اثر باکتری‌های حل‌کننده‌فسفات بر عملکرد و برخی ترکیبات شیمیایی ذرت

مرضیه مختاری[۱] و حسین بشارتی

دانشجو ی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات فارس؛ Mokhtari.esf@gmail.com

دانشیار مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور؛ Besharati1350@yahoo.com

دریافت: ۹۱/۷/۱۶ و پذیرش: ۹۲/۴/۱۷

چکیده

در کشاورزی پایدار توجه ویژه‌ای به پتانسیل بیولوژیک خاک، از جمله میکروارگانیسم‌های مفید و کارآمد خاک می‌شود. باکتری‌های مفید غیر همزیست موجود در ناحیه ریزوسفر گیاهان، که به باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) موسومند، به طور مستقیم و غیر مستقیم با مکانیسم‌های مختلف در بهبود رشد و نمو گیاه و افزایش کمی و کیفی عملکرد مؤثر می‌باشند. یکی از مراحل مهم استفاده از باکتری‌های PGPR انتخاب سویه مؤثر و کارآمد می‌باشد. در تحقیق حاضر به منظور بررسی کارایی مایه تلقیح باکتری‌های محرک رشد و حل کننده فسفات بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ در مزرعه‌ای در منطقه دشتی اصفهان اجرا گردید. تیمارها شامل تلقیح باکتری (یک گونه سودوموناس محرک رشد، دو جدایه حل کننده فسفات و شاهد بدون تلقیح)، کود شیمیایی فسفره (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰٪ توصیه براساس آزمون خاک) بودند. در مرحله شیری شدن دانه‌ها، بوته‌های ذرت به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و عملکرد دانه و نیز مقدار غلظت عناصر غذایی آهن، روی، فسفر و نیتروژن در گیاه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد اثر کاربرد باکتری‌ها در مقایسه با شاهد بدون تلقیح بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. در تمام سطوح مصرفی کود فسفری، تلقیح ذرت با باکتریها توانست در مقایسه با شاهد بدون باکتری بطور معنی‌دار عملکرد ذرت را افزایش دهد. بیشترین عملکرد دانه با کاربرد سطوح بالای فسفر و تلقیح باکتری‌ها بدست آمد. دو تیمار کود زیستی در سطوح مختلف کود شیمیایی از لحاظ عملکرد دانه، وزن صد دانه و تعداد دانه در بلال تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند در حالیکه از لحاظ شاخص‌های غلظت نیتروژن، فسفر، آهن و روی با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: ریزوباکتر های محرک رشد گیاه، ذرت، کود بیولوژیک، کود شیمیایی

Archive of SID

مقدمه

برای داشتن یک نظام کشاورزی پایدار، بهره‌گیری از نهاده‌های تجدید پذیر که بتوانند سودمندی های اکولوژیکی را به حداکثر برسانند و آسیب‌های زیست محیطی را تا پایین ترین سطح ممکن کاهش دهند امری ضروری به شمار می‌رود (کیزیلکایا، ۲۰۰۸). هم اکنون چندین نوع میکروارگانیسم در فعالیت‌های زراعی رایج مورد استفاده قرار می‌گیرند و بسیاری نیز پتانسیل بکارگیری در آینده را دارند.بیشتر آنها توانایی تشکیل کلونی را در محیط ریشه داشته و قادر به برقراری ارتباط با گیاهان در جهت افزایش بیوماس، رشد ریشه و عملکرد اقتصادی می‌باشند. این موجودات را اصطلاحاً باکتری‌های محرک رشد گیاه PlantGrowth Promoting Rhizobacteria (PGPR) می‌نامند (اندرس و همکاران، ۲۰۰۹). در حال حاضر گروه‌های تحیقاتی متعددی در دنیا مشغول به تحقیق بر روی باکتری‌های PGPR از لحاظ بنیادی و کاربردی هستند و شرکت‌های مختلفی این باکتری‌ها را به شکل محصولات متنوع روانه بازار کرده‌اند (بکر و همکاران، ۲۰۰۷). انواع شناخته شده PGPR شامل باکتری‌های متعلق به جنس‌های *کلبسیلا*، *باسیلوس*، *سودوموناس*، *ازوتوباکتر*، *انتروباکتر*،

[۱]. نویسنده مسئول، آدرس: اصفهان، خیابان چهار باغ خواجو، شهدای خواجو، کوچه ی فردوسی، پلاک ۱۶

www.SID.ir

*آزوسپریلوم، آزوآرکوس و ریزو بیوم*ها بر روی گیاهان غیر لگوم می‌باشند (علیخانی و صالح راستین، ۱۳۹۰).

باکتری‌های جنس *ازوتوباکتر* (*Azotobacter spp*)، *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum ssp.*) و *سودوموناس* (*Pseudomonas spp.*) نیز از مهم‌ترین این باکتری‌ها هستند (بانرجی و همکاران، ۲۰۰۶) که علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک با تثبیت زیستی ازت، محلول کردن فسفر و پتاسیم و کنترل عوامل بیماری زا، با تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، به ویژه انواع اکسین، جیبرلین ها و سیتوکینین‌ها رشد ونمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۳ و استورز و کریستی، ۲۰۰۳). در واقع این باکتری‌ها با تأثیر بر روی مکانیسم عمل ریشه گیاه واثر بر روی فیزیولوژی گیاهان باعث تسریع در رشد و افزایش عملکرد می‌شوند و همچنین با القاء مقاومت سیستمیک، و کنترل پاتوژن‌های گیاهی به رشد بهتر گیاه کمک می‌کنند (تازان و کلوپر،۱۹۹۴). یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و حفظ سلامت محیط‌زیست، فراهم سازی شرایط لازم و ضرورت استفاده بیشتر از میکروارگانیسم-های خاکزی و کودهای زیستی[1] می‌باشد. در این میان استفاده از میکروارگانیسم‌های خاک و مخصوصاً باکتری‌ها که با انجام فرآیندهای مختلف زیستی در رشد گیاه و چرخه عناصر غذایی خاک دخالت دارند به طور روز افزونی افزایش یافته است. باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه جزء باکتری‌های همیار یا آزادزی در خاک هستند (ون لون، ۲۰۰۷). این باکتری‌ها اغلب در نزدیکی یا حتی در داخل ریشه گیاهان یافت می‌شوند. به طور کلی باکتری‌های ریزوبیومی از موهبت‌های الهی هستند که به غیر از روابط مفید و پرثمر با گیاهان، تاکنون هیچ نوع گزارشی مبنی بر بروز بیماری و یا آلودگی میکروبی ناشی از این باکتری‌ها در انسان و یا سایر موجودات ارائه نشده است (صالح راستین، ۱۳۸۰). امروزه از کودها به عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود.متأسفانه مصرف کودهای شیمیایی در ایران بی رویه و نامتعادل است. تحت این شرایط نه تنها افزایش علمکرد وجود نخواهد داشت، بلکه موجب به هدر رفتن سرمایه کشاورزی و بروزمشکلات زیست محیطی نیز می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۸۲). حدود ۹۰٪ از اراضی کشاورزی ایران در منطقه خشک قرار گرفته و دارای بارندگی کمی می‌باشند، این امر باعث شده که خاک‌های اکثر مناطق ایران دارای pH و EC نامطلوبی باشند، همین مسئله باعث می‌گردد بعضی از مواد غذایی علیرغم موجود بودن در خاک نتوانند جذب گیاه شوند و گیاه علائم کمبود این عناصر را نشان می‌دهد. به همین دلیل کمبود آهن، منگنز، روی و مس در خاک‌های نواحی خشک دیده می‌شود. عناصر کم مصرف مورد نیاز گیاه از دسته عناصری هستند که خصوصیات خاک بر جذب آنها اثر می‌گذارد و باعث اختلال در جذب این عناصر توسط گیاه می‌شود (خواجه پور،۱۳۷۱). با مصرف کودآلی و کودشیمیایی و کود بیولوژیک به صورت تلفیقی شرایط مناسب و ایده آل برای رشد گیاه فراهم می‌شود. به طوریکه، نه تنها هیچ گونه اثرسازش ناپذیری بین آنها وجود ندارد بلکه مکمل همدیگر می‌باشند. کودهای آلی باتولیدهوموس عوارض نامطلوب کودهای شیمیایی را کاهش داده وکارایی مصرف کودراافزایش می‌دهند. و کودهای بیولوژیک با افزایش فعالیت باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی را در تولیدات کشاورزی افزایش می‌دهند (اسمیت و زئو،۲۰۰۱). در دنیا در حدود ۱۰۰ سال پیش با تولید انبوه، کلونی سازی و رهاسازی دشمنان طبیعی آفات گیاهی، مبارزه بیولوژیک را شروع کرده‌اند، به طوری که در برخی کشورها دیگر اثری از این آفات دیده نمی‌شود. کاربرد عوامل بیولوژیک نیازمند برنامه‌ریزی ویژه‌ای است (ماهشواری، ۲۰۱۱). در این زمینه علاوه بر انجام تحقیقات وسیع باید اطلاع رسانی و فرهنگ‌سازی شود تا کشاورزان باور کنند که این روش پربازده و بدون خطر است. در واقع هدف از این تحقیق، بررسی امکان جایگزینی کودهای بیولوژیک با کودهای شیمیایی و همچنین بررسی تأثیر باکتری‌های PGPR در جذب عناصر غذایی توسط گیاه ذرت و نیز کاهش عوارض زیست محیطی ناشی از به کارگیری نامتعادل کودهای شیمیایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۰-۸۹ در مزرعه ای واقع در استان اصفهان روستای دشتی اجرا گردید. این مزرعه در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی اصفهان با طول جغرافیای ۴۷درجه و ۵۲ دقیقه جنوبی و عرض جغرافیای ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۵۵۵ متر ارتفاع از سطح دریا واقع گردیده است. اقلیم این منطقه خشک و گرم با تابستان های خشک و زمستان نیمه سرد است (نقشه‌های جغرافیایی منطقه). خاک محل آزمایش دارای بافت لومی و از سری خاک‌های اصفهان می‌باشد. متوسط پ هاش خاک تا عمق ۳۰ سانتی متری حدود ۸/۰ میزان

[1] Biofertilizer

Archive of SID

www.SID.ir

قابلیت هدایت الکتریکی[1] (EC) آن ۳/۲ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰ سانتی متری در جدول (۱) آورده شده است.

زمین محل آزمایش در سال قبل از کشت، گندم بوده است. در زمان گاورو بودن، زمین تحت عملیات آماده سازی شامل شخم عمیق با گاو آهن برگردان‌دار، دیسک و تسطیح قرار گرفت. پس از تسطیح زمین به وسیله ماله، از خاک مزرعه به روش Z در عمق ۰ تا۳۰ سانتی متر نمونه‌گیری انجام گردید و با توجه به نتایج آنالیز خاک ۷۵ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره مورد نیاز می‌باشد. با توجه به نحوی انجام آزمایش کود شیمیایی با درصدهای ۰٪ ، ۲۵٪ ، ۵۰٪ ، ۷۵٪ ، ۱۰۰٪ برروی بلوک های مشخص توزیع گردید. این پژوهش به منظور بررسی اثر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (*سودوموناس فلورسنس*) و باکتری‌های حل کننده فسفات (جدایه‌های منسوب به*سودوموناس پوتیدا* و*پانتوآ آگلومرانس*) بر عملکرد دانه و میزان جذب عناصر پر مصرف و کم مصرف در اندام هوایی گیاه ذرت انجام گرفت. بذر مورد استفاده هیبرید دیررس سینگل کراس ۷۰۴ بود که چند روز قبل از کاشت در آب قرار داده و سپس درون دستمال مرطوب تا جوانه از بذر خارج شود و برای کاشت، بذرها آماده باشند. قبل از تلقیح بذور با مایه تلقیح حاوی باکتری‌های مذکور، بذور با صمغ عربی به جهت چسبناک شدن، آغشته و به منظور جلوگیری از کاهش جمعیت باکتری‌ها حداقل فاصله زمانی بین زمان تلقیح بذور تا کاشت در نظر گرفته شد و سپس به طور جداگانه مایه تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات (جدایه-های منسوب به *سودوموناس پوتیدا* و*پانتوآ آگلومرانس*) و محرک رشد (*سودوموناس فلورسنس*) که به شکل پودر بودند به ۲۰۰۰ گرم بذرهای آغشته به صمغ اضافه شدند. پس از مخلوط کردن، بذور در سایه خشک و جهت کشت به زمین منتقل گردیدند، که هر قسمت از کشت مورد آزمایش به جهت تشخیص بهتر با علامت‌های اختصاری مشخص شدند که علامت‌ها عبارت بودند از B0= بدون تلقیح، B1 = *سودوموناس فلورسنس*، B2= جدایه‌های منسوب به *سودوموناس پوتیدا* و*پانتوآ آگلومرانس*، P0 = بدون کود شیمیایی، P1=۲۵٪کود شیمیایی، P2=۵۰٪کود شیمیایی، P3=۷۵٪ کودشیمیایی، P4=۱۰۰٪ کود شیمیایی. این بررسی در مزرعه $۸۴۰m^2$ و به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار به اجرا در آمد و هرکرت آزمایش دارای ۱۰ خط کاشت به طول ۸ متر با فاصله ۷۰ سانتی‌متر و تراکم ۷۱ هزار بوته در هکتار و عمق کاشت ۴ سانتی متر با استفاده از نیروی کارگر انجام شد و کلیه مراحل داشت مزرعه در دوره رشد به طور معمول و آبیاری بلوک‌ها، به منظور جلوگیری از اختلاط باکتری‌ها جداگانه اجرا گردید. همچنین بعد از کاشت و سبزشدن، عمل خاکدهی پای بوته‌ها و به منظور مبارزه با علف‌های هرز از نیروی انسانی استفاده گردید. از ابتدا و انتهای هر کرت آزمایش نیم متر به عنوان اثر حاشیه حذف گردید. همچنین خطوط کاشت ابتدا و انتها به عنوان حاشیه حذف شده و قسمت باقیمانده، جامعه آماری آزمایش را تشکیل داد. به منظور تعیین میزان عناصر غذایی جذب شده در اندام هوایی گیاه در آزمایشگاه مقدار غلظت عناصر آهن، روی، نیتروژن و فسفر موجود مشخص گردید. اندازه‌گیری عناصر آهن و روی به روش خشک سوزی و استخراج با اسید کلریدریک ۲ نرمال و قرائت با دستگاه جذب اتمی، اندازه‌گیری فسفر به روش خشک سوزی و استخراج با اسید کلریدریک ۲ نرمال و رنگ سنجی با آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان نیتروژن موجود با کجلدال اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵). همچنین برای اندازه‌گیری عملکرد نهایی و اجزا آن، با رعایت اثرات حاشیه نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از برداشت، تعداد دانه در بلال (از طریق شمارش)، وزن صد دانه بلال (با ترازوی دیجیتال) و عملکرد دانه (برداشت دومتر مربع از هرپلات) تعیین گردید. خصوصیات اندازه‌گیری شده برای هر کرت مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و میانگین‌ها نیز به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. جهت تجزیه و تحلیل آماری و تعیین ضرایب همبستگی بین صفات از نرم افزار SPSS استفاده شده است.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل داده‌ها مشخص ساخت که غلظت نیتروژن گیاه ذرت تحت تأثیر تلقیح باکتری‌ها به همراه کودهای شیمیایی قرار گرفته است و غلظت نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین غلظت نیتروژن مشخص می‌کند که بیشترین غلظت مربوط به تیمارهای P3 (۴/۰۰۲ درصد) و P4 (۴/۰۱۵ درصد) تلقیح شده با باکتری *سودوموناس فلورسنس* بوده و کمترین مقدار غلظت مربوط به تیمار شاهد (۲/۰۶۲ درصد) می‌باشد (شکل۱). بیاری و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که تلقیح ذرت با

[1]. Electrical conductivity

Archive of SID

www.SID.ir

باکتری‌های محرک رشد گیاه (*ازتوباکتر و آزوسپیریلوم*) سبب افزایش معنی‌دار مقدار نیتروژن و فسفر گیاه در مقایسه با شاهد شد. نتایج بدست آمده توسط یحیی آبادی (۱۳۸۴) در ارزیابی تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* همزیست با لوبیا نشان می‌دهد که تیمار تلقیحی، بیشترین اختلاف معنی‌دار را با شاهد و با سایر تیمارهای تلقیحی داشته است به نحوی که باعث افزایش ۷۰ درصدی در کل جذب نیتروژن گیاه نسبت به شاهد گردید. کاکمکسی و همکاران، ۲۰۰۷ با بررسی اثر تلقیح بذرهای جو باسویه‌های مختلف دارای توان تولید اسیدایندول استیک و محلول کردن فسفر و تثبیت زیستی نیتروژن باکتری‌های افزاینده رشدگیاه ازگونه‌های مختلف جنس *باسیلوس* و نیز *سودوموناس پوتیدا*، افزایش۸/ ۲۸تا ۵۴/۲ درصدی وزن خشک بخش هوایی بوته و افزایش ۱۷/۹ تا۳۲/۱درصدی وزن خشک ریشه برحسب گونه وسویه مورد بررسی همچنین افزایش نیتروژن،آهن منگنز و روی در مقایسه باشاهد را مشاهده کردند.

همانگونه که از نتایج شکل ۲ مشخص می‌شود، تلقیح جدایه‌های منسوب به *سودوموناس پوتیدا* و*پانتوآ آگلومرانس* با بذر ذرت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار غلظت فسفر در مقایسه با تیمار شاهد داشته است. با توجه به مقایسه میانگین اعداد بدست آمده بیشترین میزان غلظت فسفر مربوط به تیمار P۱B۲ بوده و کمترین مقادیر مربوط به تیمارهایی می‌شوند که در کاشت آنها از کود بیولوژیک استفاده نشده است. در مقایسه انجام شده بین دو کود بیولوژیک مشخص می‌شود که افزایش غلظت فسفر در تیمارهای تلقیح شده با جدایه‌های منسوب به *سودوموناس پوتیدا* + *پانتوآ آگلومرانس* نسبت به تیمارهای تلقیح شده با باکتری *سودوموناس فلورسنس* بیشتر می‌باشد. نتایج حاصل از مصرف کودمیکروبی فسفاته در مقایسه با کودهای سوپرفسفات تریپل در مورد ذرت، سویا و گندم مؤید اثرات رضایت بخش این کود می‌باشد به طوری که مشخص گردیده کودمیکروبی فسفاته، نه تنها بازده جذب کود را بالا می‌برد، بلکه باعث افزایش قابل ملاحظه عملکرد نیز می‌گردد (رشید و همکاران، ۲۰۰۴).

با توجه به نتایج بدست آمده اثر کاربرد باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه و حل کننده فسفات به همراه کود شیمیایی بر روی افزایش غلظت آهن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشد (شکل۳).

بین آهن و روی در محیط ریشه رقابت وجود داشته و با افزایش میزان روی، از جذب آهن جلوگیری می‌گردد (بایوردی، ۲۰۰۶). در مطالعه‌ای که توسط امیر-آبادی و همکاران (۱۳۸۸) انجام گرفته است نتایج حاکی از آن است که تأثیر کاربرد مایه تلقیح *ازتوباکتر* بر عملکرد ماده خشک و غلظت آهن در گیاه معنی‌دار بوده است ($P<۰/۰۱$).در واقع مقایسه میانگین سطوح کاربرد و عدم کاربرد *ازتوباکتر* نشان داده که کاربرد *ازتوباکتر* باعث افزایش وزن ماده خشک (به میزان ۷/۵ درصد) و کاهش غلظت آهن در اندام‌های هوایی (به میزان ۶/۷ درصد) شده است (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۳). با توجه به نتایج بدست آمده اثر کاربرد کود بیولوژیک به همراه کود شیمیایی بر غلظت روی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داربوده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان غلظت روی مربوط به تیمار P۳B۱ (۶۹/۲۷۵mg/kg) و کمترین میزان غلظت روی مربوط به تیمار شاهد (۲۸/۳۹۲mg/kg) می‌باشد (شکل۴). یاداو و داداتوال، (۱۹۹۷) و لامرت و همکاران (۱۹۷۹) گزارش کردند که افزایش کودهای فسفره به خاک، جذب عناصر روی و مس و همزیستی میکوریزی را کاهش می‌دهد، که این کاهش درمورد عنصر روی شدیدتر می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشخص نمود که تأثیر کود بیولوژیک به همراه کود شیمیایی بر تعداد دانه در بلال در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد ($P<۰/۰۵$). نتایج نشان داد تلقیح باکتری‌های محرک رشد گیاه و حل کننده فسفات بطور قابل توجهی تعداد دانه‌های بلال را افزایش داده و تلقیح بذر با هر دو باکتری (جدایه‌های منسوب به*سودوموناس پوتیدا* + *پانتوآ آگلومرانس*) و نیز *سودوموناس فلورسنس* در افزایش تعداد دانه در بلال بطور معنی‌دار مؤثر بوده است. برومند راد و همکاران (۱۳۹۰) گزارش نمودند که با مصرف کودهای بیولوژیک *ریزوبیوم*، *آزوسپیریلیوم*، *ازتوباکتر* و *سودوموناس* عناصر غذایی از جمله نیتروژن و فسفر به خوبی در اختیار گیاه قرار گرفته و این امر در مراحل رشد گیاه و در عمل تلقیح دانه‌های گرده مؤثر بوده و تعداد دانه‌های بیشتری را تولید کرده و موجب افزایش تعداد دانه در بلال می‌شوند. در تحقیقی کاربرد باکتری‌های محرک رشد توانست تعداد دانه را از ۴۱۴/۰۸ دانه به ۴۸۶/۱۶ دانه افزایش دهد که احتمالاً از طریق تأثیر در فاکتورهای مختلف رشد و جذب عناصر غذایی ضروری بوده است (سیفی و همکاران، ۱۳۸۵).

تلقیح باکتری‌ها به گیاه در سطوح مختلف مصرف کود شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار وزن صد دانه در ذرت گردید. کمترین مقدار وزن صد دانه ذرت مربوط به تیمار شاهد (۲۰/۵۴گرم) و بیشترین مقدار مربوط به تیمار P۴B۱ (۲۹/۸۹ گرم) بوده است و با تفاوت ناچیزی

Archive of SID

www.SID.ir

تیمار P۴B۲ با وزن صد دانه ۲۹/۵۶ گرم در مرتبه بعدی قرار گرفت.

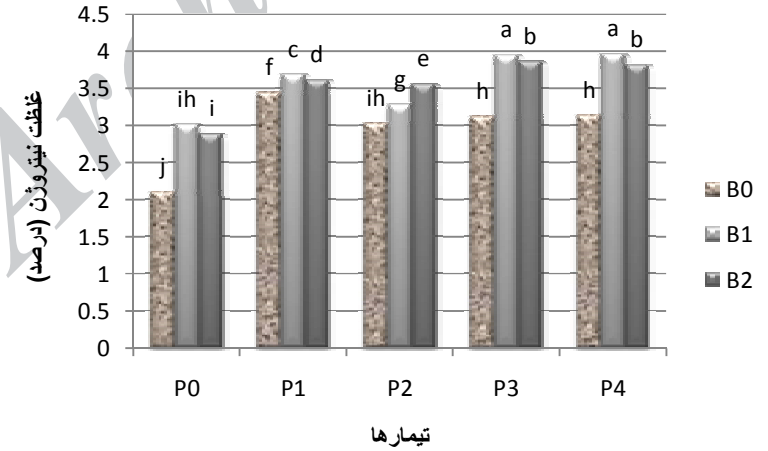
تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که میزان عملکرد دانه ذرت در هکتار در تمامی سطوح اعمال شده کود شیمیایی، بطور معنی‌دار تحت تأثیر تلقیح کودهای بیولوژیک قرار گرفته است (شکل۷). کمترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد (۶/۲۵ تن در هکتار) و بیشترین مقدار عملکرد دانه مربوط به تیمار P۴B۱ (۱۳/۰۱ تن در هکتار) می‌باشد. زهیر و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت بر اثر تلقیح توأم بذر با *ازوتوباکتر* و *سودوموناس* را گزارش کردند. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق و این واقعیت که باکتری‌های مورد استفاده دارای قابلیت تولید هورمون-های محرک رشد گیاه هستند (گونه سودوموناس فلورسنس)، لذا به نظر می‌رسد که این سازوکار در افزایش عملکرد دانه دورگ مورد بررسی مؤثر بوده است. نتایج متناقض بدست آمده توسط محققین می‌تواند مؤید این نظر باشد که افزایش یا کاهش جذب عناصر کم مصرف در گیاهان تلقیح شده، به نوع گیاه، نوع باکتری، شرایط آزمایش و سایر عوامل دیگر ارتباط پیدا می‌کند. ازاینرو می‌توان گفت که نتایج تحقیقات ذکرشده بایافته‌های این پژوهش همخوانی دارند.

نتیجه‌گیری کلی

بطورکلی، نتایج تحقیق حاضر نشان دادکه باکتری‌های ریزوسفری افزاینده رشد گیاه و حل کننده فسفات ازطریق ریشه گیاهان ذرت با مکانیسم‌های مختلف، موجب افزایش جذب عناصر مورد نیاز گیاه و عملکرد بیولوژیک گردیده‌اند. با توجه به اینکه در تمام سطوح مصرفی کود فسفری، تلقیح ذرت با باکتری‌های محرک رشد گیاه توانسته در مقایسه با شاهد بدون باکتری بطور معنی‌دار عملکرد ذرت را افزایش دهد، لذا اینطور می‌توان استنتاج نمود که کاربرد مایه تلقیح باکتری‌های مذکور (کودزیستی) می‌تواند در مصرف کود شیمیایی فسفری صرفه‌جویی بنماید. باتوجه به اهمیت ونقش گیاهان زراعی، امید است نتیجه تحقیقاتی ازاین دست، بتواند در معرفی کودهای بیولوژیک برای تولید گیاهان مختلف زراعی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱- -خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی متری

آهن mg/kg	روی mg/kg	EC(dSm⁻)	pH	کربن آلی%	فسفر mg/kg	پتاسیم mg/kg	نیتروژن %	شن %	سیلت %	رس %
۱۶/۷	۱/۲	۳/۲	۸/۰	۱/۲	9/12	۲۰۵	۰/۱۰	۲۸	۴۹	۲۳



B0= بدون تلقیح، B1=*سودوموناس* فلورسنس ، B2= جدایه‌های منسوب به*سودوموناس پوتیدا* + *پانتوآ آگلومرانس*

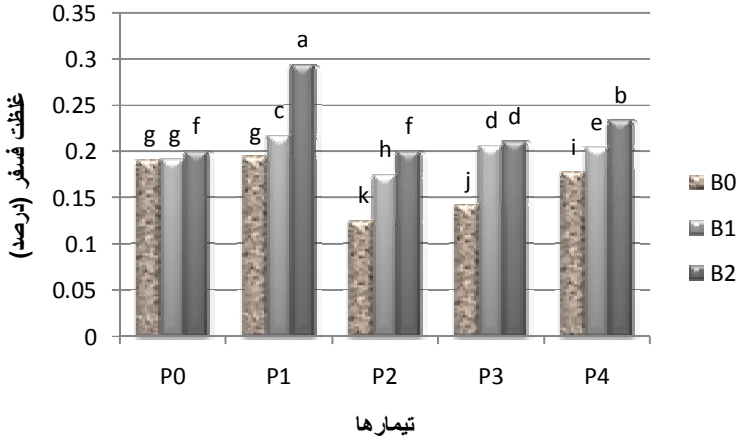
P0= بدون کود شیمیایی، P1=۲۵٪کود شیمیایی، P2=۵۰٪ کودشیمیایی، P3=۷۵٪ کودشیمیایی، P4=۱۰۰٪ کود شیمیایی

ستون‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

شکل ۱- مقایسه میانگین غلظت نیتروژن (درصد) تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

Archive of SID

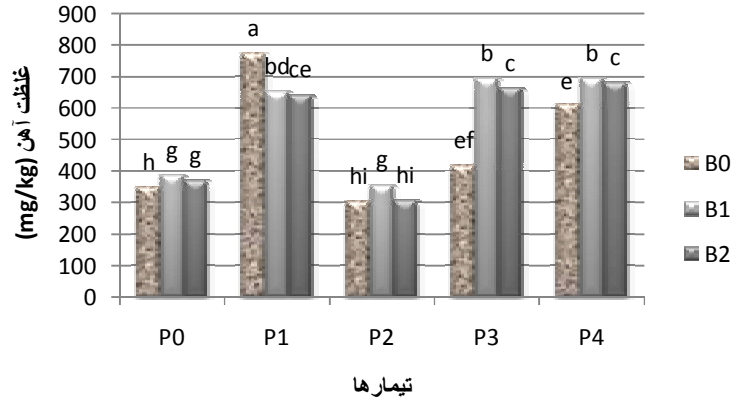
www.SID.ir



B0= بدون تلقیح، B1= *سودوموناس* فلورسنس، B2= جدایه‌های منسوب به*سودوموناس پوتیدا + پانتوآ آگلومرانس*P0 = بدون کود شیمیایی، P1= ۲۵٪کود شیمیایی، P2=۵۰ ٪ کودشیمیایی، P3=۷۵٪ کودشیمیایی، P4=۱۰۰٪ کود شیمیایی

ستون‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند

شکل ۲- مقایسه میانگین غلظت فسفر (درصد) تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی



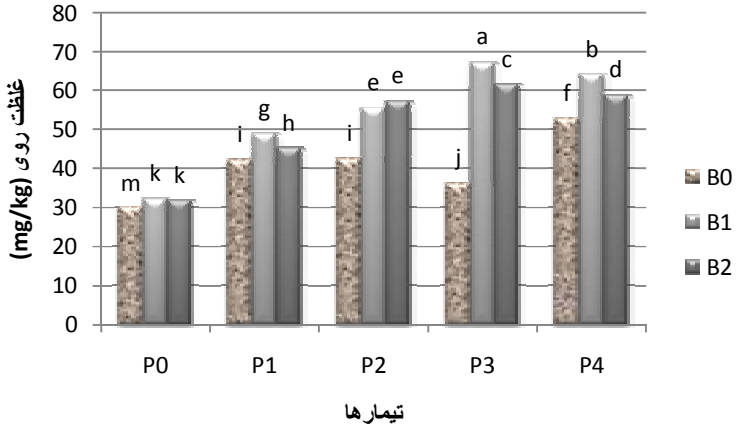
B0= بدون تلقیح، B1=*سودوموناس فلورسنس* ، B2 جدایه‌های منسوب به*سودوموناس پوتیدا + پانتوآ آگلومرانس*

P0= بدون کود شیمیایی، P1=۲۵٪کود شیمیایی، P2=۵۰٪ کودشیمیایی، P3=۷۵٪ کودشیمیایی، P4=۱۰۰٪ کود شیمیایی

ستون‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

شکل ۳- مقایسه میانگین غلظت آهن (mg/kg) تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

www.SID.ir

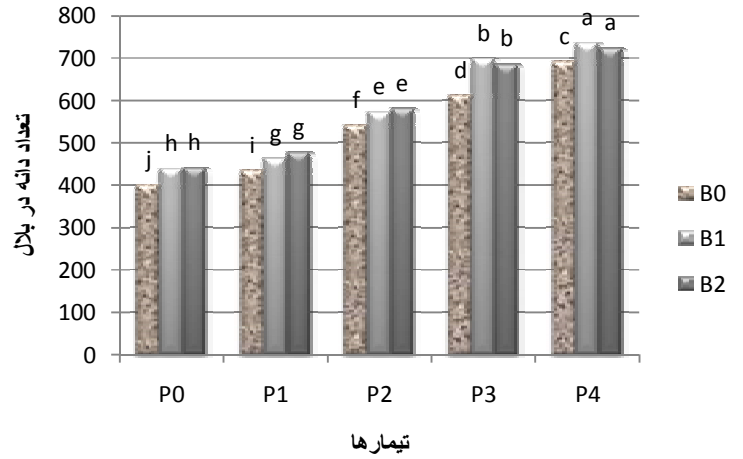


B0= بدون تلقیح، B1=سودوموناس فلورسنس ، B2= جدایه‌های منسوب به*سودوموناس پوتیدا + پانتوآ آگلومرانس*

P0= بدون کود شیمیایی، P1=۲۵٪کود شیمیایی، P2=۵۰٪ کودشیمیایی، P3=۷۵٪ کودشیمیایی، P4=۱۰۰٪ کود شیمیایی.

ستون‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

شکل ۴- مقایسه میانگین غلظت روی (mg/kg) تحت تأثیر تیمار های آزمایشی



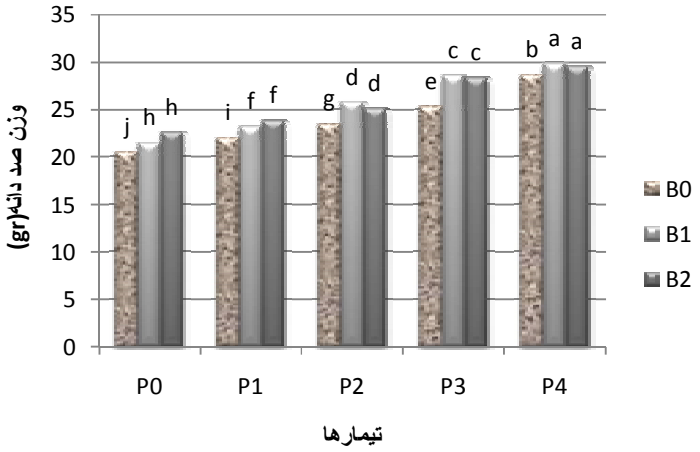
B0= بدون تلقیح، B1= *سودوموناس* فلورسنس، B2= جدایه‌های منسوب به*سودوموناس پوتیدا + پانتوآ آگلومرانس*

P0= بدون کود شیمیایی، P1=۲۵٪کود شیمیایی، P2=۵۰٪ کودشیمیایی، P3=۷۵٪ کودشیمیایی، P4=۱۰۰٪ کود شیمیایی.

ستون‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

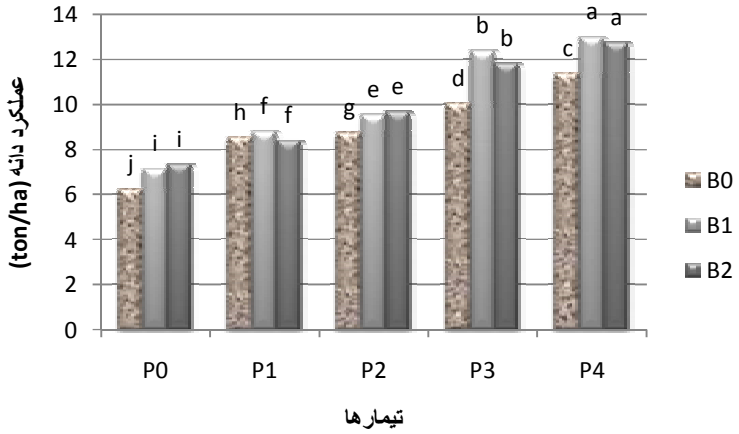
شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در بلال تحت تأثیرتیمارهای آزمایشی

www.SID.ir



B0= بدون تلقیح، B1= *سودوموناس* فلورسنس، B2= جدایه های منسوب به*سودوموناس پوتیدا + پانتوآ آگلومرانس*
P0= بدون کود شیمیایی، P1=۲۵٪کود شیمیایی، P2=۵۰٪ کودشیمیایی، P3=۷۵٪ کودشیمیایی، P4=۱۰۰٪ کود شیمیایی.
ستون‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

شکل ۶- مقایسه میانگین وزن صد دانه (gr) تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی



B0= بدون تلقیح، B1= *سودوموناس* فلورسنس، B2= جدایه‌های منسوب به*سودوموناس پوتیدا + پانتوآ آگلومرانس*P0 =بدون کود شیمیایی، P1=۲۵ ٪کود شیمیایی، P2=۵۰٪ کودشیمیایی، P3=۷۵٪ کودشیمیایی، P4=۱۰۰٪ کود شیمیایی.
ستون‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

شکل ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

فهرست منابع:

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه شماره ۹۸۲. جلد اول. نشر آموزش کشاورزی. تهران. ایران.

۲. امیرآبادی، م.، ف.،رجالی.، م. ر.اردکانی.، و م.برجی. ۱۳۸۸. تأثیر کاربرد مایه تلقیح *ازوتوباکتر* و قارچ میکوریزی بر جذب برخی عناصر معدنی توسط ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس (۷۰۴) در سطوح مختلف فسفر. مجله پژوهش‌های خاک. علوم خاک و آب. جلد ۲۳. شماره ۱.

www.SID.ir

۳. بیاری، آ.، ا، غلامی.، و ه. اسدی رحمانی. ۱۳۹۰. مطالعه تأثیر سویه‌های مختلف باکتری‌های محرک رشد *ازتوباکتر* و *آزوسپریلوم* بر خصوصیات رشد و عملکرد ذرت. نشریه آب و خاک. جلد ۲۵، شماره۱، صفحه ۱۰-۱.

۴. برومندراد، ع.، ن، ساجدی.، م، چنگیزی.، و م. وسیبی. ۱۳۹۰. تأثیر تلفیق کودهای شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد ذرت علوفه‌ای. اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار. ایران. خوزستان.

۵. خواجه پور،م.ر. ۱۳۷۱. اصول و مبانی زراعت. اصفهان انتشارات دانشگاه صنعتی. صفحه ۳۸۶.

۶. سیفی، ح.، م.ر، اردکانی.، ف، رجالی.، و م.ع. خودشناس. ۱۳۸۵. بررسی کارایی *ازتوباکتر* و *میکوریزا* تحت تأثیر سطوح مختلف ازت بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در استان مرکزی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک.

۷. شهریاری، ف.،غ، خداکریمیان.، و ا. حیدری ۱۳۸۴. ارزیابی توان آنتاگونیستی بیووارهای باکتری *Pseudomonasfluorescens* جداشده از ریزوسفر سیب زمینی جهت کنترل *Pectobacterium carotovorum subsp. atrosepticum*. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال هشتم. شماره چهارم . ص ۲۰۱

۸. صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجله علوم خاک و آب. ویژه نامه کودهای بیولوژیک .

۹. علیخانی، ح.،ون. صالح راستین.۱۳۹۰. ضرورت تولیدانبوه کودهای بیولوژیک محرک رشد گیاه در راستای نیل به کشاورزی پایدار. نمایشگاه بین المللی تکنولوژی کشاورزی.

۱۰. ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۲. ضرورت ارتقاء جایگاه تغذیه‌ای گوگرد به منظور افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی در کشور. دفتر برنامه‌ریزی رسانه‌های تدریجی. نشریه فنی شماره ۳۱۵. صفحه ۶۰.

۱۱. یحیی آبادی، م.، ه، اسدی رحمانی.، وم.م. ابوالحسنی. ۱۳۸۴. ارزیابی پتانسیل برخی باکتری‌های *ریزوبیوم* همزیست لوبیا در تثبیت ازت و جذب عناصر خاک در استان اصفهان. اولین همایش ملّی حبوبات. پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد. ص ۳۴۹-۳۵۱

12. Andres, DN., A.Latronico., E.Ines., and DG .Salamone.2009. Inoculation of Wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. European journal of Soil biology 45, 44-51, pp.
13. Bakker, P. A. H. M., J. M.Raaijmakers., G.Bloemberg., M.Hofte., P.Lemanceau., and B.M. Cooke. 2007. New Perspectives and Approaches in Plant Growth – Promoting Rhizobacteria Research. Reprinted From European Journal of Plant Patho Logy, 119:2, V1, 126P.
14. Banerjee, M., R. L. Yesmin., and J.K. Vessy. 2006. Plantgrowth promoting rhizobacteria as biofertilizer and biopestcides., pp. 137-181. In: Hanb book of microbial biofertilizers. Ed., Rai, M., K., Food production press, U.S.A.
15. Bayvordi, A. 2006. Zinc in soils and crop nutrition. Paivar press. Tabriz, Iran. 180 pp. (In Persian).
16. Çakmakçi, R., M.F. Dönmez., and Ü. Erdğan. 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barly seedling growth, nutrient uptake, some soil properties and bacteria counts. Turk Journal of Agriculture and Forestry, 31:189-199.
17. Kizilkaya, R. 2008.Yield response and nitrogen concentrations of spring Wheat (Triticum aestivum) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 24, 175-178, pp.
18. Lambert, D H., D.E. Baker., and J.H. Cole. 1979. The role of mycorrhiza in the interaction of phosphorus with zinc, copper and other elements. Soil Science Society of America Journal. 43 : 976 – 980.

Archive of SID

www.SID.ir

19. Maheshwari, K. 2011. Plant Growth and Health Promoting Bacteria**.** *Spiringer*. Series: Microbiology MonographsVol. 18 .P450.
20. Rashid.M., S. Khalil., N. Ayub., S. Alam., and f. latif. 2004. Organic Acids roduction and Phosphate Solubilization by Phosphate Solubilizing Microorganisms (PSM) Under in vitro Conditions.P. J. Biol.Sci. 7 :187-196.
21. Smith, S.E., and Y.G. Zhu.2001. Application of arbuscular mycorrhizal fungi: Potentials and challenges. In: Bio-Exploitation of Filamentous Fungi (eds. B.P. Stephen and K.D. Hyde) Fungal Diversity Research Series, 6: 291-308.
22. Sturz, A.V., and B.R. Christie. 2003. Beneficial microbial alleloplathies in the root Zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. Soil and Tillage Research 72:107-123.
23. Tuzun, S., and J.W. Kloepper. 1994. Induced systemic resietance by plant growth promoting rhizobacteria. Pp. 104-109. In: Improving plant productivity woth rhizosphere bacteria: Ryder, M. H., Stephene, P. M. and Bowen, G. D. (eds). CSIRO: Adelaide, Australia.
24. Van loon, L.C. 2007. Plant responses to plant growth – promoting rhizobacteria. Eur. J. Plant Pathol 119:243-254.
25. Yadav, K.S., and K.R. Dadarwal. 1997. In Biotechnological approaches in soil microorganism for sustainable Crop production. Scientific Publishers, Jodhpur, PP:293-308.
26. Zahir, Z. A., M. Arshad., T. William., and Jr. Frankenberger. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in agriculture. Advance in Agronomy, 81: 97-168.
27. Zahir, A.Z., M. Arshad,. andA. Khalid. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan. J. Soil. Sci. 15:7-11.

Archive of SID

www.SID.ir