دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله اکوفیزیولوژی گیاهی
سال پنجم، شماره چهاردهم، ۱۳۹۲

اثر سویه های متفاوت باکتری سودوموناس فلورسنت بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه روغنی گلرنگ

علیرضا رحیمی[۱]، مجید جامی الاحمدی[۲]، کاظم خاوازی[۳]، محمد حسن سیاری[٤]، رستم یزدانی بیوکی[٥]

تاریخ دریافت:۹۱/۱۲/۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۳۰

چکیده

به منظور مطالعه اثرات کاربرد باکتری‌های محرک رشد (سودوموناس) بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorious* L.) رقم IL111، آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ده تیمار در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل: سویه‌های ۳٦، ۹۹، ۱٦۹ و ۱۸۷ باکتری‌های سودوموناس فلورسنت و سویه‌های ۱٦۸، ۱۷۷، ۱۵۹، ۱۱ و ٤۱ باکتری‌های سودوموناس پوتیدا به همراه تیمار شاهد (بدون تلقیح باکتری) بودند. در این بررسی عملکرد کمی، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی (درصد روغن و پروتئین) اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که تلقیح گیاه با سویه‌های باکتری بر هیچ‌کدام از ویژگی‌های گیاه معنی‌دار نبود، با این وجود مقایسات گروهی نشان داد که صفاتی همچون تعداد شاخه اصلی در بوته، قطر ساقه و وزن هزار دانه و از صفات کیفی درصد روغن دانه معنی‌دار شدند. اکثر تیمارهای باکتری از لحاظ صفات کمی و کیفی مورد مطالعه بر تیمار شاهد برتری نشان دادند، باکتری‌ها به طور متوسط عملکردهای دانه و روغن را به ترتیب به میزان ۲۵ و ۵۰ درصد افزایش دادند. باکتری‌های سودوموناس پوتیدا نسبت به سایر باکتری‌ها در تمامی صفات بجز تعداد طبق در بوته برتر بودند. از لحاظ شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول سویه ۱۷۷ باکتری سودوموناس پوتیدا نسبت به سایر تیمارها به صورت معنی‌داری برتر بودند. به نظر می رسد که بتوان با کاربرد باکتری های محرک رشد در جهت افزایش ویژگی های رشدی گیاهان استفاده کرد.

کلمات کلیدی: درصد روغن، درصد پروتئین، شاخص‌های رشد گیاه

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه بیرجند

۲- دانشیار دانشگاه بیرجند

۳- استادیار دانشگاه تهران

٤- استادیار دانشگاه بیرجند

۵- دانشجوی دکتری دانشگاه بیرجند- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: Yazdani.agroecology@yahoo.com

مقدمه

گلرنگ گیاهی روغنی و از خانواده آفتابگردان است و به دلیل ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیکی ویژه‌ای که دارد (لئونارد و فرنچ، ۱۹٦۹)، قادر است میزان روغن مناسب، که در شرایط مساعد بسته به نوع ژنوتیپ تا ٤٥ درصد می‌رسد، تولید نماید (زینلی، ۱۳۷۸). با توجه به اینکه موطن اصلی گلرنگ، کشورهای خاورمیانه به ویژه ایران و ترکیه معرفی شده است، بومی بودن این گیاه و سازگاری آن با شرایط اقلیمی ایران از جمله امتیازات گیاه گلرنگ به منظور کشت در کشور محسوب شده و می‌تواند در تأمین دانه‌های روغنی مورد نیاز نقش موثری داشته باشد (باقری و همکاران، ۱۳۸۰).

کودهای زیستی یا بیولوژیک به مواد حاصلخیز کننده‌ای گفته می‌شود که حاوی تعداد کافی از یک یا چند گونه از میکروب‌های مفید خاک زی و یا فرآورده‌های متابولیک آن‌ها است که روی مواد نگه‌دارنده مناسبی به منظور تأمین عناصر غذایی گیاه عرضه می‌شوند (تیلاک، ۱۹۸۲). مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه‌های تولید و مصرف آن‌ها و اثرات سویی که بر چرخه‌های زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارند از علل رویکرد به کاربرد کودهای زیستی است (ساکسنا و تیلاک، ۲۰۰۲).

بیش از یک قرن است که باکتری‌هایی که رشد گیاه و تولید آن را افزایش می‌دهند شناخته‌شده‌اند. مایه تلقیح گونه‌های خاصی از این میکروب ها در برخی از کشورهای جهان به طور رایج استفاده می‌شود (احمدزاده، ۱۳۷۹). استفاده از باکتری‌های مناسب برای بهبود رشد گیاه و کاهش آلودگی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، در بسیاری از مناطق دنیا مرسوم است (بارتل، ۱۹۹۷؛ گلیک، ۱۹۹۵).

گونه‌های سودوموناس فلورسنت یکی از ترکیبات مهم جمعیت‌های باکتریایی ریزوسفر است (بنیزری و همکاران، ۲۰۰۱). چندین مطالعه روی جمعیت باکتریایی محیط ریشه‌ای گیاهان نشان داده که سودوموناس های فلورسنت گروه مهمی از ریزوباکتری‌ها را تشکیل می‌دهند (ولاساک و همکاران، ۱۹۹۲). جدایه های خاصی از سودوموناس های فلورسنت عمدتاً *P. fluorescens* و *P.putida* رشد گیاهان را تحریک می‌کنند و بدین ترتیب در افزایش عملکرد آن‌ها نقش ایفا می‌کنند (اسچیپر و همکاران، ۱۹۸۷). سودوموناس های فلورسنت برای تلقیح بذر و ریشه محصولات سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و برخی دیگر از محصولات استفاده شده‌اند (دولینگ و اگارا، ۱۹۹٤). والر و کوک (۱۹۸٦) نشان دادند که تلقیح بذور گندم با *P.fluorescens* موجب افزایش رشد آن‌ها شد. ولاساک و همکاران (۱۹۹۲) نشان دادند که از ٦٤ سویه سودوموناس فلورسنت، ۱۷سویه موجب افزایش رشد در گیاهچه های‌های گندم شد که این افزایش در گیاهچه های تلقیح نشده دیده نشد. تلقیح بذرهای گیاهی با یک سودوموناس فلورسنت با نام RBT13 نشان داد که بذور تلقیح شده دارای سرعت جوانه زنی بیشتری نسبت به بذرهای غیر تلقیحی داشت و همچنین وزن خشک و تر، طول اندام هوایی و طول ریشه در گیاهان تلقیح شده رشد بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان دادند که آن‌ها این باکتری‌ها را در گروه باکتری‌های محرک رشد قرار دادند (دولینگ و اگارا، ۱۹۹٤).

فریتاس و جرمیدا (۱۹۹۲) نشان دادند که در شرایط رشد گلخانه‌ای برخی سودوموناس ها رشد گندم زمستانه را افزایش می‌دهند، آن‌ها ۹ سودوموناس فلورسنت را جدا و شناسایی کردند که رشد گندم را افزایش داد. والر و کوک (۱۹۸٦) افزایش در ارتفاع بوته، تعداد پنجه‌ها و عملکرد دانه گندم تلقیح شده با سودوموناس های فلورسنت را گزارش کردند.

با توجه به روند رو به رشد استفاده از ترکیبات آلی در کشاورزی، و افزایش تقاضای تولید گیاهان روغنی، هدف این تحقیق بررسی اثر سویه‌های متفاوت باکتری سودوموناس فلورسنت بر ویژگی‌های گیاه روغنی گلرنگ بود.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه اثرات کاربرد باکتری‌های محرک رشد (سودوموناس فلورسنت) بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های گلرنگ رقم IL111، آزمایشی در پاییز ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی۳۲ درجه و ٥٦ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱٤۸۰ متر از سطح دریا در زمینی به مساحت ۱۲٦۰ مترمربع اجرا گردید. منطقه آزمایشی دارای اقلیم نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و خشک است.

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و ۳ تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل: تلقیح بذرها با ۱) سویه ۱٦۹ باکتری سودوموناس فلورسنس، ۲) سویه ۱۸۷ باکتری سودوموناس فلورسنس، ۳) سویه ۱۱ باکتری سودوموناس پوتیدا، ٤) سویه ۱۷۷ باکتری سودوموناس پوتیدا، ۵) سویه ٤۱ باکتری سودوموناس پوتیدا، ٦) سویه ۹۹ باکتری سودوموناس فلورسنس، ۷) سویه ۳٦ باکتری سودوموناس فلورسنس، ۸) سویه ۱٦۸ باکتری سودوموناس پوتیدا، ۹) سویه ۱۵۹ باکتری سودوموناس پوتیدا و ۱۰) تیمار شاهد (بدون تلقیح باکتری) بودند (سویه‌های مختلف باکتری از مرکز بیولوژی خاک کشور تهیه شد). به منظور تلقیح بذرها نیم ساعت پیش از عملیات کشت در مزرعه در محلی سایه و دور از نور خورشید و عاری از وزش باد، تمام بذرها مربوط به هر تیمار به صورت مجزا با اسپری کردن مقدار کمی آب، بذرها مرطوب گردید و با استفاده از۵ سی‌سی صمغ عربی بذرها چسبناک شده و ماده تلقیحی که حاوی پودر سس محتوای سوش های باکتری (ماده مغذی جهت تغذیه باکتری‌ها و نیز به عنوان محیط نگه‌دارنده) بود به بذرها اضافه شد و به مدت ۳۰ ثانیه تکان داده شد تا کلیه بذرها به صورت یکنواخت آغشته به مایه تلقیح شوند و بلافاصله پس از تلقیح بذور اقدام به کشت گردید.

مساحت هر کرت آزمایشی ۱۸ مترمربع با ٦ ردیف کشت به فاصله ٦۰ سانتی متر و ۱۵-۱۰ سانتی متر فاصله بوته‌ها در روی ردیف در نظر گرفته شد. بین هر دو تیمار مجاور، یک پشته (ردیف) به صورت نکاشت به عنوان مرز قرار گرفت. فاصله بین بلوک‌ها ٤ متر در نظر گرفته شد. کاشت بذرها به صورت دستی و روی خطوط کاشت، در عمق ۳-۵ سانتی‌متری انجام شد.

عملیات تنک زمانی انجام شد که بوته‌ها در مرحله ۵ تا ٦ برگی و در ارتفاع ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر بودند. نخستین آبیاری ۱۳۸۸/۸/۱۵ به عنوان تاریخ کشت منظور گردید و در نوبت‌های بعدی دور آبیاری ۷ روز انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز نیز در همه تیمارها به صورت وجین دستی و همزمان انجام گرفت. برداشت گلرنگ در اول امرداد ماه ۱۳۸۹ و با مشاهده

علائم زرد شدن برگ‌ها و طبق‌ها و به وسیله دست صورت گرفت.

به منظور تعیین پارامترها و شاخص‌های رشدی، از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی ۵ بوته از دو ردیف وسط هر کرت با حذف اثر حاشیه‌ای (نیم متر از ابتدای کرت و نیم متر از آخر) خارج شد. سپس صفاتی از جمله تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی در بوته، ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه تعیین گردید. عملکرد دانه و شاخص برداشت در واحد سطح از دو ردیف میانی از نیمه اول کرت به استثناء نیم متر اثر حاشیه‌ای، با سطحی معادل ۲ مترمربع محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری وزن و درصد پوسته‌ها تعداد ۲۰ دانه وزن شدند سپس به درون پتری دیش‌ها جهت جوانه زنی منتقل شدند سپس پتری دیش‌ها به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و با رطوبت کافی در اتاقک کشت قرار داده شد و پس از طی این مدت در اثر جوانه زنی بذرها پوست دانه به راحتی تفکیک شد پوسته‌های مربوط به هر تیمار به درون پاکت‌های کاغذی منتقل و به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد تا کاملاً خشک شود پس از آن مجدداً توزین شدند و با تفاضل وزن پوست دانه از کل آن، وزن مغز دانه حاصل شد.

۱۰۰ × وزن کل بذر / (وزن خشک پوست) = درصد پوست دانه

جهت اندازه‌گیری درصد روغن دانه‌ها طبق روش سوکسله یک گرم دانه آسیاب شده با استفاده از حلال آلی هگزان و به مدت ٤ ساعت روغن استخراج گردید و در انتها طبق رابطه ۲ درصد روغن محاسبه گردید.

۱۰۰ ×(w3-w2/w1) = درصد روغن

w1: وزن نمونه، w2: وزن اولیه لیوان

w3: وزن ثانویه لیوان

با استفاده از روش کجلدال در آزمایشگاه درصد پروتئین دانه‌ها با نمونه‌های یک گرمی آسیاب شده از هر کرت محاسبه شد و در نهایت با استفاده از فرمول زیر میزان نیتروژن یا درصد پروتئین خام نمونه محاسبه شد (قاسمی دهکردی، ۱۳۸۰).

۱۰۰× (درصد رطوبت - (۱۰۰/ درصد پروتئین خام))= درصد پروتئین خام در ماده خشک

در نهایت عملکرد پروتئین از حاصل‌ضرب درصد پروتئین دانه در عملکرد دانه هر کرت حاصل شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد (SAS Institute, 2000) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های مورفولوژیکی گلرنگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تلقیح گیاه با سویه‌های مختلف باکتری در این تحقیق بر هیچ‌کدام از ویژگی‌های مرفولوژیکی گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبود (جداول ۱ و ۲). با این وجود مقایسات گروهی مطابق با جدول ۳ معنی‌دار شد.

تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که گیاهان تحت تیمارهای مختلف از لحاظ تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی در بوته اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند (جداول ۱ و ۲). با این حال مقایسه گروهی نشان داد که گیاهان تیمار شده با باکتری‌های سودوموناس پوتیدا نسبت به سایر مقایسات برتر بود (جدول۳).

جدول ۱- تجزیه واریانس ویژگی‌های مرفولوژیکی و شاخص‌های رشد و نمو در گلرنگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد شاخه‌های اصلی در بوته	تعداد شاخه‌های فرعی در بوته	ارتفاع بوته	قطر ساقه
بلوک	۲	۰/۵۰^{ns}	۸/۲۸^{ns}	۵۵/۴۷^{ns}	۰/۴۱^{ns}
تیمار	۹	۱/۰۰^{ns}	۲/۵۷^{ns}	۲۱/۳۷^{ns}	۰/۹۰^{ns}
خطا	۱۸	۰/۹۶	۵/۷۲	۴۲/۹۶	۰/۳۸
ضریب تغییرات	–	۱۷/۲۸	۲۲/۱۶	۷/۷۹	۹/۶۰

ns: معنی‌دار نیست.

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات مرفولوژیکی و شاخص‌های رشد و نمو در گیاه گلرنگ

تیمار	تعداد شاخه های اصلی در بوته	تعداد شاخه های فرعی در بوته	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	قطر ساقه (سانتیمتر)
سویه ۱۶۹ فلورسنس	۵/۲^{ab}	۵/۴^{a}	۷۷/۷^{a}	۵/۸^{ab}
سویه ۱۸۷ فلورسنس	۵/۳^{ab}	۶/۱^{a}	۸۵/۹^{a}	۶/۶^{ab}
سویه ۱۱ پوتیدا	۵/۸^{ab}	۷/۱^{a}	۸۴/۸^{a}	۷/۱^{a}
سویه ۱۷۷ پوتیدا	۶/۷^{a}	۷/۳^{a}	۸۷/۷^{a}	۷/۲^{a}
سویه ۴۱ پوتیدا	۶/۴^{ab}	۷/۵^{a}	۸۳/۵^{a}	۶/۵^{ab}
سویه ۹۹ فلورسنس	۵/۶^{ab}	۷/۲^{a}	۸۵/۴^{a}	۶/۶^{ab}
سویه ۳۶ فلورسنس	۵/۶^{ab}	۸/۰^{a}	۸۵/۴^{a}	۶/۳^{ab}
سویه ۱۶۸ پوتیدا	۵/۸^{ab}	۸/۵^{a}	۸۴/۵^{a}	۶/۶^{ab}
سویه ۱۵۹ پوتیدا	۵/۵^{ab}	۶/۵^{a}	۸۲/۹^{a}	۵/۷^{ab}
شاهد (بدون تلقیح باکتری)	۴/۷^{ab}	۵/۳^{a}	۸۲/۹^{a}	۵/۷^{ab}

حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مرفولوژیکی و شاخص‌های رشد و نمو در مقایسات گروهی در گلرنگ

	تعداد شاخه‌های اصلی در بوته	تعداد شاخه‌های فرعی در بوته	ارتفاع بوته	قطر ساقه
تمام تیمارهای باکتری در برابر تیمار شاهد	۳/۶۵^{ns}	۸/۸۵^{ns}	۴/۸۰^{ns}	۱/۳۹^{ns}
باکتری‌های پوتیدا در برابر فلورسنس	۲/۴۶^{ns}	۳/۰۸^{ns}	۶/۹۳^{ns}	۰/۹۵^{ns}
باکتری‌های پوتیدا در برابر شاهد	۵/۱۳*	۱۱/۱۶^{ns}	۷/۹۸^{ns}	۱/۹۶*
باکتری‌های فلورسنس در برابر شاهد	۱/۶۳^{ns}	۴/۹۳^{ns}	۱/۴۱^{ns}	۰/۶۲^{ns}

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱، ns: معنی‌دار نیست.

از لحاظ تعداد شاخه‌های فرعی نیز باکتری‌های سودوموناس پوتیدا در برابر شاهد با ۲۸ درصد برتری نسبت به باکتری‌های سودوموناس فلورسنس در برابر شاهد از بیش‌ترین مقدار برخوردار بود (جدول۳).

به نظر می‌رسد تلقیح با باکتری‌های پوتیدا نسبت به باکتری‌های فلورسنس از لحاظ تعداد شاخه‌های اصلی و فرعی برتری داشت، به طور کلی مقایسه تمام باکتری‌ها در برابر شاهد اثر قابل‌توجهی داشت، لذا تلقیح با باکتری، به خصوص با باکتری‌های پوتیدا تأثیر بیشتری داشت (جدول۳). چنگ و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که باکتری‌های جنس پوتیدا با توانایی تولید آنزیم ACC دآمیناز باعث افزایش تعداد شاخه‌های گیاه کلزا شد.

ارتفاع بوته

تیمارهای مختلف در این تحقیق تأثیر معنی‌داری در ارتفاع بوته گیاه گلرنگ نداشتند (جداول ۱ و ۲). مقایسه گروهی نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته در مقایسه باکتری‌های سودوموناس پوتیدا در برابر شاهد بود (جدول ۳). لئونی و همکاران (۲۰۰۲) اثر مثبت کاربرد سویه‌های باکتری سودوموناس پوتیدا در افزایش ارتفاع گیاه ذرت را به دلیل تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین، تولید سیدروفورها و تشکیل کمپلکس سیدروفور-آهن و افزایش جذب آن به وسیله ریشه و همچنین کنترل عوامل بیماری زا توسط این نوع باکتری‌ها بیان داشتند. والر و کوک (۱۹۸٦) افزایش در ارتفاع گیاه گندم تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد را گزارش کردند.

قطر ساقه

تیمارهای مختلف در این تحقیق تأثیر معنی‌داری در اندازه قطر ساقه گلرنگ نداشتند ($p<0/05$) (جدول ۱). با توجه به مقایسه گروهی گیاهان تیمار شده با باکتری‌های سودوموناس پوتیدا دارای بیش‌ترین و تیمار شاهد (بدون تلقیح) دارای کمترین قطر ساقه بودند. گیاهان تیمار شده با باکتری‌های پوتیدا نسبت به گیاهان تلقیح با باکتری‌های فلورسنس ۵ درصد برتری داشتند (جدول ۳). به نظر می‌رسد باکتری‌های جنس پوتیدا با فعالیت بیشتر، رشد گیاه را به وسیله تغییر توازن هورمونی تسهیل و با تولید هورمون اکسین بر برخی از قسمت‌های گیاه از قبیل افزایش طول سلول، تقسیم سلولی، تمایز ریشه، قطر ساقه، بیوسنتز اتیلن و تغییر بیان ژن‌های خاص اثر می گذارد (رولف و همکاران، ۱۹۹۷).

شاخص‌های رشد و نمو گلرنگ

شاخص سطح برگ

به طوری که در جدول ٤ مشاهده می‌شود، روند تغییرات شاخص سطح برگ به طور کلی مشابه بود و نشان‌دهنده روندی افزایشی ولی کند تا تقریباً ۱۸۰ روز بعد از کاشت برای تمامی تیمارها بود. تقریباً با گذشت ۱۹۲ روز بعد از کاشت، روند افزایشی سطح برگ دلیل افزایش سطح و تعداد برگ‌ها بود. در این مرحله گیاهان تیمار شده با سویه ۱۱ باکتری سودوموناس پوتیدا دارای بیش‌ترین و گیاهان شاهد (بدون تلقیح باکتری) دارای کمترین شاخص سطح برگ بودند (جدول ٤). روند افزایشی سطح برگ تا ۲۱٦ روز پس از کاشت ادامه داشت، که در این مرحله گیاهان تلقیح شده با سویه ۱۷۷ سودوموناس پوتیدا دارای بیش‌ترین شاخص سطح برگ و گیاهان بدون تلقیح با کاهش ٦ درصدی از کمترین شاخص سطح برگ برخوردار بودند، سپس روند نزولی شاخص سطح برگ آغاز شد، به نحوی که با گذشت ۲۲۸ روز، همچنان گیاهان تیمار شده با سویه ۱۷۷ و شاهد

دارای بیش‌ترین و کمترین شاخص سطح برگ بودند. بیش‌ترین شاخص سطح برگ در گیاهان تلقیح شده با سویه ۱۷۷ ظاهراً به دلیل فعالیت و تثبیت نیتروژن بیشتر توسط این باکتری بوده و بنابراین دوام بیشتر برگ را به همراه داشته است (فراکیس و همکاران، ۲۰۰۰).

جدول ٤- شاخص سطح برگ تیمارهای مختلف آزمایش در گلرنگ

تیمار	شاخص سطح برگ				
	روزهای پس از کاشت				
	۲۲۸	۲۱٦	۲۰٤	۱۹۲	۱۸۰
سویه ۱٦۹ باکتری فلورسنس	۲/٤٥	۳/۹٦	۲/۳٦	۱/۸۱	۰/۱۱
سویه ۱۸۷ باکتری فلورسنس	۲/٦٦	٤/۱۲	۳/٥۹	۱/۰٤	۰/۱۸
سویه ۱۱ باکتری پوتیدا	۳/٥	٥/۹۳	۳/۲۳	۱/۲٦	۰/۲۰
سویه ۱۷۷ باکتری پوتیدا	۳/۸٤	٥/۹٥	۳/۰۹	۱/۸۰	۰/۲۱
سویه ٤۱ باکتری پوتیدا	۳/۰۰	٥/۰۸	۳/۱۱	۱/۱٥	۰/۱۸
سویه ۹۹ باکتری فلورسنس	۲/۱٤	۳/۹۹	۲/٥۲	۱/۱۸	۰/۱۷
سویه ۳٦ باکتری فلورسنس	۳/۱۰	٤/٤۷	۲/۷۲	۱/۰٥	۰/۱۲
سویه ۱٦۸ باکتری پوتیدا	۲/٥۹	٤/۹۸	۳/۱٤	۱/۸۳	۰/۲۱
سویه ۱٥۹ باکتری پوتیدا	۲/۹٥	۳/٦۷	۲/۲۰	۱/٦٦	۰/۱۳
شاهد (بدون تلقیح باکتری)	۲/۱۰	۳/۷٥	۲/۱٥	۱/٦٤	۰/۱۲

تجمع ماده خشک

تجمع وزن خشک در اوایل فصل رشد، تا تقریباً ۱۸۰ روز پس از کشت گیاه به دلیل پایین بودن دما و کم بودن سطح فتوسنتزی در تمامی تیمارها ناچیز بود، در این زمان گیاهان تیمار شده با سویه ۱۷۷ باکتری سودوموناس پوتیدا بیش‌ترین ماده خشک کل را تولید کرده و در مقایسه با سایر تیمارها رشد خطی را سریع تر آغاز کرد (جدول ٥). پایین‌ترین میزان تجمع ماده خشک کل در زمان رشد خطی در تیمار بدون تلقیح باکتری مشاهده شد که به میزان ٤۰ گرم کاهش ماده خشک را نسبت به گیاهان تیمار شده با سویه ۱۷۷ سودوموناس پوتیدا نشان داد (جدول ٥). در ۲۱٦ روز بعد از کشت گیاهان تیمار شده با سویه ۱۱ باکتری سودوموناس پوتیدا دارای بیش‌ترین تجمع ماده خشک بود. روند افزایشی تجمع ماده خشک تا ۲۱٦ روز بعد از کشت ادامه داشت. بعد از گذشت ۲۲۸ روز پس از کشت به ترتیب گیاهان تلقیح با سویه ۱۷۷ و ۱٥۹ سودوموناس پوتیدا بیش‌ترین و کمترین ماده خشک را تولید کردند (جدول ٥).

به نظر می‌رسد باکتری ۱۷۷ سودوموناس پوتیدا نسبت به سایر باکتری‌ها، با فعالیت و تثبیت بیشتر نیتروژن، باعث بهبود و افزایش تجمع ماده خشک شده است. فراکیس و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که با افزایش میزان نیتروژن، مقدار ماده خشک در بابونه (*Matricaria chamomilla*) به دلیل افزایش حجم سایه انداز، افزایش سطح برگ و به طبع آن جذب نور بیشتر، افزایش یافت.

جدول ۵- کل ماده خشک تیمارهای مختلف آزمایش در گلرنگ

تیمار	کل ماده خشک گیاه (گرم در متر مربع)				
	روزهای پس از کاشت				
	۲۲۸	۲۱٦	۲۰٤	۱۹۲	۱۸۰
سویه ۱٦۹ باکتری فلورسنس	۳٤٦/٤۲	۵۸۰/۹۷	۳٦۵/۳۱	۱۳۹/٦۵	٦۸/۹۰
سویه ۱۸۷ باکتری فلورسنس	۳۱۵/۰۰	۷۰٦/۰۰	۳۷۱/۳۳	۱٤۵/۰۰	٦۱/۱٦
سویه ۱۱ باکتری پوتیدا	٤۱۲/۰۰	۸۵۷/۰۰	۵٤۱/۰۰	۱۹۰/۰۰	٦۲/۲۰
سویه ۱۷۷ باکتری پوتیدا	٤۳۵/۵	۸٤۳/۹۵	٦۰۳/۰۰	۱۹۰/۰۰	۷٤/۷۰
سویه ٤۱ باکتری پوتیدا	۳۱۲/۰۰	۷۳۲/۰۸	٤۲۷/۱۱	۱۵۰/۱۵	۵٦/۱۸
سویه ۹۹ باکتری فلورسنس	۲۸۵/۱٤	۷۵۳/۹۹	٤۱۰/۵۲	۱۷٤/۱۸	۵۸/۱۷
سویه ۳٦ باکتری فلورسنس	۲۷۰/۱۰	٦۰۱/٤۷	۳٦۸/۷۲	۱٤۰/۰۵	٤٦/۱۲
سویه ۱٦۸ باکتری پوتیدا	۳۱۸/۵۹	۷۸٦/۹۸	٤۳۹/۱٤	۱٦۹/۸۳	۵۷/۲۱
سویه ۱۵۹ باکتری پوتیدا	۲۵۸/۹۵	۵۳۸/٦۷	۳۲۲/۲۰	۱۳۵/٦٦	٤۱/۱۳
شاهد (بدون تلقیح باکتری)	۲٦۹/۱۰	۵۹۹/۷۵	۲۸۵/۱۵	۱۲۰/٦٤	۳۵/۱۲

جدول ٦- سرعت رشد محصول در تیمارهای مختلف آزمایش در گلرنگ

تیمار	سرعت رشد محصول گیاه (گرم در متر مربع در روز)		
	روزهای پس از کاشت		
	۱۹۸	۱۸٦	۱۷٤
سویه ۱٦۹ باکتری فلورسنس	۲۷/۳٦	۱۸/۸۱	۵/۸۹
سویه ۱۸۷ باکتری فلورسنس	۲۷/۸۸	۱۸/۸٦	٦/۹۸
سویه ۱۱ باکتری پوتیدا	۳۲/۲۳	۲٤/۲٦	۱۰/٦۵
سویه ۱۷۷ باکتری پوتیدا	۳۵/۰۹	۲۸/۸۰	۹/۲۱
سویه ٤۱ باکتری پوتیدا	۲۵/٤۱	۲۳/۱۵	۷/۸۳
سویه ۹۹ باکتری فلورسنس	۲۸/۵۲	۱۹/۱۸	۹/۱۷
سویه ۳٦ باکتری فلورسنس	۱۸/۰۰	۱۵/۵۸	۷/۸۳
سویه ۱٦۸ باکتری پوتیدا	۲۸/۱٤	۲۲/۷۵	۹/۳۳
سویه ۱۵۹ باکتری پوتیدا	۱۸/۲۰	۱۵/٦٦	۷/۱۳
شاهد (بدون تلقیح باکتری)	۲٦/۱٤	۱۳/۷۵	۷/۰۸

سرعت رشد محصول

سرعت رشد محصول شاخصی است که میزان تجمع ماده خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. با توجه به اینکه سطح برگ برای دریافت نور در ابتدای رشد گیاه، ناچیز بود، لذا با گذشت ۱۷٤ روز بعد از کاشت سرعت رشد محصول پایین بود و در این مرحله گیاهان تیمار شده با سویه ۱۱ باکتری پوتیدا دارای بیش‌ترین سرعت رشد محصول بود (جدول ٦). سپس روند افزایشی در سرعت رشد محصول مشاهده شد، به نحوی که این روند در تمامی تیمارها از ۱۷٤ روز بعد از کاشت محصول شروع به افزایش کرد. ۱۸٦ روز پس از

کشت گیاهان تحت تیمار با سویه ۱۷۷ از بیش‌ترین سرعت رشد و سویه ۱۱ با اختلاف ۱٦ درصدی در مرتبه دوم قرار گرفت. CGR در ۱۹۸ روز پس از کشت گیاه به حداکثر مقدار خود رسید و سپس روند کاهشی نشان داد و به صفر رسید (به دلیل ریزش برگ ها و کند شدن رشد گیاه) (جدول ٦). در زمان حداکثر سرعت رشد محصول، سویه ۱۷۷ با اختلاف ۲۵ درصدی نسبت به تیمار شاهد دارای بیش‌ترین سرعت رشد بود (جدول ٦).

اجزای عملکرد در گلرنگ

نتایج نشان داد که تلقیح گیاه با سویه‌های مختلف باکتری بر هیچ‌کدام از ویژگی‌های عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ معنی‌دار نبود (جداول ۷ و ۸). نتایج حاکی از معنی‌داری تمامی صفات در مقایسات گروهی بجز صفات نسبت مغز به دانه در مقایسه باکتری‌های سودوموناس پوتیدا در برابر باکتری‌های سودوموناس فلورسنس و صفت نسبت پوسته به دانه در هر چهار مقایسه بود (جدول ۹).

تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق

تیمارهای مختلف در این تحقیق تأثیر معنی‌داری در تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و تعداد کل دانه در بوته گلرنگ نداشتند (جداول ۷ و ۸). یزدانی بیوکی (۱۳۸۹) گزارش کرد که اجزای عملکرد ماریتیغال با کاربرد کودهای آلی معنی‌دار نشد. گزارش شده است که از بین اجزای عملکرد در کلزا تعداد دانه در غلاف، تحت کنترل ویژگی‌های ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی و زراعی قرار می‌گیرد (سینگ و فاردو، ۱۹۹٤).

با توجه به جدول ۹ مقایسات گروهی نشان داد که باکتری‌های سودوموناس فلورسنس از لحاظ تعداد طبق در بوته ۲۰ درصد نسبت به باکتری‌های سودوموناس پوتیدا برتری داشتند، و در مجموع تأثیر تلقیح باکتریایی بر صفت تعداد طبق در بوته نسبت به بدون تلقیح باکتریای ۲۵ درصد برتری داشت.

جدول ۷- تجزیه واریانس عملکرد و صفات مرتبط با عملکرد در گلرنگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	نسبت مغز به دانه	نسبت پوسته به دانه	درصد روغن	درصد پروتئین	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۷/۸۳^{ns}	۳۱/۰۳^{ns}	۸/۱۳^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۸/٦٥^{ns}	٦/٦۸^{ns}	۰/۱۲^{ns}	٤۳/٥۰^{ns}
تیمار	۹	٤/٥۸^{ns}	٥٥/۰٥^{ns}	۲۱/۳۲^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۲۹/۸۲^{ns}	۷/٤۲^{ns}	۰/۰٥^{ns}	۷/۷٦^{ns}
خطا	۱۸	٦/۱۷	٤٦/۰۳	۱۳/۷٥	۰/۰۰	۰/۰۰	۱٤/٤۲	۷/۸۰	۰/۱۸	۳۲/۲۱
ضریب تغییرات		۲٤/۲۱	۱۱/۷۷	۹/٤٦	٤/۰٥	۳/٦٥	۱۸/۹۷	۱٤/٥۹	۱۹/٥۷	۲۲/۳٥

ns: معنی‌دار نیست.

جدول ۸- مقایسه میانگین عملکرد و صفات مرتبط با عملکرد در گیاه گلرنگ

تیمار	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه (گرم)	نسبت مغز به دانه	نسبت پوسته به دانه	درصد چربی	درصد پروتئین	عملکرد دانه (تن در هکتار)	شاخص برداشت
سویه ۱۶۹ فلورسنس	۷/۰^{a}	۳٤/٦^{a}	۳۹/۹^{ab}	۰/٤٦^{a}	۰/۵۳^{a}	۱٦/۵^{b}	۱۷/۳^{a}	۲/۲^{a}	۲۵/٦^{a}
سویه ۱۸۷ فلورسنس	۷/٦^{a}	۳۷/٦^{a}	۳۷/۳^{ab}	۰/٤٦^{a}	۰/۵۲^{a}	۱۹/۲^{ab}	۲۰/۰^{a}	۲/۱^{a}	۲۵/۳^{a}
سویه ۱۱ پوتیدا	۸/۵^{a}	٤٤/٦^{a}	٤۰/۸^{ab}	۰/٤۸^{a}	۰/۵۱^{a}	۲٤/۵^{a}	۲۰/۷^{a}	۲/٤^{a}	۲۷/۱^{a}
سویه ۱۷۷ پوتیدا	۹/۰^{a}	٤٤/٦^{a}	٤۲/۵^{a}	۰/٤٦^{a}	۰/۵۳^{a}	۲۱/۰^{ab}	۲۱/۲^{a}	۲/۳^{a}	۲۵/۵^{a}
سویه ٤۱ پوتیدا	۵/۷^{a}	۳۹/۳^{a}	۳۹/۸^{ab}	۰/٤۷^{a}	۰/۵۲^{a}	۲۰/۹^{ab}	۱۸/۲^{a}	۲/۳^{a}	۲۳/۹^{a}
سویه ۹۹ فلورسنس	۷/٤^{a}	۳۹/۳^{a}	٤۰/۷^{ab}	۰/٤۷^{a}	۰/۵۲^{a}	۲۰/۱^{ab}	۱۹/٤^{a}	۲/۱^{a}	۲۵/۸^{a}
سویه ۳٦ فلورسنس	۸/۲^{a}	۳۹/٦^{a}	۳۸/۹^{ab}	۰/٤۷^{a}	۰/۵۲^{a}	۲۰/۸^{ab}	۱۹/٤^{a}	۲/۱^{a}	۲٤/۸^{a}
سویه ۱٦۸ پوتیدا	۷/۷^{a}	۳۵/٦^{a}	٤۱/۵^{a}	۰/٤۸^{a}	۰/۵۱^{a}	۲٤/۲^{a}	۲۰/٤^{a}	۲/۱^{a}	۲۳/۵^{a}
سویه ۱۵۹ پوتیدا	۵/٦^{a}	۳۱/٦^{a}	۳٦/۰^{ab}	۰/٤٦^{a}	۰/۵۳^{a}	۱۸/۲^{ab}	۱۷/۸^{a}	۲/۲^{a}	۲۸/٦^{a}
شاهد (بدون تلقیح باکتری)	۵/٦^{a}	۳٤/۳^{a}	۳٤/۰^{b}	۰/٤٦^{a}	۰/۵۳^{a}	۱٤/۳^{b}	۱٦/۵^{a}	۱/۹^{a}	۲۳/۳^{a}

حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف آماری در سطح ۵ درصد است.

جدول ۹- تجزیه واریانس عملکرد و صفات مرتبط با عملکرد در مقایسات گروهی در گلرنگ

	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	نسبت مغز به دانه	نسبت پوسته به دانه	درصد چربی	درصد پروتئین	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تمام تیمارهای باکتری در برابر تیمار شاهد	۹/۱۸^{ns}	٤۸/۳۸^{ns}	۸٦/۳٦*	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۱۰٦/۰۳*	۲۲/۱۸^{ns}	۰/٤۰^{ns}	۱۳/۹۱^{ns}
باکتری‌های پوتیدا در برابر فلورسنس	۰/٤۱^{ns}	۱۲/٤۲^{ns}	۵/۸۹^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰^{ns}	٤٤/۸۹^{ns}	۲/۵۲^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۰/۷۵^{ns}
باکتری‌های پوتیدا در برابر شاهد	۷/۵۱^{ns}	۵۸/۵٦^{ns}	۹۲/۲۱^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۱۳۷/٦٤**	۲٤/٦٤^{ns}	۰/٤۲^{ns}	۱٤/٦٤^{ns}
باکتری‌های فلورسنس در برابر شاهد	۹/٤٤^{ns}	۲۸/۹۸^{ns}	٦۳/۲٤*	۰/۰۰^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۵۵/۸۷^{ns}	۱۵/۳۰^{ns}	۰/۲٤^{ns}	۱۰/٤۱^{ns}

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱، ns: معنی‌دار نیست.

از لحاظ صفت تعداد دانه در طبق، باکتری‌های پوتیدا با ٤ درصد اثر معنی‌دار نسبت به تلقیح با باکتری‌های فلورسنس برتری داشتند (جدول ۹).

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه نیز مانند سایر اجزای عملکرد تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت (جدول ۷ و ۸). الماسیان (۱۳۸۳) و یزدانی بیوکی (۱۳۸۹) نشان دادند که کاربرد کودهای آلی به ترتیب بر وزن هزار دانه

گندم و ماریتیغال معنی‌دار نبود. میبورگ و هنینگ (۱۹۶۹) با بررسی اثر کودهای شیمیایی بر کلزا و جو (*Hordeum vulgare*) نشان دادند که وزن هزار دانه در کنترل ویژگی‌های ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر کود قرار می‌گیرد.

مقایسه گروهی نشان داد که تیمار باکتری‌های سودوموناس پوتیدا بیش‌ترین وزن هزار دانه و تیمار شاهد با کاهش ۱۶ درصدی از کمترین وزن هزار دانه برخوردار بود (جدول ۹).

موسوی جنگلی و همکاران (۱۳۸۳) تأثیر مثبت باکتری‌های سودوموناس را به دلیل وجود میکروب-های حل کننده فسفات در جهت افزایش حلالیت فسفر از منابع فسفات خاک بیان داشتند.

ویژگی‌های کیفی گلرنگ

نسبت های پوسته به دانه و مغز به دانه

نسبت پوسته به دانه گلرنگ یکی از صفات کیفی مهم این محصول است. چرا که هرچه این نسبت کمتر باشد، ارزش محصول برداشت‌شده زیادتر خواهد بود و نسبت مغز به دانه عکس این حالت است. در این مطالعه سویه‌های مختلف باکتری تأثیر معنی‌داری در نسبت مغز به دانه و پوسته به دانه در گلرنگ نداشتند (جداول ۷ و ۸). با این وجود گیاهان تیمار شده با تمامی باکتری‌ها نسبت به عدم استفاده از باکتری اثر معنی‌دار بر صفت مغز به دانه داشت، هرچند که تفاوت معنی‌داری بین تلقیح با باکتری‌های سودوموناس پوتیدا در برابر باکتری‌های سودوموناس فلورسنس بر صفت مغز به دانه وجود نداشت (جدول ۹). از لحاظ صفت پوسته به دانه مقایسات گروهی حاکی از معنی‌دار نبودن در ٤ مقایسه انجام‌شده، بود (جدول ۹).

درصد مغز دانه‌های گلرنگ به عوامل محیطی و ژنتیکی و برهمکنش آن‌ها بستگی دارد. دانه‌های گلرنگ دارای ۳۵ تا ٦۰ درصد پوسته می‌باشند (خواجه پور، ۱۳۸۳). معمولاً پوست دانه در اوائل دوره پر شدن دانه‌ها شکل می‌گیرد و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (زینلی، ۱۳۷۸).

درصد چربی دانه

گیاهان تحت تیمارهای مختلف باکتری از لحاظ درصد چربی دانه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جداول ۷ و ۸). گیاهان تحت تیمار باکتری-های سودوموناس پوتیدا با ٦ درصد و ۱۲ درصد به ترتیب نسبت به مجموع دو باکتری پوتیدا و فلورسنس، و تنها تلقیح با باکتری‌های فلورسنس، دارای برتری بودند (جدول ۹).

به نظر می‌رسد اعمال تیمارهای سویه‌های مختلف باکتری هر چند با معنی‌دار نبودن (ظاهراً به عنوان یک ویژگی ژنتیکی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار نگرفت)، باعث افزایش درصد چربی دانه نسبت به بدون تلقیح باکتری شد، لذا می‌توان با کاربرد سویه‌های مختلف باکتری میزان و درصد چربی دانه گلرنگ را بهبود بخشید.

درصد پروتئین دانه

درصد پروتئین نیز تحت تأثیر تلقیح باکتریایی قرار نگرفت و گیاهان تیمار شده با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جداول ۷ و ۸). با این وجود مقایسات گروهی نشان داد که گیاهان تحت تیمار با باکتری‌های سودوموناس پوتیدا با ۱٦ درصد برتری نسبت به شاهد، و ۹ درصد برتری نسبت به مجموع باکتری‌های پوتیدا و فلورسنس، بیش‌ترین تأثیر معنی‌دار را بر درصد پروتئین داشت (جدول ۹).

دشتی و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که تلقیح گیاهان با باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش پروتئین دانه شد. به نظر می‌رسد باکتری‌ها با افزایش فعالیت میکروبی و عناصر غذایی خاک و در نهایت منجر به افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه می شود. میزان عناصر K و S به عنوان عناصر پر مصرف دارای اهمیت بسیار زیادی هستند، و نقش بسزایی در انجام واکنش‌های درونی گیاه دارند، احتمالاً دلیل بالا بودن درصد پروتئین در گیاهان تلقیح با باکتری به فراهمی بیشتر عناصر غذایی K و S موجود در این تیمار در تمام مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه مربوط می‌شود. مشاهده شده است که کاربرد کود گوگردی، محتوی روغن دانه گیاهانی نظیر کتان (*Linum ustatissimum*) و سویا (*Glycine max*) را افزایش داد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸٤).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که عملکرد دانه بین تیمارهای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). به نظر می‌رسد عدم اختلاف معنی‌دار در عملکرد دانه تحت تأثیر استفاده از انواع سویه‌های باکتری در گلرنگ به علت وجود مقادیر کافی عناصر غذایی در خاک پیش از آزمایش بود.

مقایسه گروهی نشان داد که گیاهان تحت تیمار باکتری‌های سودوموناس پوتیدا نسبت به گیاهان تیمار شده با باکتری‌های سودوموناس فلورسنس از لحاظ عملکرد دانه ۵ درصد برتری داشت (جدول ۹). مقایسه باکتری‌های سودوموناس پوتیدا در برابر باکتری‌های سودوموناس فلورسنس کمترین تأثیر معنی‌دار را نسبت به سایر مقایسات داشت، به طور کلی کاربرد مجموع هر دو باکتری پوتیدا و فلورسنس بعد از باکتری پوتیدا بیش‌ترین تأثیر معنی‌دار بر عملکرد دانه را داشت (جدول ۹).

مکلئود و همکاران (۲۰۰۰) با کاربرد ۱۵ تن در هکتار کود آلی مشاهده کردند که عملکرد دانه جو به صورت معنی‌داری تحت تأثیر قرار نگرفت و تا حدودی نیز کاهش داشت. جواد و همکاران (۱۹۹۸) نیز افزایش عملکرد دانه ذرت (*Zea mays*) به هنگام تلقیح با باکتری سودوموناس را گزارش کردند. با توجه به افزایش عملکرد دانه با کاربرد باکتری‌های محرک رشد نسبت به عدم تلقیح باکتری، ظاهراً باکتری‌های محرک رشد با افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی، با تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر و پتاسیم، مهار زیستی عوامل بیماری‌زا با تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه به ویژه اکسین ها و جیبرلین ها در جهت افزایش رشد و عملکرد دانه گلرنگ نقش بسزایی داشته‌اند، که در این بین به نظر می‌رسد باکتری‌های پوتیدا نسبت به فلورسنس از قابلیت بیشتری در افزایش عملکرد دانه برخوردار بوده است.

شاخص برداشت

تیمارها هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت گلرنگ نداشتند (جداول ۷ و ۸). از آنجاکه شاخص برداشت نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک است، با توجه به معنی‌دار نشدن عملکرد دانه و بیولوژیک در بین تیمارهای مختلف تلقیح باکتری، شاخص برداشت نیز معنی‌دار نشد. مقایسه گروهی نشان داد که تیمار باکتری سودوموناس پوتیدا با ۲ درصد نسبت به باکتری‌های سودوموناس فلورسنس و یک درصد نسبت به مجموع دو باکتری پوتیدا و فلورسنس بیش‌ترین تأثیر را بر شاخص برداشت داشت (جدول ۹).

نتیجـه گیـری

نتایج نشان داد که تمامی تیمارهای این تحقیق بر اجزای عملکرد گیاه، ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکردهای دانه و بیولوژیک، درصد چربی و پروتئین دانه و شاخص برداشت گلرنگ معنی‌دار نبود. مقایسات گروهی نشان داد که برخی صفات در مقایسات گروهی معنی‌دار بود، همچنین تمامی تیمارها از لحاظ صفات کمی و کیفی بر تیمار شاهد برتری نشان دادند، باکتری‌ها به طور متوسط عملکردهای دانه و روغن را به ترتیب به میزان ۲۵ و ۵۰ درصد افزایش دادند، که باکتری‌های سودوموناس پوتیدا نسبت به باکتری‌های سودوموناس فلورسنس در تمامی صفات بجز تعداد طبق در بوته برتر بودند. این تحقیق تأکیدی بر لزوم انجام کشاورزی صحیح و اکولوژیک بود و به نظر می‌رسد می‌توان از کودهای بیولوژیک در راستای بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ و همچنین کاهش مصرف کودهای شیمیایی بهره برد.

منابع

احمدزاده، م. ۱۳۷۹. بررسی امکان استفاده از باکتری سودوموناس فلورسنس در کنترل بیولوژیکی بیماری پوسیدگی بذر و مرگ گیاهچه نخود ایرانی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد بیماری شناسی گیاهی، دانشگاه تربیت مدرس. ۲۰۰ صفحه.

الماسیان، ف. ۱۳۸۳. تأثیر شیرابه حاصل از کمپوست زباله‌های شهری بر خصوصیات شیمیایی خاک و عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۰۰ صفحه.

باقری، ا.، ب. یزدی صمدی، م. تائب و م. ر. احمدی. ۱۳۸۰. بررسی همبستگی و روابط بین عملکرد و سایر صفات کمی و کیفی گلرنگ. مجله علوم کشاورزی ایران۳۲(۲): ۲۹۵-۳۰۷.

بهدانی، م. ع. و م. ح. راشد محصل. ۱۳۷۷. بررسی اثر تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ کنجد. مجله و صنایع کشاورزی ۱۲(۲): ۶۳-۷۵.

زینلی، ا. ۱۳۷۸. گلرنگ (شناخت، تولید و مصرف). انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.۱٤٤ صفحه.

خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۳. تولید نباتات صنعتی .انتشارات جهاد دانشگاهی ،دانشگاه صنعتی اصفهان. ۵۰۰ صفحه.

رمضانیان، ع. ۱۳۷۹. نقش باکتری‌های ریزوبیومی مولد آنزیم ACC دامیناز در تعدیل اثرات سوء اتیلن استرسی در گیاه گندم .پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران ،دانشکده مهندسی آب و خاک.

سادات، ع.، غ .ثواقبی، ف. رجالی، م .فرحبخش، ک. خاوازی و م. شیرمردی .۱۳۸۹ .تأثیر چند نوع قارچ میکوریزا آربسکولار و باکتری محرک رشد گیاه بر شاخص‌های رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور .نشریه آب و خاک. ۵۳-٦۲ (۱)۲٤.

قاسمی دهکردی، ن. و ا. طالب. ۱۳۸۰. استخراج، شناسایی و تعیین مقدار ترکیبات موجود در گیاهان شاخص. چاپ اول. نشر چوگان. تهران.

کوچکی، ع. و غ. سرمدنیا. ۱۳۸٤. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

موسوی جنگلی، س. ا.، ب. ثانی، م. شریفی و ز. حسینی نژاد. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر باکتری‌های حل کنند فسفات و میکوریزا بر روی صفات کمی ذرت دانه‌ای (سینگل کراس ۷۰٤). چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان. ص ۱۸٤.

یزدانی بیوکی، ر.، پ. رضوانی مقدم، ح. ر. خزاعی و ع. ر. آستارایی. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر پرایمینگ بذر توسط باکتری ازتوباکتر و استفاده از کودهای آلی و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۰۰ صفحه.

Bartel, B. 1997. Auxin biosynthesis. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol. 48:51 - 66.

Benizri, E., E. Boudoin and A. Guckert. 2001. Root colonization by inoculated plant growth promoting rhizobacteria. Biocontrol. Sci. Tech, 11: 557-574.

Cheng, Z., E. Park and B. R. Glick. 2007. Aminocyclopropane1 carboxylate deaminase from *Pseudomonas putida* UW4 facilitates the growth of canola in the presence of salt. Can. J. Microbiol, 53: 912-918.

Dashti, N., F. Zhang, R. Hynes and D. L. Smith. 1997. Application of plant growth promoting rhizobacteria to soybean (*Glycine Max* L Merr.) increases protein and dry matter yield under short-season condition. Plant. Soil, 188: 33-41

Dowling, D. N., and F. Ogara. 1994. Metabolites of *pseudomonas* involved in the biocontrol of plant disease. Trends. Biotechnol. 12: 133- 141.

Fracis, C. A., F.C. Bulter and L. D. King. 2000. Crop growth and relative growth rates in (*Matricaria chamomilla* L.). Crop. Sci. 88: 1207-1212.

Freitas, J. R., and J. J. Germida. 1992. Growth promotion of winter wheat by fluorescent pseudomonad under field conditions. Soil. Boil. Biochem. 24:1137-1146.

Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free living bacteria. Can. J. Microbiol. 41: 109-117.

Javed, M., M. Arshad, and K. Ali. 1998. Evaluation of rhizobacteria for their, growth promoting activity in maize. Pakistan. J. Soil. Sci, l4: 36-42.

Kapoor, R., B. Giri and K. G. Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foeniculum vulgare* L. Mill) on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertilizer. Bioresource. Technol. 9 (3): 307-311.

Leonard, J. E., and D. F. French. 1969. Growth yield and yield component of safflower as affected by irrigation. Crop. sci. 61: 111-113.

Leoni, L. C. Ambrosi, A. Petrucca and P. Visca. 2002. Transcriptional regulation of pseudobactin synthesis in the plant growth promoting Pseudomonas B10. Fems. Microbiol. Lett. 208: 219-225.

MacLeod, J. A., J. B. Sanderson and B. Douglas. 2000. Nutrient content of barley and red clover as influenced by application of compost. Commun. Soil. Sci. Plan. 31: 2439-2444.

Myborg, M., A. M. and Henning. 1969. Experimental with different placement of fertilizer for barley and rapeseed. Soil. Sci, 49: 79-88.

Penrose, M., and R. Glick., 2003. Methods for isolating and characterizing Acc deaminase- containing plant growth-promoting rhizobacteria. Plant. Physiol. 118: 10-15.

Rodriguez, H., and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion (review paper). Biotechnol. Adv. 17: 319-339.

Rolfe, B. G., M. A. Djordjevic, J. J. Weinman, U. Mathesius, C. Pittock, E. Gartner, K. M. Ride, Z. Dong, M. Mccully and J. McIver. 1997. Root morphogenesis in legumes and cereals and the effect of bacterial inoculation on root development. Plant Soil. 194: 13 l-144.

SAS Institute, 2000. The SAS System for Windows, Release 8.0. Statistical Analysis Systems Institute, Carry, NC.

Saxena, L. A. K., and K. V. B. R. Tilak. 2002. Biofertilizers to agument soil fertility and crop production. In: Soil fertility and crop production, Krishna, K.R., (Ed) Pp: 279-312. Science Publishers: U.S.A.

Schipper, B., A.W. Bakker and P. A. H. M. Balclcer. 1987. Interactions of TV jag deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. Ann. Rev. Phytopathol. 25: 339-358.

Singh, B., and A. S. Faroda. 1994. Physiological parameters of Barassica species as affected by irrigation and nitrogen management on arid soils. Indian. J. Agric. Sci. 39: 426-443.

Tilak, K.V.B.R., C.S. Singh, V.K. Roy and N.S.S. Rao. 1982. *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum: effect on yield of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*). Soil. Biol. Biochem. 14:417- 418.

Vlassak, K., L.V. Holm, L. Duchateau, J. Vanderleyden and R. D. Mot. 1992. Isolation and characterization of fluorescent pseudomonads associated with the roots of rice and banana grown in Sri Lanka. Plant. Soil, 145: 51-63.

Weller, D. M., and R.J. Cook. 1986. Increased growth of wheat by seed treatments with fluorescent pseudomonad’s and implications of pythum control. Can. J. Plant. Pathol. 8: 328-334.

Effects of different pseudomonas flluoresence bacterium strains on yield, yield components and some traits of safflower

A. Rahimi[1], M. Jamialahmadi[2], K. Khavazi[3], M. Sayyari-Zahan[4], R. Yazdani[5]

Received: 2013-2-23 Accepted: 2013-11-21

Abstract

In order to study the effects of using bacteria (Pseudomonas) on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorious* L) var. IL111, an experiment was conducted during 2009-2010 at Agricultural Research Station, Faculty of Agriculture, the University of Birjand, as a randomized complete block design with 10 treatments with three replications. Treatments included different Pseudomonas fluorescent (36, 99, 169 and 187) and Pseudomonas putida (11, 41, 159, 168 and 177), along with a control (without inoculation). In this study yield, yield components, and quality characteristics (oil and protein %) were measured. Inoculation with different strains of bacteria had no significant effect on any of the plant properties; however, group comparison indicated a significant difference at 0.05 probability level in traits such as number of primary branches per plant, leaf and stem dry weight, stem diameter and seed weight, and at 0.01 probability level for fat quality measures. Most of the different bacteria strained tested caused to crop show superiority over the control plants, in terms of quantitative and qualitative traits, so the seed and oil yields increased by 25 and 50%, respectively. The plants inoculated by Pseudomonas putida strains predominated than those with fluorescence strains for all traits, except the heads per plant. The strain 177 of Pseudomonas putida caused higher leaf area index, dry matter accumulation and crop growth rate to be significantly higher than other strains. It seems that using bacteria (Pseudomonas) improves plant growth characteristics

Keywords: oil percentage, protein percentage, plant growth index

1- Graduated Student, Birjand University
2- Associated Professor, Birjand University
3- Assistant Professor, Tehran University
4- Assistant Professor, Birjand University
5- PhD. Student, Ferdowsi University of Mashhad