به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۰ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ۵۴۵-۵۳۳

اثر نوع منبع نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد توده بومی سیر تالش در رشت

لیلا علیزاد[۱]، معرفت مصطفوی‌راد[۲*]، کیوان آقایی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
۲. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، رشت، ایران.
۳. استادیار، گروه فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۸

چکیده

این آزمایش به‌منظور ارزیابی اثر منابع نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد توده بومی سیر تالش در سال زراعی ۱۳۹۶- ۱۳۹۵ در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان به‌صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل منابع کود نیتروژن، ۱۵ تن ورمی‌کمپوست،۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و تغذیه تلفیقی ورمی‌کمپوست (هفت و نیم تن) با نیتروژن (۵۰ کیلوگرم خالص در هکتار) به‌عنوان تیمار اصلی و باکتری‌ها شامل عدم تلقیح باکتری (به‌عنوان شاهد)، آزوسپریلیوم برازیلینس، آزوسپیریلیوم لیپوفروم، سودوموناس پوتیدا، سودوموناس فلورسنس، آزوتوباکتر، آزوسپریلیوم + سودوموناس، آزوسپریلیوم + آزوتوباکتر، سودوموناس + آزوتوباکتر، آزوسپریلیوم + سودوموناس + آزوتوباکتر به‌عنوان تیمار فرعی بود. بالاترین عملکرد سوخ خشک در شرایط استفاده از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع کود شیمیایی اوره و کاربرد توام باکتری‌های سودوموناس و آزوسپیریلیوم به‌دست آمد. بین عملکرد سوخ و تمامی صفاتی نظیر عملکرد بیولوژیک، قطر سوخ، ارتفاع سوخ، تعداد سیرچه در هر سوخ، وزن سیرچه، وزن خشک سوخ، وزن خشک ساقه، تعداد برگ و ارتفاع بوته سیر به‌جز تعداد لایه پوست سوخ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. همچنین، همبستگی بین اجزای عملکرد نظیر تعداد سیرچه در هر سوخ، وزن سیرچه، قطر و ارتفاع سوخ با صفات رویشی گیاه سیر مثبت و معنی‌دار بود. به‌طور کلی، عملکرد و اجزای عملکرد سیر واکنش‌های متفاوتی به منابع نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد گیاه نشان دادند. براساس نتایج این آزمایش، کابرد باکتری‌های آزوسپیریلیوم + سودوموناس می‌تواند برای ارتقای عملکرد سوخ در کشاورزی متداول و تحت شرایط اقلیمی منطقه قابل توصیه باشد.

کلیدواژه‌ها: اوره، تغذیه تلفیقی، صفات زراعی، کودهای زیستی، ورمی‌کمپوست.

۱. مقدمه

سیر با نام علمی *Allium sativum* L. گیاهی از تیره

* نویسنده مسئول
Email: mmostafavirad@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

Amaryllidaceae و یکی از سبزی‌های سرشار از مواد غذایی و دارای خواص خوراکی و دارویی می‌باشد [۱] و از نظر تولید جهانی در بین گیاهان پیازی در درجه دوم اهمیت قرار دارد. گیاه دارویی سیر از دیرباز جایگاه ویژه‌ای در نظام سنتی کشاورزی ایران داشته است. امروزه، به‌دلیل آثار سوء داروهای شیمیایی و الزامات زیست‌محیطی، گرایش به استفاده از گیاهان دارویی بیشتر شده است [۷]. نیتروژن مهم‌ترین عنصر تأثیرگذار بر عملکرد و کیفیت محصولات زراعی می‌باشد و رابطهٔ نزدیکی بین تأمین نیتروژن و افزایش مادهٔ خشک گیاهی وجود دارد. سیر نیاز بیشتری به عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و گوگرد دارد و بسته به نوع خاک، کاربرد ۹۲ تا ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب افزایش کمی و کیفی سیر می‌شود [٦].

کشاورزی متداول طی سال‌های اخیر سبب بروز بحران آلودگی محیط زیست گردیده است. از راه‌کارهای مهم در راستای حفظ محیط زیست می‌توان به بهینه سازی کاربرد مصرف نهاده‌های شیمیایی و تلفیق آنها با کودهای آلی و زیستی اشاره نمود. کود آلی ساختمان خاک و ظرفیت نگهداری آب در خاک و نمو ریشه گیاهان را بهبود می‌بخشند، جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک و فراهمی عناصر کم‌مصرف برای گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد [۵ و ۲٤] و سبب جلوگیری از تخریب اکوسیستم‌های زراعی می‌شود [۳]. کود ورمی‌کمپوست که در نتیجه تغییر و تبدیل و هضم نسبی بقایای آلی در ضمن عبور از دستگاه گوارشی کرم‌های خاکی به‌وجود می‌آید، یک کودهای آلی زیستی و حاوی ترکیب بیولوژیکی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، هورمون‌های رشد و مقادیر زیادی از عناصر غذایی قابل دسترس گیاه است که در افزایش عملکرد محصولات مختلف تأثیر به‌سزایی دارد. کاربرد کودهای زیستی نیز یکی از اجزای مهم سیستم تغذیه تلفیقی در زراعت محسوب می‌شوند [۲۰] و نقش بارزی در افزایش رشد رویشی و زایشی، اندازه سوخ و عملکرد سیر دارد [۹]. کودهای آلی برای بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، مناسب می‌باشند و یک روش مهم برای جایگزینی تغذیه معدنی گیاهان زراعی محسوب می‌شوند [۱۸] و منجر به بهبود ساختمان خاک و افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک می‌گردند [۵].

باکتری‌های محرک رشد گیاه (کودهای زیستی) نقش مثبت و مؤثر در رفع نیاز غذایی گیاهان داشته و سبب بهبود شرایط رشد آنها می‌شوند. از مهم‌ترین باکتری‌های آزادزی محرک رشد گیاه می‌توان به ازوتوباکتر (*Azotobacter*)، آزوسپریلیوم (*Azosprillum*) و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (*Pseudomonas*) اشاره نمود که که در محیط ریزوسفر خاک فعالیت می‌کنند و به‌صورت هتروتروف از بقایای آلی خاک استفاده می‌کنند. کاربرد آنها منجر به توسعه اقتصادی پایدار برای کشاورزان و کشور می‌شود [۱۷]. ازوتوباکتر یک باکتری آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن است که توانایی ساخت اکسین و هورمون‌های محرک رشد، انواع ویتامین‌ها به خصوص ویتامین‌های گروه B، انواع اسیدهای آمینه، سنتز مواد ضد قارچی برای مقابله با عوامل بیماریزای قارچی همانند فوزاریوم، اسکلروتیوم و غیره از امتیازات دیگر این باکتری به‌شمار می‌رود [۱۹]. آزوسپیریلوم نیز یکی از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در مناطق معتدل، سرد و گرمسیر دنیا می‌باشد، که فراوانی آن در مناطق گرمسیر بیشتر است [۱۵]. کودهای زیستی پتانسیل بالایی به‌عنوان منابع غذایی تکمیلی تجدیدپذیر برای گیاهان زراعی و همسو با طبیعت می‌باشند و یکی از اجزای مهم سیستم تغذیه تلفیقی زراعی محسوب می‌شوند [۲۰]. کودهای زیستی که در بستر رشد گیاه و محیط طبیعی رشد می‌کنند، منجر به توسعه اقتصادی پایدار برای کشاورزان می‌شود [۱۷].

کاربرد سودوموناس در گیاهان زراعی متعددی نظیر غلات، لگوم‌ها، سبزیجات و گیاهان مثمر ثمر گزارش شده

Archive of SID
www.SID.ir

است [١٤]. محققان گزارش کردند که رشد بوته ذرت تحت تأثیر باکتری‌های سودوموناس و آزوسپیریلیوم افزایش یافت [١١]. کاربرد کودهای زیستی سبب افزایش بازدهی زراعی به‌ویژه در گیاهان سبزی خوراکی و دارویی می‌شود. محققان دیگری نشان دادند که کاربرد تلفیقی نیتروژن با کود دامی و آزوسپریلیوم سبب افزایش سودمندی عملکرد کمی و کیفی رازیانه گردید [٢٢]. محققان در مطالعه کودهای زیستی و آلی روی پیاز نشان دادند که کاربرد تلفیقی آزوتوباکتر و آزوسپریلیوم در مقایسه با دیگر ترکیبات مورد استفاده روی پایداری تولید و شرایط محیطی، برتر بود [١٠]. در مطالعه اثر کاربرد تلفیقی انواع کودهای آلی، معدنی و کودهای زیستی روی سیر گزارش شده است که ارتفاع بوته، تعداد برگ‌های بوته سیر در واکنش به کاربرد ١٠ تن کود دامی، ٣ کیلوگرم آزوتوباکتر و ٣ کیلوگرم باکتری حل‌کننده فسفات و استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی با کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست افزایش یافت و این امر منجر به ارتقای عملکرد و اجزای عملکرد سیر گردید [١٢]. به‌طور کلی، باکتری‌های محرک رشد از طریق مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند و استفاده از کودهای زیستی باعث کاهش هزینه‌های تولید و افزایش رشد و عملکرد گیاه حتی در شرایط نامطلوب تغذیه‌ای می‌شود [١٦]. این آزمایش، با هدف بررسی واکنش فیزیولوژیک و رشد توده بومی سیر گیلان به کاربرد کودهای آلی و زیستی انجام شد.

٢. مواد و روش‌ها

این آزمایش، در سال زراعی ١٣٩٦-١٣٩٥ در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان واقع در رشت و به‌صورت کرت‌های خردشده و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل منابع کود نیتروژن در سه سطح (١٥ تن ورمی‌کمپوست، ١٠٠ کیلوگرم نیتروژن و کاربرد تلفیقی ٧/٥ تن ورمی‌کمپوست + ٥٠ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) در کرت‌های اصلی و ترکیب کودهای زیستی شامل ١٠ سطح (عدم تلقیح خاک به‌عنوان تیمار شاهد، تلقیح خاک با باکتری‌های آزوسپریلیوم برازیلینس، آزوسپیریلیوم لیپوفروم، سودوموناس پوتیدا، سودوموناس فلورسنس، آزوتوباکتر، دو گونه آزوسپریلیوم + دو گونه سودوموناس، دو گونه آزوسپریلیوم + آزوتوباکتر، دو گونه سودوموناس + آزوتوباکتر، دو گونه آزوسپریلیوم + دو گونه سودوموناس+ آزوتوباکتر) در کرت‌های فرعی بود. آماده‌سازی زمین زراعی در نیمه اول آبان صورت گرفت. تلقیح خاک از طریق پاشیدن یکنواخت کودهای زیستی در داخل ردیف‌های کاشت انجام شد و سپس با خاک پوشانده و آبیاری گردید و کشت سیر در ١٥ آبان‌ماه سال زراعی ٩٥-١٣٩٦ انجام گرفت. کودهای زیستی از بخش بیولوژی مؤسسه خاک و آب و کود آلی ورمی‌کمپوست از شرکت ورمی‌کمپوست ورنا تأمین گردید. ویژگی‌های خاک زراعی و کود ورمی‌کمپوست به‌ترتیب در جدول‌های ١ و ٢ درج شده است.

در هر کرت چهار ردیف از سیرچه‌ها به طول ٥ متر کشت گردید. فاصله بوته‌ها بر روی ردیف‌های کاشت حدود ١٠ سانتی‌متر و فاصله بین خطوط کاشت ٣٠ سانتی‌متر بود. برای جلوگیری از تداخل کودی بین کرت‌های اصلی یک متر فاصله در نظر گرفته شد. کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی و آبیاری به‌روش بارانی صورت گرفت. برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه تعداد ١٠ بوته تصادفی از هر کرت برداشت گردید. برای تعیین عملکرد سوخ و عملکرد بیولوژیک در واحد سطح دو ردیف وسطی با حذف نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای خطوط کاشت برداشت شد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق خاک نمونه‌برداری (cm)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	رس (٪)	لوم (٪)	شن (٪)
۰-۳۰	۵/۹۳	۰/٦۱	۲/۰۰	۰/۱۷۵	۱۱/۱۰	۲۳/٤	۲٦/۳	۲۷/۳	٤٦/٤

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود ورمی‌کمپوست

شوری کمپوست (dS/m)	اسیدیته کمپوست(1:5)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (%)	پتاسیم قابل جذب (%)	میزان کلسیم(%)	میزان منیزیم(%)	میزان آهن (ppm)	میزان روی (ppm)	میزان مس (ppm)	میزان منگنز (ppm)
۸/۳۱	۷/٥٤	۲۹/۰٥	۲/٥۷	۲/٦۳	۱/۷۳	٤/٥۹	۰/۹۳	٤۸٦/۲٥	۲۳/۳٤	۱۲/٦٥	۳۹۲/۷

در این آزمایش، کل کود ورمی‌کمپوست در زمان کاشت و میزان نیتروژن نیز از منبع اوره و در مرحله زمان کاشت و زمان آغاز تشکیل سوخ مورد استفاده قرار گرفت. محصول سیر در تاریخ ۱۳۹٦/٤/۷ برداشت و سوخ‌ها از اندام‌های هوایی جدا شد و در مجاورت هوای آزاد و نور خورشید خشک و سپس در جای خشک نگهداری گردید. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (9.1) انجام گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد و پس از مشخص شدن معنی‌داری اثرات متقابل، از آزمون برش‌دهی اثرات متقابل (Slicing interactions) با استفاده از دستور pdiff استفاده گردید [۲].

۳. نتایج و بحث

۱. ۳. ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کودها، باکتری‌ها و اثر متقابل آنها بر ارتفاع بوته سیر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط کاربرد ورمی‌کمپوست استفاده از آزوتوباکتر منجر به افزایش ارتفاع بوته گردید. اما، در مصرف توام آزوسپیریلیوم+ سودوموناس کمترین ارتفاع بوته مشاهده گردید (جدول ٤). بدین ترتیب، علت افزایش ارتفاع بوته در شرایط کاربرد آزوتوباکتر را می‌توان تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق تثبیت غیرهمزیست نیتروژن مولکولی هوا قلمداد نمود. در شرایط کاربرد تلفیقی کودهای مورد مصرف، استفاده مجزا از سودوموناس فلوئورسنس و کاربرد توام سودوموناس + آزوتوباکتر و در شرایط تغذیه با کود شیمیایی نیتروژن از منبع اوره کاربرد آزوسپیریلیوم لیپوفوروم و سودوموناس پوتیدا بالاترین ارتفاع بوته را نشان داد. ولی، اثر متقابل مصرف کود شیمیایی اوره (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) با باکتری آزوسپیریلیوم برازیلنس و سودوموناس پوتیدا از نظر ارتفاع بوته بر تیمارهای دیگر برتری نشان داد (جدول ٤). نتایج نشان داد که ارتفاع بوته سیر بسته به نوع منبع نیتروژن و کود زیستی مورد استفاده، متفاوت بود و ترکیب‌های متفاوتی از باکتری‌های آزوتوباکتر، سودوموناس و آزوسپیریلیوم بسته به نوع منبع تأمین نیترون می‌تواند سبب افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته سیر گردد. محققین دیگری نشان دادند که کاربرد پنج تن در هکتار کود آلی ورمی‌کمپوست سبب افزایش رشد و ارتفاع بوته سیر گردید [۲۱ و ۲۳]. همچنین، افزایش ارتفاع بوته ذرت تحت تأثیر کاربرد باکتری سودوموناس پوتیدا [۱۱] و افزایش ارتفاع ارزن مرواریدی تحت شرایط استفاده توام از باکتری‌های محرک رشد گیاه و کمپوست گزارش شده است [۱۳].

Archive of SID
www.SID.ir

۲. ۳. تعداد برگ در بوته

در این آزمایش، اثر اصلی و اثر متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد برگ‌های بوته سیر در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس مقایسه میانگین داده‌ها، اثر متقابل کود شیمیایی اوره و آزوتوباکتر و باکتری آزوسپیریلیوم لیپوفروم بیشترین تعداد برگ سیر را نشان داد. مقایسه میانگین به‌روش برش‌دهی نشان داد که کاربرد توام گونه‌های آزوسپیریلیوم و آزوتوباکتر در شرایط تغذیه گیاه با ورمی‌کمپوست بالاترین تعداد برگ را تولید کرد. اما، استفاده از آزوسپیریلیوم برازیلنس و آزوتوباکتر به‌ترتیب در سیستم تغذیه تلفیقی و شیمیایی اوره بالاترین تعداد برگ در هر بوته سیر را تولید کرد. این امر می‌تواند ناشی از فراهمی کافی نیتروژن و عناصر غذایی ضروری برای گیاه باشد (جدول ٤). نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که کاربرد کمپوست تعداد برگ‌های پیاز را افزایش داد [٤، ٨ و ٢١]. محققان دیگری نشان داد که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و ورمی‌کمپوست منجر به افزایش تعداد برگ‌های سیر گردید [١٢]. کودهای آلی نظیر ورمی کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی، تولید آنزیم‌ها و هورمون‌های رشد و تأمین عناصر غذایی کم‌مصرف سبب افزایش رشد رویشی گیاه و تعداد برگ‌های سیر در هر بوته می‌شوند [٥، ٢٠ و ٢٤].

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در سیر تحت تأثیر منبع نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد سوخ خشک	ارتفاع بوته	تعداد برگ بوته	وزن ساقه خشک	عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۱۱۵۲۱۸۴۷/۱٤**	۸۷/۸۹**	۱/٦۷**	۱۵/۳۸*	۳٤۸۸٤۲۳۰/٤٤**
کودها	۲	٤۳۲۸۱٤۲٤/۳٤**	۱۱۲۹/٦٦**	٤/۸۸**	۱۲٤/٦٤**	۱۱۵۷۵۱۰۰/۵۱**
اشتباه اصلی	٤	۸۵۲۳۷/۹۸	۰/۹۹	۰/۲۲	۱/۲۵	٤۹۳۸۸۱/٤۰
باکتری‌ها	۹	۱۱٦۷۷۲٦/۰۳**	۲٦/۵۷**	۲/۵٦**	٦/٦۱**	۱۸۲۲۵۲۹**
اثر متقابل کودها و باکتری‌ها	۱۸	۳۰۹۹۳۰۰۳/۸۹**	٤۷/۳۲**	۱/۱۱**	٤/۱۰*	٤۸٤۱۸۱۹/۳۰**
اشتباه فرعی	۵٤	٤۳۸۱۳۸/۸	۳/۱۲	۱/۸۸	۱۰٤/۵۸	۱۹۷٤۱۵۹۷۱۸/۱۲
ضریب تغییرات (%)	–	۵/۲۹	۲/۸۵	۳/۱٤	۱۵/۷۳	٦/۷۷

ادامه جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در سیر تحت تأثیر منبع نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد گیاه

منبع تغییرات	وزن خشک سوخ	وزن خشک سیرچه	تعداد سیرچه در سوخ	قطر سوخ	ارتفاع سوخ	تعداد لایه پوست
بلوک	۷۲/۱۳**	۰/۵٤**	۳/۵٤**	٤۰/۰۹**	٦۱/۹۵**	۳/۳۰**
کودها	۲۷۰/۲۰**	۲/۹٤**	۱۵/۷۲**	۱۱۸/۷۰**	۲۵۱/۷۷**	۱/۷۵**
اشتباه اصلی	۰/۵۲	۰/۰۰۱	۰/۰٤۳	۱/۰۱	۰/۷۷	۰/۱٦
باکتری‌ها	۷/۳۱**	۰/۲۰٤**	۰/۹۱**	٤۵/۷٦**	۱٤/۵٤**	۰/۲۳**
اثر متقابل کودها و باکتری‌ها	۱۹/۳۷**	۰/۲٤**	۱/۹٤**	۵۰/٤۵**	۱٤/۸۹**	۰/۵۸**
اشتباه فرعی	۲۷/۳۱	۰/۲۲	۰/۷۸	۳٤/۳۵	۲٤/۲۰	۵/۷٦
ضریب تغییرات (%)	۵/۲۸	۳/۱٦	۱/۸۲	۲/٤٤	۲/۲۷	۸/۵۷

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ٤. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده به‌روش برش‌دهی در واکنش به منبع نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد گیاه

تیمارها*		عملکرد سوخ خشک (kg/ha)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد برگ بوته	وزن ساقه خشک (g)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	وزن خشک سوخ (g)	وزن خشک سیرچه (g)	تعداد سیرچه در سوخ	قطر سوخ (mm)	ارتفاع سوخ (mm)	تعداد لایه پوست
N_1	S_1	٤٠٠٤/٦٦$^{d(gh)}$	٥٦/٦٩$^{a(f)}$	٤/٧١$^{d(h)}$	٦/٢٧$^{ab(cd)}$	٦٥١٤/٦٦$^{bc(ef)}$	١٠/٠١$^{cd(ij)}$	١/٧١$^{e(g)}$	٥/٨٣$^{c(j)}$	٣٠/٠٧$^{b(g)}$	٢٢/٢٨$^{e(i)}$	٤/١٦$^{a(ab)}$
	S_2	٣٩١٠/٦٦$^{cd(gh)}$	٥٣/٢٦$^{b(g)}$	٤/٩٩$^{d(h)}$	٦/٩٥$^{ab(cd)}$	٦٦٩٤/٣٣$^{bc(ef)}$	٩/٧٧$^{cd(ij)}$	١/٥٢$^{f(h)}$	٦/٤٠$^{b(h)}$	٣٢/٩٢$^{a(e)}$	٢٢/٩٠$^{e(i)}$	٤/٤٠$^{a(ab)}$
	S_3	٥٠٢٥/٠٠$^{b(f)}$	٥٥/٩١$^{ab(fg)}$	٥/٥٤$^{c(fg)}$	٨/٨٧$^{a(bc)}$	٨٥٧٥/٠٠$^{a(d)}$	١٢/٥٦$^{b(gh)}$	١/٩٤$^{cd(ef)}$	٦/٤٦$^{b(h)}$	٣٣/٧٢$^{a(de)}$	٢٨/٣٢$^{b(ef)}$	٤/٣٦$^{a(ab)}$
	S_4	٣٣٣٠/٣٣$^{d(h)}$	٥٤/٨٦$^{ab(fg)}$	٥/٧٠$^{b(ef)}$	٧/١١$^{ab(cd)}$	٦١٧٦/٣٣$^{c(f)}$	٨/٣٢$^{c(i)}$	١/٥٥$^{f(h)}$	٥/٣٦$^{d(k)}$	٢٨/٦٩$^{bc(gh)}$	٢٤/٢٠$^{d(h)}$	٤/٣٣$^{a(ab)}$
	S_5	٤١٦٩/٠٠$^{c(g)}$	٥٢/٣٩$^{bcgh)}$	٥/٣٩$^{c(fg)}$	٦/٢٥$^{ab(cd)}$	٦٦٧١/٦٦$^{bc(ef)}$	١٠/٤٢$^{c(i)}$	١/٨١$^{de(fg)}$	٥/٧٣$^{c(j)}$	٣٢/٠٧$^{a(ef)}$	٢٧/٨٤$^{b(f)}$	٣/٨٠$^{a(b)}$
	S_6	٣٨٢١/٠٠$^{cd(gh)}$	٥٩/٠١$^{a(ef)}$	٥/٩٨$^{b(e)}$	٥/٥٣$^{ab(cd)}$	٦٠٣٧/٠٠$^{c(f)}$	٩/٥٥$^{cd(ij)}$	١/٩٥$^{c(e)}$	٤/٨٦$^{ef(lm)}$	٢٧/٣١$^{d(i)}$	٢٥/٩٩$^{c(g)}$	٤/٣٣$^{a(ab)}$
	S_7	٣٩٠٣/٣٣$^{cd(gh)}$	٤٩/٨٦$^{c(h)}$	٤/٨١$^{d(h)}$	٥/٠٥$^{b(d)}$	٥٩٢٧/٦٦$^{c(f)}$	٩/٧٥$^{cd(ij)}$	٢/٠٧$^{b(d)}$	٤/٧٠$^{f(m)}$	٢٨/٦٤$^{c(h)}$	٢٥/١٤$^{cd(gh)}$	٤/٠٠$^{a(ab)}$
	S_8	٦٥٠٤/٦٦$^{a(cd)}$	٥٨/١٨$^{a(ef)}$	٧/٢٣$^{a(b)}$	٦/٩٧$^{ab(cd)}$	٩٢٩٤/٠٠$^{a(cd)}$	١٦/٢٦$^{a(de)}$	٢/٣٧$^{a(b)}$	٦/٨٣$^{a(fg)}$	٢٩/٥٥$^{bc(gh)}$	٣٠/٨٦$^{a(cd)}$	٣/٨٦$^{a(b)}$
	S_9	٤٦٣٤/٦٦$^{c(g)}$	٥٦/٩١$^{a(f)}$	٥/٣٨$^{c(fg)}$	٦/٨٦$^{b(cd)}$	٧٣٩٣/٣٣$^{b(e)}$	١١/٦١$^{b(h)}$	١/٨٣$^{d(f)}$	٦/٣٠$^{b(h)}$	٣٠/٨٦$^{b(fg)}$	٢٩/٦١$^{a(de)}$	٣/٨٠$^{a(b)}$
	S_{10}	٣٥٩٠/٣٣$^{d(h)}$	٥٦/٦٨$^{a(f)}$	٥/٧٩$^{b(ef)}$	٥/٤٥$^{ab(cd)}$	٥٧٧٣/٦٦$^{c(f)}$	٨/٩٧$^{d(j)}$	١/٧٨$^{de(fg)}$	٥/٠٠$^{e(l)}$	٢٩/٧٩$^{bc(gh)}$	٢٨/٥٦$^{b(ef)}$	٣/٦٦$^{a(bc)}$
N_2	S_1	٥١٨٤/٠٠$^{b(f)}$	٦٢/٦٤$^{bc(de)}$	٥/٢٨$^{d(g)}$	١٠/٩١$^{a(b)}$	٩٥٥٠/٣٣$^{b(cd)}$	١٢/٩٥$^{b(g)}$	١/٧١$^{d(g)}$	٧/٥٣$^{a(cd)}$	٣٣/٠١$^{d(e)}$	٢٨/٠١$^{d(f)}$	٤/٣٦$^{a(ab)}$
	S_2	٥٣٥١/٦٦$^{b(ef)}$	٦٤/٢١$^{b(d)}$	٦/٩١$^{a(c)}$	١٢/٣٥$^{a(ab)}$	١٠٢٩٦/٠٠$^{a(bc)}$	١٣/٣٧$^{b(fg)}$	١/٧٦$^{cd(fg)}$	٧/٥٦$^{a(cd)}$	٣٤/٤٠$^{c(d)}$	٢٩/٦٨$^{c(de)}$	٣/٤٦$^{ab(bc)}$
	S_3	٤٩٤٧/٣٣$^{b(f)}$	٦٣/٩٠$^{b(d)}$	٦/٣٤$^{b(d)}$	١٠/٠٢$^{a(b)}$	٨٩٥٨/٠٠$^{b(d)}$	١٢/٣٦$^{g(gh)}$	١/٨٥$^{c(ef)}$	٦/٦٦$^{c(g)}$	٣٤/٣٩$^{c(d)}$	٢٩/٧٣$^{c(de)}$	٣/٧٠$^{a(b)}$
	S_4	٥٣١٠/٠٠$^{b(f)}$	٦٠/٤٣$^{c(e)}$	٥/٥٥$^{cd(fg)}$	٩/٩٠$^{a(b)}$	٩٢٧٢/٦٦$^{ab(cd)}$	١٣/٢٧$^{b(g)}$	١/٨٦$^{c(ef)}$	٧/١٠$^{b(ef)}$	٣٥/٣٥$^{bc(cd)}$	٣١/٣٠٠$^{a(bcd)}$	٣/٣٦$^{ab(bc)}$
	S_5	٥٠٩٦/٦٦$^{b(f)}$	٦٦/١١$^{ab(cd)}$	٥/٥٩$^{cd(fg)}$	١٠/٤٥$^{a(b)}$	٩٢٧٨/٦٦$^{ab(cd)}$	١٢/٧٤$^{b(gh)}$	١/٦٥$^{de(gh)}$	٧/٦٦$^{a(c)}$	٣٣/٠٢$^{d(e)}$	٣١/٣٠٦$^{a(bcd)}$	٣/٣٣$^{ab(bc)}$
	S_6	٥٤٠٠/٠٠$^{b(ef)}$	٥٨/٠٧$^{c(ef)}$	٥/٨٣$^{c(ef)}$	٧/٣٥$^{b(c)}$	٨٣٤٨/٠٠$^{bc(de)}$	١٣/٤٩$^{b(fg)}$	٢/٠٦$^{b(d)}$	٦/٥٣$^{d(h)}$	٣٤/٢٨$^{cd(de)}$	٢٩/٧٢$^{b(de)}$	٢/٨٦$^{b(c)}$
	S_7	٣٧٣٠/٦٦$^{c(gh)}$	٥٧/٦٠$^{c(ef)}$	٥/٢٨$^{d(g)}$	٧/٥٠$^{b(c)}$	٦٧٣٢/٣٣$^{c(ef)}$	٩/٣٢$^{c(i)}$	١/٤٥$^{e(h)}$	٦/٤٠$^{d(h)}$	٣١/٥١$^{e(f)}$	٢٤/٨٧$^{e(h)}$	٣/٧٣$^{a(b)}$
	S_8	٣٦٧٢/٦٦$^{c(h)}$	٥٣/٧٨$^{b(d)}$	٦/١٧$^{b(de)}$	٩/٤٥$^{ab(bc)}$	٧٤٥٧/٣٣$^{c(e)}$	٩/١٧$^{d(j)}$	١/٥٠$^{e(h)}$	٦/١٠$^{e(i)}$	٣١/٨٢$^{de(ef)}$	٢٧/٣٤$^{d(f)}$	٣/١٣$^{b(c)}$
	S_9	٦٤١٣/٣٣$^{a(cd)}$	٦٧/٨٧$^{a(c)}$	٥/٣٠$^{d(g)}$	٨/٩٢$^{b(bc)}$	٩٩٨٢/٣٣$^{a(c)}$	١٦/٠٣$^{a(de)}$	٢/٢٣$^{a(c)}$	٧/١٣$^{b(e)}$	٣٦/٤٣$^{b(c)}$	٢٩/٣١$^{c(e)}$	٣/٨٠$^{a(b)}$
	S_{10}	٦٧٩٢/٠٠$^{a(c)}$	٦٣/٨٧$^{b(d)}$	٦/٤٠$^{b(d)}$	٩/٠٨$^{ab(bc)}$	١٠٤٢٦/٦٦$^{a(bc)}$	١٦/٩٧$^{a(d)}$	٢/٢٣$^{a(c)}$	٧/٦٠$^{a(cd)}$	٣٨/١٨$^{a(b)}$	٣٢/٩٢$^{a(ab)}$	٤/٢٣$^{b(ab)}$
N_3	S_1	٥٨١٦/٣٣$^{d(e)}$	٦٠/٢٠$^{c(e)}$	٥/٦٧$^{e(f)}$	٨/٧٣$^{b(bc)}$	٩٣١٣/٠٠$^{cd(cd)}$	١٤/٥٣$^{d(f)}$	٢/٤٢$^{b(b)}$	٦/٠٠$^{f(i)}$	٣٤/٧٣$^{d(d)}$	٣١/٧٣$^{b(bc)}$	٣/٧٠$^{b(b)}$
	S_2	٦٣٥٦/٣٣$^{c(cd)}$	٦٤/٢١$^{b(d)}$	٦/٦٣$^{bc(cd)}$	١٠/٠٤$^{b(b)}$	١٠٣٧٧/٦٦$^{bc(bc)}$	١٥/٨٨$^{c(de)}$	٢/٣٥$^{b(b)}$	٦/٧٣$^{e(g)}$	٢٤/٤٦$^{e(j)}$	٣٢/٩٤$^{ab(ab)}$	٣/٤٠$^{bc(bc)}$
	S_3	٦٥٢٢/٣٣$^{c(cd)}$	٧١/٩٨$^{ab(ab)}$	٧/٥٩$^{a(a)}$	١٠/٤٦$^{b(b)}$	١٠٧٠٩/٦٦$^{bc(bc)}$	١٦/٣٠$^{c(de)}$	٢/٧٥$^{a(a)}$	٥/٥٣$^{g(k)}$	٣٦/٣٧$^{c(c)}$	٣١/٤٩$^{bc(bcd)}$	٣/١٣$^{c(c)}$
	S_4	٦٤٣٨/٣٣$^{c(cd)}$	٧٤/٧٥$^{a(a)}$	٥/٦٤$^{e(f)}$	١٠/٧٥$^{b(b)}$	١٠٧٣/٣٣$^{bc(bc)}$	١٦/٠٦$^{c(de)}$	١/٩٣$^{e(ef)}$	٨/٣٣$^{a(a)}$	٣٥/٧٨$^{d(cd)}$	٣٠/٦١$^{c(d)}$	٣/٦٠$^{bc(bc)}$
	S_5	٥٩٥١/٣٣$^{c(d)}$	٦٢/١٧$^{bc(de)}$	٥/٥٨$^{ef(fg)}$	١٣/٢٢$^{a(a)}$	١١٢٤٢/٦٦$^{b(b)}$	١٤/٨٧$^{cd(ef)}$	٢/١٤$^{c(cd)}$	٦/٩٣$^{d(f)}$	٢٥/٥٥$^{e(j)}$	٣٢/٣٥$^{b(b)}$	٣/٥٠$^{bc(bc)}$
	S_6	٦٣١٨/٣٣$^{c(d)}$	٧٠/٨٨$^{b(b)}$	٧/٨٠$^{a(a)}$	٩/٧٠$^{b(bc)}$	١٠٢٠٠/٠٠$^{c(c)}$	١٥/٧٦$^{c(e)}$	٢/١١$^{c(d)}$	٧/٤٦$^{c(d)}$	٢٢/٥١$^{f(k)}$	٣٣/٧٧$^{a(a)}$	٣/٦٣$^{bc(bc)}$
	S_7	٨٢١٥/٠٠$^{a(a)}$	٧٠/٧٥$^{b(bc)}$	٦/٣٧$^{c(d)}$	١١/١٣$^{ab(ab)}$	١٢٦٧٠/٦٦$^{a(a)}$	٢٠/٥٣$^{a(a)}$	٢/٨٠$^{a(a)}$	٧/٣٠$^{c(de)}$	٤٠/٢٨$^{a(a)}$	٣٣/٤٠$^{ab(ab)}$	٣/٨٠$^{b(b)}$
	S_8	٧٧٤٨/٦٦$^{a(a)}$	٦٨/٥٧$^{b(bc)}$	٦/٩٢$^{b(c)}$	١٠/٦٣$^{b(b)}$	١٢٠٠٤/٣٣$^{ab(ab)}$	١٩/٣٦$^{b(b)}$	٢/٤١$^{b(b)}$	٨/٠٠$^{b(b)}$	٣٨/٣٦$^{b(b)}$	٣٣/٠١$^{ab(ab)}$	٤/٥٣$^{a(a)}$
	S_9	٦٠٣٦/٠٠$^{c(d)}$	٦٤/٨٧$^{b(d)}$	٥/٩٩$^{d(e)}$	٩/٥٥$^{b(bc)}$	٩٨٦١/٣٣$^{d(cd)}$	١٥/٠٨$^{cd(ef)}$	٢/١٩$^{c(cd)}$	٦/٨٦$^{de(fg)}$	٣٦/٥٣$^{c(c)}$	٣٣/٢١$^{ab(ab)}$	٤/٣٠$^{ab(ab)}$
	S_{10}	٧٢٨٠/٦٦$^{b(b)}$	٦٧/٠١$^{b(cd)}$	٥/٣٣$^{f(g)}$	٩/٧٦$^{b(bc)}$	١١١٨٩/٠٠$^{bc(bc)}$	١٨/١٩$^{d(c)}$	٢/٧٥$^{a(a)}$	٦/٦٠$^{e(gh)}$	٣٦/٢١$^{c(c)}$	٣١/١٤$^{c(cd)}$	٣/٩٠$^{b(b)}$

* میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار دارای حروف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD ندارند.

** حروف داخل پرانتز بیانگر رتبه‌بندی میانگین اثرات متقابل صفات اندازه‌گیری شده می‌باشد.

N_1 = Vermicompost, N_2 = Nitrogen + Vermicompost, N_3 = Nitrogen, S_1 = عدم تلقیح باکتری, S_2 = *Azospirillum brasilense*, S_3 = *Azospirillum lipoferum*, S_4 = *Pseudomonas putida*, S_5 = *Pseudomonas fluorescens*, S_6 = *Azotobacter*, S_7 = *Azospirillum* + *Pseudomonas*, S_8 = *Azospirillum* + *Azotobacter*, S_9 = *Pseudomonas* + *Azotobacter*, S_{10} = *Azospirillum* + *Pseudomonas* + *Azotobacter*.

Archive of SID

www.SID.ir

۳. ۳. وزن خشک ساقه

در این آزمایش، اثر اصلی و اثر متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر وزن خشک ساقه سیر به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین وزن خشک ساقه در استفاده از کود شیمیایی اوره به‌عنوان منبع نیتروژن و کاربرد سودوموناس فلورسنس به‌دست آمد. اما، تفاوت معنی‌داری با کاربرد توام آزوسپیریلیوم و سودوموناس نداشت. کاربرد باکتری آزوسپیریلیوم لیپوفروم در استفاده از ورمی‌کمپوست به‌عنوان منبع تأمین نیتروژن گیاه، بالاترین وزن خشک ساقه سیر را نشان داد. استفاده از آزوسپیریلیوم برازیلنس در سیستم تغذیه تلفیقی از نظر وزن خشک ساقه سیر برتر بود. اما، در هر دو شرایط فوق تفاوت معنی‌داری با اغلب تیمارها نشان نداد (جدول ٤). نتایج نشان داد که تغییرات وزن خشک ساقه سیر بسته به نوع باکتری‌های مورد استفاده و نوع منبع تأمین نیتروژن گیاه، متفاوت بود. کودهای آلی سبب بهبود ساختمان خاک و افزایش جمعیت میکروارگانیسم های خاک می‌گردند. اما، نوع و میزان مصرف کودهای آلی می‌تواند در کاهش یا افزایش گونه‌های مختلف میکروارگانیسم‌های خاک تأثیرگذار باشد. به‌عبارت دیگر، هر یک از میکروارگانیسم‌های خاک در شرایط اقلیمی و خاکی خاصی می‌توانند رشد بیشتری از خود نشان دهند [۵]. بدین ترتیب، کاربرد انواع و مقادیر مختلفی از کودهای آلی می‌تواند شرایط محیطی را بر له یا علیه یک یا گروهی از کودهای زیستی تغییر دهد و به تبع آن منجر به بروز تغییراتی در رشد اندام‌های مختلف گیاه شود.

٤. ۳. وزن سوخ خشک

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر اصلی و و اثر متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر وزن سوخ خشک به‌ترتیب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۳). کاربرد باکتری‌های محرک رشد آزوسپیریلیوم + آزوتوباکتر سبب افزایش وزن سوخ خشک در هنگام استفاده از کود آلی ورمی‌کمپوست به‌عنوان منبع تأمین نیتروژن گیاه سیر گردید. در سیستم تغذیه تلفیقی کود اوره و ورمی‌کمپوست استفاده هم‌زمان از باکتری‌های آزوتوباکتر، آزوسپیریلیوم + سودوموناس سبب افزایش وزن سوخ خشک سیر گردید. اما، تفاوت معنی‌داری با کاربرد آزوتوباکتر + سودوموناس نداشت. بیشترین وزن سوخ خشک در هنگام استفاده از کود شیمیایی اوره به‌عنوان منبع نیتروژن و تلقیح خاک با باکتری‌های آزوسپیریلیوم + سودوموناس به‌دست آمد (جدول ٤). اگرچه تأثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه بسته به نوع منبع تأمین نیتروژن در راستای رشد رویشی و زایشی گیاه سیر، متفاوت بود، نتایج حاکی از آن است که در شرایط استفاده از کود آلی ورمی‌کمپوست و یا تحت شرایط سیستم تغذیه تلفیقی، عملکرد و اجزای عملکرد سیر در مقایسه با کاربرد اوره به‌عنوان منبع نیتروژن کاهش می‌یابد. علت این امر می‌تواند تأمین ناکافی نیتروژن در شرایط استفاده از ورمی‌کمپوست و سیستم تغذیه تلفیقی باشد. در حقیقت، نتایج بیانگر آن است که کاربرد آزوتوباکتر به‌تنهایی و یا به‌صورت مکمل با ۵۰ درصد نیتروژن توصیه‌شده نمی‌تواند عملکرد سیر را به اندازه تغذیه شیمیایی با اوره افزایش دهد. به‌نظر می‌رسد کاهش تدریجی مقدار اوره مورد استفاده و استفاده کافی از ورمی‌کمپوست توام با کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌تواند گام مؤثری در راستای افزایش عملکرد سیر در شرایط اقلیمی منطقه باشد. نتایج این آزمایش با نتایج دیگر محققان مطابقت داشت که نشان داد کاربرد ۷۵ درصد کودهای شیمیایی NPK همراه با ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش رشد رویشی و وزن و عملکرد سوخ سیر گردید [۱۲].

Archive of SID
www.SID.ir

۵. ۳. تعداد سیرچه در هر سوخ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر منابع نیتروژن، باکتری‌های محرک رشد و اثر متقابل آنها بر تعداد سیرچه در هر سوخ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین به‌روش برش‌دهی نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد آزوسپیریلیوم + آزوتوباکتر در هنگام استفاده از کود آلی ورمی‌کمپوست به‌عنوان منبع نیتروژن سبب افزایش تعداد سیرچه در هر سوخ گردید. در سیستم تغذیه تلفیقی، تلقیح خاک با باکتری سودوموناس فلورسنس منجر به افزایش تعداد سیرچه در هر سوخ گردید که تفاوت معنی‌داری با اغلب تیمارها نداشت. بیشترین تعداد سیرچه در هر سوخ در شرایط استفاده از کود اوره و کاربرد باکتری سودوموناس پوتیدا به‌دست آمد (جدول ٤). چنین استباط می‌شود که باکتری سودوموناس از طریق افزایش حلالیت و فراهمی فسفر سبب افزایش تعداد سیرچه در هر سوخ می‌گردد. چون سودوموناس‌ها، باکتری‌های حل‌کننده فسفات محسوب می‌شوند [۱۹].

٦. ۳. وزن خشک سیرچه

اثر تیمارهای مورد مطالعه و اثر متقابل آنها بر وزن خشک سیرچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها به‌روش برش‌دهی نشان داد که استفاده از آزوسپیریلیوم + آزوتوباکتر در هنگام استفاده از ورمی‌کمپوست سبب افزایش وزن خشک سیرچه گردید. در سیستم تغذیه تلفیقی کاربرد هم‌زمان سودوموناس + آزوتوباکتر سبب افزایش وزن خشک سیرچه گردید. اما، تفاوت معنی‌داری با کاربرد توام آزوتوباکتر + سودوموناس + آزوسپیریلیوم نداشت. با این توصیف، در هنگام استفاده از کود شیمیایی اوره به‌عنوان منبع نیتروژن، بالاترین وزن خشک سیرچه در واکنش به کاربرد باکتری‌های آزوسپیریلیوم + سودوموناس به‌دست آمد (جدول ٤). نتایج نشان داد که استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه در کشاورزی متداول می‌تواند سبب افزایش وزن خشک سیرچه گردد. بدین ترتیب، بسته به نوع منبع نیتروژن مورد مصرف می‌توان از محرک‌های رشد گیاهی مختلف برای افزایش وزن خشک سیرچه و بهبود عملکرد سیر استفاده نمود. در آزمایش مشابهی، آثار مثبت باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد گیاهان زراعی مختلف نظیر غلات، لگوم‌ها و سبزیجات گزارش شده است [١٤].

۷. ۳. عملکرد سوخ خشک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی و اثر متقابل کودها و باکتری‌ها بر عملکرد سوخ خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط استفاده از ورمی‌کمپوست، کاربرد هم‌زمان باکتری‌های محرک رشد آزوسپیریلیوم و آزوتوباکتر و در سیستم تغذیه تلفیقی کاربرد آزوتوباکتر + آزوسپیریلیوم + سودوموناس سبب افزایش عملکرد سوخ خشک سیر گردید. اما، بالاترین عملکرد سوخ خشک در هنگام استفاده از کود شیمیایی اوره به‌عنوان منبع نیتروژن و کاربرد توام باکتری‌های محرک رشد سودوموناس و آزوسپیریلیوم به‌دست آمد (جدول ٤). نتایج نشان داد که تأثیر نوع باکتری‌های محرک رشد گیاه و منابع تأمین نیتروژن بر عملکرد سوخ خشک سیر متفاوت بود. استفاده از کودهای آلی نظیر ورمی‌کمپوست سبب بهبود ساختمان و ظرفیت نگهداری رطوبت خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌های محیط ریشه و کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه منجر به افزایش فراهمی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در خاک و ارتقای عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند [۱۲ و ٢٤]. محققان نشان دادند که رشد و عملکرد سوخ سیر تحت شرایط مصرف باکتری‌های

Archive of SID
www.SID.ir

محرک رشد گیاه و کود آلی ورمی‌کمپوست در اثر بهبود فراهمی عناصر غذایی به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد [۱۲]. محققان دیگری نشان دادند که کاربرد کودهای آلی در سیر سبب افزایش عملکرد محصول گردید [۹]. همچنین، گزارش شده است که کاربرد هم‌زمان باکتری‌های آزوتوباکتر و آزوسپریلیوم سبب افزایش پایداری عملکرد پیاز گردید [٤ و ۱۰]. آزوتوباکتر و آزوسپریلیوم دو نوع کودهای زیستی آزادزی هستند که قادر به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن می‌باشند. بدین ترتیب، از طریق تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد می‌تواند رشد و عملکرد سوخ را بهبود بخشد [۱۵ و ۱۹].

۸. ۳. عملکرد بیولوژیک سیر

در این آزمایش، اثر اصلی و اثر متقابل کودها و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد بیولوژیک سیر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک سیر در شرایط استفاده از کود شیمیایی اوره به‌عنوان منبع نیتروژن و تلقیح خاک با باکتری‌های محرک رشد آزوسپیریلیوم + سودوموناس به‌دست آمد. در شرایط استفاده از ورمی‌کمپوست کاربرد توام آزوسپیریلیوم و آزوتوباکتر سبب افزایش عملکرد بیولوژیک سیر گردید. اما، در شرایط تغذیه تلفیقی اوره با ورمی‌کمپوست، تلقیح خاک با باکتری‌های آزوسپیریلیوم، آزوتوباکتر و سودوموناس از نظر عملکرد بیولوژیک سیر بر تیمارهای دیگر برتری داشت. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف اوره نقش آزوتوباکتر در بهبود رشد رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد سیر کاهش پیدا می‌کند که می‌تواند ناشی از کاهش قابلیت تثبیت نیتروژن به‌وسیله آزوتوباکتر در سطوح بالای اوره (نیتروژن) باشد. به‌طورکلی، باکتری‌های محرک رشد از طریق مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند و در شرایط نامطلوب تغذیه‌ای نیز این باکتری‌ها قادرند به افزایش رشد و عملکرد گیاه کمک نمایند [۱٦]. برخی دیگر نشان دادند که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی سبب افزایش رشد رویشی و زایشی سیر گردید [۹].

۹. ۳. قطر سوخ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کودها، باکتری‌ها و اثر متقابل آنها بر قطر سوخ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط کاربرد ورمی‌کمپوست به‌عنوان منبع نیتروژن تلقیح خاک با باکتری‌های محرک رشد آزوسپیریلیوم لیپوفروم سبب افزایش قطر سوخ گردید که تفاوت معنی‌داری با آزوسپیریلیوم برازیلنس و سودوموناس فلورسنس نداشت. در سیستم تغذیه تلفیقی استفاده توام از باکتری‌های آزوتوباکتر، آزوسپیریلیوم و سودوموناس سبب افزایش قطر سوخ گردید. اما، بیشترین قطر سوخ در هنگام استفاده از کود شیمیایی اوره به‌عنوان منبع نیتروژن و کاربرد باکتری آزوسپیریلیوم + سودوموناس به‌دست آمد (جدول ٤). علت پائین بودن قطر و اندازه سوخ سیر در هنگام استفاده از ورمی‌کمپوست را می‌توان به رهاسازی کند و تدریجی نیتروژن و سایر عناصر غذایی نسبت داد. بدین ترتیب، استفاده از کودهای آلی به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌تواند برای افزایش عملکرد محصول و ارتقای سودمندی اقتصادی مفید واقع گردد. محققان دیگری نشان دادند که کاربرد ۷۵ درصد کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم همراه با باکتری‌های محرک رشد گیاه و ورمی‌کمپوست به‌دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی توانست به‌طور چشم‌گیری اندازه، وزن و عملکرد سوخ را افزایش دهد [۱۲]. باکتری‌های محرک رشد از طریق مستقیم و غیرمستقیم می‌توانند رشد و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار دهند. سنتز آنزیم‌ها و

Archive of SID

www.SID.ir

هورمون‌های رشد، افزایش فراهمی عناصر غذایی قابل جذب برای گیاهان، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بدون همزیستی با گیاهان زراعی، انحلال و رهاسازی عناصر غذایی تثبیت‌شده در خاک از جمله دلایلی است که منجر به افزایش رشد، تولید ماده خشک و عملکرد بیولوژیک، بهبود عملکرد بخش‌های اقتصادی و قابل برداشت گیاه زراعی می‌شود [۱۶].

۱۰. ۳. ارتفاع سوخ سیر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کودها، باکتری‌ها و اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع سوخ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس مقایسه میانگین به‌روش برش‌دهی، کاربرد توام باکتری‌های محرک رشد آزوسپیریلیوم + سودوموناس سبب افزایش ارتفاع سوخ سیر در شرایط استفاده از کود آلی ورمی‌کمپوست به‌عنوان منبع نیتروژن گردید و تفاوت معنی‌داری با کاربرد توام آزوتوباکتر + آزوسپیریلیوم + سودوموناس نداشت. ارتفاع سوخ در سیستم تغذیه تلفیقی و تلقیح خاک با باکتری‌های آزوتوباکتر + آزوسپیریلیوم + سودوموناس افزایش نشان داد. اما، بالاترین ارتفاع سوخ تحت اثر متقابل کود شیمیایی اوره و سودوموناس فلورسنس به‌دست آمد، ولی تفاوت معنی‌داری با برخی تیمارها نشان نداد (جدول ٤). افزایش اندازه سوخ در واکنش به انواع کودهای شیمیایی، آلی و زیستی توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است [۱۲].

۱۱. ۳. تعداد لایه‌های پوست سوخ

در این آزمایش، اثر کودها، باکتری‌ها و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد لایه‌های پوست سوخ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تلقیح خاک با باکتری‌های محرک رشد گیاه شامل آزوتوباکتر، آزوسپیریلیوم و سودوموناس در شرایط استفاده از ورمی‌کمپوست تغییرات معنی‌داری در تعداد لایه‌های پوست سوخ ایجاد نکرد. در سیستم تغذیه تلفیقی و عدم تلقیح خاک با باکتری‌های محرک رشد مورد مطالعه، افزایش اندکی در تعداد لایه‌های پوست سوخ مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با اغلب تیمار نداشت. بالاترین تعداد لایه‌های پوست سوخ سیر در استفاده از کود شیمیایی اوره به‌عنوان منبع نیتروژن و کاربرد باکتری‌های آزوسپیریلیوم و آزوتوباکتر به‌دست آمد. تعداد لایه‌های پوست نقش مهمی در استحکام سوخ دارد و این امر سبب افزایش قابلیت انبارداری و حمل محصول و مانع نفوذ عوامل بیماری‌زا به داخل سوخ می‌شود. با این توصیف، تولید لایه‌های بیشتر می‌تواند وزن خشک سوخ را کاهش دهد. چون بخشی از مواد فتوسنتزی در برگ‌ها ذخیره می‌شود که ارزش غذایی ندارد. نتایج نشان داد که تعداد لایه‌های پوست سوخ سیر بیشتر تابع ژنتیک گیاه می‌باشد و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی رشد گیاه قرار می‌گیرد.

۱۲. ۳. ضرایب همبستگی

مطالعه ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در سیر نشان داد که بین عملکرد سوخ و صفاتی نظیر عملکرد بیولوژیک، قطر سوخ، ارتفاع سوخ، تعداد سیرچه در هر سوخ، وزن سیرچه، وزن خشک سوخ، وزن خشک ساقه، تعداد برگ و ارتفاع بوته سیر همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. همچنین، همبستگی تعداد سیرچه در هر سوخ و وزن سیرچه به‌عنوان اجزای عملکرد سوخ با صفات رویشی نظیر تعداد برگ در بوته، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک مثبت و معنی‌دار بود. به‌علاوه، رابطه بین قطر و ارتفاع سوخ با صفات رویشی گیاه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج نشان داد که با افزایش رشد رویشی سیر، اندازه و عملکرد سوخ افزایش و بازارپسندی آن بهبود می‌یابد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در سیر تحت تأثیر منابع نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد گیاه

صفات	عملکرد سوخ خشک (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	تعداد لایه پوست	قطر سوخ (mm)	ارتفاع سوخ (mm)	تعداد سیرچه در سوخ	وزن سیرچه (g)	وزن خشک سوخ (g)	وزن خشک ساقه (g)	تعداد برگ در بوته	ارتفاع بوته (cm)
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱	۱										
۲	۰/۹٤**	۱									
۳	-۰/۰٦ns	-۰/۱٥ns	۱								
٤	۰/٤٥*	۰/٤۳*	۰/۰۷ns	۱							
٥	۰/۸۲**	۰/۸۲**	-۰/۳۰ns	۰/۲٤ns	۱						
٦	۰/٦٥**	۰/۷٥**	-۰/۰٥ns	۰/۳۷*	۰/۸٥**	۱					
۷	۰/۸۳**	۰/٦۹**	-۰/۰٦ns	۰/۳۱ns	۰/٦۷**	۰/۱٤ns	۱				
۸	۰/۹۹**	۰/۹٤**	-۰/۰٦ns	۰/٤٥*	۰/۸۲**	۰/٤٥*	۰/۸۳**	۱			
۹	۰/٦۲**	۰/۸٤**	-۰/۲٦ns	۰/۲۹ns	۰/٦٤**	۰/۷۳**	۰/۳۰ns	۰/٦۲**	۱		
۱۰	۰/٤۹**	۰/٥۰**	-۰/۲٥ns	-۰/۰۳ns	۰/٦۱**	۰/۲۷ns	۰/٤۳*	۰/٤۹**	۰/۳۸*	۱	
۱۱	۰/۷٤**	۰/۸۱**	-۰/۲٦ns	۰/۳٥ns	۰/٦۸**	۰/٦٥**	۰/٥۰**	۰/۷٤**	۰/۷۳**	۰/٥٥**	۱

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

٤. نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج نشان داد که واکنش عملکرد و اجزای عملکرد سیر نسبت به منابع مختلف نیتروژن و انواع باکتری‌های محرک رشد گیاه، متفاوت بود. براساس نتایج این تحقیق، کاربرد باکتری‌های آزوسپیریلیوم + سودوموناس سبب ارتقای عملکرد سوخ در سیستم تغذیه با کود شیمیایی اوره به‌عنوان منبع نیتروژن گردید و کاربرد هم‌زمان باکتری‌های آزوسپیریلیوم و آزوتوباکتر در شرایط استفاده از ورمی‌کمپوست عملکرد سوخ را افزایش داد. براساس نتایج این آزمایش، محدودیت منبع فتوسنتزی می‌تواند یکی از دلایل مهم احتمالی افت عملکرد سیر باشد. بنابراین، بهینه‌سازی بستر رشد و نمو گیاه و مدیریت صحیح به‌زراعی می‌تواند از طریق رشد رویشی و بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاه سیر دستیابی به عملکرد بالاتر را میسر نماید.

منابع

۱. نصرتی ع ا (۱۳۷۹) اثرات روش کاشت، تراکم کاشت و اندازه سیرچه بر عملکرد سیر همدان. نهال و بذر. ۳(۲۰): ۴۰۱-۴۰۴.

۲. عطارزاده م، رحیمی ا و ترابی ب، دشتی ح (۱۳۹۴) تأثیر محلول‌پاشی نیترا ت کلسیم، پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات و سولفات منگنز بر تجمع یونی و ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ در شرایط تنش شوری. ۱۰۷: ۱۳۳- ۱۴۲.

3. Akhtar M and Malik A (2000) Rolse of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant parasitic nematodes: A review. Bioresource Technology. 74: 35-47.

Archive of SID

www.SID.ir

4. Bagali AN, Patil HB, Chimmed VP, Patil PL and Patil RV (2012) Effect of inorganic and organic fertilizers on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 25(1): 112-115.
5. Dauda SN, Ajayi1 FA and Ndor E (2008) Growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus*) as affected by poultry manure application. Journal of Agriculture and Social Sciences. 4(3): 121-124.
6. Diriba-Shiferaw G, Nigussie-Dechassa R, Kebede-Woldetsadik GT and Sharma JJ (2013) Growth and nutrients content and uptake of garlic (*Allium sativum* L.) as influenced by different types of fertilizers and soils. African Journal *of* Agricultural Research. 8(43): 5387-5398.
7. Diriba-Shiferaw G, Nigussie-Dechassa R, Kebede-Woldetsadik, GT and Sharma JJ (2014) Bulb quality of garlic (*Allium sativum* L.) as influenced by the application of inorganic fertilizers. Academic Journal. 9(8): 778-790.
8. Fatma A, Rizk AM, Shaheen EH, AbdEl-Samad T and El-Lobban T (2014) Response of onion plants to organic fertilizer and foliar spraying of some micro-nutrients under sandy soil conditions. Journal of Applied Science Research. 22: 235-242.
9. Gaiki UR, Jogdande ND, Dalal SR, Nandre DR and Ghawade SM (2006) Effect of bio-fertilizer under reduced doses of inorganic fertilizers on growth and yield of garlic. Plant-Arch Journal. 6(10: 367-368.
10. Ghanati S and Sharangi AB (2009) Effect of bio-fertilizers on growth, yield and quality of onion. Journal of Crop and Weed. 5(1):120-123.
11. Gholami A, Shahsavani S and Nezarat S (2009) The effect of plant growth promoting rhizobacteria on germination, seedling growth and yield of maize. World Academy of Science, Engineering and Technology. 49: 19-24.
12. Gowda MC, Vijayakumar M and Gowda APM (2007) Influence of integrated nutrient management on growth, yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.). Crop Research Hisar. 33: 144-147.
13. Hammeeda B, Rupela OP, Reddy G and Satyavani K (2006) Application of plant growth promoting rhizhobateria associated with composts and macro fauna for growth promotion of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.). Biology and Fertility of Soils. 43(2): 221-227.
14. Khan AA, Jilani G and Akhtar MS (2009) Phosphoruse solublising bacteria: occurance, mechanisms and their role in crop production. Journal of Agriculture and Biological Sciences. 1: 48-58.
15. Migahed HA, Ahmed AE and Abd El-Ghany BF (2004) Effect of different bacterial strains as biofertilizer agents on growth, production and oil of (*Apium graveolense*) under Calcareous soil. Journal of Agriultural Science. 12: 511-525.
16. Mehnaz S, Kowalik T, Reynolds B and Lazarovits G (2010) Growth promoting effects of corn (*Zea mays* L.) bacterial isolates under greenhouse and field conditions. Soil Biology & Biochemistry. 42: 1848.1856.
17. Mishra P and Dash D (2014) Rejuvenation of biofertilizer for sustainable agriculture and economic development. Journal of Sustainable Development. 11(1): 41-61.
18. Naeem M, Lqbal J and Bakhsh MAA (2006) Comparative study of inorganic fertilizers and organic manures on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiat* L.). Journal of Agricultural Society. 2: 227-229.
19. Narula N, Kumar V, Behl RK, Deubel A, Gransee A and Merbach BW (2000) Effect of P-solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P and K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. Journal of Plant Nutrition. 163: 393-398.
20. Raghawanshi R (2012) Opportunities and challenges to sustainable agriculture in India. NEBIO Journal. 3(2): 78-86.
21. Reddy KC, Reddy KM (2005) Differential levels of vermicompost and nitrogen on growth and yield in onion (*Allium cepa* L.) - radish (*Raphanus sativus* L.) cropping system. Journal of Research ANGRAU. 33(1): 11-17.
22. Singh SP (2012) Response of bio-fetilizer *Azospirilum* on growth and yield of fennel. Asian Journal of Horticulture. 7(2): 561-564.
23. Surindra S (2009) Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium Stivum* L.) field crop. International Journal of Plant Production. 3(1): 27-38.
24. Zeidan MS (2007) Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil grown in sandy soil. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 3(6): 748: 752.

Archive of SID
www.SID.ir

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)
Vol. 20 ■ No. 2 ■ Summer 2018

Effect of nitrogen sources type and plant growth promoting bacteria on yield and its attributes of Talesh local garlic in Rasht

Leila Alizad[1], Marefat Mostafavi Rad[2*], Kayvan Aghaei[3]

1. M.Sc. Student, Department of Plant Physiology, Zanja University, Zanjan, Iran.
2. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Plant Physiology, Zanja University, Zanjan, Iran.

Received: October 30, 2017 Accepted: February 7, 2018

Abstract

This experiment was performed to evaluate the effect of nitrogen source type and plant growth promoting bacteria on yield and its attributes of Talesh local garlic as split plot arrangement based on randomized complete block design with three replications in experimental field of Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (Rasht) Iran, during the 2016-2017 cropping season. Three nitrogen sources of vermicompost (15 ton/ha), nitrogen (100 kg /ha), integrated utility of vermicompost (7.5 ton/ha) with nitrogen (50 kg /ha) as main plot and ten preparation of plant growth promoting including of non-inoculation (as check), *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter*, *Azospirillum* + *Pseudomonas*, *Azospirillum* + *Azotobacter*, *Pseudomonas* + *Azotobacter*, *Azospirillum* + *Pseudomonas* + *Azotobacter* as sub plot comprised experimental treatments. The greatest bulb yield was obtained under the usage of 100 kg nitrogen per hectare as urea fertilizer and simultaneous application of *Pseudomonas* and *Azospirillum* spp. There was a positive and significant correlation between bulb yield and all traits such as biological yield, bulb diameter, bulb height, clove numbers per bulb, clove weight, dry weight of bulb, dry weight of stem, leaf numbers per plant and plant height except bulb shell layers. Also, the correlation between yield attributes such as clove numbers per bulb, clove weight, bulb diameter, bulb height and vegetative characteristics of bulb plant was positive and significant. In general, bulb yield and its attributes showed different responses to nitrogen sources and plant growth promoting bacteria. Based on results of this experiment, the application of *Azospirillum* + *Pseudomonas* could be recommendable to improve bulb yield of garlic in conventional agriculture and under region climatic condition.

Keywords: Agronomic traits, biological fertilizers, integrated nutrition, urea, vermicompost.

Corresponding author: mmostafavirad@gmail.com

www.SID.ir