تاثیر باکتری‌های محرک رشد در حضور بیوچار بر عملکرد و أجرای عملکرد سویا

جواد رحمانی ارچنگانی ، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان rahmani.j.71@gmail.com
بهنام کامکار (نویسنده مسئول)، دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان behnamkamkar@yahoo.com
محمد انتصاری، دانشجوی دکتری علوم و تکنولوژی بذر، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان mentesari@alumni.ut.ac.ir

تاثیر باکتری‌های محرک رشد در حضور بیوچار بر عملکرد و أجرای عملکرد سویا

چکیده

این پژوهش با هدف اطلاع از تأثیر باکتری های محرک رشد و بیوچار بر عملکرد و اجزا عملکرد گیاه سویا در استان گلستان انجام گرفت. به منظور بررسی اثرات تلقیح باکتری (سودوموناس فلورسنت، باسیلوس سوبتیلیس و شاهد) و بیوچار (سیب زمینی، خمیرکاغذ و شاهد) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سویا، آزمایشی به صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به صورت کشت مزرعه‌ای انجام شد. نتایج نشان دادند که بالاترین مقدار وزن خشک برگ در بوته ۱/۵۴، ۹/۴۹، ۴۱/۴۲ و ۱۱/۱۸ به ترتیب در مراحل چهار برگی، گلدهی، غلاف دهی و پرشدن دانه مربوط به برهمکنش بیوچار خمیرکاغذ با باکتری باسیلوس سوبتیلیس بود که وزن خشک برگ در بوته را به طور معنی داری سنبت به شاهد افزایش داد ($p<۰/۰۵$) و بالاترین مقدار وزن خشک ساقه در مراحله پرشدن دانه (۱۸/۶۷) مربوط به تیمار بیوچار سیب زمینی + باکتری باسیلوس سوبتیلیس بود که وزن خشک ساقه در بوته را به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش داد ($P<۰/۰۵$). در مرحله پرشدن دانه همه تیمارهای برهمکنش بیوچار با باکتری افزایش معنی داری نسبت به شاهد داشتند اما تفاوت معنی داری با یکدیگر نشان ندادند ($P<۰/۰۵$). همچنین، در بررسی برهمکنش باکتری و بیوچار مشاهده شد که تیمار بیوچار سیب زمینی + باکتری سودوموناس فلورسنت با افزایش تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد در هکتار به ترتیب ۶۹/۰۷، ۲۹۴/۷۸ و ۳۹۲۹/۲۴ دارای بالاترین مقدار بودند که تفاوت معنی داری نسبت به شاهد داشتند ($P<۰/۰۵$). بالاترین تعداد دانه در غلاف (۱/۲۸) مربوط به تیمار عدم تلقیح باکتری با بذر بود که اختلاف معنی داری با سایر تیمار نداشت ($P>۰/۰۵$).

کلید واژه‌ها: باکتری، بیوچار، عملکرد، سویا

۱- مقدمه

دانه سویا با بیش از ۱۸ درصد پروتئین، یکی از مهم‌ترین منابع تامین روغن نباتی در جهان می‌باشد. علاوه بر آن سویا بدلیل تثبیت نیتروژن، نقش زیادی در حاصخیزی خاک و کاهش مصرف کود و همچنین، بهبود وضعیت محیط زیست دارد (نه‌بندانی، ۲۹۳۱).

ریزوباکتری‌های محّرک رشد بخش کوچکی (۵ – ۲ درصد) از ریزوباکترها هستند که رشد گیاه را تحریک می‌کنند و این باکتری‌ها به منظور افزایش رشد از طریق افزایش دانه در بوته، وزن بوته، عملکرد و کنترل بیماری در طیف وسیعی از گیاهان زراعی به کار برده می‌شوند (مقامی و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج مطالعات بلند مدت نشان داده که استفاده متوالی از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش نتیجه اسیدی‌شدن، کاهش فعالیت‌های زیستی، تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها در کودهای شیمیایی می‌باشد (آد دیران و همکاران، ۴۰۰۲).

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در بین ریزجاندارن خاک که فعالیت آن‌ها بر رشد، تغذیه و سلامت گیاه تاثیر مثبتی داشته و کاربرد آن‌ها به عنوان کود زیستی مورد توجه محققان قرار گرفته است، می‌توان به انواع باکتری‌های ریشه‌سپهر اشاره نمود که به عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه نامیده می‌شوند (نظارت و غلامی، ۰۹۳۱). این اصطلاح در ابتدا برای باکتری‌های *pp ssanomoduesP* بکار برده شد، اما امروزه معنای گسترده‌تری پیدا نموده و برای بسیاری از باکتری‌ها فعال در ناحیه ریزوسفر مانند *sullicaB airedlohkruB, retcaborhtrA* *iwrE,* و *mulliripsozA* مورد استفاده قرار می‌گیرد (نظارت و غلامی، ۰۹۳۱).

باتوجه به این که فسفر جزء عناصر، ضروری پر مصرف بوده، به دلیل تثبیت توسط کلسیم در خاک‌های قلیایی و آهن و آلومینیوم درخاک‌های اسیدی از دسترس گیاه خارج می‌شود. ریزسازواره‌های حل‌کننده فسفات‌های نامحلول به عنوان یکی از رایج‌ترین کودهای

زیستی به خاک افزوده می‌شود تا فراهمی فسفر برای گیاهان را افزایش دهند و سبب بهبود رشد گیاه شوند (سینگ و همکاران، ۱۱۰۲). در میان باکتری‌ها، سودوموناس‌های فلورسنس ریزوسفری از جمله باکتری‌های افزاینده رشد گیاه هستند که در غلب خاک‌های کشاورزی وجود دارند و دارای ویژگی‌های محرک رشد مختلفی می‌باشند (ویاسو و همکاران، ۹۰۰۲). این باکتری‌ها به ویژه از طریق انحلال فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی میزان فسفر محلول و قابل‌جذب را افزایش داده و در نتیجه قابلیت جذب فسفر توسط گیاه را زیاد می‌کنند (واسلیو و همکارن، ۶۰۰۲).

شیخ علی‌پور و همکاران (۴۹۳۱) با اضافه کردن باکتری باسیلوس به خاک در کشت گلدانی پنبه (*Gossypium muipyssorih mutusris* L.) و کلزا (*Brassica acissarpan* L.) به ترتیب افزایش ۹۱ تا ۴۲ درصدی و ۹۱ تا ۱۲ درصدی در وزن خشک ریشه و اندام هوایی مشاهده کردند. کاربرد باکتری باسیلوس در ظرفیت زراعی باعث تولید بیشترین تعداد دانه در سنبله گندم شد. همچنین، استفاده از باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس به عنوان کود زیستی حل‌کننده فسفات، توانست آبیاری را در نهایت به دو روز به تعویق بیاندازد (الهوردی و همکاران، ۳۹۳۱).

بیوچار (زغال زیستی) یک ترکیب کربنی آلی عمدتا پایدار و مقاوم است که از حرارت دادن زیست توده (معمولا در دماهای بین ۳۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد) در شرایط اکسیژن کم (ترجیحا نبود اکسیژن) تولید می‌شود که این فرآیند تحت عنوان پیرولیز در دمای کم است و ماده جامد حاصل از آن دارای زیست‌توده‌ای غنی از کربن می‌باشد (ژو و همکاران، ۲۱۰۲). با توجه به ترکیبات متفاوت بقایای گیاهی، بیوچار تولید شده از آن‌ها می‌تواند ویژگی‌های متفاوتی داشته باشد (تانگ و همکاران، ۳۱۰۲). بیوچار حاوی ۵۹– ۵۶ درصد کربن، مقداری خاکستر معدنی و مواد فرّار است (آنتال و گرونلی، ۳۰۰۲).

۳- توسعه فرضیه‌ها و الگوی مفهومی

از آنجا که خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک کشور ما که بیش از ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی را تشکیل می‌دهد، از نظر مواد عالی فقیر هستند (نجفی و همکاران، ۱۳۸۸)، استفاده از بیوچار می‌تواند سبب افزایش حدود ۲۵ درصدی عملکرد گیاهان زراعی شود (جها و همکاران، ۲۰۱۰).با توجه به رشد جمعیت و افزایش نیاز به این محصول پرمصرف جهانی افزایش میزان تولید از طریق افزایش مقدار عملکرد محصول در واحد سطح امکان‌پذیر می‌باشد. هدف از این پژوهش، مقایسه اثر باکتری‌های سودوموناس‌فلورسنت و باسیلوس‌سوبتیلیس در ترکیب با سه سطح بیوچار سیب‌زمینی، خمیر کاغذ و شاهد بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سویا بود.

۴- روش شناسی

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه آموزشی پژوهشی شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان واقع در ۵ کیلومتری جاده قدیم گرگان – کردکوی به اجرا درآمد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۳ متر، عرض جغرافیایی آن ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی می‌باشد. خاک مزرعه دارای ۰۱ درصد شن، ۲۵ درصد سیلت و ۸۳ درصد رس (بافت لوم سیلتی)، هدایت الکتریکی ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته ۶/۸ بود.

خمیر کاغذ و ضایعات سیب‌زمینی با همکاری سازمان محیط زیست کرج تهیه شد. ضایعات در داخل کوره در دمای ۰۰۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت حرارت داده شدند. یک شبانه روز به نمونه‌ها فرصت داده شد تا به دمای محیط برسند.

فاکتورهای مورد بررسی شامل بیوچار (در سه سطح A_1، A_2، A_3؛ به ترتیب سیب‌زمینی، خمیرکاغذ و شاهد) و باکتری (در سه سطح B_1، B_2، B_3 ؛ به ترتیب سودوموناس، سوبتیلیس و شاهد) در چهار تکرار به صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل

تصادفی انجام گرفت. طریقه قرار گرفتن تیمارها در هر بلوک به شکل تصادفی بود. بدین منظور باکتری‌ها در کرت‌های اصلی و بیوچار در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

در داخل هر تکرار نه تیمار (فاصله تیمارها از یکدیگر یک متر، اندازه هرکرت ۱۲ متر و فاصله هر تکرار از یکدیگر یک متر) قرار گرفت. هر کرت شامل هفت خط کاشت به طول ۴ متر بود. فاصله بوته‌ها در ردیف ۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. رقم مورد استفاده دی پی ایکس بود که در استان گلستان دارای بیشترین سطح زیر کشت می‌باشد. عمق کاشت برای همه بذرها یکسان و بین ۵-۳ سانتی‌متر بود. بر اساس نتیجه آزمایش تجزیه خاک ۰۰۱ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۰۰۱ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۰۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره در زمان کاشت به خاک اضاف شد. میزان کاربرد بیوچار ۵ تن در هکتار (نیم کیلوگرم در متر مربع) بود.

باکتری‌های پروبیوتیک شامل سودوموناس فلورسنت (*Pseudomonas fluorescens*) و باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus_subtilis*) نیز از موسسه آب و خاک کشور تهیه شدند. باکتری‌ها پس از کمی مرطوب‌شدن توسط آب با جمعیت $^{۷}۰۱$ با بذور آغشته شدند و به مدت نیم ساعت در هوای آزاد خشک گردید. بدلیل اینکه باکتری‌ها به نور خورشید حساس بودند کلیه مراحل آغشته‌سازی تا خشک‌کردن در سایه انجام پذیرفت.

با توجه به اینکه کشت محصول به عنوان کشت دوم بود با کشت بعد از برداشت گندم انجام شد. قبل از کاشت به منظور تعیین درصد جوانه‌زنی بذر، تست جوانه‌زنی در آزمایشگاه انجام گرفت. با توجه به روش آبیاری که به شکل غرقابی بود به منظور عدم شسته‌شدن بیوچار از سطح خاک، قبل از کشت، بیوچار (۶کیلوگرم در هر واحد آزمایشی) با خاک مخلوط شد. عملیات کاشت به شکل دستی در ششم تیرماه صورت گرفت. در طول دوره آزمایش آفات و بیماری‌ها از طریق سم‌پاشی کنترل و سله‌شکنی و وجین علف‌های هرز به صورت دستی در دو نوبت و همزمان انجام شد. فاصله زمانی آبیاری در طول فصل رشد بر اساس شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی صورت گرفت، به مقداری که تنشی به سویا وارد نشود.

به منظور بررسی تاثیر تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا، وزن خشک برگ و ساقه در مراحل چهار برگی، شش برگی، شروع گلدهی، شروع غلاف‌دهی و شروع پرشدن دانه اندازه‌گیری شد.

در هر مرحله اندازه‌گیری به طور تصادفی از خطوط اصلی هر واحد آزمایشی، ۵ بوته از بین سایر بوته‌ها به تصادف انتخاب و با حذف یک ردیف از کناره‌ها و ۲۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتها با در نظر گرفتن اثر حاشیه اندازه‌گیری شد. در هر نمونه‌گیری، نمونه‌ها در داخل کیسه پلاستیکی ریخته شده و جهت انجام بررسی‌های بعدی به آزمایشگاه منتقل شدند. ابتدا ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته اندازه‌گیری شدند و سپس شاخص سطح برگ سبز اندازه‌گیری شد. در انتها نیز برگ‌ها و ساقه‌ها به تفکیک جهت اندازه‌گیری وزن خشک به مدت ۸۴ ساعت در آون ۵۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از ثابت شدن وزن خشک توزین شدند.

۵- تحلیل داده‌ها و یافته های پژوهش

نتایج حاصل از مقایسات میانگین (جدول ۱۲) نشان داد که در مراحل اولیه رشد (V4) بالاترین مقدار وزن خشک برگ در بوته (۱/۴۸) مربوط به بیوچار خمیرکاغذ و کمترین مقدار وزن خشک برگ در بوته (۰/۹۵) مربوط به شاهد بود، در مرحله شروع گلدهی بالاترین مقدار وزن خشک برگ (۹/۹۴) مربوط به برهمکنش بیوچار خمیرکاغذ با باکتری باسیلوس سوبتیلیس و کمترین مقدار وزن خشک برگ در بوته (۵/۷۶) مربوط به شاهد بود، در هنگام تشکیل غلاف بالاترین مقدار وزن خشک برگ در بوته (۱۶/۲۳) مربوط به برهمکنش بیوچار خمیرکاغذ با باکتری باسیلوس سوبتیلیس و کمترین مقدار وزن خشک برگ در بوته (۹/۱۴) مربوط به شاهد بود، در ادامه و در مرحله پر شدن دانه با پیری و ریزش برگ‌ها از وزن خشک کاسته شد به گونه ای که بالاترین مقدار وزن خشک برگ در

بوته (۱۱/۱۸) مربوط به برهمکنش بیوچار خمیرکاغذ با باکتری باسیلوس سوبتیلیس و کمترین مقدار وزن خشک برگ در بوته (۷/۶۲) مربوط به بیوچار خمیرکاغذ بود که تفاوت معنی‌داری نسبت به بیوچار سیب‌زمینی و شاهد نداشت (جدول۲۱). در شاهد به دلیل عدم تلقیح بذر با باکتری و اضافه نکردن بیوچار به خاک سبب کاهش وزن خشک برگ نسبت به بیوچار و باکتری شد. افزودن بیوچار به خاک سبب افزایش ماده خشک در برگ شد که یکی از دلایل افزایش ماده خشک در برگ افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت به شاهد است و از طرفی استفاده بیوچار سبب بالا رفتن ثبات مواد مغذی در خاک می‌شود. نتایج کیخسروی و همکاران (۴۹۳۱) نشان داد با کاربرد بیوچار در ذرت بین تیمارها صفت وزن خشک برگ اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصدوجود داشت. تلقیح باکتری با بذر نیز سبب افزایش وزن خشک در برگ نسبت به شاهد شد که دلیل آن افزایش جذب عناصر و فراهمی بیشتر نیتروژن و فسفر برای گیاه می‌تواند باشد. وزن خشک برگ در بوته در برهمکنش بین بیوچار سیب‌زمینی با باکتری سودوموناس فلورسنت و باکتری باسیلوس سوبتیلیس تفاوت چشمگیری نداشت اما وزن خشک برگ در بوته در برهمکنش بین بیوچار خمیرکاغذ با باکتری باسیلوس سوبتیلیس بالاتر از برهمکنش بین بیوچار خمیرکاغذ با باکتری سودوموناس فلورسنت بود.

نتایج یعقوبی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که کاربرد توأم بیوچار و کود زیستی موجب بهبود وزن خشک برگ شده است. روند کاهشی که در همه تیمارها پس از رسیدن به حداکثر رشد برگ مشاهده می‌شود می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده به علت افزایش سن برگ‌ها، ریزش آن‌ها و همچنین انتقال بخشی از آسیمیلات‌ها به ساقه، غلاف‌ها و دانه باشد.

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل باکتری و بیوچارهای مختلف بر وزن خشک برگ در بوته در مراحل چهار برگی (V4)، هشت برگی(V8)، گلدهی (R1)، تشکیل غلاف (R3) و پرشدن دانه (R5.().

باکتری	بیوچار	وزن خشک برگ در (v4)	وزن خشک برگ در (v8)	وزن خشک برگ در (r1)	وزن خشک برگ در (r3)	وزن خشک برگ در r5()
شاهد	شاهد	۰/۹۵^{d}	۴/۴۰^{cd}	۵/۷۶^{d}	۸/۳۹^{e}	۷/۴۲^{b}
	سیب‌زمینی	۱/۰۰^{dc}	۲/۷۸^{e}	۷/۱۳^{c}	۹/۴۳^{ed}	۷/۳۷^{b}
	خمیرکاغذ	۱/۴۸^{a}	۴/۰۸^{d}	۷/۵۸^{c}	۹/۱۶^{e}	۷/۲۶^{b}
سودوموناس فلورسنت	شاهد	۰/۹۶^{d}	۴/۳۵^{cd}	۶/۰۸^{c}	۱۱/۰۴^{c}	۸/۲۱^{b}
	سیب‌زمینی	۱/۲۸^{b}	۶/۰۷^{a}	۸/۳۷^{b}	۱۳/۳۳^{ab}	۱۲/۱۳^{a}
	خمیرکاغذ	۱/۲۴^{b}	۴/۱۴^{d}	۷/۲۷^{c}	۱۰/۴۲^{c}	۱۱/۴۸^{a}
باسیلوس سوبتیلیس	شاهد	۰/۹۶^{d}	۴/۷۳^{c}	۷/۳۵^{c}	۱۰/۶۳^{dc}	۸/۰۵^{b}
	سیب‌زمینی	۱/۰۸^{c}	۵/۵۲^{b}	۸/۹۰^{ab}	۱۲/۲۶^{b}	۱۱/۷۱^{a}
	خمیرکاغذ	۱/۴۵^{a}	۴/۶۵^{c}	۹/۹۴^{a}	۱۴/۲۴^{a}	۱۱/۸۱^{a}

در هر ستون اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

مقایسات میانگین (جدول ۱۵) نشان داد که در مراحل اولیه رشد (V4) بالاترین مقدار وزن خشک ساقه (۱/۷۴) مربوط به بیوچار خمیرکاغذ و کمترین مقدار وزن خشک ساقه (۰/۷۸) مربوط به شاهد بود، با شروع گلدهی (R1) بالاترین مقدار وزن خشک ساقه

(۱۰/۸) مربوط به برهمکنش بیوچار خمیرکاغذ با باکتری باسیلوس سوبتیلیس و کمترین مقدار وزن خشک ساقه (۷/۰) مربوط به باکتری باسیلوس سوبتیلیس بود که نسبت به شاهد تأثیر معنی‌داری نداشت، در مرحله غلاف‌دهی (3R) بیشترین وزن خشک ساقه (۲۲/۶۶) مربوط به برهمکنش بیوچار سیب‌زمینی با باکتری سودوموناس فلورسنت و کمترین وزن خشک ساقه (۲۱/۴۴) مربوط به شاهد بود، در ادامه رشد و در مرحله پر شدن دانه (5R) وزن خشک ساقه در بعضی از تیمارها نسبت به مرحله غلاف‌دهی کاهش یافت که بدلیل ریزش برگ‌ها و کاهش فتوسنتز و همچنین، انتقال آسیمیلات‌ها به غلاف و دانه می‌باشد به گونه ای که حداکثر وزن خشک ساقه (۸۱/۷۶) در این مرحله مربوط به برهمکنش بیوچار سیب‌زمینی با باکتری باسیلوس سوبتیلیس و کمترین وزن خشک ساقه (۲۱/۴۸) مربوط به شاهد بود (جدول ۵۱).

شیخ علی‌پور و همکاران (۴۹۳۱) با اضافه کردن باکتری باسیلوس به خاک در کشت گلدانی پنبه (*mutusrih muipyssoG* L.) و کلزا (*supan acissarB* L.) به ترتیب افزایش ۹۱ تا ۴۲ درصدی و ۹۱ تا ۱۲ درصدی در وزن خشک اندام هوایی مشاهده کردند. مقایسه حداکثر تجمع ماده خشک در ساقه بیان گر تفاوت بین شاهد و کاربرد بیوچار و باکتری بود؛ به طوری که بالاترین وزن خشک ساقه در شاهد ۴۱/۲۸ و بالاترین وزن خشک ساقه در برهمکنش بیوچار سیب‌زمینی و باکتری سودوموناس فلورسنت ۶۲/۱۸ گرم در بوته بود.

جدول ۱۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل باکتری و بیوچارهای مختلف بر وزن خشک ساقه در بوته در مراحل چهار برگی (v4)، هشت برگی(v8)، گلدهی (R1)، تشکیل غلاف (R3) و پرشدن دانه (R5.()

باکتری	بیوچار	وزن خشک ساقه در (V4)	شاخص سطح برگ در (V8)	وزن خشک ساقه در (R1)	وزن خشک ساقه در (R3)	وزن خشک ساقه در R5()
شاهد	شاهد	۰/۷۸^{de}	۳/۶۷^{cb}	۷/۰۲^{f}	۱۲/۴۴^{g}	۱۲/۸۴^{d}
	سیب‌زمینی	۰/۹۰^{c}	۲/۹۹^{c}	۸/۴۰^{ed}	۱۴/۳۴^{f}	۱۷/۷۶^{abc}
	خمیرکاغذ	۱/۷۴^{a}	۴/۰۳^{b}	۹/۹۸^{ab}	۱۵/۷۹^{de}	۱۶/۹۲^{c}
سودوموناس فلورسنت	شاهد	۱/۰۹^{b}	۳/۸۸^{cb}	۷/۹۴^{e}	۱۴/۹۴^{fe}	۱۷/۳۵^{c}
	سیب‌زمینی	۱/۱۰^{ab}	۵/۸۰^{a}	۹/۳۰^{bc}	۲۲/۶۶^{a}	۱۸/۳۴^{ab}
	خمیرکاغذ	۱/۰۹^{b}	۵/۲۰^{a}	۹/۸۳^{bc}	۱۶/۶۷^{d}	۱۷/۶۷^{bc}
باسیلوس سوبتیلیس	شاهد	۰/۷۴^{e}	۳/۸۵^{cb}	۷/۰۰^{f}	۱۵/۹۸^{d}	۱۷/۱۹^{c}
	سیب‌زمینی	۰/۸۲^{d}	۵/۵۶^{a}	۹/۰۹^{cd}	۱۸/۰۹^{c}	۱۸/۶۷^{a}
	خمیرکاغذ	۱/۰۷^{b}	۵/۳۶^{a}	۱۰/۸۰^{a}	۱۹/۲۹^{b}	۱۸/۳۸^{ab}

در هر ستون اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

اجزای عملکرد دانه در بوته

تعداد غلاف در بوته

بیشترین تعاد غلاف در بوته (۶۹/۰۷) در برهمکنش باکتری سودوموناس فلورسنت با بیوچار سیب‌زمینی و کمترین تعداد غلاف در بوته (۸۴/۲۰) در بیوچار سیب‌زمینی بدست آمد، همچنین، نتایج نشان داد که کاربرد باکتری اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته نسبت به شاهد دارد (جدول ۹۱).

زنده و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که اثر تلقیح باکتری سودوموناس با سویا در کشت دوم بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود. رخزادی (۷۸۳۱) اظهار داشت وجود باکتری سودوموناس فلورسنس در ترکیب مایه‌های تلقیح، نقش مؤثری در افزایش تعداد غلاف در بوته در گیاه نخود داشته است.

تعداد دانه در غلاف

.مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف (۱/۸۲) مربوط به شاهد و کمترین تعداد دانه در غلاف (۰/۲۹) در بیوچار سیب‌زمینی بود (جدول ۰۲). بین باکتری نیز بالاترین تعداد دانه در غلاف (۱/۵۱) مربوط به شاهد (عدم بیوچار) و کمترین تعداد دانه در غلاف (۰/۲۹) مربوط به بیوچار سیب‌زمینی بود ولی بین هیچ یک از تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول۰۲). نتایج بدست آمده با نتایج یعقوبی و همکاران (۳۹۳۱) که نشان دادند که اثر اصلی کاربرد بیوچار و کود زیستی بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نشده است مطابقت دارد.

وزن هزار دانه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزاردانه بوته (۴۹۲/۸۷) مربوط به برهمکنش بیوچار سیب‌زمینی و باکتری سودوموناس فلورسنت و کم ترین وزن هزاردانه در بوته (۳۳۱/۸) مربوط به بیوچار خمیرکاغذ می‌باشد و بین کاربرد بیوچار و عدم کاربرد آن بدون تلقیح با باکتری از نظر وزن هزار دانه در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، همچنین، تلقیح باکتری اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نسبت به شاهد داشت (جدول ۹۱). رحیمی و همکاران (۲۹۳۱) گزارش گردند که تلقیح باکتری سودوموناس فلورسنت تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه در گیاه گلرنگ داشت.

عملکرد دانه در هکتار

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین عملکرد دانه در هکتار (۹۲۹۳/۴۲) مربوط به برهمکنش بین بیوچار سیب‌زمینی و باکتری سودوموناس فلورسنت و حداقل میزان عملکرد در هکتار (۲۳۵۲/۳۶) مربوط به شاهد بود، همچنین نتایج نشان دادند که تلقیح باکتری نسبت به شاهد (عدم تلقیح باکتری) تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشت (جدول ۹۱). زنده و همکاران (۵۹۳۱) گزارش کردند که اثر تلقیح باکتری سودوموناس با سویا در کشت دوم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. پاتیدار (۱۰۰۲) نیز افزایش عملکرد دانه در سورگوم را دنبال کاربرد باکتری سودوموناس گزارش کرد. استفاده همزمان از سویه باکتری به همراه قارچ مایکوریزا و باکتری سودوموناس به همراه محلول‌پاشی باعث بدست‌آمدن بیشترین عملکرد محصول سویا گردیده است (ایرانی‌پور، ۴۹۳۱). فرناندو و همکاران (۷۰۰۲) نیز نشان دادند که باکتری‌های باسیلوس و سودوموناس باعث افزایش عملکرد دانه در کلز می‌گردد. حیدری و همکاران (۳۹۳۱) گزارش کردند که کود زیستی حاوی باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس که از سویه‌های محرک رشدگیاه‌اند، به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد زعفران را تحت تأثیر قرار داد. جها و همکاران (۰۱۰۲) گزارش کردند استفاده از بیوچار می‌تواند سبب افزایش حدود ۵۲ درصدی عملکرد گیاهان زراعی شود. جیوتی و همکاران (۳۱۰۲) گزارش کردند که کاربرد توأم بیوچار همراه با باکتری باسیلوس سبب افزایش عملکرد در گیاه لوبیا می‌شود.

جدول ۱۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات مورد بررسی. تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، ارتفاع تشکیل اولین غلاف از سطح زمین و عملکرد (کیلوگرم در هکتار)

باکتری	بیوچار	تعداد غلاف در بوته	وزن هزار دانه	ارتفاع تشکیل اولین غلاف از سطح زمین	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
شاهد	شاهد	۴۹/۰۲$^{C\ (b)}$	۱۳۵/۳۹$^{e\ (b)}$	۱۵/۳۷$^{b\ (b)}$	۲۵۳۲/۶۳$^{e\ (a)}$
	سیب‌زمینی	۴۸/۲۲^{C}	۱۴۳/۹^{e}	۱۵/۲۸^{b}	۲۶۲۶/۵۱^{e}
	خمیرکاغذ	۵۱/۳۲^{C}	۱۳۳/۸^{e}	۱۴/۵۵^{b}	۲۷۴۰/۲^{ed}
سودوموناس فلورسنت	شاهد	۴۹/۵$^{C\ (a)}$	۱۷۹/۴$^{d\ (a)}$	۱۵/۵۲$^{b\ (a)}$	۲۹۳۱/۸۵$^{cd\ (a)}$
	سیب‌زمینی	۶۹/۰۷^{a}	۲۹۴/۷۸^{a}	۱۷/۸۲^{a}	۳۹۲۹/۲۴^{a}
	خمیرکاغذ	۵۹/۲^{b}	۲۱۱/۵۹^{bc}	۱۴/۳۷^{b}	۳۴۶۴/۱۸^{b}
باسیلوس سوبتیلیس	شاهد	۴۹/۸$^{c\ (a)}$	۲۰۱/۱۶$^{c\ (a)}$	۱۴/۳۷$^{b\ (a)}$	۲۹۸۵/۷۷$^{c\ (a)}$
	سیب‌زمینی	۶۶/۷۵^{a}	۲۲۸/۳۶^{b}	۱۸/۱^{a}	۳۵۶۳/۹۶^{b}
	خمیرکاغذ	۵۳/۸۷^{bc}	۲۲۴/۵۷^{b}	۱۷/۶۲^{a}	۳۵۵۰/۷۵^{b}

در هر ستون اعدادی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۲۰- مقایسه میانگین اثرات اصلی تعداد دانه در غلاف.

فاکتورهای آزمایش	تعداد دانه در غلاف
باکتری	
شاهد	۱/۲۸^{a}
سودوموناس فلورسنت	۰/۹۳^{a}
باسیلوس سوبتیلیس	۰/۹۴^{a}
بیوچار	
شاهد	۱/۱۵^{a}
سیب‌زمینی	۰/۹۲^{a}
خمیرکاغذ	۱/۰۸^{a}

در هر ستون اعدادی که حداقل دارای یکحرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشند.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بهره گیری از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه با توانایی حل کنندگی فسفات‌های نامحلول همرا با بیوچار موجب افزایش عملکرد و اجزای سویا عملکرد گردید. با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که بهره گیری از باکتری سودوموناس فلورسنت و بیوچار سیب‌زمینی به عنوان یک راه حل برای برطرف کردن کمبود عناصر غذایی در گیاهان و به دنبال

آن بر طرف کردن نیاز غذایی در انسان‌ها باشدهر یک از باکتری‌ها و بیوچارها تأثیر مثبتی بر عملکرد داشتند اما برهمکنش بین آن‌ها سودمندتر از کاربرد آن‌ها به تنهایی بود. بر این اساس به نظر می‌رسد کاربرد مایه تلقیح باکتریایی به عنوان کود زیستی همراه با بیوچار در زراعت سویا می‌تواند مؤثر واقع شده و با رواج آن در کشور به صورت مصرف توأم با کودهای آلی در جهت کاهش کاربرد کودهای شیمیایی و یا به عنوان جایگزین مناسبی برای این کودها نقش داشته باشد زیرا ضکن افزایش عملکرد در این گیاه، افزایش امنیت خاک‌های زراعی و کاهش آلودگی محیط زیستی را در راستای کشاورزی پایدار به ارمغان می‌آورد.

منابع

ایرانی‌پور، ر. ۱۳۹۴. تاثیر محلول‌پاشی اوره، قارچ مایکوریز و باکتری سودوموناس بر شاخص‌های عملکرد محصول سویا. چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران، بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک. ص ۲۲۵ – ۲۲۱.

حیدری، ز.، بشارتی، ح.، ملکی فرهانی، س. ۱۳۹۳. تأثیر مصرف برخی کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران زراعی. نشریه زراعت و فناوری زعفران، جلد۲، شماره ۳. ص ۱۸۹-۱۷۷.

رحیمی، ع.، جامی‌الاحمدی، م.، خاوازی، ک.، سیاری، م.، یزدانی بیوکی، ر. ۲۹۳۱. اثر سویه‌های متفاوت باکتری فلورسنت بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه روغنی گلرنگ. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، دوره ۵، شماره ۴۱. ص ۶۱ – ۱.

رخزادی، ا. ۱۳۸۷. بررسی اثرات مایه‌های تلقیح آزوسپریلوم، ازتوباکتر، سودوموناس و مزوریزوبیوم بر رشد و عملکرد نخود. رساله دکتری رشته زراعت – فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

زنده، ع.، انصاری، م. ح.، خورشیدی بنام، م. ب. ۱۳۹۵. اثر کود نیتروژن و تلقیح با باکتری محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا کشت دوم در منطقه دامغان. فصلنامه بوم شناسی گیاهان زراعی، شماره ۴۳. ص ۴۲-۳۵.

شیخ علی‌پور، پ.، بلندنظر، ص.، ساریخانی، م. ر.، ایرانی، ف. ۴۹۳۱. اثر مایه کوبی برخی جدایه‌های سودوموناس بر رشد و جذب عناصر غذایی گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۶۲، شماره ۱.

مقامی، م.، علمایی، م.، صدقیانی، م.، دردی پور، ا. ۱۳۹۲. جداسازی و بررسی برخی از صفات محرک رشد گیاهی سودوموناس‌فلورسنت بومی مزارع استان گلستان. نشریه مدیریت خاک وتولید پایدار، جلد ۳، شماره ۲، ۴۶۲ – ۱۵۲.

نظارت، س.، غلامی، ا. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه (*sanomoduesP* و *mulliripsozA*) بر رشد و عملکرد گیاه ذرت. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). شماره ۱۹. ۸ ص.

نه‌بندانی، ع. ۲۹۳۱. پارامتریابی مدل MSSبرای رشد و عملکرد سویا. پایان نامه کارشناسی ارشدگروه زراعت، دانشگاه علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعیئ گرگان.

الهوردی، ع.، مدرس‌ثانوی، س.م.ع.، بشارتی‌کلایه، ب.، دورودیان، ح. ر. ۳۹۳۱. بررسی ارزیابی تأثیر فاصله کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفر با آبیاری بر جذب فسفر و عملکرد گندم. مجله کشاورزی بوم شناختی، جلد ۴، شماره ۲. ص ۴۴-۴۳.

یعقوبی، م.، عامریان، م. ر.، اصغری، ح. ر.، رحیمی، م. ۱۳۹۳. تأثیر کود بیولوژیک و بیوچار بر رشد و عملکرد گیاه لوبیا چشم بلبلی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود.

Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M. O., Sobulo, R. A., and Idowu, O. J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181

Antal, M. J., Gronli, M. 2003. The art, science, and technology of charcoal production. Industrial and Engineering Chemistry Research. 42 (8): 1619 - 1640.

Fernando, W. G. D., Nakkeeran, S., Zhang, Y., Savchuk, S. 2007. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary by *Pseudomonas* and *Bacillus* species on canola petals. Crop Prot. 26: 100-107.

Jha, P., Biswas, A. K., Lakaria, B. L., Subba Rao, A. 2010. Biochar in agriculture – prospects and related implications. Current Science, 99: 1218 – 1225.

Jha, P., Biswas, A. K., Lakaria, B. L., Subba Rao, A. 2010. Biochar in agriculture – prospects and related implications. Current Science, 99: 1218 – 1225.

Jyoti, S., Geetika, R., Mrinal, P. 2013. Impact of addition of biochar along with *Bacillus* sp. on growthand yield of French beans. Scientia Horticulturae, 162: 351 – 356.

Patidar, M. 2001. Integrated nutrient management in sorghum (*Sorghum bicolor*) and its residual effect on wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Agricultural Sciences 71: 587-590.

Singh, J. S., Pandey, V. C., Singh, D. P. 2011. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agriculture, Ecosystems and Environment, 140: 339–353.

Tang, J., Kookana, R., Katayama, A. 2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. Journal of Bioscience and Bioengineering 116 (6): 653-659.

Vassilev, N., Vassileva, M., and Nikolaeva, I. 2006. Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: potentials and future trends. Applied Microbiology an Biotechnology 71:137-144.

Vyas, P., Rahi, P., Gulati, A. 2009. Stress tolerance and genetic variability of phosphate-solubilizing fluorescent *Pseudomonas* from the cold deserts of the trans-Himalayas. Microbial Ecology, 58: 425-434.

Xu. X. X. C. 2012. Removal of Cu, Zn, and Cd from aqueous solutions by the dairy manure-derived biochar. Environmental Science and Pollution Research: 1-11.