



تأثیر تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد (PGPRs) و سطوح مختلف ورمی کمپوست بر عملکرد و مقدار

اسید پروسیک سورگوم

رضا منعم^{*}، سید مصطفی حسینی مزینانی^۱

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۲۱

چکیده

با توجه به وضعیت آبی کشور و ضعف حاصل‌خیزی خاک‌ها، این مطالعه به منظور تعیین کمیت و کیفیت علوفه سورگوم در شرایط اقلیمی منطقه صورت گرفت. این آزمایش در سال ۱۳۹۴ در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهری انجام شد. عامل اول شامل سطوح مختلف ورمی کمپوست (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) و عامل دوم ریزوباکتری‌های محرک رشد (ترکیبی از سوش‌های ازتوباکتر، سودوموناس و آزوسپیریلوم) در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح بودند که به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سطوح مختلف کاربرد ورمی کمپوست بر تمامی صفات مورد بررسی به غیر از درصد اسید پروسیک ساقه و برگ، درصد پروتئین و وزن خشک ساقه معنی‌دار بود، هم‌چنین ریزوباکتری‌های محرک رشد نیز بر تمامی صفات به جز درصد اسید پروسیک ساقه و برگ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه خشک به ترتیب با ۲۳۵۰/۰ و ۲۲۴۹/۱۷ گرم در مترمربع، حاصل کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی کمپوست و هم‌چنین تلقیح بذور با ریزوباکتری‌های محرک رشد بود. کاربرد ورمی کمپوست به میزان ۱۵ تن در هکتار و تلقیح بذر سورگوم با ریزوباکتری‌های محرک رشد می‌تواند باعث افزایش عملکرد کمی علوفه تا ۳۵ درصد و میزان پروتئین تا ۱۳/۲۹ درصد باشد. اثر متقابل سطوح مختلف کاربرد ورمی کمپوست و تلقیح بذرها با ریزوباکتری‌های محرک رشد نیز تأثیر معنی‌داری بر صفات اندازه‌گیری شده نداشتند.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد، پروسیک اسید، سورگوم، عملکرد، ورمی کمپوست

مقدمه

کاربرد باکتری‌های محرک رشد یکی از اصول کشاورزی پایدار در راستای کاهش و حذف نهاده‌های کمکی در آگرواکوسیستم‌ها بوده و برای رهایی از مشکلات زیست محیطی حاصل از کاربرد کودهای شیمیایی و مدیریت حاصل-خیزی خاک توصیه می‌شوند (Arancon *et al.*, 2004). مدیریت تلفیقی تغذیه گیاهی^۱ با هدف افزایش حاصل‌خیزی طبیعی خاک از طریق بهینه‌سازی منابع قابل دسترس، جهت نیل به عملکرد کمی و کیفی بالا در گیاهان زراعی یکی از روش‌هایی است که امروزه به طور ویژه ای در نظام‌های کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است (Sharma, 2003). یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در سامانه‌های مختلف زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است. کودهای زیستی شامل مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت مترام از یک یا چند نوع میکروارگانیسم مفید خاکی و یا به صورت فرآورده متابولیکی این موجودات می‌باشند، که به منظور تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک بوم نظام زراعی به کار می‌روند (Somani *et al.*, 2011). ریزجانداران باکتریایی و قارچی به ویژه

ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه^۲ و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها از جمله مهم‌ترین کودهای زیستی محسوب می‌گردند. این گروه از باکتری‌ها علاوه بر افزایش فراهمی زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و مهار عوامل بیماری‌زا، با تولید هورمون‌های تنظیم کننده رشد گیاه عملکرد گیاهان زراعی را به طور مثبت تحت تاثیر قرار می‌دهند (Richardson *et al.*, 2009).

ورمی‌کمپوست نیز یکی از انواع کودهای آلی بوده که دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی، تهویه و زهکشی مناسب، ظرفیت زیاد نگهداری آب و عاری از بو و عوامل بیماری‌زا می‌باشد و امروزه استفاده از آن در کشاورزی پایدار، جهت بهبود رشد و کیفیت محصولات زراعی رواج یافته است (Arancon *et al.*, 2004). کودهای آلی حاوی بیشینه عناصر مورد نیاز گیاهان بوده و جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی می‌باشند. کودهای آلی علاوه بر جود عناصر پرمصرف، دارای ریزمغذی‌های مورد نیاز گیاه بوده و خاک را در درازمدت از نظر حاصل‌خیزی به تعادل خواهد رساند (ملکوتی، ۱۳۷۹).

در مطالعه‌ای بر روی برنج مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه حاصل کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل به همراه

1. Integrated Plant Nutrition Mangement (IPNM)

2. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

راه تهران- قم انجام شد. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش عبارت است از طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه و عرض آن ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه، ارتفاع محل از سطح دریا ۱۰۰۰ متر و میانگین بارش سالانه آن ۲۱۷ میلی‌متر است. آب و هوای شهرری گرم و خشک‌تر از شهر تهران بوده و بیشینه مطلق دما ۴۱/۸ درجه سانتی‌گراد، کمینه مطلق دما ۳/۴- درجه سانتی‌گراد، میانگین حداقل دما ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداکثر دما ۳۲/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. فصل گرما از خرداد تا مهرماه و دمای بهینه در فروردین و اردیبهشت ماه است. لذا تیمارهای آزمایش عبارت بودند از سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (۱۵،۱۰،۵،۰) تن در هکتار) و تلقیح با ریزوباکتری‌های محرک رشد در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح. برای انجام آزمایش خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری محل اجرای طرح نمونه‌برداری صورت گرفت و برای مشخص نمودن ویژگی‌های ورمی‌کمپوست نمونه‌ای به آزمایشگاه فرستاده شد که نتایج آن در جدول ۱ و ۲ گزارش شده است. عملیات آماده سازی زمین با شخم در پاییز سال قبل و دیسک بهاره، اجرا شد. کاشت در اواخر خرداد ماه سال ۱۳۹۴ با استفاده از بذر سورگوم رقم اسپیدفید انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل ۶ خط کاشت به طول ۴ متر با فاصله بین ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۸

باکتری حل‌کننده فسفات بود (افتخاری و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین استفاده از کودزیستی فسفات با نام تجاری بارور ۲، عملکرد سیب زمینی را از ۲۹/۵ به ۳۵ تن در هکتار افزایش داد (مدنی و همکاران، ۱۳۸۵).

اجرای طولانی مدت کشاورزی رایج، وضعیت زمین‌های زراعی ایران را از نظر مواد آلی و میکروارگانیزم‌ها در شرایطی قرار داده که فقط با نظام‌های کودهی تلفیقی می‌توان انتظار بهبود حاصل‌خیزی و عملکرد را داشت (فلاح و همکاران، ۱۳۸۶)، به طوری که کمبود علوفه و کاهش بازدهی مراتع در سالیان اخیر صنعت دامپروری را با چالش جدی تولید گوشت قرمز مواجه کرده است. هدف از این مطالعه، بررسی کاشت سورگوم به عنوان یک علوفه سازگار با شرایط فعلی کشور، به همراه اجرای نظام تلفیقی کوددهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر ریزوباکتری‌های محرک رشد و سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر عملکرد و مقدار اسیدپروسیک سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) رقم اسپیدفید، آزمایشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال ۱۳۹۴ در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی(ره) شهرری، واقع در کیلومتر ۲۰ آزاد

تنک‌کردن مزرعه در دو نوبت و برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی نیز در دو نوبت انجام شد. صفات مورد بررسی عبارت بودند از: ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، قطر ساقه، کلروفیل (عدد اسپاد)، وزن تر علوفه، وزن خشک علوفه، وزن تر برگ‌ها، وزن خشک برگ‌ها، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، پروتئین ساقه و برگ، درصد اسیدپروسیک ساقه و برگ و تعداد برگ در بوته بود. قبل از برداشت نهایی از هر کرت چهار بوته به طور تصادفی انتخاب و صفاتی هم‌چون ارتفاع بوته، تعداد پنجه در هر بوته، قطر ساقه و محتوای کلروفیل برگ اندازه‌گیری شد. برداشت نهایی در ۱۰ درصد گل‌دهی صورت گرفت. برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، پس از حذف دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدای کرت و نیم متر از انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای، بوته‌های برداشت شده توزین و سپس در آن با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. برای تعیین میزان پروتئین علوفه نیز درصد نیتروژن موجود در برگ و ساقه به روش کجلدال و در سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون به دست آمده و در عدد ثابت ۶/۲۵ ضرب شد. داده‌های حاصل از آزمایش به وسیله نرم‌افزار SAS ver 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد صورت پذیرفت.

سانتی‌متر با عمق ۴ سانتی‌متر و به صورت کپه‌ای با دست بود. فاصله هر دو کرت از هم یک متر (دو پشته نکاشت) و فاصله بین دو تکرار ۲ متر در نظر گرفته شد. مخلوط کردن ورمی‌کمپوست قبل از کاشت صورت گرفت. ریزوباکتری‌های محرک رشد شامل: سوش‌های ازتوباکتر^۱، سودوموناس^۲ و آزوسپیریلوم^۳ با نام تجاری نیتروکسین از شرکت تجاری فن‌آوری زیستی مهرآسیا تهیه گردید. تعداد سلول زنده در هر میلی‌لیتر (CUF) برابر با 10^8 بود. جهت تلقیح بذرها، ابتدا میزان بذر مورد نیاز برای هر تیمار انتخاب، سپس بذرها درون کیسه‌های پلاستیکی جداگانه قرار داده شد. برای تسهیل تلقیح، لازم بود تا ابتدا سطح بذرها توسط یک ماده بی‌اثر و چسبنده خیس شود، بدین منظور از مقداری شکر حل شده در آب گرم (۱۰ گرم شکر در ۱۰۰ گرم آب) استفاده شد. پس از اطمینان از خیس شدن بذور توسط محلول تهیه شده، بذرها جهت خشک شدن به مدت دو ساعت در محل سایه قرار گرفتند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و به‌منظور یکنواختی در سبز شدن بذور آبیاری دوم به فاصله ۳ روز بعد و آبیاری‌های بعدی در فواصل منظم ۱۰ روزه اعمال شد. جهت به دست آوردن تراکم بهینه،

1. Azetobacter
2. Pseudomonas
3. Azospirillum

جدول ۱- ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

شن	سیلت	رس	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	بافت
(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)	(dS/m)		
۳۸	۴۲	۲۲	۴۴۷/۸	۱۴	۰/۱	۰/۳۳	۱/۴۵	۷/۵	لوم-رسی

جدول ۲- ویژگی شیمیایی ورمی کمپوست با منشاء دامی

روی	منگنز	آهن	مس	کربن آلی	مواد آلی	نسبت کربن به نیتروژن	هدایت الکتریکی	اسیدیته	نیتروژن	پتاسیم	فسفر	مشخصات
(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)		(dS/m)	ته	(%)	(%)	(%)	
۲۹/۵۴	۲۶/۳۱	۳۸/۷۶	۵/۶۱	۸/۱۲	۶۲	۱۴/۴۳	۱/۱	۷/۱	۵/۲۱	۳/۱۲	۱۴/۸۹	نتایج

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج به دست آمده نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر ارتفاع سورگوم داشتند (جدول ۳). به طوری که تلقیح بذور با باکتری‌ها نسبت به تیمار عدم تلقیح افزایش ۶/۸ درصدی در ارتفاع داشت. مقایسه میانگین صفات نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از تیمار تلقیح بذور با میانگین ۲۴۹/۸۵ سانتی‌متر و کمترین نیز با میانگین ۲۴۰/۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار عدم تلقیح بود. بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۲۶۵/۷۶ سانتی‌متر از کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین مقدار نیز با میانگین ۲۲۸/۰۸ سانتی‌متر مربوط به تیمار عدم کاربرد کود بود (جدول ۴). اثر متقابل عوامل آزمایش بر ارتفاع بوته معنی‌دار نگردید (جدول ۳).

(Arancon *et al* (2004) در مورد تأثیر ورمی‌کمپوست بر افزایش ارتفاع بر روی گیاهان بادمجان، بابونه و گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسیدند که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش ارتفاع این گیاهان شد. بنابراین احتمالاً ویژگی شیمیایی و فیزیکی هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده

رشد و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها باعث افزایش تجمع نیتروژن توسط گیاه شده و با افزایش نیتروژن، رشد گیاه و از جمله ارتفاع ساقه افزایش می‌یابد. قبلاً نیز افزایش ارتفاع آفتابگردان در اثر تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گزارش شده بود (Shehata & EL-Khawas, 2003). تلقیح بذر سیاهدانه با کودهای بیولوژیکی نظیر آروسپیریوم، ازتوباکتر و سودوموناس باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه، نظیر ارتفاع گیاه شده بود، که علت اصلی آن را افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه بیان کرد (Shalan, 2005). کودهای بیولوژیک حاوی ازتوباکتر و آروسپیریوم بر شاخص‌های رشدی مرزنجوش اثرات مثبت و قابل توجهی دارد. بررسی روند تغییرات ارتفاع گیاه در پاسخ به کودهای بیولوژیک در طول فصل رشد نیز نشان داد که ارتفاع بوته سیاهدانه در اثر تلقیح نسبت به شاهد افزایش یافته است، به طوری که در ۸۹ روز پس از سبز شدن بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب برای تیمار ترکیبی آروسپیریوم با میکوریزا و شاهد به دست آمد (Fatma *et al.*, 2006).

تعداد برگ در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، از نظر تعداد برگ در بوته، تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بودند. به گونه‌ای که بر اثر تلقیح بذور با باکتری‌ها، تعداد برگ در بوته با افزایش ۹/۲ درصدی همراه بود،

یعنی بیشترین تعداد برگ در بوته با میانگین ۱۲/۴۶ از تیمار تلقیح و کمترین تعداد نیز با میانگین ۱۱/۴۱ برگ از تیمار عدم تلقیح بدست آمد. بیشترین تعداد برگ در بوته با میانگین ۱۳/۵۵ برگ از تیمار کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین تعداد برگ نیز با میانگین ۱۰/۶۱ از تیمار شاهد حاصل شد. (جدول ۴). اثر متقابل عوامل آزمایش بر تعداد برگ در بوته معنی‌دار نگردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد با فراهمی عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست شرایط رشد رویشی و تشکیل آغازی‌های برگ به خوبی صورت گرفته و تعداد برگ افزایش یافته است (Tomati *et al.*, 1988). نتایج تحقیقی که بر روی گیاه دارویی رازیانه صورت گرفت، مشخص کرد که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست سبب افزایش اندام رویشی همانند تعداد برگ در این گیاه دارویی گردید (درزی و همکاران، ۱۳۸۷).

وزن خشک علوفه

نتایج بررسی‌ها نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک علوفه سورگوم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین صفات نشان داد که بر اثر تلقیح بذور با این باکتری‌ها میزان وزن خشک علوفه افزایش یافت. بیشترین وزن خشک علوفه با میانگین ۲۲۴۹/۱۷ گرم در مترمربع از تیمار تلقیح بذور با باکتری و کمترین مقدار نیز با

میانگین ۱۹۱۰/۸۳ گرم در متر مربع از تیمار عدم تلقیح بذر حاصل گردید که افزایشی ۱۷/۷ درصدی را نشان داد. همچنین بیشترین وزن خشک علوفه با میانگین ۲۳۵۰ گرم در مترمربع مربوط به کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بود که البته اختلاف معنی‌داری با کاربرد ۱۰ تن در هکتار نداشت. کمترین مقدار نیز با میانگین ۱۷۵۵ گرم در مترمربع مربوط به تیمار عدم کاربرد ورمی‌کمپوست بود (جدول ۴). اثر متقابل عوامل آزمایش بر وزن خشک علوفه معنی‌دار نگردید (جدول ۳). گروهی از ریز موجودات شامل باکتری‌ها از جمله آزوتوباکتر و آزوسپریلوم وجود دارند که با ریشه گروهی از گیاهان از جمله سورگوم همیار بوده و امروزه توجه ویژه‌ای به آن‌ها معطوف شده است (Tilak *et al.*, 2005). این باکتری‌ها با داشتن توانایی تولید ترکیباتی مثل انواع ویتامین‌های گروه B، بیوتین، اسید پنتونیک، اسید نیکوتینیک و همچنین هورمون‌هایی مثل اکسین و جیبرلین می‌توانند در افزایش رشد ریشه و عملکرد گیاه نقش موثری ایفا کنند (Kader, 2002).

تعداد پنجه

اثر اصلی کاربرد ریزوباکتری‌های محرک رشد بر تعداد پنجه در سطح احتمال ۱ درصد و کاربرد ورمی‌کمپوست در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد پنجه در بوته با میانگین ۴/۲۲

رشد و کیفیت محصولات زراعی و باغی می‌شود (Arancon *et al.*, 2004).

میزان کلروفیل کل

تلقیح بذره‌های سورگوم با ریزوباکتری‌های محرک رشد بر میزان کلروفیل کل در سطح احتمال ۵ درصد و با کاربرد ورمی‌کمپوست در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل (عدد اسپاد) با میانگین ۲۴/۸۸ از تیمار تلقیح بذر و کمترین مقدار نیز با میانگین ۲۳/۱۳ از تیمار عدم تلقیح حاصل شد. بیشترین میزان کلروفیل با میانگین ۲۸/۸۳ مربوط به کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین نیز با میانگین ۲۱/۱ مربوط به تیمار عدم کاربرد ورمی‌کمپوست بود (جدول ۴). اثر متقابل آزمایش بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار نگردید (جدول ۳). تأثیر تلقیح باکتریایی بر گیاه آفتابگردان موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان رنگدانه‌های کلروفیل a، b و کاروتن قبل و بعد از گلدهی شده و تولید انرژی و در نهایت رشد آفتابگردان در تیمار کود زیستی نسبت به تیمار کنترل (عدم تلقیح) بیشتر بود (Marius *et al.*, 2005). با افزایش ورمی‌کمپوست از ۰ تا ۵۰ درصد، میزان کلروفیل برگ در گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی افزایش معنی‌داری نشان داد که دلیل آن را احتمالاً ویژگی موجود در ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش

پنجه در تیمار تلقیح بذر و کمترین تعداد نیز با میانگین ۲/۲۹ پنجه مربوط به تیمار عدم تلقیح بود. بیشترین تعداد پنجه با میانگین ۴/۱۲ مربوط به کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین نیز با میانگین ۲/۵۸ پنجه مربوط به عدم کاربرد ورمی‌کمپوست بود (جدول ۴). اثر متقابل عوامل آزمایش بر تعداد پنجه معنی‌دار نگردید (جدول ۳). باکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک علاوه بر افزایش فراهمی عناصر غذایی خاک از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم، کنترل عوامل بیماری‌زا و تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده و محرک رشد گیاه، عملکرد گیاهان و در نهایت نمود نظام زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Balyan *et al.*, 2008). باکتری‌های جنس ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم و سودوموناس با تولید مقادیر قابل ملاحظه هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین رشد و عملکرد نهایی گیاهان زراعی را از طریق افزایش اندام‌های رویشی مانند تعداد شاخه فرعی و تعداد پنجه در بوته تحت تأثیر قرار می‌دهند (Zahir *et al.*, 2000). ورمی‌کمپوست با ویژگی‌هایی مانند تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری بالای عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آن‌ها و همچنین ظرفیت بالای نگهداری آب را دارد و استفاده از آن در کشاورزی سبب بهبود

گونه‌های گیاهی را افزایش می‌دهد و عملکرد اندام‌هوایی از جمله وزن خشک برگ و ساقه نیز افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهند (Singh and Beisin. 1998).

وزن خشک ساقه تک بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد و ورمی‌کمپوست بر وزن خشک ساقه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز مشخص کرد که بیشترین وزن خشک ساقه تک بوته با ۷۳۸/۵۵ گرم مربوط به تلقیح و کمترین مقدار با ۶۷۰/۳۳ گرم مربوط به عدم تلقیح بود. همچنین وزن خشک ساقه تک بوته با میانگین ۵۵۰/۶۷ گرم مربوط به کاربرد ۱۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و کمترین میزان آن با میانگین ۳۸۶/۶۷ گرم مربوط به عدم کاربرد کود ورمی‌کمپوست بود (جدول ۴). اثر متقابل عوامل آزمایش بر وزن خشک ساقه تک بوته معنی‌دار نگردید (جدول ۳). کودهای آلی هم‌چون ورمی‌کمپوست با افزایش میزان عناصر غذایی در دسترس گیاه و آزادسازی تدریجی آن‌ها باعث افزایش رشد گیاه شده و میزان بیوماس تولیدی را افزایش می‌دهند. کودهای دامی نیز با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک باعث رشد بهتر ریشه و به دنبال آن افزایش رشد گیاه و عملکرد بیولوژیک می‌شوند. افزایش میزان بیوماس تولیدی در اثر مصرف کودهای آلی در گیاه

هورمون‌های تنظیم کننده رشد و میکرو ارگانیسم‌ها دانسته که باعث تجمع نیتروژن و افزایش میزان کلروفیل برگ نیز گردیده است (دهدشتی و همکاران، ۱۳۸۶).

وزن خشک برگ تک بوته

کاربرد ریزوباکتری‌های محرک رشد و ورمی کمپوست بر وزن خشک برگ تک بوته سورگوم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ تک بوته با میانگین ۳۲۷/۷۳ گرم از تلقیح بذر با باکتری‌ها و کمترین مقدار مربوط به عدم تلقیح با میانگین ۲۶۴/۵۸ گرم بود. همچنین بیشترین وزن خشک برگ تک بوته با میانگین ۴۸۸/۰ گرم از کاربرد ۱۵ تن در هکتار و کمترین میزان نیز با میانگین ۱۸۵/۸۳ گرم از عدم کاربرد ورمی کمپوست بدست آمد (جدول ۴). اثر متقابل عوامل آزمایش بر وزن خشک برگ تک بوته معنی‌دار نگردید (جدول ۳). در بررسی تاثیر کود زیستی به همراه کودهای آلی همانند کود ورمی کمپوست نشان داده شد که در اثر تلقیح بذر با کود زیستی نیتروکسن وزن خشک ساقه، برگ و اندام هوایی نسبت به تیمارهای عدم تلقیح بذر افزایش چشم‌گیری نشان داد (سجادی‌نیک و همکاران، ۱۳۹۰). اثر کمپوست بر افزایش تولید برخی گیاهان از جمله اسفرزه و منداب مطالعه و مشخص شده که با افزایش نسبت کمپوست در خاک اجزای بیوماس

طول فصل رشد باعث افزایش قابل توجه میزان پروتئین در تیمار تلفیقی ازتوباکتر و ورمی‌کمپوست نسبت به سایر تیمارها شده است. افزایش میزان پروتئین گیاه به موازات افزایش میزان نیتروژن قابل جذب در نتایج بررسی‌های سایر محققین نیز مشاهده شده است (سعیدنژاد و همکاران، ۱۳۹۱).

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق مشخص شد که ریزوباکتری‌های محرک رشد و ورمی‌کمپوست به تنهایی بر صفات شاخص عملکرد و اجزای عملکرد اثر مثبتی داشته ولی برهم‌کنش آن‌ها اثر معنی‌داری بر صفات مورد بررسی نداشته است. همچنین با افزایش مقدار کاربرد ورمی‌کمپوست در هکتار صفات مورد بررسی افزایشی حدود ۴ تا ۱۰ درصدی را نسبت به کاربرد باکتری‌های محرک رشد داشتند.

بومادران نیز گزارش شده است (Scheffer & Koehler, 1993). در کشت ارگانیک ریحان نیز مصرف کمپوست باعث افزایش رشد رویشی گیاه گردید (El Gendy et al., 2001).

درصد پروتئین علوفه

اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر درصد پروتئین علوفه سورگوم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین و پایین‌ترین درصد پروتئین به ترتیب با ۱۲/۸۹ و ۱۱/۵۹ درصد مربوط به تلقیح و عدم تلقیح بود (جدول ۴). اثر متقابل عوامل آزمایش بر درصد پروتئین علوفه معنی‌دار نگردید (جدول ۳). کاربرد باکتری‌هایی از جنس *Azospirillum* و *Pseudomonas* باعث افزایش پروتئین سورگوم شدند، به نظر می‌رسد که تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم و نیز آزادسازی ترکیبات نیتروژنه از ورمی‌کمپوست در

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و ورمی کمپوست بر خصوصیات کیفی و کمی سورگوم

تعداد برگ	تعداد علوفه	وزن خشک علوفه	ارتفاع بوته	ارتفاع پنجه	تعداد قزاق	کلروفیل متر	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک پروتئین	محتوی پروتئین	محتوی اسید	درجه آزادی df	تغییرات منابع S.O.V
۱۲/۴۶**	۳۲۳۷/۵۰ ^{ns}	۴۸۳۳ ^{ns}	۴/۵۲*	۱/۰۶ ^{ns}	۵۹۰۷/۵۴ ^{ns}	۱۲۷۸۲/۸۸*	۰/۳۵ ^{ns}	۱۲۲/۴۲*	۲	بلوک			
۶/۵۲**	۳۸۱۱۰/۰۰**	۱۴۹۳/۱۶**	۰/۳۶*	۷۰/۱۳**	۴۶۶۳۰/۴۱**	۹۵۰۸۰/۹۹**	۲/۵۴**	۱۱/۹۵ ^{ns}	۳	ریزویاکتری‌ها			
۶/۵۵*	۶۸۶۸۱۶/۶۶**	۵۴۸۱۱۷**	۵/۱۶**	۱۸/۲۸*	۲۸۹۷۲/۸۲ ^{ns}	۳۷۸۴۰/۴۹**	۰/۴۶ ^{ns}	۱/۳۳ ^{ns}	۱	ورمی کمپوست			
۰/۶۲ ^{ns}	۵۷۴۲۷/۷۷ ^{ns}	۱۶۳۹ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۵۲ ^{ns}	۲۶۹۲۰/۳۹ ^{ns}	۳۴۹۱/۴۵ ^{ns}	۰/۰۳۶ ^{ns}	۲/۳۳ ^{ns}	۳	ریزویاکتری‌ها × ورمی کمپوست			
۱/۲۷	۳۴۶۳۷/۵۰	۲۹/۷۵	۰/۰۹۲	۲/۵۲	۱۳۲۳۹/۲۴	۲۰۷۶/۹۹	۰/۲۳	۲۹/۰۵	۱۴	خطا			
۹/۴۴	۸/۹۴	۳/۷۵	۱۷/۲۹	۶/۶۱	۱۶/۴۳	۱۵/۴۶	۳/۸۳	۲/۴۲	-	ضریب تغییرات (%)			

ns: نسی، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ می‌باشند.

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر تلقیح با باکتریهای محرک رشد و ورمی کمپوست بر خصوصیات کیفی و کمی سورگوم

تعداد برگ	وزن خشک علوفه (گرم در مترمربع)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد پنجه	کلروفیل	قرائت عدد اسپاد (گرم در تک بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در تک بوته)	وزن خشک برگ (گرم در تک بوته)	وزن خشک برگ (گرم در تک بوته)	پروتئین (%)	پروسیک اسید در ساقه و برگ (PPM)	کودها
۱۰/۶۱c	۱۷۵۵/۰c	۲۲۸/۰۸d	۲/۵۸b	۲۱/۱۰c	۳۸۶/۶۷d	۱۸۵/۸۳c	۱۱/۹۷b	۲۲۳a	۰		
۱۱/۱۴bc	۲۰۳۵/۰b	۲۳۹/۸۰c	۲/۶۶b	۲۲/۱۷bc	۶۱۲/۶۷c	۲۳۹/۱۷c	۱۲/۳۳b	۲۲۳/۸۰a	۵		
۱۲/۴۲ab	۲۱۸۰/۰ab	۲۴۶/۶۸b	۲/۶۶b	۲۳/۹۳b	۷۷۳/۶۰b	۲۹۸/۳۳b	۱۳/۲۷a	۲۲۱a	۱۰		
۱۳/۵۵a	۲۳۵۰/۰a	۲۶۵/۷۵a	۴/۱۲a	۲۸/۸۳a	۵۵۰/۶۷a	۴۸۸a	۱۳/۲۹a	۲۲۱/۸۳a	۱۵		
کود زیستی											
۱۲/۴۶a	۲۲۴۹/۱۷a	۲۴۹/۸۵a	۴/۲۲a	۲۴/۸۸a	۷۳۸/۵۵a	۳۲۷/۷۳a	۱۲/۸۹a	۲۲۲/۳۶a		با تلقیح	
۱۱/۴۱b	۱۹۱۰/۸۳b	۲۴۰/۳۰b	۲/۲۹b	۲۳/۱۳b	۶۷۰/۳۳a	۲۶۴/۵۸b	۱۱/۵۹b	۲۲۲/۳۳a		بدون تلقیح	

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های با حروف مشترک از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون دانکن ندارند.

منابع

- بیولوژیک کودهای شیمیایی و کود بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ای سورگوم علوفه (*Sorghum bicolor*). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰ (۳): ۵۱۰-۵۰۳.
- فلاح، س. ا.، ا. قلاوند، و م. ر. خواجه پور. ۱۳۸۶. تاثیر نحوه اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای (*Zea mays L.*). نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱ (۴۰): ۲۴۴-۲۳۲.
- مدنی، ح.، غ. نادری بروجردی، ح. آقاجانی، و ع. ر. پازکی. ۱۳۸۵. مقایسه اثرات مصرف کودهای شیمیایی فسفره و باکتری‌های حل کننده فسفات در عملکرد دانه، بیولوژیک و محتوای نسبی فسفر بافت‌ها در کلزای پاییزه. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۶ (۴): ۱۰۴-۹۳.
- ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۹. تغذیه متعادل گندم. نشر آموزش کشاورزی. تهران.
- Arancon, N., C. Edwards, P. Bierman, C. Welch, C. and J.D. Metzger. 2004. Influence of vermicompost on field strawberries: 1.Effects on growth and yield. J. Biortech. 93: 145-153.
- افتخاری، س.ق.، ع. ر. فلاح نصرت آباد، غ. ع. اکبری، ع. محدثی، و ا. اله دادی. ۱۳۸۸. اثر باکتری‌های حل کننده فسفات و کودهای فسفاته بر چگونگی رشد گیاه برنج. نشریه علمی پژوهشی پژوهش های خاک. موسسه تحقیقات آب و خاک. تهران. ایران. ۲۳: ۲. ۵۶-۴۳.
- درزی، م. ت.، الف. قلاوندی، و ف. رجالی. ۱۳۸۷. تأثیر مصرف کودهای زیستی بر روی جذب K,P,N، و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، شماره ۱.
- دهدشتی زاده، ب.، آرویی، ح.، عزیزی.ف.م، و غ. ح. داوری نژاد. ۱۳۸۶. بررسی اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست و عنصر معدنی فسفر بر رشد و نمو برخی از عناصر غذایی در نشاء گوجه فرنگی. مجله علوم باغبانی ایران. ۴۰ (۳): ۵۸-۴۹.
- سجادی نیک، ر.، ع. یدوی، ح. ر. بلوچی، و ه. فرجی. ۱۳۹۰. مقایسه کود شیمیایی (اوره)، آلی (ورمی کمپوست) و زیستی (نیتروکسین) بر عملکرد کمی و کیفی کنجد. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۱ (۲): ۳۵-۴۸.
- سعیدنژاد، ا. ح.، ح. ر. خزاعی، و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۹۱. مطالعه اثر کاربرد مواد آلی،

- Sharma, A.K.** 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agribios India press.
- Somani, L.L., P. Shilpkar, and D. Shilpkar.** 2011. Biofertilizers: Commercial production technology and quality control. Agrotech Publishing Academy, India.
- Scheffer, M.C. and H.S. Koehler.** 1993. Influence of organic fertilization on the biomass, yield and yield composition of the essential oil of *Achillea millefolium*. J. Acta Hortic. 331:109-114.
- Shaalán, M.N.** 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of (*Nigella sativa* L.) plants. J. Egy. Agric. Res. 83: 811-828.
- Shehata, M.M. and S.A. EL-Khawas.** 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. J. Pakistan Biol. Sci. 6.14:1257-1268.
- Singh, A.K. and S.S. Beisin.** 1998. Effectiveness of compost towards increasing productivity of some medicinal plants in skeletal soil. Advances in Forest Res. in India. 18:64-83.
- Richardson, A.E., J.M. Barea, A.M. McNeill, and C. Prigent-Combaret.** 2009. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant
- Balyan, J.K., S. Puspendra, B.S. Kumpawat, and M.L. Jat.** 2008. Effect of organic manure, fertilizer level and biofertilizers on soil nutrients balance in maize (*Zea mays* L.). Div. Trop. Crops Pastures Tech. 9. 2: 308-310.
- El Gendy, S.A., A.M. Hosni., E.A. Omer, and M.S. Reham.** 2001. Variation in herbage yield, essential oil yield and oil composition on sweet basil (*Ocimum bacilicum*) grown organically in a newly reclaimed land in Egypt. J. Arab University of Agric. Sci. 9:915-933.
- Fatma, F.M., I. Ei-Hadidy, H.I. Abd Ei-Fattah, and H. Seham Salem.** 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and inorganic amendments application on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous. Agric. Microbiology Dept. Faculty of Agric. Final Report. Zagazig University and Soil Fertility and Microbiology Dept, Desert Res Center, Egypt.
- Kader, M.A.** 2002. Effect of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. J. Biol. Sci. 2: 259-261.
- Marius, S., A. Octavita, U. Eugen, and A. Vlad.** 2005. Study of a microbial inoculation on several biochemical indices in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Analele utiin Gifce ale Universita Gii Alexandru Ioan Cuza Geneticaii Biologie Moleculara. 11-14.

- Zahir, A.Z., S.A. Abbas, A. Khalid, and M. Arshad.** 2000. Substrate depended microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedling. *J. Pakistan of Biol. Sci.*3: 289-291.
- Zaied, K.A., A.H. Abd-El-Hady, A.H. Afify, and M.A. Nassef.** 2003. Yield and nitrogen assimilation of inter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. *Pakistan of Biol. Sci.* 6: 344-358.
- growth promotion by microorganisms. *J. Plant Soil.* 321:305–339.
- Tilak, B.R., N. Ranganayaki, K.K. Pal, R.D. Saxena, A.K. Shekhar Nautiyal, C. Tripathi, and B.N. Johri.** 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *J. Current Sci.*89: 136-150.
- Tomati, U., A. Grappelli, and E. Galli.** 1988. The hormone-like effect of earthworm on plant growth. *J. Bio. and Fertility of Soils.*5: 288-94.

Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPRs) and different levels of vermicompost on yield and prussic acid amount of Sorghum

R. Monem^{1*}, S.M. Hosseini Mazinani¹

1. Department Of Agronomy and Plant breeding, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

Due to the country's water situation and the lack of soil fertility, this study was conducted to evaluate the effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPRs) and different levels of vermicompost on yield and prussic acid amount of Sorghum. A factorial experiment using the randomized complete block design with three replications was carried out in the educational and research farm of Islamic Azad University Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahr-e Rey Branch during 2015. The major factor was four different levels of vermicompost application (0, 5, 10 and 15 t/ha) and the sub factor inoculation with *Azotobacter*, *Pseudomonas*, and *Azospirium* two levels (inoculated and not inoculated). Vermicompost had significant effects on all the studied traits except for stem diameter and percentage of prussic acid in leaves and stems. Moreover, all traits except for stem dry weight and percentages of leaf and stem protein and prussic acid were significantly influenced by inoculation with PGPRs. The comparison of the mean simple effects showed that the highest dry yield of dried with 2350 and 2249.17 gr/m² was obtained from application of 15 tons per hectare of vermicompost as well as inoculation of rhizobacteria. Therefore, application of vermicompost at 15 t/ha together with inoculation of sorghum seeds by PGPRs can increase fodder yield and protein contents up to 35 and 13.29 percent, respectively. Interaction different levels of vermicompost application and inoculation of seeds with growth of rhizobacteria did not affect the traits.

Keywords: Sorghum, Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPRs), Prussic acid, Vermicompost, Yield

* Corresponding author (Rezamaem@yahoo.com)