نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۹۵-۴۸۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 485-495

اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، زیستی و تراکم بر شاخص‌های رشدی و عملکرد موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*)

علی سپهری[1*] – مریم صمدی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تراکم‌های مختلف بوته و کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی بر شاخص‌های رشدی و عملکرد موسیلاژ در گیاه دارویی اسفرزه، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ در شرایط آب و هوایی همدان به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. از سه تراکم ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ بوته در متر مربع و سطوح کودی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (شاهد)، ۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، ۲۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر استفاده شد. نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که برهمکنش سطوح مختلف تیمارهای مختلف تراکم و کود بر صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر سرعت رشد محصول، حداکثر تجمع ماده خشک و عملکرد موسیلاژ معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد موسیلاژ و حداکثر تجمع ماده خشک به‌ترتیب معادل ۱۷/۳۹ گرم در مترمربع و ۴۹۷/۵۶ گرم در مترمربع در تراکم ۱۳۰ بوته در متر مربع با مصرف توأم ۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی به‌دست آمد. در تراکم ۱۳۰ بوته در متر مربع بین تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و کود تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی + کود زیستی در صفات مورد بررسی تفاوتی وجود نداشت. کمترین مقدار عملکرد موسیلاژ در تراکم ۷۰ بوته در متر مربع به همراه مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی حاصل شد. بنابراین تیمار کود تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی + کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و تراکم ۱۳۰ بوته در مترمربع برای شرایط آب و هوایی همدان قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: بیوفسفر، حداکثر سرعت رشد محصول، حداکثر شاخص سطح برگ، نیتروکسین

مقدمه

توسعه روز افزون کاربرد گیاهان دارویی در صنایع مختلف و تقاضا برای محصولات طبیعی به‌خصوص در شرایط کشاورزی ارگانیک، ضرورت تولید این گیاهان را افزایش داده است. اسفرزه (*Plantago ovata*) متعلق به خانواده بارهنگ (Plantaginaceae) از گیاهان دارویی بسیار ارزنده دنیا محسوب می‌گردد. از موسیلاژ موجود در پوسته بذر اسفرزه برای درمان التهابات غشای مخاطی روده و معده، یبوست‌های حاد، ورم مفاصل، همچنین در تهیه داروهای ضدسرفه، سوء هاضمه، التهابات پوستی و محرک ایمنی استفاده می‌شود. بذور این گیاه در تهیه داروهای کاهش کلسترول خون نیز کاربرد دارد (۲۰).

شناسایی و مطالعه عوامل تأثیرگذار محیطی و زراعی بر اعتلای کمیت و کیفیت متابولیت‌های گیاهان دارویی بسیار حائز اهمیت است (۹). یکی از پیش شرط‌های لازم در این خصوص، تأمین شرایط مطلوب جهت استفاده از تابش خورشیدی به‌منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی آن است. دست‌یابی به این هدف مستلزم انطباق مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه با شرایط جوی مناسب و افزایش کارایی استفاده از عوامل تولید به‌واسطه تراکم مطلوب می‌باشد (۲۷). تنظیم فاصله گیاهان یک ابزار قوی برای کنترل رقابت گیاهان یک گونه برای تولید بیشترین ماده مؤثره است (۹). کاهش رقابت بین گیاهان با اعمال الگوی کاشت مناسب، سبب دسترسی بهتر گیاه به نهاده‌های موجود در خاک می‌گردد. در چنین شرایطی آب و مواد غذایی به اندازه کافی در اختیار گیاهان قرار گرفته و با نور کافی حداکثر مواد پرورده حاصل خواهد شد که نهایتاً عملکرد مطلوبی را به بار خواهد آورد (۱۹). دری (۳) بیشترین موسیلاژ دانه اسفرزه به میزان ۱۸/۲ درصد را در بالاترین میزان کشت که توأم با افزایش تعداد سنبله در واحد سطح بود به‌دست آورد. فلاحی و همکاران (۵) در بررسی تراکم‌های مختلف کاشت بر شاخص‌های فیزیولوژیک ماش (*Vigna radiata*) گزارش کردند که با کاهش

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: Sepehri110@yahoo.com)

فواصل بین ردیف‌ها، ماده خشک کل، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول افزایش یافت.

یکی از عملیاتی که امروزه مطابق با اصول کشاورزی پایدار در راستای حاصلخیزی خاک توصیه شده، استفاده از کودهای زیستی است. کودهای زیستی حاوی تعداد مشخصی از یک یا چند نوع ریزجاندار مفید خاک‌زی می‌باشد که به‌منظور بهبود رشد گیاه در یک اکوسیستم زراعی به‌کار می‌روند. استفاده از این کودها یکی از راه‌کارهای مؤثر در حفظ کیفیت مطلوب خاک محسوب می‌گردد که با افزایش واکنش‌های مفید بین گیاه و میکروارگانیسم‌ها در محیط ریزوسفر، توان گیاه را برای جذب بیشتر عناصر غذایی افزایش می‌دهد (۱۵).

در زمینه استفاده از کودهای زیستی برای بهبود جذب عناصر و کاهش مصرف کودهای شیمیایی بر روی گیاهان زراعی و دارویی تحقیقات متعددی انجام شده است (۸ و ۱۶). خلیل (۱۲) تأثیر کودهای زیستی نیتروژن و فسفر را بر روی اسفرزه مورد بررسی قرار داده و گزارش نمود که کاربرد این کودها می‌تواند در افزایش عملکرد موسیلاژ اسفرزه بسیار مؤثر باشد. در مطالعه اثر آزوسپیریلوم و ازتوباکتر بر گیاه سیاهدانه مشاهده شد کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش ارتفاع، شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول نسبت به شاهد گردید (۱۴).

با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، همچنین نظر به اهمیت اسفرزه به‌عنوان یک گیاه دارویی و نیز عدم وجود اطلاعات کافی در خصوص واکنش این گیاه به کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و بیولوژیک در تراکم‌های مختلف بوته، این پژوهش انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۴ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه ۳۳۵ میلی‌متر اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱). آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل سه تراکم ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ بوته در متر مربع و فاکتور دوم شامل سه سطح مصرف کود، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۲۱۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم +۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار) به‌عنوان شاهد، ۵۰ درصد کود شیمیایی (۱۰۵ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم+ ۲۵ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار) + کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، ۲۵ درصد کود شیمیایی (۵۲/۵ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم + ۱۲/۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) + کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بودند. همچنین ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (منبع اوره) به‌صورت سرک در تیمار شاهد و در سایر تیمارها به‌ترتیب ۲۵ و ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در زمان ساقه رفتن استفاده شد. کود زیستی نیتروکسین به میزان دو لیتر در هکتار و کود زیستی بیوفسفر به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار که به روش اختلاط با بذر مصرف شد. کود زیستی نیتروکسین حاوی ترکیبی از گونه‌های باکتری‌های تثبیت کننده ازت شامل *Azotobacter sp.* و *Azospirilium sp.* با حداقل تعداد 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر و کود زیستی بیوفسفر حاوی مجموعه‌ای از گونه‌های باکتری‌های حل‌کننده فسفات خاک شامل *Bacillus sp.* و *Pseudomonas sp.* با حداقل 10^7 سلول زنده در هر میلی‌لیتر بود که از شرکت فن آوری زیستی مابکو تهیه گردید. اختلاط بذور با کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر در شرایط سایه و قبل از کاشت انجام شد. بذور اسفرزه در هر کرت روی پنج ردیف ۲/۵ متری و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در اردیبهشت ماه کشت و گیاهان در مرحله چهار برگی جهت رسیدن به تراکم‌های مورد نظر تنک شدند. برداشت گیاهان براساس مشاهده علائم ظاهری رسیدگی شامل زردی و خشک شدن برگ‌ها، قهوه‌ای شدن سنبله و صورتی رنگ شدن بذور در سنبله صورت گرفت. به‌منظور تعیین پارامترهای مورد بررسی پس از حذف اثر حاشیه، از هر کرت دو مترمربع برداشت و صفات ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد ساقه فرعی و عملکرد موسیلاژ اندازه‌گیری شدند. مقدار موسیلاژ با روش کالیان سوندرام و همکاران (۱۰) اندازه‌گیری شد. در این روش یک گرم بذر خشک با ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۱/۰ نرمال در حال جوش تا تغییر رنگ پوسته بذر حرارت داده شد و محلول موسیلاژی حاصل جدا گردید. سپس بذور با پنج میلی‌لیتر آب جوش شستشو داده شد و محلول حاصل به محلول موسیلاژی اضافه گردید. با افزودن ۶۰ میلی‌لیتر الکل اتیلیک ۰/۹۶ درصد به محلول مذکور و قرار دادن آن به مدت پنج ساعت در یخچال رسوب موسیلاژ به‌دست آمد. که پس از صاف کردن و قرار دادن در درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت، توزین و مقدار موسیلاژ بر حسب گرم در هر گرم بذر تعیین شد و به‌صورت درصد ثبت گردید. به‌منظور تحلیل رشد و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیک، اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک گیاه در فواصل ۱۴ روز انجام شد. جهت تعیین وزن خشک گیاه، نمونه‌های گیاهی به‌صورت جداگانه درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفتند و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد درون آون قرار داده شده و پس از آن به‌طور جداگانه توزین شدند. میانگین داده‌های حاصل برای تعیین شاخص سطح برگ[1]، تجمع ماده خشک[2] و سرعت رشد محصول[3] و میزان فتوسنتز خالص[4] استفاده شد. با استفاده از معادلات یک تا چهار نسبت به برآورد

1- Leaf Area Index
2- Total Dry Weight
3- Crop Growth Rate
4- Net Assimilation Rate

شاخص‌های رشد اقدام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Physicochemical properties of soil used in experiment

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم Potassium ($mg\ kg^{-1}$)
لومی- رسی Clay loam	7.7	0.409	0.1	8.2	220

داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SAS, Ver. 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. رسم نمودارها با نرم افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

$$TDW = Exp\ (a + bt + ct^2) \quad (۱)$$

$$LAI = Exp\ (a' + b't + c't^2) \quad (۲)$$

$$CGR = NAR \times LAI \quad (۳)$$

$$NAR= (b+2ct) \times Exp\ [(a- a') + (b-b') + (c- c')\ t^2] \quad (۴)$$

t: براساس روز

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه داده‌ها، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطوح مختلف تراکم بر ارتفاع بوته بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته متعلق به تراکم ۱۳۰ بوته در مترمربع و کمترین ارتفاع بوته در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد با افزایش تراکم بوته، رقابت بین بوته‌ها در دریافت نور منجر به افزایش ارتفاع شده است. که با نتایج به‌دست آمده توسط سلیمان (۲۲) در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*) مطابقت دارد. سطوح مختلف تیمارهای کودی نیز از لحاظ ارتفاع بوته در واحد سطح اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). تلفیق ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی دارای بیشترین ارتفاع بوته در مقایسه با سایر تیمارها بود که با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار داشت. کمترین ارتفاع بوته نیز مربوط به مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی بود (جدول ۳). برهمکنش تیمارها درخصوص ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته در تراکم ۱۳۰ بوته در مترمربع و با کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+ زیستی حاصل گردید که با تیمار تراکم ۱۳۰ بوته و کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). به‌طور کلی، افزایش تراکم به‌دلیل افزایش رقابت برای نور و مصرف تلفیقی کود به‌دلیل دسترسی بیشتر به عناصر غذایی سبب افزایش ارتفاع بوته شده است. یاداو و همکاران (۲۵) افزایش ارتفاع بوته گیاه اسفرزه را با مصرف کودهای زیستی گزارش و دلیل این امر را بهبود خصوصیات خاک و قابل دسترس شدن عناصر غذایی درنتیجه استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و زیستی عنوان نمودند. کرمی و همکاران (۱۱) نیز افزایش ارتفاع بوته گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis* L.) را با مصرف کودهای زیستی گزارش کردند.

طول سنبله

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار از نظر طول سنبله در بین تراکم‌های مختلف کاشت بود (جدول ۲). طول سنبله نسبت به افزایش تراکم واکنش منفی نشان داد و با افزایش تراکم بوته، از طول سنبله کاسته شد. بیشترین طول سنبله متعلق به تراکم ۷۰ بوته بود و کمترین طول سنبله در تراکم ۱۳۰ بوته مشاهده گردید (جدول ۳). افزایش تراکم از ۷۰ به ۱۳۰ بوته در شرایط این آزمایش منجر به کاهش ۶۸ درصدی طول سنبله شد. علت کاهش طول سنبله با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، ایجاد رقابت درون گونه‌ای بین گیاهچه‌ها در مراحل اولیه رشد و همچنین رقابت بیشتر گیاه برای آسمیلات و در نتیجه کاهش طول سنبله می‌باشد (۱). به‌نظر می‌رسد در تراکم ۱۳۰ بوته به علت محدودیت رسیدن تشعشع، گیاه با تولید سنبله‌های کوتاه‌تر فشار رقابتی را تعدیل نموده و طول سنبله کاهش یافت. زاهد و همکاران (۲۷) کاهش طول سنبله گندم (*Triticum aestivum* L.) را با افزایش تراکم گزارش کردند. سطوح مختلف تیمارهای کودی نیز از لحاظ تأثیر بر طول سنبله اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی دارای بیشترین تأثیر بر طول سنبله بود. هرچند بین اثر تیمار مذکور و کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید. کمترین طول سنبله نیز مربوط به مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی بود (جدول ۳). ویو و همکاران (۲۴) نیز افزایش طول بلال در ذرت (*Zea mays* L.) را در اثر کاربرد کودهای زیستی گزارش کردند که علت این امر، بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه می‌باشد. نتایج آزمایش نشان داد که برهمکنش تیمارها بر طول سنبله معنی‌دار نبود (جدول ۲). معنی‌دار نبودن اثر تراکم و کاربرد کود بر این صفت، بیانگر این است

که طول سنبله تحت تأثیر توأم این دو فاکتور قرار نگرفته است.

تعداد ساقه فرعی

نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف تراکم از لحاظ تعداد ساقه فرعی بود (جدول ۲). به‌طوری‌که تعداد ساقه فرعی با افزایش تراکم کاهش معنی‌داری یافت. تراکم ۷۰ بوته در متر مربع در مقایسه با سایر تراکم‌ها، تعداد ساقه فرعی بیشتری تولید کرد و کمترین تعداد ساقه فرعی، در تراکم ۱۳۰ بوته در متر مربع مشاهده شد (جدول ۳). سطوح مختلف مصرف کود نیز اختلاف معنی‌دار از نظر تعداد ساقه فرعی مشهود بود (جدول ۲). تعداد ساقه فرعی در تیمار کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+ زیستی بیشتر از سایر تیمارها بود. هرچند تیمار مذکور با تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار داشتند.

برهمکنش تراکم و مصرف کود بر تعداد ساقه فرعی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با مطالعه بر همکنش تراکم بوته و تیمارهای کودی مشاهده شد که در تمامی تیمارهای مصرف کود، با افزایش تراکم تعداد ساقه فرعی کاهش یافت. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود تراکم ۷۰ بوته بیشترین تعداد ساقه فرعی را در سه سطح کودی به‌خود اختصاص داد و بین مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و کاربرد تلفیقی۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی در این تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. به‌دلیل رقابت کمتر بین پنجه‌ها در کسب مواد غذایی، نور و آب در تراکم ۷۰ بوته، نسبت به سایر تراکم‌های کاشت و نیز افزایش پنجه‌زنی در اثر کاربرد کود، تیمارهای مذکور بیشترین تعداد ساقه فرعی را به‌خود اختصاص دادند. کمترین تعداد ساقه فرعی نیز در بین کل تیمارهای آزمایشی مربوط به تراکم ۱۳۰ بوته در مترمربع و کاربرد تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی بود (جدول ۴). دری و همکاران (۳) و موسوی و همکاران (۱۶) نیز کاهش تعداد ساقه فرعی اسفرزه را با افزایش تراکم بوته گزارش کردند. با افزایش تراکم بوته رقابت بین بوته‌ای افزایش و سهم هر گیاه در استفاده از نور، فضا، عناصر غذایی و سایر منابع کاهش یافته، بنابراین پتانسیل تولید ساقه فرعی کاهش می‌یابد (۱). ازطرفی پنجه‌زنی به مقدار زیادی به عواملی که برای رشد سریع گیاه مورد نیاز هستند به‌خصوص عناصر غذایی و رطوبت کافی وابسته است. فسفر و نیتروژن تأثیر بارزی بر روی تولید پنجه بارور دارند. به‌نظر می‌رسد که افزایش تعداد ساقه فرعی در اثر کاربرد تلفیقی کود می‌تواند در نتیجه بهبود رشد ریشه، جذب عناصر غذایی و به تبع آن افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده باشد. پوریوسف و همکاران (۱۸) افزایش تعداد ساقه فرعی اسفرزه را همگام با مصرف کودهای زیستی گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تراکم بوته و تیمارهای کودی بر برخی ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی اسفرزه

Table 2- Analysis of variance (Means of square) effect of plant density and fertilizer treatments on some growth characteristic of *Plantago ovata*

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد ساقه فرعی Number of branches	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	حداکثر سرعت رشد محصول CGR_{max}	تجمع ماده خشک کل TDW	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield
تکرار Replication	2	0.782	0.021	0.16	0.05	1.94	28.76	61.93	44.06
تراکم Density (D)	2	26.33**	2.03**	11.50**	1.94**	35.81**	53187.89**	1012.64**	80.45**
کودFertilizer (F)	2	4.45**	0.04**	2.66*	0.10**	5.74*	267.07*	212.63**	13.42**
تراکم * کود (D × F)	4	0.27**	0.03 ns	1.98*	0.003**	3.24*	46.73*	1251.49*	5.67*
اشتباه Error	16	0.05	0.04	0.62	0.005	0.84	9.11	28.4	2.93
ضریب پراکنش CV (%)	-	8.21	8.57	7.27	5.43	8.83	4.74	8.53	9.13

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪، ۱٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

*, **and ns significant at 5% probability, significant at 1% probability and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تراکم بوته و تیمارهای کودی بر اسفرزه

Table 3- Mean comparison of different levels of plant density and fertilizer treatments on *Plantago ovata*

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	سنبله طول Spike length (cm)	تعداد ساقه فرعی Number of branches	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	حداکثر سرعت رشد محصول CGR_{max} ($g.m^{-2}d^{-1}$)	تجمع ماده خشک TDW ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه Grain yield (gm^{-2})	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield ($g.m^{-2}$)
تراکم ۷۰ بوته (D_1) 70 plant/m^2	15.50^{c}	2.98^{a}	12.51^{a}	2.23^{c}	8.18^{c}	343.63^{c}	51.13^{c}	10.65^{c}
تراکم ۱۰۰ بوته (D_2) 100 plant/m^2	16.43^{b}	2.43^{b}	11.36^{b}	2.53^{b}	10.24^{b}	443.09^{b}	62.62^{b}	13.75^{b}
تراکم ۱۳۰ بوته (D_3) 130 plant/m^2	17.96^{a}	2.03^{c}	10.25^{c}	2.87^{a}	12.17^{a}	494.89^{a}	72.32^{a}	16.63^{a}
۱۰۰٪ شیمیایی (F_1) 100% chemical fertilizer	16.32^{a}	2.49^{a}	11.48^{ab}	2.53^{b}	10.18^{ab}	426.93^{b}	62.39^{a}	13.75^{ab}
۵۰٪ شیمیایی + زیستی (F_2) 50% of chemical fertilizer + bio fertilizer	16.79^{a}	2.68^{a}	11.58^{a}	2.66^{a}	11.00^{a}	434.78^{a}	66.69^{a}	14.86^{a}
۲۵٪ شیمیایی + زیستی (F_3) 25 % of chemical fertilizer + bio fertilizer	15.43^{b}	2.26^{b}	10.78^{b}	2.44^{c}	9.40^{b}	421.90^{c}	56.99^{b}	12.42^{b}

در هر ستون میانگین های دارای یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on Duncan test.

حداکثر شاخص سطح برگ (LAI_{max})

بین سطوح مختلف تراکم بوته و مصرف کود و برهم‌کنش آن‌ها، درخصوص تأثیر بر LAI_{max} اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۲). افزایش تراکم در این آزمایش باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید. این افزایش در نتیجه تعداد بیشتر بوته در واحد سطح رخ داد. به عبارت دیگر افزایش تراکم بوته با ایجاد یک فضای سبز مناسب در واحد سطح سبب افزایش شاخص سطح برگ گردید. فلاحی و همکاران (۵) نیز افزایش شاخص سطح برگ ماش را با افزایش تراکم گزارش کردند. خندان بجندی و همکاران (۱۳) نتایج مشابهی مبنی بر افزایش شاخص سطح برگ نخود (*Cicer arietinum* L.) با افزایش تراکم گزارش شده است. در بین سطوح مختلف مصرف کود نیز از لحاظ شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ متعلق به تیمار کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+ زیستی بود و کمترین شاخص سطح برگ در تیمارکاربرد تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی+ زیستی مشاهده شد (جدول ۳). خرمدل و همکاران (۱۴) اذعان داشتند که کاربرد کودهای زیستی در گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) نیز باعث افزایش شاخص سطح برگ و بهبود خصوصیات رشدی گیاه، نسبت به شاهد شد. در تلقیح بذر جو با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن مشخص گردید که تلقیح باکتری‌ها مذکور موجب افزایش شاخص سطح برگ جو نسبت به شاهد شد (۶). محققان دلیل این امر را افزایش میزان جذب عناصر غذایی عنوان کردند. مقایسه میانگین برهمکنش تراکم و کود نمایانگر آن است که افزایش تراکم باعث افزایش شاخص سطح برگ در تمام سطوح مصرف کود شد (جدول ۲). اما میزان این افزایش در تیمارهای مختلف کودی متفاوت بود. به‌طوری‌که تراکم ۷۰ بوته در متر مربع با کاربرد تلفیقی ۲۵ درصد کودشیمیایی+ زیستی دارای کمترین شاخص سطح برگ (۲/۱۳) بود و بیشترین میزان شاخص سطح برگ (۲/۹۹) در تیمار تراکم ۱۳۰ بوته در متر مربع با تلفیق ۵۰ درصد کودشیمیایی+ زیستی به‌دست آمد (جدول ۴). یاسری و همکاران (۲۶) بیان کردند که میزان افزایش سطح برگ ظرفیت فتوسنتزی گیاه را تعیین می‌کند. این محققان افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ کلزا (*Brassica napus*) را زمانی‌که کود نیتروژنه توأم با کود زیستی به‌کار رفت، گزارش کردند. ورود نیتروژن در ساختار پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های سازنده دیواره سلولی، موجب استحکام سازمان سلول و افزایش ابعاد آن و در نتیجه گسترش سطح بافت‌های گیاهی می‌شود. بر اثر این تغییر، سطح برگ زمینه را برای دریافت انرژی تشعشعی بیشتر فراهم می‌کند (۹ و ۲۱). LAI_{max} در هر سه سطح تراکم به دلیل انتقال مجدد مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن، از برگ به دانه در مرحله پر شدن دانه کاهش یافت. کاهش در LAI_{max} در تیمار تلقیح با باکتری‌ها به علت تأمین نیتروژن و سایر عناصر غذایی کمتر بود.

حداکثر سرعت رشد محصول (CGR_{max})

نتایج نشان دادند که بین سطوح مختلف تراکم بوته و مصرف کود در ارتباط با حداکثر سرعت رشد محصول اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود دارد (جدول ۲). بیشترین CGR_{max} (۱۲/۱۷ گرم در متر مربع در روز) متعلق به تراکم ۱۳۰ بوته و کمترین مقدار CGR_{max} (۸/۱۸ گرم در متر مربع در روز) متعلق به تراکم ۷۰ بوته در متر مربع بود. افزایش تراکم بوته منجر به افزایش CGR گردید و تراکم ۱۳۰

بوته در متر مربع، نسبت به تراکم ۷۰ و ۱۰۰ بوته بوته در متر مربع سرعت رشد محصول را به‌ترتیب به میزان ۳۲ و ۱۵ درصد بهبود بخشید (جدول ۳). بیشترین مقدار CGR_{max} در بین تیمارهای کودی از تیمار مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی حاصل شد، که با تیمار کودی ۱۰۰ درصد شیمیایی در گروه آماری مشابه قرار داشت. کمترین مقدار CGR_{max} نیز از تیمار مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی به‌دست آمد (جدول ۳). بررسی برهمکنش تراکم و کود نشان داد که تأثیر افزایش تراکم، در افزایش حداکثر سرعت رشد محصول در همه سطوح کودی یکسان نیست. مصرف ۵۰ ٪ کود شیمیایی + زیستی در تراکم ۱۳۰ بوته با ۱۳/۰۴ گرم در مترمربع در روز و مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی در تراکم ۷۰ بوته با ۷/۲۰ گرم در مترمربع در روز به‌ترتیب از بیشترین و کمترین مقادیر CGR_{max} برخوردار بودند (جدول ۴). به نظر می‌رسد که افزایش تراکم منجر به ایجاد پوشش مطلوب‌تر گیاهی و استفاده کارآمدتر از نور در اثر تولید شاخص سطح برگ مطلوب‌تر شده است که در نهایت افزایش سرعت رشد گیاه در بالاترین سطح تراکم را به همراه داشته که با نتایج تحقیق در گیاه ماش مطابقت دارد (۵). از سوی دیگر بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه در اثر مصرف کودهای زیستی منجر به افزایش سرعت رشد گیاه شد. نجاناندا و همکاران (۱۷) مشاهده کردند که کاربرد کودهای زیستی بر روی گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum - graecum* L.) موجب بهبود و تسریع در مرحله جوانه‌زنی و رشد شنبلیله شد. ال زینی (۴) نشان داد که تلقیح بذر لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با کود زیستی (فسفورین و میکروبین) موجب بهبود رشد رویشی و سرعت رشد گیاه شد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

تجمع ماده خشک کل (TDW)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سطوح مختلف تراکم و مصرف کود و برهم‌کنش آن‌ها از لحاظ حداکثر تجمع ماده خشک اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). نتایج حاکی از آن است که تراکم ۱۳۰ بوته در متر مربع دارای بیشترین مقدار ماده خشک بود (جدول ۳). در بین تیمارهای کودی نیز مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی از بیشترین مقدار ماده خشک تولیدی برخوردار بود. تیمار مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی در هر سه سطح تراکم، به‌دلیل تأمین نیتروژن مورد نیاز و سایر عناصر غذایی جهت رشد مطلوب، بیشترین ماده خشک را تولید کرد. کمترین مقدار ماده خشک تولیدی نیز از تیمار مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه ماده خشک تجمعی در تراکم‌های مختلف بیانگر آن است که مصرف تلفیقی کود شیمیایی و زیستی سبب افزایش میزان ماده خشک تجمعی گردید. از آن‌جا که ماده خشک تولیدی برآیند جذب و به‌کارگیری عوامل مؤثر در رشد نظیر آب و مواد غذایی می‌باشد، با توجه به افزایش LAI و در نتیجه آن افزایش CGR در شرایط افزایش تراکم بوته، می‌توان افزایش میزان ماده خشک را ناشی از افزایش این عوامل رشدی دانست (۱۶). خندان بجندی (۱۳) در نخود و فلاحی و همکاران (۵) در گیاه ماش افزایش تجمع ماده خشک تولیدی را با افزایش تراکم گزارش و علت آن را افزایش CGR و LAI دانستند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، بالا بودن حداکثر تجمع ماده خشک به علت بالا بودن شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول بوده و کاهش آن در تیمارهای تراکم کم و متوسط به دلیل کاهش این شاخص‌ها می‌باشد. خرمدل و همکاران (۱۴) در مطالعه اثر *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* برگیاه سیاهدانه مشاهده نمودند کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش تجمع ماده خشک نسبت به شاهد گردید. اوراشیما و همکاران (۲۳) در گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea*) افزایش تجمع ماده خشک را با کاربرد کودهای زیستی گزارش کردند. این محققان دلیل این امر را بهبود دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی خاک در اثر مصرف کود زیستی ذکر کردند که در نهایت باعث افزایش تجمع ماده خشک در گیاه شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف تراکم، کود و اثر متقابل بین آنها برای عملکرد دانه بود (جدول ۲). به‌طوری‌که عملکرد دانه نسبت به افزایش تراکم واکنش مثبت نشان داد و با کاهش تراکم بوته، از عملکرد دانه کاسته شد. در تراکم ۷۰ بوته در متر مربع، تیمار مصرف تلفیقی ۲۵٪ کود شیمیایی+ زیستی کمترین عملکرد دانه (۴۴/۳ گرم درمترمربع) را به‌خود اختصاص داد و بین سطوح مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی در این سطح از تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع بیشترین عملکرد دانه با مصرف تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی + زیستی به‌دست آمد که با تیمار ۱۰۰ درصد در یک گروه آماری مشابه قرار داشت. با افزایش تراکم بوته، بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۱۳۰ بوته در مترمربع و مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+ زیستی به مقدار ۷۴/۹ گرم در متر مربع حاصل گردید که با تیمار کودی ۱۰۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج حاکی از آن است که افزایش تراکم تا ۱۳۰ بوته در مترمربع به همراه مصرف کودهای زیستی موجب بهبود عملکرد دانه اسفرزه گردید. علت آن می‌تواند افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز و افزایش تعداد سنبله در واحد سطح در تراکم ۱۳۰ بوته باشد. از سوی دیگر افزایش دسترسی به عناصر غذایی در اثر کاربرد کودهای زیستی در سامانه ارگانیک و تلفیقی، تلفیق ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد.

جدول ٤- اثر متقابل تأثیر سطوح تراکم بوته و تیمارهای کودی در گیاه دارویی اسفرزه

Table 4- Interaction between effects of plant density levels and fertilizer treatments on *Plantago ovata*

تیمار Treatment		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد ساقه فرعی Number of branches in plant	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	حداکثر سرعت رشد محصول CGR_{max} ($g\ m^{-2}d^{-1}$)	تجمع خشک ماده TDW ($g\ m^{-2}$)	عملکرد دانه Grain yield (gm^{-2})	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield (g m-2)
D_1	F_1	15.39 ^{g}	12.38 ^{a}	2.22 ^{h}	8.26 ^{de}	343.52 ^{f}	52.25 ^{cd}	10.88 ^{de}
	F_2	15.73 ^{f}	13.22 ^{a}	2.32 ^{g}	9.07 ^{d}	347.17 ^{f}	56.83 ^{cd}	12.00 ^{d}
	F_3	14.76 ^{h}	11.99 ^{b}	2.13 ^{i}	7.20 ^{f}	339.65 ^{g}	44.32 ^{e}	9.05 ^{e}
D_2	F_1	16.58 ^{d}	11.66 ^{cd}	2.52 ^{de}	10.27 ^{c}	442.90 ^{d}	62.66 ^{c}	13.8 ^{cd}
	F_2	16.90 ^{c}	11.79 ^{bc}	2.66 ^{d}	10.89 ^{c}	453.00 ^{c}	68.29 ^{ab}	15.19 ^{bc}
	F_3	16.20 ^{e}	10.61 ^{ede}	2.40 ^{f}	9.58 ^{d}	433.29 ^{e}	56.91 ^{cd}	12.27 ^{d}
D_3	F_1	18.02 ^{a}	10.38 ^{ef}	2.84 ^{b}	12.03 ^{ab}	494.65 ^{a}	72.26 ^{ab}	16.59 ^{ab}
	F_2	18.12 ^{a}	10.55 ^{def}	2.99 ^{a}	13.04 ^{a}	497.56 ^{a}	74.94 ^{a}	17.39 ^{a}
	F_3	17.73 ^{b}	9.81 ^{f}	2.79 ^{c}	11.43 ^{b}	492.76 ^{b}	69.75 ^{ab}	15.92 ^{b}

در هر ستون میانگین های دارای یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on Duncan test.

عملکرد موسیلاژ: نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف تراکم از لحاظ تأثیر بر عملکرد موسیلاژ بود (جدول ۲). به‌طوری‌که عملکرد موسیلاژ نسبت به افزایش تراکم واکنش مثبت نشان داد و با افزایش تراکم بوته، عملکرد موسیلاژ افزایش یافت. بیشترین عملکرد موسیلاژ متعلق به تراکم ۱۳۰ بوته بود (جدول ۳). با توجه به این‌که عملکرد موسیلاژ از حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد موسیلاژ حاصل می‌شود، بنابراین، علت اصلی بالا بودن عملکرد موسیلاژ با افزایش تراکم، بیشتر بودن عملکرد دانه بود. سطوح مختلف تیمارهای کودی نیز از لحاظ عملکرد موسیلاژ در واحد سطح اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی دارای بیشترین مقدار عملکرد موسیلاژ در مقایسه با سایر تیمارها بود که اختلاف معنی‌داری با مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نداشت. کمترین عملکرد موسیلاژ نیز مربوط به مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی بود (جدول ۳). افزایش عملکرد موسیلاژ بذر در تیمار کودهای زیستی بیانگر این مطلب است که می‌توان با افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه، مقدار موسیلاژ بذر اسفرزه را جهت مصارف دارویی افزایش داد. برهمکنش تیمارهای تراکم و کود بر عملکرد موسیلاژ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بالاترین عملکرد موسیلاژ در تراکم ۱۳۰ بوته و با مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+ زیستی (۱۷/۳۹ گرم بر مترمربع) حاصل گردید که با تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار داشت. در تراکم ۱۰۰ بوته کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی در مقاسیه با مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توانست عملکرد موسیلاژ را ۱۰ درصد افزایش دهد. کمترین عملکرد موسیلاژ نیز در تراکم ۷۰ بوته و مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی+ زیستی (۹/۰۵ گرم بر متر مربع) مشاهده شد (جدول ۴). معنی‌دار بودن برهم‌کنش تیمارهای تراکم و کود بر عملکرد موسیلاژ حاکی از این امر است که با افزایش تراکم بوته به دلیل افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و افزایش عملکرد دانه، همچنین افزایش رشد گیاه در اثر مصرف کودهای زیستی، سبب افزایش عملکرد موسیلاژ شده است. دری و همکاران (۳) بر روی اسفرزه، بیشترین عملکرد موسیلاژ در بالاترین تراکم کشت به‌دست آمد. از آن‌جا که متابولیت‌های ثانویه از تولیدات جانبی فتوسنتز می‌باشند، با توجه به افزایش سبزینگی گیاهان در اثر مصرف کودهای زیستی و افزایش دسترسی به عناصر غذایی، مقدار تولید متابولیت‌های ثانویه در این گیاهان بالا رفته و ماده مؤثره تولیدی بیشتر می‌شود (۱۲). ازاز و همکاران (۲) گزارش کردند کاربرد کودهای زیستی، رشد رویشی، عملکرد و میزان اسانس را در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) افزایش داد. یاداو و همکاران (۲۵) و سینک و همکاران (۲۱) با بررسی تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر روی گیاه اسفرزه اظهار داشتند که کاربرد این کودها می‌تواند در افزایش عملکرد موسیلاژ اسفرزه مؤثر باشد. استنباط می‌شود که ترکیب کود شیمیایی و زیستی این امکان را فراهم می‌آورد که در

دوره ابتدایی رشد گیاهان، کود شیمیایی مواد غذایی قابل جذب را برای آن‌ها تأمین نموده و در مراحل بعدی رشد، کود زیستی مواد غذایی پر مصرف و کم مصرف لازم را در اختیار گیاه قرار دهد (۷).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی و صفات کمی و کیفی گیاه اسفرزه داشت و حداکثر عملکرد موسیلاژ در نتیجه‌ی مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی توأم با کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد که مصرف کودهای زیستی مذکور در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه به‌ویژه در تراکم ۱۳۰ بوته می‌تواند نقش مفیدی در افزایش سطح برگ، سرعت رشد محصول و در نهایت عملکرد موسیلاژ اسفرزه داشته باشد.

References

1. Ahmadi, A., Nasrollahzadeh, A., Valiloo, R., and Khalili, J. 2009. Effects of planting density and nitrogen fertilization on yield and percent protein of durum Wheat var. Aria. Journal of Agricultural Science 9: 17-35. (in Persian with English abstract).
2. Azazz, N. A., Hassan, E. A., and Hamad, E. H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristic of Fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3 (2): 579-587.
3. Dorry, M. A. 2006. Effects of seed rate and planting dates on seed yield and yield components of *Plantago ovata* in dry farming. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22 (3): 262-269. (in Persian with English abstract).
4. EL-Zeiny, O. A. H. 2007. Effect of bio fertilizers and root exudates of two weed as a source of natural growth regulators on growth and productivity of bean plants (*phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. Journal of Agricultural and Biological Science 3 (5): 440-446.
5. Fallahi, H. A., Mirzaei, A., Siabidi, M. M., Siyadat, S. A., and Fotohi, F. 2011. Evaluation of Mungo bean (*Vigna radiata*) growth indices as affected by various planting patterns. Iranian Journal of Pulses Research 1 (2): 85-100. (in Persian with English abstract).
6. Fikrettin, S., Chakmakji, R., and Kantar, F. 2004. Sugar beet and barley yield in relation to inoculation with N2-fixing and Phosphate solubilizing bacteria. Plant and Soil 256: 123-129.
7. Ghosh, P. K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K. K., Tripathi, A. K., Hati, K. M., Misra, A. K., and Acharya, C. L. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphor compost and fertilizer-NPK on three cropping systems in Vertisols of semi-arid tropics. Crop yields and system performance. Bioresource Technology 95 (1): 77-83.
8. Haj Seyed Hadi, M. R., Darzi, M. T., and Ghandehari, Z. 2012. Effects of irrigation treatment and *Azospirillum* inoculation on yield and yield component of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Medicinal Plants Research 6 (30): 4553-4561.
9. Hosseinpour, M., Pirzad, A., Habibi, H., and Fotokian, M. H. 2011. Effect of biological nitrogen fertilizer (*Azotobacter*) and plant density on yield, yield components and essential oil of anise. Journal of Agricultural and Sustainable Production 2 (1): 70-86. (in Persian with English abstract).
10. Kalayasundram, N. K., Pateb, P. B., and Dalat, K. C., 1982. Nitrogen need of Plantago ovata in reaction to the available nitrogen in soil. Indian journal of Agricultural Science 52: 240-242.
11. Karami, A., Sepehri, A., Hamzei, J., and Salimi, Gh. 2010. Effect of nitrogen and phosphorous biofertilizers on quantitative and qualitative traits of Borage (*Borago officinalis* L.) under water deficit stress. Journal of Plant Production Technology 11 (1): 37-50. (in Persian with English abstract).
12. Khalil, M. K. 2006. How far would *Plantago afra* L. Respond to bio and organic manures amendments. Research Journal of Agriculture and biological Sciences 2 (1): 12-21.
13. Khandan Bejandi, T., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Asgari Zakaria, R., Namvarl, A., and Jafari Moghaddam, M. 2008. Effect of plant density, Rhizobia and microelements on yield and some of morph-physiological characteristics of pea. Electronic Journal of Crop Production 3 (1): 139-157. (in Persian with English abstract).
14. Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Ghorbani, R. 2005. Application effects of bio fertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Agricultural Research 6 (2): 285-294. (in Persian with English abstract).
15. Kokalis-Buerelle, N., Kloepper, J. W., and Reddy, M. S. 2006. Plant growth promoting Rhizobacteria as transplant amendments and their effects on Indigenous Rhizosphere microorganisms. Journal of Applied Soil Ecology 31:91-100.
16. Moosavi, S. Gh., Sadegh Zadeh Hemayati, S., Seghatoleslami, M. J., and Ansarinia, E. 2012. Effect of planting date and plant density on morphological traits, yield and water use efficiency of Plantago ovata. Journal of

Medicinal Plants Research 6 (10): 1873-1878.
17. Nagananda, G. S., Das, A., Bhattacharya, S., and Kalpana, T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of Trigonella foenum – graecum L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany 6: 394 - 403.
18. Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaee Chi, M., Rahimi, A., and Tavakoli, A. 2009. The effect of different treatments on soil fertility properties of agro-morphological and mucilage of Plantago ovata. Electronic Journal of Crop Production 3 (2): 193-212. (in Persian with English abstract).
19. Rahimi, A., Jahansoz, M. R., Rahimian Mashhadi, H. R., Pouryosef, M., and Roosta, H. R., 2008. Effect of drought and plant density on yield and phonological stages of Isabgol and *French psyllium* with using growth degree days. Electronic Journal of Crop Production 2 (1): 57-74. (in Persian with English abstract).
20. Ramroudi, M., Galavi, M., Barat, A. A., and Allahdoo, M. 2011. Effect of micronutrient and irrigation deficit on yield and yield components of Isabgol (*Plantago ovata Forsk*) using multivariate analysis. Journal of Food, Agriculture and Environment 9 (1): 247- 251.
21. Singh, D., Chand, S., Anvar, M., and Patra, D. 2003. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization to growth of *Plantago ovata*. Indian Journal of Agronomy 40 (3): 529-531.
22. Suleyman, K. 2004. The effect of different row spacing on yield component and essential oil content of Coriander. Master thesis, Faculty of Agriculture, Ankara University, Turkey.
23. Urashima, Y., and Hori, K. 2003. Selection of PGPR which promotes the growth of spinach. Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition 74: 157-162.
24. Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C., and Wong, M. H. 2005. Effects of bio fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. A greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.
25. Yadav, R. D., Keshwa, G. L., and Yadav, S. S. 2002. Effect of integrated use of FYM, urea and Sulphur on growth and yield of isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 25: 668-671.
26. Yasar, E., and Patwardhan, A. M. 2007. Effect of *Aztobacter* and *Azospirillium* inoculation and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. Asian Journal of Plant Science 6 (1): 77-82.
27. Zahed, M., Galeshi, S., Latifi, N., Soltani, A., and Calate, M., 2010. The effect of plant density on seed yield and yield components in modern and old wheat cultivars. Electronic Journal of Crop Production 4 (1): 201-215. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 485-495

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۹۵-۴۸۵

The Effect of Integrated Chemical and Biological Fertilizers on Growth Indices and Mucilage Yield of Isabgol (*plantagoovata* Forssk) across Different Plant Densities

A. Sepehri[1*] - M. Samadi[2]

Received: 16-04-2014
Accepted: 15-12-2014

Introduction

Isabgol (*plantagoovata Forssk*) is an important annual medicinal plant which is under cultivation in Iran. Isabgol has been used in medicine since ancient times, however, it has only been cultivated as a medicinal plant in recent decades. It is a diuretic, alleviates kidney and bladder complaints, gonorrhea, arthritis and hemorrhoids. In general, plants known as medicinal are rich in secondary metabolites and have potential as drugs. The biosynthesis of the secondary metabolites is controlled genetically and affected strongly by environmental factors especially chemical fertilizers. The environmental and economic impacts of chemical fertilizer application such as water pollution, low quality of agricultural production and decreasing soil productivity have encouraged farmers to use alternative nutrient sources. Sustainable farming on the basis of natural fertilizer application with the aim of omitting or decreasing chemical elements is a desirable approach to prevent these problems. Biofertilizers are some non-symbiotic and symbiotic microbes in the soil that stimulate plant growth and contribute the improvement of ecosystem. Many genera of plant growth promoting rhizobacteria such as *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* and *Pseudomonas* are used as biofertilizers for economically important crops. Several studies have shown that beneficial microbes, such as *Azotobacter* and *Azospirillum*, not only affect nitrogen fixation but also exhibit other favorable properties such as production of growth hormones. Nitrogen and phosphate chemical fertilizers could be replaced by biofertilizers containing *Azotobacter*, *Azospirilium*, *Bacillus* and *Pseudomonas*. In this study, we evaluated the effects of integrated application of chemical fertilizers and bio-fertilizers under different plant densities on growth indices, grain and mucilage yield of Isabgol.

Materials and Methods

A field experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station of Bu-Ali Sina University in2011. The mean annual precipitation was 330 mm. The Soil of experimental field was loamy clay with pH 7.7, containing 8.2 mg kg^{-1}P, 0.1 mg kg^{-1}N , 220 mg kg^{-1}K, and EC 0.409 dS m^{-1}. Three levels of plant densities (70, 100, and 130 plant per m^2) and three combinations of fertilizers including 100% chemical fertilizer (control), 50% chemical fertilizer+Nitroxin (*Azotobacter* sp., *Azospirilium* sp.) and Biophosphorus (*Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp.), 25% chemical fertilizer+Nitroxin and Biophosphorus were applied. Two biofertilizers including Nitroxin (2 liters per hectare) and Biophosphor (100 gram per hectare) were used. The population of bacteria in Nitroxin was 108 cell ml^{-1} and in Biophosphorus was 107 cell gr^{-1}.The plant height, number of branches in plant, maximum leaf arearindex (LAImax), maximum crop growth rate (CGRmax), total dry matter (TDM), and grain and mucilage yield was measured. All variables were submitted to analysis of variance using the statistical analysis system (SAS, 9.1) and significant differences among means were identified by Duncan test at the 0.05 level of significance.

Results and Discussion

The interaction between density and fertilizer treatments was significant forplant height, number of branches in plant, LAImax, CGRmaxTDM, grain and mucilage yield, whereas it was not significant for length of spike. Acrossall fertilizer treatments, increasing plant density decreased the number of branches per plant. The grain yield obtained from 130 plants per m^2 was on average 15.49% and 41.44% higher than 100 and 70 plants per m2, respectively. Grain yield was mostly affected by the application of 50 % of chemical fertilizer + biofertilizersfor allthree plant densities. The highest mucilage yield and TDM (314.69 unit and 497.65 gr m^{-2}, respectively) were

1- Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan
2- M.Sc Student, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan
(*- Corresponding Author Email: Sepehri110@yahoo.com)

obtained from 130 plants per m2 by using 50% of chemical fertilizer + biofertilizers. In density of 130 plant per m^2, there was no significant differencebetween using 100% chemical fertilizer and 50 % of chemical fertilizer + biofertilizers. The lowest mucilage yield was obtained from 70 plants per m^2 by using 25 % of chemical fertilizer + biofertilizers.

Conclutions

The integrated application of chemical fertilizer and biofertilizer showed maximum effect on growth indices and the quality and quantity characteristics of Isabgol, therefore application of 50% chemical fertilizers+biofertilizers and 130 plants per m2 is recommended in similar conditions.

Keywords: Biophosphorus, CGR max, LAI max, Nitroxin