نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و سوم، شماره اول، ۱۳۹۵
http://jopp.gau.ac.ir

تأثیر کودهای زیستی به‌همراه کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و صفات فیزیولوژیکی گیاه سنای هندی (*Cassia angustifolia Vahl*)

***مصطفی حیدری[۱] و الهام جعفرپور[۲]**

[۱]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی شاهرود،
[۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد باغبانی، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۲/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: سنای هندی (*Cassia angustifolia* Vahl) یکی از گیاهان با ارزش شناخته شده در درمان یبوست است. امروزه یکی از اهداف تولید گیاهان دارویی، تولید گیاهان ارگانیک می‌باشد. این امر با استفاده از کودهای زیستی میسر است. در دهه‌های گذشته به‌دلیل مصرف کودهای شیمیایی اثرات زیست‌محیطی متعددی از جمله انواع آلودگی‌های آب و خاک و مشکلاتی در خصوص سلامتی انسان و دیگر موجودات زنده به‌وجود آمد. کودهای زیستی متشکل از ریزجاندارهای مفیدی هستند که در ناحیه اطراف ریشه و یا بخش داخلی گیاهان تشکیل کلونی داده و رشد گیاه میزبان را با بهبود جذب عناصر معدنی، به‌ویژه فسفر، تحریک می‌کنند. ریزجاندارهای موجود در کودهای زیستی قادرند عناصر معدنی خاک را در یک فرآیند زیستی تبدیل به مواد مغذی همچون ویتامین‌ها و دیگر مواد معدنی کرده و به ریشه خاک برساند. مصرف کودهای زیستی کم هزینه‌تر بوده و در بوم‌نظام آلودگی به‌وجود نمی‌آورد. این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات نوع‌های مختلف کود زیستی به‌همراه کودهای آلی و شیمیایی بر عملکردکمی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقادیر عناصر معدنی درگیاه دارویی‌سنای هندی انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در دانشگاه زابل اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه نوع مختلف از کودهای زیستی: نیتروکسین =B_1، بیوسولفور

*مکاتبه کننده: Haydari2005@gmail.com

B_2=، فسفات بارور ۲ =B_3 و به‌همراه ترکیبی از نیتروکسین+ بیوسولفور+ فسفات بارور ۲=B_4 به‌عنوان عامل اول و سه سطح کود دامی =F_1، کمپوست =F_2 و کود شیمیایی =F_3 به‌عنوان عامل دوم بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تیمار کود زیستی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و مقادیر عنصر فسفر در دو بخش هوایی و دانه گیاه سنای هندی داشت. بیشترین عملکرد دانه و مقدار فسفر از کود فسفات بارور ۲ و نیتروکسین و تعداد غلاف در بوته از نیتروکسین حاصل شد. تیمار کودهای آلی و شیمیایی در این بین و اثر متقابل کود زیستی و کودهای آلی و شیمیایی نیز تأثیر معنی‌دار بر عملکرد دانه، زیست‌توده، تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف در بوته دارا بودند. بیشترین مقادیر این صفات از B_1F_1 (کود زیستی نیتروکسین و کود دامی) حاصل شد. استفاده ازکودهای زیستی هر چند تأثیر معنی‌داری بر رنگدانه‌های فتوسنتری و میزان کربوهیدرات محلول در برگ‌های سنای هندی نداشت اما کودهای آلی و شیمیایی منجربه تغییرات معنی‌داری در میزان کلروفیل a و کربوهیدرات محلول برگشدند.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این آزمایش نشان داد بهترین تیمار در این بررسی استفاده از کود زیستی نیتروکسین به‌همراه کود دامی بود. این تیمار توانست کیفیت و صفات ریخت‌شناختی این گیاه را بهبود ببخشد.

واژه‌های کلیدی: رنگدانه‌های فتوسنتزی، سنای هندی، عملکرد دانه، عناصر معدنی، کودهای زیستی

مقدمه

امروزه کودهای شیمیایی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی حاصلخیزی خاک‌های زراعی به‌شمار می‌روند. استفاده بی‌رویه از این نهاده‌ها به‌ویژه هنگامی که با عملیات نامناسبی همانند سوزاندن بقایای گیاهی همراه می‌شوند، میزان مواد آلی خاک را به‌شدت کاهش می‌دهند. این موضوع روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک نیز تأثیر گذاشته، امکان فرسایش را در این خاک‌ها افزایش می‌دهد (۷). امروزه به‌دلیل اهمیت مسائل زیست‌محیطی توجه بیشتری به کودهای زیستی برای جایگزینی با کودهای شیمیایی شده است (١٤).

کودهای زیستی متشکل از ریزجاندارهای مفیدی هستند که هر یک به‌منظور خاصی همانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این ریزجاندارها معمولاً در اطراف ریشه مستقر و گیاه را در جذب یاری می‌دهند (۲۷). نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده، عملکرد کمی و کیفی گیاهانی که این نوع کودهای زیستی را دریافت کرده‌اند در شرایط متفاوت محیطی بهبود یافته است. ال- خولی و گوما (۲۰۰۰) نشان دادند که کاربرد کودهای زیستی همراه با کاهش ۵۰ درصدی در مصرف مقادیر توصیه شده کودهای شیمیایی در مورد ارزن و ذرت موجب افزایش عملکرد شده است (۱۰). اراحیما و هوری (۲۰۰۳)رشد ریشه و میزان ماده خشک تولیدی در گیاه اسنفاج در اثر تلقیح با باکتری‌های حل کننده فسفات را گزارش کردند (۲۵). فلاح و همکاران (٢٠٠٦) اعلام کردند که بیشترین عملکرد گل تر و خشک گیاه بابونه در تیمارهای نیتروکسین (مخلوط ازوتوباکتر و آزوسپیریلوم) و باکتری حل کننده فسفات به‌دست آمد. آن‌ها همچنین بیشترین عملکرد اسانس و کامازولن در هکتار را به‌ترتیب برای تیمارهای باکتری حل کننده فسفات و نیتروکسین گزارش کردند (۱۲).

علاوه بر کودهای زیستی، استفاده از کودهای آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی رایج اثرات بسیار کمتری بر محیط داشته و همچنین سبب بهبود حاصلخیزی خاک نیز می‌شوند. به‌منظور بررسی این امر آزمایشات متعددی صورت گرفته که به مطالعه اثرات کودهای آلی نظیر کود کمپوست و دامی بر عملکرد محصولات زراعی پرداخته شده است (۱۱). اقبال و همکاران (٢٠٠٤) اظهار داشتند که کاربرد کود دامی یا دامی کمپوست شده می‌تواند سبب افزایش غلظت عناصر غذایی و یا ماده آلی خاک شده و اثرات باقیمانده آن بر عملکرد محصول و ویژگی‌های خاک می‌تواند چندین سال پس از کاربرد کود دامی یا کمپوست باقی بماند (۸). پوریوسف و همکاران (۲۰۰۷) طی تحقیقی راجع به اثرات

روش‌های مختلف کود دهی بر عملکرد دانه و موسیلاژ در گیاه دارویی اسفرزه نشان دادند که استفاده از کود دامی و نیز ترکیب کود دامی و شیمیایی نسبت به مصرف کود شیمیایی به تنهایی باعث افزایش عملکرد دانه، درصد موسیلاژ و فاکتور تورم می‌گردد (۱۹).

محققین اعتقاد دارند که کودهای آلی نظیر کودهای دامی و کمپوست با افزایش مواد آلی و هوموس خاک موجب افزایش درصد خلل و فرج اسفنجی خاک شده و در نهایت موجب کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک می‌شوند. این عوامل به نوبه خود موجب رشد و گسترش بیشتر ریشه گیاهان در خاک و جذب بهتر آب و عناصر غذایی در آن‌ها می‌شود (۲۲). یکی از با ارزش‌ترین گونه‌های خانواده گل ارغوان (Caesalpinaceae)، گیاه سنای هندی با نام علمی *Cassia angustifollia* Vahl. است. اهمیت این گیاه در پزشکی به خاصیت مسهلی و کاربرد آن در درمان یبوست مزمن مربوط می‌شود. منشاء و پراکنش این گیاه جنوب هند، راجستان، جورات و پاکستان می‌باشد. در ایران محل رویش آن عمدتاً در نواحی جنوبی همانند سیستان و بلوچستان و اطراف بندرعباس می‌باشد. این گیاه با آب و هوای گرم سازگار است و در این شرایط می‌تواند در تمام طول سال رشد نماید. ترکیبات عمده ملین در برگ و میوه‌های این گیاه قرار دارند و شامل مشتقات آنتراکوینونی و گلیکوزیدی است. این گیاه به شکل درختچه کوتاه، با ارتفاع ۱۳۰-۸۰ سانتی‌متر، برگ‌های مرکب، گل آذین خوشه و میوه نیام (غلاف) می‌باشد (۱۶).

اگرچه تاکنون تحقیقات متعددی در رابطه با به‌کارگیری و مصرف کودهای آلی و نیز برخی از کودهای زیستی، روی محصولات زراعی صورت گرفته اما در کشور ما رفتار گیاهان دارویی و معطر در طی مصرف این‌گونه کودها به‌خوبی مطالعه نشده است. لذا هدف از این آزمایش بررسی اثرات نوع‌های مختلف کود زیستی به‌همراه سه نوع کود دامی، شیمیایی و کمپوست بر تغییرات عملکرد دانه، صفات فیزیولوژیک و جذب عناصر معدنی پر مصرف در گیاه دارویی سنای هندی بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) واقع در شهرستان زهک، با طول جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۸۷ متر از سطح دریا اجرا گردید. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۶۳ میلی‌متر، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالانه آن به‌ترتیب ۱۶ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد و از لحاظ اقلیمی جزء

مناطق گرم و خشک به‌شمار می‌رود. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil.

بافت خاک Soil Texture	هدایت الکتریکی EC ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته (pH)	شن Sand (درصد)	رس Clay (درصد)	لای Silt (درصد)	مواد آلی OM (درصد)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (ppm)
لومی شنی Sandy loam	3.1	7.4	40	32	28	0.23	120	8.7	3.4

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل استفاده از کودهای زیستی نیتروکسین =B_1، بیوسولفور =B_2، فسفات بارور ۲ =B_3 و مخلوط نیتروکسین + بیوسولفور+ فسفات بارور ۲=B_4 به‌عنوان عامل اول و کود دامی (۲۵ تن در هکتار) =F_1، کمپوست (۲۵ تن در هکتار) =F_2 و کود شیمیایی (نیتروژن از منبع اوره، فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به‌میزان ۱۵۰، ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار)= F_3 به‌عنوان عامل دوم لحاظ گردید. مشخصات عناصر غذایی کودهای آلی در جدول ۲ آورده شده است. کود زیستی بیوسولفور حاوی مجموعه‌ای از ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد است که قادرند در کوتاه‌ترین زمان، مقادیر قابل ملاحظه‌ای از گوگرد عنصری (S) را اکسید کنند. کود زیستی نیتروکسین حاوی مجموعه‌ای از مؤثرترین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس ***Azospirillum*** و ***Azotobacter*** و حل‌کننده فسفات از جنس ***Psedomonas*** می‌باشد. کود زیستی فسفات بارور ۲ حاوی دو سویه از ۲۲ سویه باکتری حل‌کننده فسفات می‌باشد. یک سویه از این باکتری‌ها با تولید اسیدهای آلی باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات معدنی می‌شود. سویه دیگر با تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات آلی می‌شود.

جدول ۲- درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم کودهای مورد استفاده.

Table 2. Percentage of nitrogen, phosphorus and potassium in used fertilizers.

نیتروژن (درصد) Nitrogen	فسفر (درصد) Phosphorus	پتاسیم (درصد) Potassium	
0.28	0.07	0.2	کود دامی (گاوی) Manure (cow)
1.1	0.4	0.7	کمپوست Compost

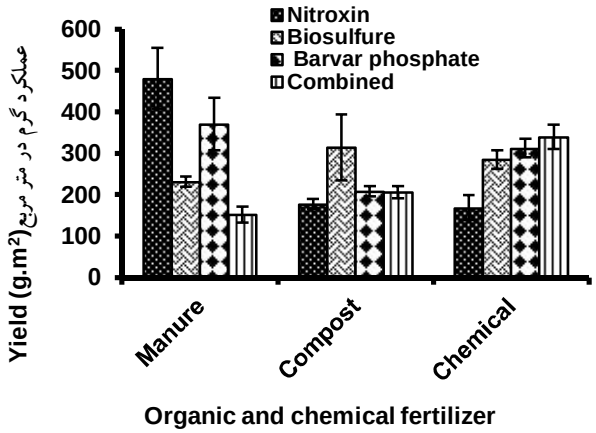
ابعاد هر کرت در این آزمایش ۲×٤ متر، فاصله بین ردیف‌ها ٤٥ و روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. کاشت به‌صورت کپه‌ای و با تراکم ۷۸۷۵۰ بوته در هکتار صورت گرفت. عملیات آماده‌سازی زمین جهت اجرای طرح شامل شخم، دیسک، کرت‌بندی و اضافه‌کردن کودها (کود دامی، کمپوست و شمیایی) بود. قبل از کاشت مقادیر موردنیاز هر یک از این کودها برای هر کرت محاسبه و براساس نقشه طرح با خاک مخلوط شدند. جهت اعمال تیمار کود زیستی بیوسولفور که به‌صورت پودر بود قبل از کاشت، در خطوط کنار خطوط اصلی کاشت پاشیده و با خاک مخلوط گردیدند. به‌همراه استفاده از این کود بر طبق سفارش شرکت سازنده، مقدار ۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد نیز استفاده شد. کودزیستی نیتروکسین (از نوع مایع) و فسفات بارور ۲ (پودری) با بذرها تلقیح شدند. بذر سنای هندی (*Cassia angustifollia* Vahl.) استفاده شده در این طرح، توده بومی پاکستان بود که از پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل تهیه گردید.

پس از اتمام دوره رشد و رسیدگی و در زمان رسیدن بذرها، جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه و زیست‌توده، از یک مترمربع وسط هر کرت با حذف اثر حاشیه گیاهان برداشت شدند. همچنین برای اجزای عملکرد دانه شامل تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در غلاف و طول غلاف و نیز ارتفاع بوته تعداد ۵ بوته از خطوط مجاور ردیف‌های وسط هر کرت به‌صورت تصادفی برداشت شدند. جهت اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول در برگ و رنگدانه‌های فتوسنتزی در مرحله گلدهی، نمونه‌هایی از برگ‌های جوان گیاهان برداشت و با استفاده از اتانول ۹۵ درصد و بر اساس روش اسید سولفوریک، کربوهیدرات‌های برگ استخراج شدند (۱۳). برای اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی از روش آرنون (۳) استفاده شد. برای اندازه‌گیری عناصر فسفر و پتاسیم در دو بخش دانه و برگ‌های گیاه و در مرحله رسیدگی، از روش خاکسترگیری خشک استفاده شد. مقادیر

پتاسیم براساس روش تاندوم (۲۳) در دستگاه فلم فتومتر قرائت و فسفر از طریق روش طیف‌سنجی نوری و با دستگاه اسپکترفتومتر اندازه‌گیری شد (٦). در نهایت مقادیر این دو عنصر بر اساس میلی‌گرم در گرم ماده خشک محاسبه شدند. در پایان داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها و جداول از برنامه‌های EXCEL 2003 و WORD 2007 استفاده شد.

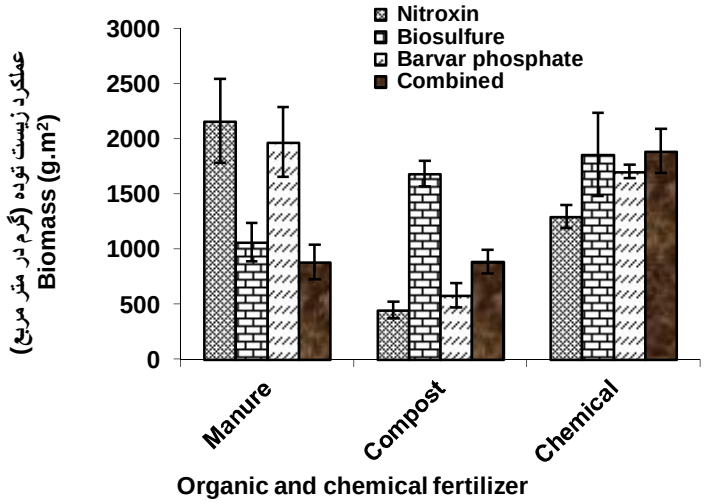
نتایج و بحث

عملکرد دانه و زیست‌توده: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل تیمار کودهای زیستی و کودهای آلی و شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و میزان زیست‌توده تولیدی در گیاه سنای هندی داشت (جدول ۳). در بین تیمارهای آزمایش، تیمار B_1F_1 (کود زیستی نیتروکسین و مصرف ۲۵ تن کود دامی) بیشترین عملکرد دانه و میزان زیست‌توده را تولید نمود (شکل‌های ۱ و ۲). مدیریت کود یکی از عوامل اصلی در کشت موفقیت‌آمیز گیاهان دارویی است. در این بین یکی از روش‌های کودهای زیستی برای افزایش تولیدات گیاهی، استفاده بالقوه از ریزجاندارهای مفید خاک است که می‌توانند به گونه‌های مختلف باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان شوند. در بین کودهای زیستی، نیتروکسین حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر و آزوسپریلیوم می‌باشد که تعداد سلول‌های زنده (UCF) آن ده به توان هشت عدد در هر گرم ماده حامل از هر یک از جنس‌های باکتری است (٤). کریمی و صدیقی (۱۵) بیان کردند که باکتری‌های جنس ازتوباکتر و آزسپریلیوم از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند. این باکتری‌ها علاوه‌بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک کننده رشد به‌ویژه اکسین و جیبرلین، رشد و نمو و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۱۵).



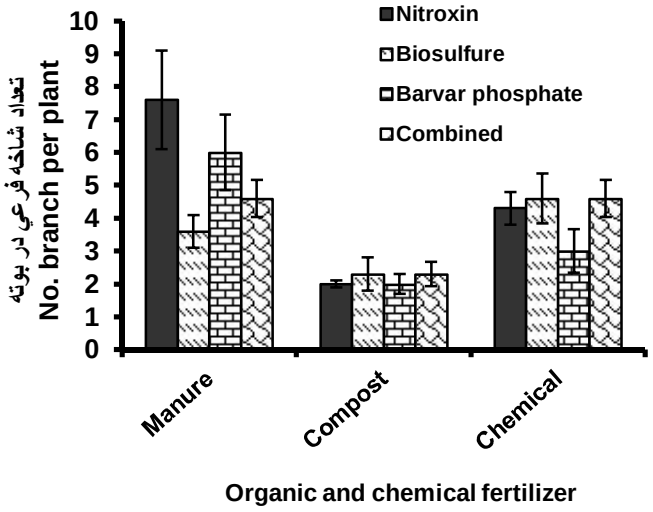
شکل ۱- اثر متقابل کودهای زیستی به‌همراه کوهای آلی و شیمیایی بر عملکرد دانه.

Figure 1. Interaction between biofertilzer with organic and chemical fertilizers on grain yield.



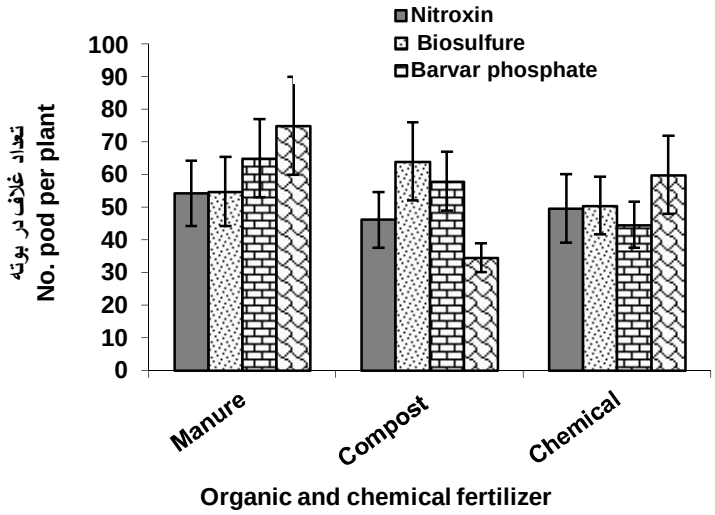
شکل ۲- اثر متقابل کودهای زیستی به‌همراه کوهای آلی و شیمیایی بر میزان زیست‌توده.

Figure 2. Interaction between biofertilzer with organic and chemical fertilizers on biomass.



شکل ۳- اثر متقابل کودهای زیستی به‌همراه کوهای آلی و شیمیایی بر تعداد شاخه فرعی در بوته.

Figure 3. Interaction between biofertilzer with organic and chemical fertilizers on branch per plant.



شکل ٤- اثر متقابل کودهای زیستی به‌همراه کوهای آلی و شیمیایی بر تعداد غلاف در بوته.

Figure 4. Interaction between biofertilzer with organic and chemical fertilizers on No. pod per plant.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیکی در گیاه سنای هندی.

Table 3. Analysis of variance on grain yield and physiological parameters in Indian senna.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	زیست‌توده Biomass	ارتفاع بوته Plant high	شاخه فرعی در بوته No. branch per plant	غلاف در بوته No. Pod per plant	دانه در غلاف Seed per pod	طول غلاف Pod high	رنگدانه فتوسنتزی Photosynthesis pigment			کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrate	عناصر معدنی Nutrient elements			
									کلروفیل a Chlorophyll"a"	کلروفیل b Chlorophyll"b'	کارتنوئید Carotenoid		فسفر Phosphorus		پتاسیم Potassium	
													دانه Seed	برگ Leaf	دانه Seed	برگ Leaf
تکرار Replicate	2	4680.3 ns	566760.2 ns	59.6 ns	2.52 *	362.5 ns	26.3 ns	0.06 ns	1.02 ns	0.05 ns	0.002 ns	17.07 ns	0.004 ns	1.02 **	34.2 ns	68.7 ns
کود زیستی (B) Biofertilzer	3	8146.3 *	267440.7 ns	132.1 ns	0.78 ns	386.7 *	27.2 ns	0.019 ns	0.32 ns	0.03 ns	0.0004 ns	7.47 ns	1.134 *	1.05 **	26.5 ns	155.6 ns
کود آلی و شیمیایی (F) Organic and chemical fertilizers	2	20629.3 **	2866728.5 **	2126.3 **	33.7 **	2301.7 **	24.6 ns	0.033 ns	3.45 *	0.039 ns	0.015 ns	32.1 *	0.04 ns	0.13 ns	18.02 ns	4.19 ns
B * F	6	143262.4 **	1802944.2 **	166.2 ns	5.11 **	1523.1 **	14.3 ns	0.11 ns	1.78 ns	0.109 ns	0.003 ns	7.8 ns	0.039 ns	0.17 ns	37.5 ns	108.1 ns
اشتباه Error	22	2572.2	426222.2	305.2	0.55	41.7	17.9	0.08	0.86	0.067	0.0027	10.6	0.123	0.138	25.6	83.1
CV%		17.1	14.6	18.1	18.9	13.5	12.8	6.7	14.9	16.1	19.7	12.5	4.7	4.7	13.8	20.8

*، ** و ns، به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵ درصد و ۱ درصد و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد.

** and ns are significant at 5 and 1% level and not significant, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های عملکرد، اجزای عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیکی در گیاه سنای هندی.

Table 4. Mean comparisons of the grain yield and physiological parameters in Indian senna.

تیمار Treatment	عملکرد دانه Grain yield (گرم در مترمربع) ($g.m^{-2}$)	زیست‌توده Biomass	ارتفاع بوته Plant high (سانتی‌متر) (Cm)	شاخه فرعی در بوته No. branch per plant	غلاف در بوته No. Pod per plant	دانه در غلاف Seed per pod	طول غلاف Pod high (سانتی‌متر) (Cm)	رنگدانه فتوسنتزی Photosynthesis pigment (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) ($mg.g^{-1}$leaf fresh weight)			کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrate (میلی‌گرم گلوکز در گرم وزن تر) (μ g glucose. g fresh weight)	عناصر معدنی Nutrient elements (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) ($mg.g^{-1}$ dry weight)			
								کلروفیل a Chlorophyll"a"	کلروفیل b Chlorophyll"b"	کارتنوئید Carotenoic		فسفر Phosphorus		پتاسیم Potassium	
												دانه Seed	برگ Leaf	دانه Seed	برگ Leaf
								نوع کودهای زیستی Biofertilzer							
B1	275.6^{b}	1469.4^{a}	99.2^{a}	4.1^{a}	49.1^{a}	33.8^{a}	4.15^{a}	2017^{a}	0.61^{a}	0.263^{a}	16.1^{a}	7.5^{a}	7.1^{ab}	37.7^{a}	47.1^{a}
B2	310.4^{ab}	1537.5^{a}	100.2^{a}	3.5^{a}	34.4^{b}	34.1^{a}	4.20^{a}	1.96^{a}	0.56^{a}	0.260^{a}	15.7^{a}	6.28^{b}	7.98^{a}	36.9^{a}	37.8^{b}
B3	330.5^{a}	1602.4^{a}	96.1^{a}	4.2^{a}	45.2^{ab}	30.3^{a}	4.26^{a}	1.84^{a}	0.48^{a}	0.268^{a}	14.2^{a}	7.32^{a}	7.96^{a}	37.1^{a}	46.2^{ab}
B4	265.9^{b}	1220.6^{a}	91.6^{a}	3.8^{a}	38.4^{ab}	33.1^{a}	4.21^{a}	2.54^{a}	0.59^{a}	0.276^{a}	14.4^{a}	6.32^{b}	6.18^{b}	33.8^{a}	43.8^{ab}
								کودهای آلی و شیمیایی Organic and chemical fertilizers							
F1	333.8^{a}	1796.4^{a}	99.7^{a}	5.5^{a}	56.0^{a}	31.2^{a}	4.28^{a}	2.07^{a}	0.55^{a}	0.279^{a}	16.7^{a}	7.30^{a}	7.95^{a}	35.3^{a}	44.3^{a}
F2	251.5^{b}	901^{b}	82.2^{b}	2.2^{c}	28.3^{c}	33.3^{a}	4.23^{a}	1.86^{b}	0.51^{a}	0.256^{a}	13.2^{b}	7.43^{a}	7.99^{a}	36.2^{a}	43.7^{a}
F3	301.5^{a}	1688.5^{a}	108.3^{a}	4.2^{b}	41.0^{b}	34.0^{a}	4.15^{a}	2.25^{a}	0.62^{a}	0.265^{a}	14.4^{a}	7.37^{a}	7.79^{a}	37.7^{a}	43.1^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level

B_1= نیتروکسین، B2= بیوسولفور، B3= فسفات بارور ۲ و B4= مخلوط نیتروکسین + بیوسولفور+ فسفات بارور ۲

B_1= nitroxin, B_2= biosulfure, B_3= barvar phosphate biofertilizer 2 and B_4= combined of $B_1+B_2+B_3$

F1= کود دامی (۲۵ تن در هکتار)، F_2= کمپوست (۲۵ تن در هکتار) و F_3= کود شیمیایی

F_1=manure, F_2=compost and F_3=chemical fertilizer

هر چند کودهای زیستی تا حدی می‌توانند نیاز غذایی گیاهان را برطرف سازند اما براساس نظر بارساد و فرا- سنتو (۱۹۹۷) استفاده از مواد آلی از جمله کود دامی در این بین نیز می‌تواند با افزایش عناصر معدنی خاک، سبب بهبود جذب در گیاهان شود. از طرفی کود دامی منجر به افزایش تعادل نیتروژنی و کارایی جذب فسفر نیز می‌شود (٤). لویی و کرانکی (۱۷) بیان کردند که کود دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و می‌توانند به‌عنوان منابع غنی از عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌شمار آیند و به مرور این عناصر را در اختیار گیاهان قرار دهند (۱۷). اما کودهای دامی نمی‌توانند تمام احتیاجات غذایی گیاهان را برطرف سازند. در بین گیاهان، سنای هندی جزء گیاهان خانواده بقولات بوده و نیاز آن به نیتروژن بالاست (۱) هر چند کود دامی منبع غنی از عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌باشد اما این عناصر را به مرور در اختیار گیاهان قرار می‌دهد (۱۷). لذا کود زیستی نیتروکسین به سبب دارا بودن تثبیت‌کننده نیتروژن، توانست بهترین تأثیر را در حین استفاده از کود آلی و شیمیایی بر این گیاه داشته باشد.

اجزای عملکرد دانه: نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول ۲ نشان داد در بین اجزای عملکرد دانه، تیمار کود زیستی، تیمار کودهای آلی و شیمیایی و اثر متقابل کودهای زیستی و کودهای آلی و شیمیایی تنها تأثیر معنی‌دار بر تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف در بوته دارا و در مورد سایر اجزای عملکرد دانه همانند تعداد دانه در غلاف و طول غلاف از تأثیر معنی‌داری برخوردار نبودند (جدول ۳). در مورد ارتفاع بوته، تنها تیمار کودهای آلی و شیمیایی از تأثیر معنی‌دار بر آن برخودار بود (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته نیز در طی استفاده از کود شیمیایی حاصل شد (جدول ٤).

همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ٤ مشاهده می‌شود بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته با میانگین ۷/٦ و تعداد غلاف در بوته با میانگین ۸۸/٦ از تیمار B_1F_1 (کود زیستی نیتروکسین و مصرف ۲۵ تن کود دامی) حاصل شد. به‌نظر می‌رسد کود زیستی نیتروکسین و نیز کود دامی با بهبود ساختمان خاک و ایجاد شرایط لازم، امکان جذب بیشتر عناصر موجود در محیط ریشه را برای این گیاه فراهم کرده، به‌طوری که با بهبود رشد سبب تأثیر مثبت و معنی‌دار بر اجزای عملکرد دانه در گیاه سنای هندی شده است. در این آزمایش همبستگی معنی‌دار و مثبتی بین عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته ($R^2=0.35^{*}$) و نیز تعداد شاخه فرعی ($R^2=0.43^{**}$) به‌دست آمد. افزایش در این دو جزء عملکرد، منجربه بالا بردن میزان تولید دانه در این گیاه شد. در این آزمایش بهترین ترکیب برای افزایش این دو

جزء عملکرد که در نهایت افزایش تعداد دانه را به‌همراه داشت در تیمار B_1F_1 حاصل شد (شکل‌های ۳ و ٤).

کود زیستی نیتروکسین دارای *Azotobacter* است. این باکتری سبب تولید ترکیبات ضد قارچی بر علیه بیماری‌های گیاهی شده و همچنین سبب تقویت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه‌ها می‌شود که در نهایت رشد بهتر گیاهان را به‌دنبال دارد (۵). همچنین *Azospirillum* موجود در نیتروکسین، علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی می‌گردد. این امر در نهایت سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه تولید در گیاهان خواهد شد (٢٤).

مالانگودا (۱۹۹۵) در بررسی تیمار کودهای آلی و شیمیایی در گیاه گشنیز نشان داد، تأثیر استفاده از تیمار تلفیقی کودهای شیمیایی و دامی بیشتر از کاربرد جداگانه آن‌ها بر عملکرد دانه بود. وی دلیل این امر را به افزایش نقش کود دامی در بهبود خواص فیزیکی خاک و افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه مرتبط می‌داند (۱۸). رضایی‌نژاد و افیونی (۲۰) اظهار داشتند کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار مواد آلی خاک شده، قابلیت جذب روی، مس، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن خاک را افزایش می‌دهند (۲۰). اسچففر و کوهلر (۲۱) گزارش کردند که مصرف کود آلی به‌ویژه کود دامی سبب افزایش میزان زیست‌توده تولیدی درصد اسانس در گیاه بومادران شد (۲۲). در آزمایش دیگری در سیستم ارگانیک در گیاه زنیان با افزایش مصرف کود دامی عملکرد دانه، زیست‌توده، تعداد چتر در بوته و نیز وزن هزار دانه افزایش یافت (۲). از این‌رو می‌توانند سبب افزایش عملکرد تولیدی شوند. در این رابطه کود دامی بیشترین تأثیر را بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ذرت دارا بود.

کربوهیدرات محلول، رنگدانه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی: نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول ۳ نشان داد تیمار کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر رنگدانه‌های درگیر در فتوسنتز (کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید) و نیز میزان کربوهیدرات تولیدی در برگ‌های گیاه سنای هندی نداشت. در بین دو عنصر فسفر و پتاسیم در دو بخش هوایی (برگ‌ها) و دانه‌ها، تیمار کود زیستی تنها تأثیر معنی‌دار بر میزان فسفر در دو بخش فوق بود. مقایسه میانگین داده‌ها در سطح ۵ درصد نشان داد بیشترین میزان فسفر در بخش هوایی (برگ‌ها) در طی استفاده از دو کود بیوسولفورو فسفات بارور ۲ و در بخش دانه‌ها از مصرف نیتروکسین و کود فسفات بارور ۲ حاصل شدند (جدول ٤).

کودهای زیستی متشکل از ریزجاندارهای مفیدی می‌باشند که هر یک به‌منظور خاصی همانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این ریزجاندارها معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده، گیاهان را در جذب عناصر یاری می‌کنند (۲۷). اکنون مشخص شده که این ریزجاندارها علاوه‌بر کمک به جذب عنصری خاص موجب جذب سایر عناصر غذایی، کاهش بیماری‌ها و بهبود ساختمان خاک و در نتیجه تحریک بیشتر رشد گیاهان و افزایش کمی و کیفی محصول می‌شوند (۲٦). در این بین مشخص شده باکتری‌های حل کننده فسفات همانند فسفات بارور ۲، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد و جذب عناصر غذایی خصوصا فسفر در گیاهان می‌شوند (۱۳). احتشامی و همکاران (۹) گزارش کردند که تلقیح بذر ذرت با میکوریزا و ریزجانداران حل کننده فسفات اثر مثبتی بر جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه تولیدی آن دارد (۹). این نوع کود حاوی سه سویه باکتری به نام‌های اختصاری P_5، P_7 و P_{13} می‌باشد که از خاک‌های نقاط مختلف کشور جداسازی شده است که اسامی جنس و گونه‌های آن‌ها به شرح زیر می‌باشد: Strain P_5[1]، Strain P_7[2] و Strain P_{13}[3]. براساس آزمایشات انجام شده P_5 و P_7 با تولید اسیدهای آلی باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات معدنی خاک می‌شوند و P_{13} تولید آنزیم فسفات از می‌کند. این کود زیستی از طریق فرآیندهای ویژه‌ای می‌تواند حلالیت ترکیبات فسفره رسوب کرده در خاک را افزایش داده و بدین صورت بخشی از فسفر موردنیاز گیاه را تأمین نمایند. کودزیستی فسفات بارور ۲ که در فرمولاسیون آن باکتری‌های ترشح‌کنندها سید و آنزیم‌های فسفات از وجود دارند موجب افزایش بالای ۱۰ درصدی عملکرد گیاهان زراعی مختلف شده است (۱۳). تیمار کودهای آلی و شیمیایی در این آزمایش تنها تأثیر معنی‌دار بر میزان کلروفیل a و کربوهیدرات تولیدی در برگ‌ها دارا بود و تأثیر معنی‌داری بر عناصر معدنی و سایر رنگدانه‌های فتوسنتری نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین میزان کلروفیل a در طی استفاده از کود شیمیایی حاصل شد، کود دامی و کمپوست به‌ترتیب در مرتبه دوم و سوم بودند. همچنین بالاترین میزان کربوهیدرات تولیدی در برگ‌های گیاه سنای هند در بین کودهای مصرفی، در تیمار کود دامی به‌دست آمد (جدول ۳).

1- Bacillus lentus
2- Bacillus licheniformis
3- Pseudomonas putida

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده در این آزمایش می‌توان بیان کرد که استفاده از نوع‌های مختلف کودهای زیستی هر یک به گونه‌ای می‌تواند با ایجاد شرایط مناسب رشد، سبب افزایش عملکرد دانه تولیدی در گیاه سنای هندی شود. در بین چهار نوع کود زیستی استفاده شده در این آزمایش، بیشترین تأثیر مربوط به نیتروکسین و فسفات بارو ۲ بودند. از طرفی تیمارهای حاصلخیزی خاک نیز در افزایش عملکرد دانه و تأثیر بر اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیکی مؤثر بودند. در این میان تیمار ۲۵ تن کود دامی در حین استفاده از کود زیستی نیتروکسین در مقایسه با سایر تیمارها، به‌عنوان یک مکمل مناسب و مؤثر در افزایش عملکرد سنای هندی مفید و مؤثر می‌باشد. بنابراین می‌توان با کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن‌ها با کودهای دامی و زیستی (نیتروکسین) ضمن تولید عملکرد بیشتر و با کیفیت در بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و کاهش آلودگی محیط‌زیست گام برداشت.

منابع

1.Abulafatih, H.A. 1987. Medicinal plants of southern Arabia. Economic Bot. 41: 354-360.

2.Akbarinya, A., Qlavand, A., Cefidkon, F., Tahmasbi, Z., Sharifi, A., and Rezaei, M.Y. 2000. Effect of yield and essential oil in *Carum copticum* on conventional organic and combination farming system. 7th Iranian congress of agronomy and plant breeding. Seed and plant improvement institute, Karaj. 52p. (In Persian)

3.Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 112-121.

4.Brussard, L., and Ferrera- Cenato, R. 1997. Soil ecology in sustainable agricultural system. New York: Lewis publishers, USA. 168p.

6.Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizer and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use. October, 16-20. Thailand. 11p.

7.Cottenie, A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizerrecommendation. FAO Soil Bulletin, Rome.

8.Davarinejad, G., Haghnia, G., and Lakzizn, A. 2004. Effect of animal fertilizers and enriched compost on wheat yield. Agric Tech. Sci. J. 18: 101-108.

9.Eghball, B., Ginting, D., and Gilley, J.E. 2004. Residual effects of manure and compost application on corn production and soil properties. Agron. J. 96: 442-447.

10.Ehteshami, M.R., Alikhani, A.F., Chaichi, M., and Khavazi, K. 2005. Effect of phosphate solublizating microorganisms on quantitive and qualitative properties of maize under drought stress conditions. 2th national conference of ecology. Gorgan, 123p. (In Persian)
11.El-Kholy, M.A., and Gomaa, A.M. 2000. Biofertilizers and their impact on forgae yield and N-content of millet under low level of mineral fertilizer. Anna Agric Sci. 38(2): 813-822.
12.Erhart, E., Hartl, W., and Putz, B. 2005. Biowaste compost affects yield, nitrogen supply during the vegetation period and crop quality of agricultural crops. Eur J. Agri. 23: 305-314.
13.Fallah, J., Koocheki, A., and Rezavani Moghadaam, P. 2006. Effects of viofertilizers on quantitive and qualitative chamomile as a medicinal plant. J Agri Res. 7(1): 127-135.
14.Hossainzade, H. 2005. The effect of Barvar Phosphate Biofertilizer on crops yield. Tehran Jehad. Daneshgahi Press. 45p. (In Persian)
16.Kader, M.K., Mmian, H., and Hoyue, M.S. 2002. Effects of azotobacter inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. J. Bio. Sci. 2: 250-261.
17.Karimi, M.M., and Siddique, K.H. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Aust Agri Res. 42: 13-20.
18.Khan, S., Khanda, J.M., Al-Qurainy, F., and Malik, Z.A. 2011. Authentication of the medicinal plant *Senna angustifolia* by RAPD profiling. Saudi J. Bio Sci. 18: 287-292.
19.Levy, D.B., and Kearncy, W.F. 1999. Irrigation of native rangeland using treated wastewater from *in situ ur* anium processing. J Environ Qual. 28: 208-217.
20.Mallanagouda, B. 1995. Effects of N.P.K., and fym on growth parameters of onion, garlic and coriander. J. Medic. Arom. Plant Sci. 4: 916-918. (In Persian)
21.Pouryousef, M., Chaichi, M.R., Mazaheri, D., Tabatabaii, M.F., and Jafari, A.A. 2007. Effect different soil fertilizer systems on seed and mucilage yield and seed P content of isabgul (*Plantago ovata* Forssk). Asian J. Plant Sci. 6(7): 1088-1092.
22.Rezaei-Nejad, Y., and Afyoni, M. 1998. Effect of organic matter on soil chemical properties, yield and nutrient uptake by maize. Sci. Tech. Agric. Natural Res. 4(4): 19-27.
23.Scheffer, M.C., and Koehler, H.S. 1993. Influence of organic fertilization on the biomass, yield and yield composition of the essential oil of *Achillea millefolium*. Acta Hort. 331: 109-114.
24.Singh, D., Chand, S., Anvar, M., and Patra, D. 2003. Effects of organic and inorganic amendment on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. J. Medicinal and Aromatic Plant Sci. 25: 414-419. (In Persian)

25.Tandom, H.L.S. 1995. Methods of analysis of soil. Plants, water and fertilizer. New Dehli, India.
26.Tilak, K.V.B.R., Ranganayki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A.K., and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Sci. 89: 136-150.
27.Urahima, Y., Hori, K. 2003. Selection of PGPR which promotes the growth of spinach. J. Plant Nutri Soil Sci. 74: 154-162.
28.Welbaum, G.E., Sturz, A.V., Dong, Z., and Nowak, J. 2004. Managing soil microorganisms to improve productivity of agro-ecosystems. Critical Review Plant Sci. 23: 175-193.
29.Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-Fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125: 155-166.