ماده آلی نیاز دارند، به‌نظر می‌رسد که گیاهان پوششی نتوانستند نیاز غذایی این جانداران را در کوتاه مدت تأمین نمایند و علاوه بر این، ریزجانداران ناچار به استفاده از نیتروژن موجود در خاک و در نتیجه تثبیت موقتی این عنصر شدند، لذا آن‌طور که انتظار میرفت اثرات مثبت ناشی از کاربرد این میکروارگانیسم‌ها مجال بروز نیافت. از سوی دیگر، بالا بودن نسبت C/N گیاهان پوششی نیز احتمالاً باعث مصرف نیتروژن موجود در خاک جهت تجزیه گیاه پوششی شده و به‌طور موقت نیتروژن را از دسترس گیاه خارج کرد و در نهایت سبب کاهش عملکرد بیولوژیک و بذر گردید. در آزمایشی ۴ ساله در چین، کاربرد گیاهان پوششی و بقایای گیاهی در تولید سبزیجات در سال اول، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد خشک اندام هوایی نداشت و بر عملکرد میوه تأثیر جزئی گذاشت، اما به‌تدریج و طی سال‌های بعد تأثیر مثبت گیاهان پوششی آشکار شد (۴۲).



شکل ۲- اثر متقابل گیاه پوششی و کودهای بیولوژیک بر عملکرد بیولوژیک ریحان

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.



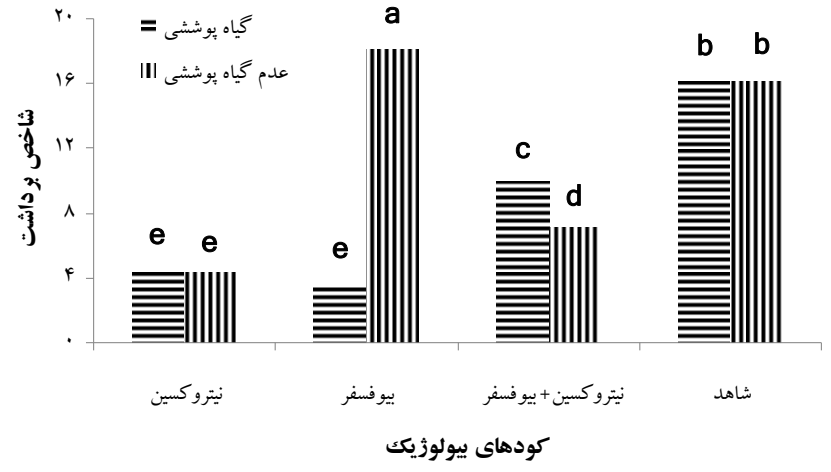
شکل ۳- اثر متقابل گیاه پوششی و کودهای بیولوژیک بر عملکرد دانه ریحان

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

شاخص برداشت

نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص برداشت در اثر استفاده از گیاه پوششی کاهش یافت (جدول ۱). بر اساس نتایج جدول ۲ گیاهان تحت تیمار شاهد، شاخص برداشت بیشتری نسبت به گیاهان تحت تیمار کود بیولوژیک داشتند و بعد از آن گیاهان تحت تیمار بیوفسفر قرار گرفتند. نتایج آزمایش فلاحی (۶) در گیاه دارویی بابونه نیز نشان داد که کود بیولوژیک باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات باعث کاهش مقادیر شاخص برداشت بذر و گل شد. از سوی دیگر، تهامی (۲) گزارش کرد که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات و کود بیولوژیک نیتروکسین باعث افزایش شاخص برداشت در گیاه دارویی ریحان شد. نتایج اثرات متقابل نشان داد که کاربرد کود بیولوژیک بیوفسفر بدون استفاده از گیاهان پوششی، بیشترین شاخص برداشت را به‌دنبال داشت (شکل ۴).

بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مختلف ریحان (جدول ۴) نشان داد که از بین صفات مختلف، تعداد ساقه فرعی، تعداد و وزن دانه در بوته و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد بیولوژیک داشتند. همچنین در سطح احتمال ۱ درصد، تعداد و وزن دانه در بوته با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان دادند.



شکل ٤- اثر متقابل گیاه پوششی و کودهای بیولوژیک بر شاخص برداشت ریحان

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

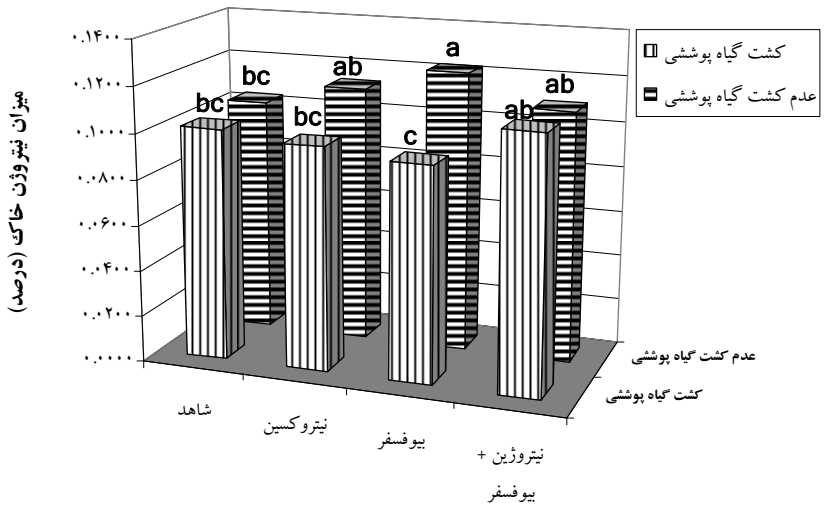
جدول ٤- مقادیر ضرایب همبستگی صفات مختلف اندازه‌گیری شده گیاه ریحان

	طول ساقه اصلی (A)	طول ساقه فرعی (B)	تعداد ساقه فرعی (C)	تعداد دانه در بوته (D)	وزن دانه در بوته (E)	وزن خشک اندام هوایی(F)	وزن هزار دانه (G)	عملکرد بیولوژیک (H)	عملکرد دانه(I)	شاخص برداشت (J)
A										
B	-۰/۳۹۰ns									
C	۰/۲۴۵ns	-۰/۶۰۳**								
D	-۰/۲۵۴ns	-۰/۱۲۰ns	۰/۱۱۸ns							
E	-۰/۱۹۲ns	-۰/۰۵۶ns	۰/۰۴۹ns	۰/۹۵۵**						
F	۰/۴۵۱*	-۰/۳۵۲ns	۰/۳۶۶ns	-۰/۲۴۲ns	-۰/۳۰۶ns					
G	۰/۶۷۰**	-۰/۱۹۶ns	۰/۱۳۶ns	-۰/۴۰۵*	-۰/۳۸۹ns	۰/۰۴۵ns				
H	۰/۳۵۴ns	-۰/۳۸۹ns	۰/۵۳۶**	۰/۵۴۶**	۰/۵۸۸**	۰/۰۹۹ns	۰/۱۱۵ns			
I	-۰/۱۸۷ns	-۰/۰۶۸ns	۰/۰۲۲ns	۰/۹۶۵**	۰/۹۸۹**	-۰/۳۰۷ns	-۰/۳۷۹ns	۰/۵۹۳**		
J	-۰/۲۶۵ns	-۰/۰۵۳ns	-۰/۰۷۵ns	۰/۹۵۴**	۰/۹۷۰**	-۰/۳۵۸ns	-۰/۴۳۰ns	۰/۴۴۶*	۰/۹۸۱**	
K	۰/۲۵۰ns	-۰/۰۷۲ns	۰/۰۲۳ns	۰/۰۷۹ns	۰/۱۸۸ns	۰/۰۲۶ns	-۰/۰۶۰ns	۰/۱۶۲ns	۰/۱۲۱ns	۰/۰۸۲ns

**، *- به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns عدم معنی‌داری

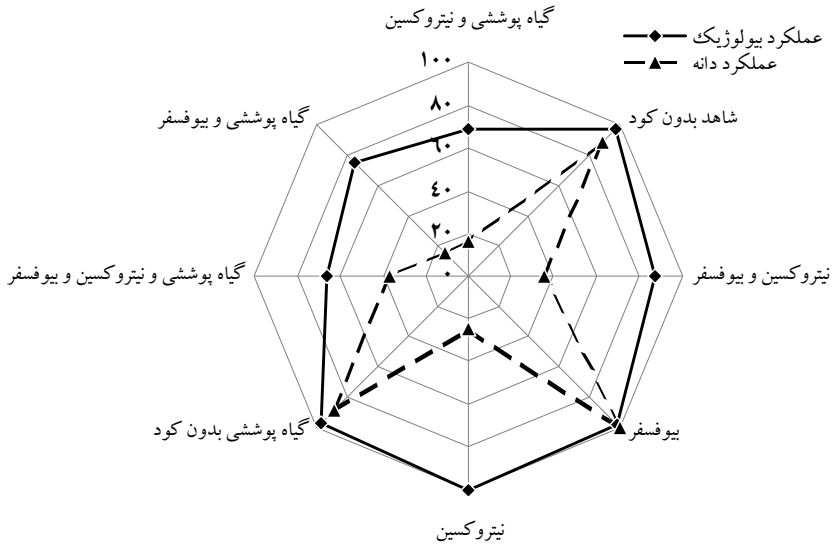
میزان نیتروژن خاک

کشت و یا عدم کشت گیاه پوششی بر میزان نیتروژن خاک تأثیر معنی‌دار داشت، به‌طوری که میزان نیتروژن خاک در شرایط عدم کشت گیاه پوششی، به اندازه‌ی ۱۰ درصد بیشتر از کشت گیاه پوششی بود ($P\leq0.01$) (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). به‌نظر می‌رسد که گیاه پوششی، نیتروژن موجود در خاک را مورد استفاده قرار داده و در پیکره‌ی خود حبس کرده بود. مقایسه‌ی میانگین‌های مربوط به اثر متقابل گیاه پوششی و کودهای بیولوژیک، نشان دهنده‌ی برتری ۱۱ درصدی کاربرد کودهای بیولوژیک در شرایط عدم کشت گیاه پوششی بود ($P\leq0.05$) (شکل ۵)، به‌عبارت دیگر، به‌نظر می‌رسد که در شرایط عدم کشت گیاه پوششی در مقایسه با کشت آن، میزان نیتروژن بیشتری برای فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای بیولوژیک در دسترس بوده است.



شکل ۵- اثر متقابل گیاه پوششی و کودهای بیولوژیک بر میزان نیتروژن خاک

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل ٦- تغییرات عملکرد بیولوژیک (بر مبنای نیتروکسین) و عملکرد دانه (بر مبنای بیوفسفر) در نتیجه‌ی استفاده از کودهای بیولوژیک به تنهایی و در ترکیب با گیاه پوششی

همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، عملکرد بیولوژیک و دانه در نتیجه‌ی کاربرد کودهای بیولوژیک به تنهایی، بیشتر از کاربرد آنها در ترکیب با گیاه پوششی بود، و حداکثر مقادیر آنها به ترتیب در تیمار نیتروکسین و بیوفسفر حاصل گردید. میزان کاهش عملکرد دانه در تیمار نیتروکسین به اندازه‌ی ۱۰ درصد کمتر از تیمار ترکیبی نیتروکسین و بیوفسفر بود. با در نظر گرفتن عملکردهای بیولوژیک و دانه، به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای بیولوژیک به تنهایی نسبت به کاربرد توأم آنها با گیاهان پوششی برتری داشت (شکل ۶).

نتیجه‌گیری

با مقایسه‌ی شکل‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ (به ترتیب مربوط به اثرات متقابل بین انواع کود بیولوژیک، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت ریحان و اثر متقابل گیاه پوششی و کودهای بیولوژیک) مشاهده می‌شود که در تیمار شاهد، مقادیر حاصل از کشت و عدم کشت گیاه پوششی مربوط به هر یک از صفات فوق، با یکدیگر کاملاً برابر می‌باشند، همچنین اختلاف مقادیر مربوط به تیمارهای نیتروکسین به‌علاوه‌ی بیوفسفر و نیتروکسین به تنهایی، کمتر از تیمار بیوفسفر بود. به‌عبارت دیگر به‌نظر می‌رسد که کاربرد بیوفسفر در کرت‌هایی که دارای بقایای گیاه پوششی بودند، اثرات ضدیتی ایجاد کرد. از سوی دیگر، کاربرد بیوفسفر در کرت‌های فاقد بقایای گیاه پوششی، منجر به بیشترین مقادیر برخی صفات اندازه‌گیری شده مثل عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت شد. با توجه به مطالب ذکر شده، احتمالاً نیتروژن موجود در خاک مورد استفاده گیاه پوششی قرار گرفته و برای جذب آن بین این گیاهان و میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای بیولوژیک، رقابت ایجاد شده است، لذا در مواردی که هدف از کشت گیاهان پوششی، حفاظت خاک در برابر فرسایش و یا جلوگیری از آبشویی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن نیست، منافع استفاده از گیاهان پوششی در ترکیب با کودهای بیولوژیک، باید در برابر پی‌آمدهای احتمالی (همچون حبس در گیاه پوششی) و نیز شرایط اکولوژیکی منطقه سنجیده شده و در نهایت نسبت به کشت و یا عدم کشت آنها اقدام شود.

قدردانی

هزینه‌ی انجام این تحقیق (کد ۴۸۲پ مصوب ۱۳۸۸/۱۲/۱۰) از محل اعتبار پژوهه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود. لازم به ذکر است که آقای دکتر مهدی نصیری محلاتی، مجری دوم این پژوهش می‌باشند، ولی اسم ایشان به‌دلیل مقررات مربوط به انتشار مقالات سردبیران و اعضای هیأت تحریریه‌ی نشریات علمی- پژوهشی، در عنوان مقاله نیامده است.

منابع

۱- امید بیگی، ر. ۱۳۸۵. رهیافت‌های تولید و فرآوری گیاهان دارویی، جلد ۳. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۳۹۷صفحه.

۲- تهامی، م. ک. ۱۳۸۹. ارزیابی تاثیر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum*). پایان نامه کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳- تهامی، م. ک.، پ. رضوانی مقدم، و م. جهان. ۱۳۸۹. بررسی اثرکمپوست زباله شهری و برخی کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum*). پژوهش‌های زراعی ایران (در دست چاپ).
۴- جهان، م. ۱۳۸۷. بررسی جنبه های اگرواکولوژیکی همزیستی ذرت با قارچ میکوریزا و باکتری‌های آزادزی تثبیت کنندهٔ نیتروژن در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیک. پایان نامهٔ دکتری زراعت (گرایش اکولوژی)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۵- صالح راستین، ن. ۱۳۷۷. کودهای بیولوژیک. علوم خاک و آب، ۱۲(۳):۲۱-۱.
۶- فلاحی، ج. ۱۳۸۸. تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی(*Matricaria chamomilla*). پایان نامه کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۷- فلاحی، ج.، ع. کوچکی، و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی(*Matricaria chamomill*). پژوهش های زراعی ایران. ۷(۱): ۱۲۷-۱۳۵.
۸- کوچکی، ع. ۱۳۷۶. کشاورزی پایدار، بینش یا روش؟ مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۲۰: ۷۲-۵۳.
۹- مرادی، ر. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و میزان اسانس گیاه رازیانه(*Foeniculum vulgare*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۰- یزدانی، ر. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر پرایمینگ بذر توسط باکتری ازوتوباکتر و استفاده از کودهای آلی و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مارتیغال. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
11- Azzaz, N. A., E. Hassan, and E. H. Hamad. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 3(2): 579-587.
12- Barea, J. M., C. Azcon-Aguilar, and R. Azcon. 1997. Interactions between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-palnt systems. In: Multitrophic interactions in terrestrial systems: The 36th symposium of The British Ecological Society. Gange, A.C., Brown, V.K. (Eds.). Cambridge University Press. pp. 65-78.
13- Bethlenfalvay, G. J. and R. G. Linderman. 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. American Society of Agronomy, Special Publication, No. 54. Madison, Wis. 124 p.
14- Black, C. A., D. D. Evans, J. L. White, L. E. Ensminger, and F. E. Clark. 1965. Methods of soil analysis, part 2, Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy page:1562.
15- Choi, B. and H. Diamond. 2008. Effect of hairy vetch incorporated as green manure on growth and uptake of sorghum crop. Plant production science. 11: 211-216
16- Daliparthy, J., S. J. Herbert, and P. L. M. Veneman. 1994. Dairy manure application to alfalfa: crop response, soil nitrate, and nitrate in soil water. Agronomy Journal. 86: 927– 933.
17- Dorzi, M. T., A. Galavand, F. Rejali, and F. Sefid kon. 2007. Effect of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 22(4): 276-292.
18- Das, K., R. Dang, and T. N. Shivananda. 2008. Influence of bio-fertilizers on the availability of nutrients (N, P and K) in soil in relation to growth and yield of *Stevia rebaudiana* grown in South India. International Journal of Applied Research in Natural Products. 1(1): 20-24.
19- Ding, G., X. Liu, S. Herbert, J. Novak, D. Amarasiriwardena, and B. Xing. 2006. Effect of cover crop management on soil organic matter. Geoderma. 130: 229–239.
20- Earanna, N. 2007. Response of *Stevia rebaudiana* to biofertilizers. Karnataka Journal of Agriculture and Science. 20(3): 616-617.
21- Fallahi, J., A. Koocheki, and P. Rezvni Moghaddam. 2010. Effecta of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Pharmacognosy Magazine. 6(22): 109.
22- Fatma, A. G., A. M. Lobna, and N. M. Osman. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth, yield and essential Oil sweet marjoram *(Origanum vulgare)* Plant. International Journal of Agriculture and Biology, 10(4): 381-387.
23- Given, D. R., K.W. Dixon, R. L. Barrett, and K. Sivasithamparam. 2002. Plant conservation and biodiversity: The place of microorganisms. In: Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity. Sivasithamparam, K., Dixon, K.W. and Barrett, R.L. (Eds.). Kluwer Academic Press. ISBN: 1402007809. pp. 1-24.
24- Hussain, A., F. Anwar, S. Sherazi, and R. Przybylski. 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. Food Chemistry. 108: 986-995.
25- Joergensen, R. G. and C. Emmerling. 2007. Methods for evaluating human impact on soil microorganisms based on

their activity, biomass, and diversity in agricultural soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 169: 295-309.
26- Kramberger, B., A. Gselman, M. Janzekovic, M. Kaligaric, and B. Bracko. 2009. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. European Journal of Agronomy. 31: 103–109.
27- Kumar, T. S., V. Swaminathan, and S. Kumar. 2009. Influence of nitrogen, phosphorus and biofertilizer on growth, yield and essential oil constituents in ratoon crop of davana (*Artemisia pallens*). Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry. 8 (2): 86-95.
28- Kuo, S. and E. J. Jellum. 2002. Influence of winter cover crop and residue management on soil nitrogen availability and corn. Agronomy Journal, 94: 501-508.
29- Lal, R., E. Regnier, D. J. Eckert, W. M. Edwards, and R. Hammond. 1991. Expectations of cover crops for sustainable agriculture. In: Hargrove, W.L. (Ed.), Cover Crops for Clean Water. Proceedings International Conference, Jackson TN, 9–11 Apr. 1991. Soil and Water Conservation Society of America, Ankeny, IA, pp. 1–11.
30- Leithy, S., T. A. El-Meseiry, and E. F. Abdallah. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Applied Sciences Research. 2(10): 773-779.
31- Mahfouz, S. A. and M. A. Sharaf-Eldin. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics, 21: 361-366.
32- Mahshwari, S. K., R. K. Sharma, and S. K. Gangrade. 2000. Performance of isabgol or blond psyllium (*Plantago ovata*) under different levels of nitrogen, phosphorus and biofertilizers in shallow black soil. Indian Journal of Agronomy, 45:443-446.
33- Martin, P. A., W. Glatzle, W. Kolb, H. Omay, and W. Schmidt. 1989. N_2-fixing bacteria in the rhizosphere: Quantification and hormonal effects on root development. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. 152: 237-245.
34- Pouryousef, M., M. R. Chaichi, D. Mazaheri, M. Fakhretabatabaeii, and A. Jafari. 2007. Effect of different soil fertilizing systems on seed and mucilage yield and seed P content of isabgol (*Plantago ovata* forsk). Asian Journal of Plant Sciences. 6(7): 1088-1099.
35- Prakash, V. 1990. Leafy spices. CRC Press. 114P.
36- Sainju, U. M. 2006. Cover crops for sustaining vegetable production, improving soil and water qualities, and controlling weeds and pests. In: Vegetables: Growing Environment and Mineral Nutrition. R, Dris, (Ed.). Binghamton, New York: Hawthorn Press, Inc. P. 281-296.
37- Sajjadi, S. E. 2006. Analysis of the essential oils of two cultivated basil (*Ocimum basilicum* L.) from Iran. Daru. 14(3): 128-130.
38- Sainju, U. M., H. H. Schomberg, B. P. Singh, W. F. Whitehead, P. G. Tillman, and S. L. Lachnicht-Weyers. 2007. Cover crop effect on soil carbon fractions under conservation tillage cotton. Soil & Tillage Research. 96: 205–218.
39- Salamon, I. 2006. The Organical large-scale cultivation of chamomile in streda nad bodrogom (slovakia). International Symposium on Chamomile Research, Development and Production. Presov, Slovakia. Pp. 96-97.
40- Shaalan, M. N. 2005. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis*). Egypt Journal of Agriculture Research. 83(1): 271.
41- Steenwerth, K. and K. M. Belina. 2008. Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. Applied Soile Ecology, 40: 359–369.
42- Tian, Y., J. Liu, X. Wang, and L. Gao. 2010. Carbon mineralization in the soils under different cover crops and residue management in an intensive protected vegetable cultivation. Scientia Horticulturae, (in press).
43- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil. 255:271-586.
44- Vildova, A., M. Stolcova, P. Kloucek, and M. Orsak. 2006. Quality characterization of chamomile (*Matricaria recutita* L.) in organic and traditional agricultures. First International Symposium on Chamomile Research, Development and Production. Slovak Republic, Prosov. Pp.81-82.
45- Wagger, M. G. 1989. Cover crops management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. Agronomy Journal. 81: 533−538.
46- Wander, M. M. and S. J. Traina. 1996. Organic fractions from organically and conventionally managed soils: I. Carbon and nitrogen distribution. Soil Science Society of American Journal. 60: 1081–1087.