مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد پنجم، شماره سوم، پاییز ۹۱
۹۹-۱۱٤
http://ejcp.gau.ac.ir

تأثیر منابع مختلف فسفر بر عملکرد و جذب عناصر آفتاب‌گردان تحت دو سیستم کشت

حشمت زرین‌جوب[۱]، *محمدجواد زارع[۲]، ابراهیم محمدی‌گل‌تپه[۳]، علی حاتمی[۲] و محمد پورسیابیدی[۴]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ایلام، [۲]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات،دانشگاه ایلام، [۳]استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تربیت مدرس، [٤]مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایلام
تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۰۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۱٤

چکیده

کودهای زیستی، متشکل از ریزموجودات مفید، به‌عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در تولید محصولات زراعی در سامانه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌گردند. این پژوهش با هدف بررسی اثرات باکتری‌های حل‌کننده فسفر، قارچ‌های میکوریزا و اندوفیت بر عملکرد و جذب عناصر آفتاب‌گردان در کشت آن با شبدرهای ایرانی و برسیم در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی ایلام در سال ۱۳۸۸ انجام شد. عوامل آزمایش شامل قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، قارچ اندوفیت *Piriformospora indica*، باکتری‌های حل‌کننده فسفر (*Bacillus lentus+Pseudomonas putida*)، کود شیمیایی کامل، خاک غیراستریل، خاک استریل و سیستم کاشت در دو سطح کشت و کشت نکردن مخلوط دو شبدر ایرانی و برسیم زیر پوشش آفتاب‌گردان بودند. نتایج آزمایش نشان‌دهنده سودمندی‌های تلقیح گیاه آفتاب‌گردان با قارچ میکوریز و اندوفیت و نیز تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد در مقایسه با عدم کاربرد آن‌ها بر جذب عناصر و عملکرد دانه آفتاب‌گردان بود. کشت زیر پوشش آفتاب‌گردان با مخلوط دو شبدر ایرانی و برسیم موجب افزایش میزان نیتروژن دانه و اندام‌های هوایی و نیز میزان فسفر دانه آفتاب‌گردان گردید، اما تأثیری بر میزان فسفر اندام‌های هوایی، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده نداشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده، کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفر، قارچ‌های میکوریزا و اندوفیت و نیز کشت لگوم‌ها زیر پوشش کانوپی آفتاب‌گردان می‌تواند راه‌کاری برای طراحی زراعت آفتاب‌گردان در یک روش کشت زراعی کم نهاده باشد.

واژه‌های کلیدی باکتری‌های حل‌کننده فسفر، کشت مخلوط، *Glomus mosseae*، *Piriformospora indica*

* مسئول مکاتبه: mjzarea@ymail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

محدودیت‌های روزافزون منابع آب، خشک‌سالی‌های متناوب، حاصل‌خیزی اندک اراضی کشاورزی، کمبود مواد آلی و پایین بودن عناصر غذایی قابل دسترس از جمله موانع دست‌یابی به عملکرد مناسب در عرصه زراعت، از جمله آفتاب‌گردان است. تحت چنین شرایطی می‌توان با استفاده از کودهای زیستی مانند قارچ‌های میکوریزی به‌ویژه در مناطقی که جمعیت بومی این قارچ‌ها در خاک به‌دلیل کشاورزی فشرده مبتنی بر کاربرد سموم و کودهای شیمیایی اندک است و یا گونه‌های موجود بدون کارایی لازم هستند، توان گیاه را در جذب عناصر غذایی و آب افزایش داد (الیس و همکاران، ۱۹۸۵). قارچ‌های میکوریزی با بیش از ۸۰ درصد گیاهان خشکی‌زی رابطه هم‌زیستی برقرار می‌کنند (نیومن و ریدل، ۱۹۸۷). این قارچ‌ها علاوه‌بر بهبود وضعیت جذب فسفر، اثرات سودمند دیگری از جمله افزایش مقاومت گیاه به آفات و بیماری‌های خاکی، افزایش مقاومت به خشکی، افزایش تحمل به عناصر سنگین، بهبود جذب سایر عناصر غذایی و نیز بهبود ساختمان خاک می‌باشد (اسمیت و رید، ۱۹۹۷).

قارچ *Piriformospora indica*، از قارچ‌های اندوفیت ریشه است که در سال‌های اخیر توسط آجیت‌وارما کشف و معرفی گردید (پراجاپاتی و همکاران، ۲۰۰۸). این قارچ از نظر ریخت‌شناسی، کارکرد، تحریک رشد گیاه (گاسال و همکاران، ۲۰۰۹) و دامنه میزبانی (پراجاپاتی و همکاران، ۲۰۰۸) بسیار شبیه قارچ‌های میکوریزی است. پراجاپاتی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که گیاهان برنج تلقیح شده با *P. indica* از نظر تمام شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده در مراحل رشد رویشی و زایشی نسبت به شاهد برتری داشتند. والر و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان دادند تلقیح گیاه جو با قارچ یاد شده باعث افزایش ۱۱ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید.

هم‌زیستی بقولات- ریزوبیوم به‌میزان زیادی تحت‌تأثیر قارچ‌های میکوریزی قرار می‌گیرد (پولیتز، ۱۹۹۱). از آن‌جایی‌که هم‌زیستی ریزوبیوم بستگی به غلظت فسفر دارد، افزایش میزان فسفر در اثر فعالیت میکوریز می‌تواند منجر به افزایش میزان گره‌دهی و تثبیت نیتروژن مولکولی گردد (آزکوز و همکاران، ۲۰۰۲؛ زارع و همکاران، ۲۰۰۹؛ زارع و همکاران، ۲۰۱۰؛ زارع و همکاران، ۲۰۱۱). شبدرهای برسیم و ایرانی از بقولات یک‌ساله سازگار به مناطق نیمه‌خشک هستند که برای تامین علوفه به‌صورت خالص و یا مخلوط با سایر گیاهان خانواده گرامینه کشت می‌گردند. کشت مخلوط این دو شبدر و در مقایسه با کشت خالص آن‌ها موجب افزایش عملکرد علوفه در واحد سطح و نیز افزایش حاصل‌خیزی خاک می‌گردد (زارع و همکاران، ۲۰۱۱). کشت مخلوط لگوم- غلات این امکان را به

Archive of SID

www.SID.ir

کشاورزان می‌دهد که از اصل طبیعی تنوع در مزرعه استفاده نمایند. فواید بالقوه کشت مخلوط لگوم- غلات شامل افزایش عملکرد، پروتئین، کیفیت علوفه، تثبیت و هم‌بخشی بیش‌تر نیتروژن از طرف گیاه لگوم و پایداری بیش‌تر تولید می‌باشد (ویلی و همکاران، ۱۹۸۱). کشت مخلوط شبدر برسیم و ایرانی ممکن است کمیت و کیفیت ترشحات ریشه و نیز فعالیت باکتری‌های آزادزی را در منطقه ریزوسفر ریشه تحت‌تأثیر قرار دهد. وقتی که هر دو شبدر به‌صورت مخلوط کشت گردد، ترشحات کربنی ریشه احتمالاً به‌خاطر رشد بیش‌تر هر دو رقم، افزایش می‌یابد (زارع و همکاران، ۲۰۰۸؛ زارع و همکاران، ۲۰۰۹). از طرفی در پژوهش زارع و همکاران (۲۰۰۹) مشخص گردید نسبت ۱:۱ شبدرهای ایرانی و برسیم موجب بیش‌ترین میزان رشد بوته‌های شبدر و تلقیح میکوریزی می‌گردد.

باکتری‌های حل‌کننده فسفر (PSB[1]) از دیگر ریزجانداران ریزوسفری هستند که از طریق معدنی نمودن فسفر آلی یا انحلال فسفر غیرآلی، قابلیت دسترسی گیاه به فسفر را افزایش می‌دهند (رودریگز و فراگا، ۱۹۹۹). گرچه این ریزجانداران درصد کم‌تری از جمعیت خاک را به خود اختصاص می‌دهند ولی در بیش‌تر خاک‌ها وجود داشته به‌طوری‌که بیش از ۹۰ درصد خاک‌ها شامل باکتری‌های حل‌کننده فسفر می‌باشند (دفری‌تاس و همکاران، ۱۹۹۷). تثبیت نیتروژن (کلهو و همکاران، ۲۰۰۳)، انحلال فسفر (دفری‌تاس و همکاران، ۱۹۹۷)، تولید آنتی‌بیوتیک (رسادو و سلدین، ۱۹۹۳) و افزایش رشد اندام‌های هوایی و ریشه گیاهان (سودا و همکاران، ۱۹۹۹) از جمله اثرات مفید برخی از گونه‌های باسیلوس است. باکتری‌های سودوموناس نیز از مهم‌ترین اعضای جامعه ریزموجودات ریزوسفری می‌باشند که علاوه‌بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید مقادیر قابل‌ملاحظه مواد محرک رشد به‌ویژه انواع اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها موجب افزایش رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردند (زهیر و همکاران، ۲۰۰٤).

کاهش اتکا تولیدات گیاهان زراعی به منابع ورودی مانند کودهای شیمیایی و رعایت اصل تنوع گیاهی در بوم‌نظام‌های زراعی از اصول ضروری حصول به کشاورزی پایدار است. به این منظور و برای ارزیابی پتانسیل‌های زیستی و نیز ارایه سامانه‌های نوین زراعی با تأکید بر اصل تنوع زیستی- زراعی، اثر قارچ میکوریزی گلوموس موسه (*Glomus mosseae*)، قارچ اندوفیت پریفورموسپورا ایندیکا (*Piriformospora indica*) و باکتری‌های حل‌کننده فسفر (*Pseudomonas putida* + *Bacillus lentus*) بر رشد

1- phosphate solubilizing bacteria

Archive of SID

www.SID.ir

و جذب عناصر غذایی آفتاب‌گردان در کشت زیر کانوپی آن با شبدرهای ایرانی و برسیم انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات باکتری‌های حل‌کننده فسفر، قارچ‌های میکوریزا و اندوفیت بر عملکرد و جذب عناصر آفتاب‌گردان در کشت آن با شبدرهای ایرانی و برسیم آزمایشی در تابستان ۱۳۸۸ در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی شیروان- چرداول واقع در ٤٠ کیلومتری شمال شهر ایلام با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ٤٧ دقیقه، طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ۳٦ دقیقه و ارتفاع ۹۷۵ متر از سطح دریای آزاد با میانگین بارندگی سالیانه ۵۲۰ میلی‌متر اجرا گردید. قبل از کشت، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری به‌عمل آمد و مشخص شد خاک محل آزمایش از رده اینسپتی‌سول‌ها (Inceptisols) و دارای بافت لومی‌رسی‌سیلتی با هدایت الکتریکی ۰/٤۳ دسی‌زیمنس بر متر و pH=۷/۵۷ بود (جدول ۱).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمارها شامل: قارچ میکوریز (*Glomus mosseae, GM*)، قارچ اندوفیت (*Piriformospora indica, PI*)، باکتری‌های حل‌کننده فسفر (*Pseudomonas putida + Bacillus lentus, PSB*)، خاک غیراستریل، خاک استریل و تیمار کودی کامل (F) به‌عنوان عامل اول و کشت (I) و کشت نکردن (P) شبدرهای برسیم و ایرانی زیر سایه‌انداز گیاهی آفتاب‌گردان به‌عنوان عامل دوم اعمال گردید. خاک در تیمارهای استریل (شاهد) و غیراستریل با هیچ‌یک از کودهای زیستی آغشته نگردید و هیچ نوع کود شیمیایی نیز در این تیمارها استفاده نشد. در این آزمایش از آفتاب‌گردان روغنی مناسب منطقه، رقم لاکومکا استفاده گردید.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایش قبل از کاشت.

بافت	آهک	نیتروژن کل (درصد)	کربن آلی (درصد)	درصد اشباع	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم‌برکیلوگرم)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس برمتر)	اسیدیته گل اشباع (pH)	عمق (سانتی‌متر)
لومی رسی-سیلتی	۳۱	۰/۱۱	۱/۱	٥٤	۲۰۰	۱۰/۲	۰/٤۳	۷/۵۷	۰-۳۰

Archive of SID

www.SID.ir

قارچ میکوریزا (GM) به‌صورت خالص از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه و به روش گلدانی در بستر خاک استریل، به‌صورت هم‌زیست با ریشه گیاه سورگوم تحت شرایط گلخانه تکثیر گردید. یک نمونه گلدان شاهد بدون قارچ نیز در کنار نمونه‌ها قرار داده شد. در طی این مدت آب و محلول غذایی برای گیاهان تأمین و ٤ ماه پس از رشد بوته‌های سورگوم، بوته‌ها از سطح خاک برداشت شد. ریشه همراه با قسمتی از خاک ریزوسفر که شامل اسپورها و میسیلیوم‌های قارچ می‌باشد، جدا و برای تلقیح بوته‌های آفتاب‌گردان در مزرعه آزمایشی آماده گردید. قارچ اندوفیت (PI) نیز به‌صورت آماده از دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد. باکتری‌های حل‌کننده فسفر (PSB) به‌صورت بسته‌های تجارتی آماده تهیه گردید. پس از تنک کردن مزرعه، در مرحله ۸-٦ برگی گیاه آفتاب‌گردان، ریشه گیاه با مایه زیستی قارچ موردنظر تلقیح گردید. خاک اطراف ریشه را کنار و میسیلوم‌های قارچ میکوریزا (GM) و قارچ اندوفیت (PI) روی ریشه‌ها قرار داده شدند. باکتری‌های حل‌کننده فسفر نیز به‌صورت محلول در آب در ناحیه ریشه گیاه قرار گرفت.

قبل از کاشت به‌منظور تندش اسپور قارچ‌های بومی، مزرعه آبیاری گردید و ٥ روز بعد خاک مزرعه آزمایشی، توسط سموم قارچ‌کش مانکوزب و بنومیل به‌صورت محلول در آب آبیاری ضدعفونی گردید. این قارچ‌کش‌ها جمعیت اسپورهای میکوریزا در خاک را تا حد زیادی کاهش می‌دهد (زارع، ۲۰۱۰).

آفتاب‌گردان به‌عنوان کشت دوم (تابستانه) و به‌صورت جوی و پشته‌ای با فاصله ٦٥ سانتی‌متر (با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع) و مخلوط شبدرها به نسبت ۱:۱ به‌صورت دست‌پاش روی پشته‌ها کشت گردید. آماده‌سازی ردیف‌های کاشت توسط فاروئر صورت گرفت و هر تیمار در ٤ خط به طول ٦ متر کاشته شد. زمین آزمایش پیش از کاشت، آیش بود. آبیاری مزرعه به‌صورت نشتی با استفاده از سیفون انجام گرفت. قبل از کاشت نمونه‌هایی از خاک مزرعه آزمایشی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) تهیه و میزان آلودگی آن از نظر قارچ‌های بومی به روش الک اندازه‌گیری و از کم بودن میزان میکوریزای خاک اطمینان به‌دست آمد.

در تیمار کودی، کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک و به‌میزان ۸۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره، ٥۰ کیلوگرم فسفر از منبع فسفات آمونیوم و ٥۰ کیلوگرم پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به‌کار برده شد. کود نیتروژن به‌صورت پایه و سرک در مرحله ۸-٦ برگی مصرف گردید. وجین علف‌های هرز و تنک کردن بوته‌های آفتاب‌گردان در مرحله ۸-٦ برگی انجام شد. در طول دوره رشد از هیچ علف‌کش و آفت‌کشی استفاده نشد.

Archive of SID

www.SID.ir

در هر تیمار یک ردیف از هر طرف و ۱ متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به اثر حاشیه اختصاص یافت و نمونه‌برداری‌ها به‌منظور تعیین شاخص‌های کمی و کیفی از دو ردیف وسطی انجام شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک و با حذف اثرات حاشیه، برداشت نهایی از ۱ مترمربع کرت‌ها انجام شد و برای اندازه‌گیری‌های موردنظر به آزمایشگاه منتقل گردید. غلظت نیتروژن دانه و اندام‌های هوایی و نیز غلظت فسفر دانه و اندام‌های هوایی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. محتوی نیتروژن به روش کجلدال و فسفر به روش مولیبدئوم بلو اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای کودی (زیستی و شیمیایی) بر عملکرد دانه، غلظت فسفر دانه و اندام‌های هوایی و غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه آفتاب‌گردان معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر روش کاشت بر غلظت نیتروژن و فسفر دانه و غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی آفتاب‌گردان معنی‌دار گردید، اما بر سایر صفات اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). اثر متقابل تیمار کودی و روش کاشت بر غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی، معنی‌دار بود (جدول ۲).

فسفر دانه: نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کود شیمیایی، باکتری‌های (PSB) و قارچ اندوفیت (PI) اثر مشابهی بر غلظت فسفر دانه آفتاب‌گردان داشتند (جدول ۳). کشت مخلوط دو شبدر برسیم و ایرانی زیر پوشش آفتاب‌گردان موجب افزایش غلظت فسفر دانه به‌میزان ۱٤/۷۷ درصد گردید (جدول ۳). نتایج پژوهش اکین (۲۰۱۰)، نشان داد که باکتری *Bacillus* M-13 محتوی فسفر دانه آفتاب‌گردان را نسبت به شاهد به‌میزان ۱٤/۸ درصد افزایش داد. کومار و چاندرا (۲۰۰۸) بیان نمودند که تلقیح هم‌زمان گیاه عدس با ریزوبیوم و باکتری‌های حل‌کننده فسفر (*Bacillus megterium*) موجب افزایش محتوی فسفر دانه نسبت به تیمار ریزوبیوم یا باکتری‌های حل‌کننده فسفر به تنهایی گردید. اثر کاربرد باکتری‌ها و قارچ اندوفیت در مقایسه با کاربرد کود شیمیایی فسفر، میزان غلظت فسفر دانه را به یک میزان افزایش دادند. در خاک‌های قلیایی فسفر به سرعت توسط کربنات کلسیم تثبیت و از دسترس گیاه خارج گردد. گیاهان از طریق ترشحات آنزیم فسفاتاز قادر به خارج نمودن فسفر تثبیت شده و وارد کردن آن به محلول خاک می‌باشند. همچنین باکتری‌های حل‌کننده فسفر و قارچ‌های میکوریز علاوه‌بر اتخاذ روش یاد شده از طریق ترشحات اسیدهای آلی حلالیت فسفر را افزایش و

Archive of SID

www.SID.ir

دسترسی گیاه را به فسفر افزایش می‌دهند (زارع و همکاران، ۲۰۱۰). وجود تنوع گیاهی از عوامل افزایش‌دهنده حجم ورودی آنزیم فسفاتاز از ریشه به محیط خاک است. در این آزمایش وجود میزان‌های بالاتر فسفر گیاه آفتاب‌گردان در کشت مخلوط آن با شبدر، یا به‌دلیل افزایش این ترشحات و آزاد شدن بیش‌تر فسفر و یا به‌علت افزایش جمعیت‌های ریزجانداران حل‌کننده فسفر ناشی از حجم ورودی ترشحات غنی از کربن چندین گونه گیاهی (شبدر ایرانی- شبدر برسیم- آفتاب‌گردان) باشد. گزارش‌هایی مبنی بر افزایش جمعیت ریزجانداران و افزایش سطوح میزان آنزیم فسفاتاز در کشت مخلوط و در مقایسه با کشت خالص اخیراً گزارش شده است (زارع و همکاران، ۲۰۱۱). گزارش‌های دیگر نیز نشان داد که میزان جذب فسفر در گیاهان ماش تلقیح شده با باکتری ***Bacillus subtilis*** (گیاند و گاور، ۱۹۹۱) و گیاه دارویی ***Chlorophphytum*** sp. تلقیح شده با ***Piriformospora indica*** (گوسال و همکاران، ۲۰۰۹) بیش‌تر بود.

نیتروژن دانه: تیمارهای مختلف تأثیری مشابه بر میزان نیتروژن دانه آفتاب‌گردان داشتند و در مقایسه با تیمار خاک استریل ۱۵/۴۳ درصد آن را افزایش دادند (جدول ۳). این موضوع می‌تواند به‌دلیل تأثیر مثبت میزان دسترسی به فسفر در جذب و انتقال نیتروژن به گیاه باشد (زوبیلاگا و همکاران، ۲۰۰۲). شهاتا و ال-خواز (۲۰۰۳) تأثیر کود زیستی را بر عملکرد و کیفیت دانه آفتاب‌گردان بررسی کردند و گزارش دادند که کاربرد کودهای زیستی شامل باکتری افزاینده رشد در مقایسه با شاهد موجب افزایش میزان نیتروژن دانه گردید. توسلی و علی‌اصغر زاد (۲۰۰۹) چنین نتایجی را در جذب عناصر غذایی و عملکرد پیاز تلقیح شده با قارچ‌های میکوریز گونه‌های مختلف گلوموس گزارش کردند. همچنین گزارش‌هایی مبنی بر جذب مستقیم نیتروژن از منابع آلی و انتقال آن به گیاه میزبان به واسطه میکوریز گزارش شده است.

کشت مخلوط شبدرهای برسیم و ایرانی موجب افزایش محتوی نیتروژن دانه آفتاب‌گردان گردید (جدول ۳). احتمالاً ریزوبیوم‌های هم‌زیست شبدر در روش کاشت مخلوط شبدر ایرانی و برسیم زیر سایه‌انداز گیاه آفتاب‌گردان بخشی از نیتروژن تثبیت شده را در محیط ریشه ترشح و در اختیار گیاه آفتاب‌گردان قرار می‌دهد. زارع و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کشت مخلوط شبدرهای ایرانی و برسیم میکوریزی نسبت به شبدرهای غیرمیکوریزی موجب تثبیت بیش‌تر نیتروژن اتمسفری و یا تثبیت غیرهم‌زیستی نیتروژن می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد تیمارهای کودهای شیمیایی و زیستی (GM، PI و PSB) و روش کشت (کشت و عدم کشت مخلوط شبدر ایرانی و برسیم زیر سایه انداز آفتاب‌گردان) بر برخی صفات گیاهی آفتاب‌گردان.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)					
		فسفر دانه	نیتروژن دانه	فسفر اندام‌های هوایی	نیتروژن اندام‌های هوایی	عملکرد زیست‌توده	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۲٤^{ns}	۰/۰۱۰^{ns}	٦٦٧٧۰۹/۰۰۰ ^{ns}	۲٤٤۳۱/۰۰۰^{ns}
تیمار کودی	۵	۰/۰٤۰*	۰/۱۲^{ns}	۰/۲۰۰**	۰/۲۱۰**	۱۲۱۳۲۱۱/۰۰۰*	٦۱۱۵۷۷**
سیستم کاشت	۱	۰/۱۷۰**	۰/۷۵**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۳۵۰**	۵۲٤/۰۰۰ ^{ns}	۲۲۸۳/۰۰۰ ^{ns}
تیمار کودی × سیستم کشت	۵	۰/۰۳۰^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۰۳۸^{ns}	۰/۱۹۰**	۵٦۰۵۰۷/۰۰۰ ^{ns}	۹۱٤۱/۰۰۰ ^{ns}
خطای آزمایشی	–	۰/۰۱۰	۰/۰٦	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰	۳۵۲۳٦۸/۰۰۰	۱۵٤٦۷/۰۰۰
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۲/۹۱۰	۸/۸۸۰	۲۹/۰۹۰	۷/۷۵۰	۳/۸۰۰	۲/۳٦۰

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار.

فسفر اندام‌های هوایی: بر خلاف انتظار، در این بررسی میزان فسفر اندام‌های هوایی در تیمار شاهد و خاک غیراستریل در مقایسه با تیمارهای کودی (زیستی و شیمیایی) بیش‌تر می‌باشد (جدول ۲). کوهلر و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که میزان فسفر در بوته‌های کاهوی تلقیح شده با *Bacillus subtilis* و *G. intraradice* بیش‌تر از تیمار شاهد بود. *P. indica* با تولید مقادیر فراوانی اسید فسفاتاز موجب حلالیت فسفر نامحلول خاک و فراهمی آن برای گیاه می‌گردد. با مقایسه میزان زیست‌توده برداشت شده از هر تیمار و نیز غلظت فسفر دانه آفتاب‌گردان مشخص می‌گردد که میزان کل فسفر برداشت شده در تیمارهای کود شیمیایی و زیستی نسبت به تیمار شاهد بیش‌تر است (جدول ۳). سودمندی کم‌تر قارچ اندوفیت پریفورمواسپورا ایندیکا بر میزان جذب فسفر گیاه میزبان توسط بارازانی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش و مزایای این قارچ را متوجه ترشحات هورمون‌های افزاینده رشد بر گیاه میزبان ذکر نمودند.

سودمندی قارچ‌های میکوریزی در افزایش میزان فسفر گیاهان شنبلیله، گشنیز و هویج توسط گائور و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش شد. ماهاور و آلوک (۲۰۰۰) بیان کردند که تلقیح پیاز با قارچ‌های میکوریز موجب افزایش معنی‌دار مقدار فسفر غده گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کاربرد کودهای زیستی (GM، PI و PSB) و شیمیایی تحت کشت و عدم‌کشت مخلوط شبدر ایرانی و برسیم بر برخی صفات گیاهی آفتاب‌گردان.

تیمارهای آزمایش	فسفر دانه (درصد)	نیتروژن دانه (درصد)	فسفر اندام‌های هوایی (درصد)	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
قارچ (GM)	۰/۸۹^{bc}	۲/۸۸^{ab}	۰/٦٥^{a}	۱٥٦۲۹/۸۰^{abc}	٥۱۸۱/۳۰^{b}
باکتری (PSB)	۱/۰٦^{a}	۳/۱۱^{a}	۰/٥۹^{a}	۱٦۰۰۹/٥۰^{ab}	٥٦۰٦/۰۰^{a}
قارچ (PI)	۱/۰۱^{ab}	۳/۰٥^{a}	۰/٤٦^{b}	۱٥٥۸۹/۹۰^{abc}	٥۰٥۷/۹۰^{bc}
کود شیمیایی	۱/۰۰^{abc}	۲/۹۳^{ab}	۰/۷۲^{a}	۱٦۱٦٦/۳۰^{a}	٥۷۰٦/۱۰^{a}
خاک غیراستریل	۰/۸٥^{c}	۲/۷۲^{b}	۰/۷۲^{a}	۱٥۳۱۹/٤۰^{bc}	٤۹۸۰/۳۰^{c}
خاک استریل (شاهد)	۰/۸۸^{bc}	۲/۸٥^{ab}	۰/۷۱^{a}	۱٤۹۳٤/۲۰^{c}	٥۰۰۳/٦۰^{c}
کشت خالص	۰/۸۸^{b}	۲/۷۸^{b}	۰/٦۰^{a}	۱٥٦۰٤/٤۰^{a}	٥۲٦۳/۸۰^{a}
کشت مخلوط	۱/۰۲^{a}	۳/۰۷^{a}	۰/٦۱^{a}	۱٥٦۱۲/۰۰^{a}	٥۲٤۷/۹۰^{a}

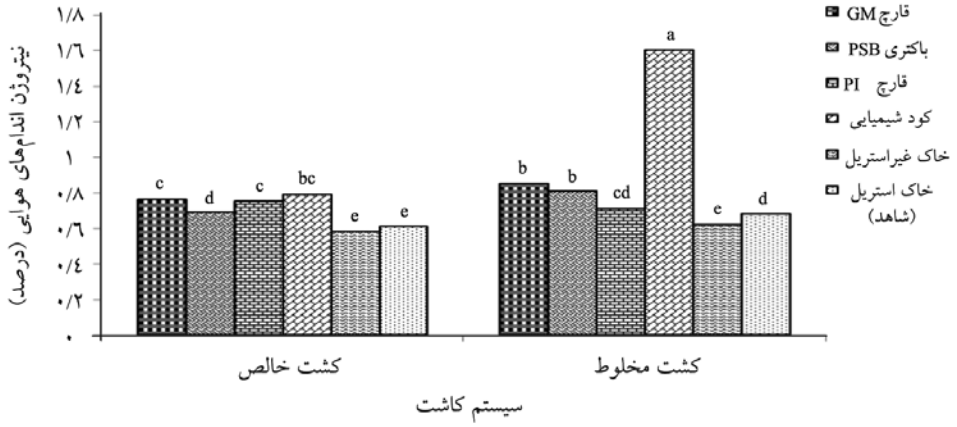
*میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر عامل براساس آزمون LSD در سطح ۰/۰٥ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

نیتروژن اندام‌های هوایی: بیش‌ترین میزان نیتروژن اندام‌های هوایی از تیمار کودهای شیمیایی در روش کاشت مخلوط به‌دست آمده و پس از آن در تیمارهای قارچ (GM) و باکتری (PSB) در روش کاشت مخلوط بیش‌ترین غلظت نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش میزان محتوای نیتروژن دانه در کشت مخلوط می‌تواند به‌دلیل افزایش بیش‌تر تثبیت زیستی نیتروژن در کشت مخلوط دو شبدر در مقایسه با کشت خالص آن‌ها (زارع و همکاران، ۲۰۰۹؛ زارع و همکاران، ۲۰۱۱) و دسترسی گیاه آفتاب‌گردان به این نیتروژن باشد. شهاتا و ال-خواز (۲۰۰۳) گزارش دادند که کاربرد کودهای زیستی محرک رشد گیاه در مقایسه با شاهد موجب افزایش جذب نیتروژن در گیاه آفتاب‌گردان گردید. سودمندی میکوریز بر جذب نیتروژن به گیاه میزبان توسط محققان مختلف گزارش گردیده است (باری و همکاران، ۱۹۸۷؛ توسلی و علی‌اصغرزاد، ۲۰۰۹). قارچ‌های میکوریزی از طریق ایجاد شبکه گسترده میسیلومی در حجم وسیعی از خاک موجب جذب و انتقال عناصر مختلف به‌خصوص فسفر و نیز نیتروزن به گیاه میزبان می‌گردد. کومار و چاندرا (۲۰۰۸) نشان دادند میزان نیتروژن ساقه گیاه عدس تلقیح شده با باکتری‌های حل‌کننده فسفر (*Bacillus megterium*) و ریزوبیوم بیش‌تر از تیمار شاهد بود. *Piriformospora indica* میزان دسترسی گیاهان به فسفر را افزایش داد. مطالعات قبلی مشخص

Archive of SID

www.SID.ir

نمود که قابلیت دسترسی به فسفر در خاک بر میزان جذب نیتروژن و استفاده آن در گیاه مؤثر است (کیم و همکاران، ۲۰۰۲). اکین (۲۰۱۰) نیز بیان می‌کند که افزایش رشد آفتاب‌گردان در اثر مصرف فسفر ممکن است به‌دلیل افزایش کارایی نیتروژن باشد. بنابراین ممکن است قارچ‌های میکوریزی با افزایش دسترسی گیاه آفتاب‌گردان به فسفر، جذب نیتروزن به گیاه میزبان را افزایش داده باشد.



شکل ۱- غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی گیاه آفتاب‌گردان با کاربرد کودهای زیستی *Glomus intraradices*، *Piriformospora indica* و باکتری‌های حل‌کننده فسفر (*Pseudomonas putida* + *Bacillus lentus*) و شیمیایی تحت دو سیستم کشت (کشت و عدم‌کشت مخلوط شبدر ایرانی و برسیم زیر سایه‌انداز آفتاب‌گردان).

عملکرد دانه: بیش‌ترین عملکرد دانه آفتاب‌گردان از تیمارهای کود شیمیایی و تلقیح با باکتری‌های (PSB) به‌ترتیب به‌میزان‌های ۵۷۰٦/۱ و ٥٦۰٦/۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نشان‌دهنده ١٤ و ١٦ درصد برتری عملکرد دانه، نسبت به شاهد بود. هر چند عملکرد دانه آفتاب‌گردان در تیمار GM نسبت به تیمار کودی کامل و باکتری (PSB) کم‌تر بود، اما عملکرد دانه در این تیمار نسبت به شاهد و خاک غیراستریل (شامل ریزموجودات بومی خاک) برتری محسوسی نشان داد (جدول ۲). بهبود جذب عناصر نیتروژن و فسفر به گیاه آفتاب‌گردان می‌تواند علت افزایش عملکرد دانه در مقایسه با نبود تلقیح آن‌ها باشد. زهیر و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت تلقیح شده با باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس را در مقایسه با نبود تلقیح آن‌ها گزارش دادند. حمیدی و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش کردند که تلقیح بذر ذرت با سه جنس از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، موجب افزایش

Archive

www.SID.ir

عملکرد دانه به‌میزان ۳۷/۱۸ درصد در مقایسه با شاهد (بدون تلقیح بذر) گردید. این نتایج همچنین با یافته‌های کلوئپر و همکاران (۱۹۸۹) مطابقت داشت. نامبردگان افزایش ٤۳ درصدی عملکرد گندم در نتیجه استفاده از باکتری باسیلوس را گزارش کردند. شارما (۲۰۰۲) نیز بیان نمود قارچ‌های میکوریزی از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی عناصر کم‌مصرف، افزایش جذب آب و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان میزبان در نظام‌های کشاورزی پایدار می‌شوند. والر و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند تلقیح ریشه جو با *Piriformospora indica* موجب افزایش عملکرد آن به‌میزان ۱۱ درصد گردید.

عملکرد زیست‌توده: عملکرد زیست‌توده گیاه آفتاب‌گردان در تیمارهای باکتری‌های (PSB) و شیمیایی در مقایسه با سایر تیمارها افزایش یافت. نتایج آزمایش نشان داد که بیش‌ترین افزایش عملکرد زیست‌توده آفتاب‌گردان از کاربرد کود شیمایی به‌میزان ۸/۲ درصد و کم‌ترین افزایش از تلقیح با قارچ شبه میکوریز PI به‌میزان ٤/٤ درصد در مقایسه با شاهد به‌دست آمد (جدول ۲). سودا و همکاران (۱۹۹۹) نیز نشان دادند استفاده از باکتری سودوموناس موجب افزایش رشد اندام‌های هوایی گردید. نتایج سایر پژوهش‌های نیز نشان‌دهنده اثر مثبت باکتری‌های سودوموناس در رشد اندام‌های هوایی گیاهان مختلف می‌باشد (اوراشیما و هوری، ۲۰۰۳). همچنین پژوهش راتی و همکاران (۲۰۰۱) نشان داد کاربرد باکتری‌های PSB موجب افزایش وزن خشک گیاه علف لیمو گردید. این محققان گزارش کردند که احتمالاً باکتری‌های حل‌کننده فسفر از طریق ساخت برخی هورمون‌های رشد گیاهی و یا بهبود جذب فسفر موجب افزایش وزن خشک علف لیمو شدند. درزی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که تلقیح گیاه رازیانه با قارچ میکوریز (*Glomus intraradices*) موجب افزایش عملکرد زیست‌توده به‌میزان ۱۹/٤ درصد گردید. این محققان افزایش عملکرد زیست‌توده را نتیجه بهبود میزان فتوسنتز و رشد گیاه دانستند. کوهلر و همکاران نیز بیان داشتند که تلقیح کاهو با قارچ میکوریز (*G. intraradices*) موجب افزایش عملکرد زیست‌توده آن گردید. نتایج آزمایش گوپتا و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان داد که هم‌زیستی قارچ میکوریز (*G. fasiculatum*) با ریشه گیاه نعناع، از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی موجب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیش‌تر و بهبود عملکرد زیست‌توده گردید. علیزاده (۲۰۰۵) نیز گزارش نمود که تیمار میکوریز موجب افزایش نسبی عملکرد زیست‌توده گیاه ذرت گردید. پراجاپاتی و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیان داشتند که قارچ شبه‌میکوریز *Piriformospora indica* موجب افزایش رشد گیاه برنج گردید. نتایج سایر

Archive of SID

www.SID.ir

پژوهش‌ها نیز نشان‌دهنده اثر مثبت *P. indica* بر رشد اندام‌های هوایی گیاهان مختلف است (سینگ، ۲۰۰٤؛ والر و همکاران، ۲۰۰۵).

به‌طورکلی با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که باکتری‌های حل‌کننده فسفر در بیش‌تر صفات اندازه‌گیری شده، قابلیت رقابت با کودهای شیمیایی را داشته و حتی در مواردی برتر بودند و قارچ‌های مورد استفاده در این پژوهش نیز اگرچه در برخی صفات نسبت به کودهای شیمیایی ضعیف‌تر بودند، اما این اختلاف اندک بوده و با در نظر گرفتن برتری‌های زیست‌محیطی آن‌ها می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. همچنین نتایج بیان‌گر سودمندی کشت مخلوط دو شبدر ایرانی و مصری زیر پوشش گیاه آفتاب‌گردان بود که می‌تواند در طرح‌ریزی بوم‌نظام‌های زراعی برای رسیدن به اصل تنوع و پایداری سودمند باشد.

منابع

1.Alizadeh, A. 2005. Effects of different levels of nitrogen, micorrhizal symbiosis and drought stress in maize. Ph.D. Thesis Islamic Azad University. Research and Science Unit. Ahvaz. Iran. (In Persian with English abstract)

2.Barazani, O., Von Dahl, C.C., and Baldwin, I.T. 2007. *Sebacina vermifera* promotes the growth and fitness of Nicotiana attenuata by inhibiting ethylene signaling. Plant Physio. 144: 1223-1232.

3.Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) Iran. J. Crop. Sci. 10, 88-109.

4.De Freitas, J.R., Banerjee, M.R., and Germida, J.J. 1997. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). Biol. and Fertil. Soil. 24: 358-364.

5.Ekin, Z. 2010. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the presence of phosphorus fertilizer. Afric. J. Biotec. 9: 3794-3800.

6.Ellis, J.R., Larsen, H.G., and Boosalis, M.G. 1985. Drought resistance of wheat plants inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizae. Plant and Soil, 86: 369-378.

7.Gaind, S., and Gaur, A.C. 1991. Thermotolerant phosphate solubilising microorganisms and their interaction with mung bean. Plant and Soil, 133: 141-149.

8.Gaur, A., Adholeya, A., and Mukergi, K.G. 2000. On farm production of VAM inoculum and vegetable crops in marginal soil amended with organic matter. Tropical Agric. (Trinidad), 77: 21-26.

Archive of SID

www.SID.ir

9.Gosal, S.K., Karlupia, A., Gosal, S.S., Chibba, I.M., and Varma, A. 2009. Biotization with *Piriformospora indica* and *Pseudomonas fluorescens* improves survival rate, nutrient acquisition, field performance and saponin content of micropropagated *Chlorophytum sp*. Ind. J. Biotech. 9: 289-297.
10.Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crop of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresour. Technol. 81: 77-79.
11.Hamidi, A., Chaokan, R., Asgharzadeh, A., Dehghanshoar, M., Ghalavand, A., and Malakouti, M.J. 2009. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phenology of late maturity maize (*Zea mays* L.) hybrids. Iran. J. Crop. Sci. 11: 249-270.
12.Kim, M.C., Panstruga, R., Elliott, C., Muller, J., Devoto, A., Yoon, H.W., Park, H.C., Cho, M.J., and Schulze-Lefert, P. 2002. Nature, 416: 447-451.
13.Kloepper, J.W., Liftshitz, K., and Zablotowitcz, R.M. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends Biotech. 7: 39-43.
14.Kohler, J., Caravaca, F., Carrasco, L., and Rolda´n, A. 2007. Interactions between a plant growth-promoting rhizobacterium, an AM fungus and a phosphate-solubilising fungus in the rhizosphere of *Lactuca sativa*. Applied Soil Ecology, 35: 480-487.
15.Kumar, R., and Chandra, R. 2008. Influence of PGPR and PBS on *Rhizobium leguminosarum* Bv. Viciae strain competion and symbiotic performance in lentil. World J. Agric. Sci. 4: 297-301.
16.Mahaveer, P.S., and Alok, A. 2000. Enhanced growth and productivity following inoculation with indigenous AM fungi in four varieties of onion (*Allium Cepa* L.) in an alfisol. Biol. Agric. and Hort. 18: 1-14.
17.Newman, E.I., and Reddell, P. 1987. The distribution of mycorrhizas among the families of vascular plants. New Phytol. 106: 745-751.
18.Paulitz, T.C. 1991. Mycorrhiza interactions with soil organisms; In: Arora, D.K., Rai, B., Mukerji, K.G., Knudsen, G.R., Handbook of applied mycology vol. 1. Soil and plants; Marcel Dekker, INC, Pp: 77-129.
19.Prajapati, K., Yami, K.D., and Singh, A. 2008. Plant Growth Promotional Effect of *Azotobacter chroococcum*, *Piriformospora indica* and Vermicompost on Rice Plant. Nep. J. Sci. and Technol. 9: 85-90.
20.Rai, M., and Varma, A. 2005. Arbuscular mycorrhiza-like biotechnological potential of *Piriformospora indica*, which promotes the growth of *Adhatoda vasica* Nees. Electron. J. Biotech. ISSN: 0717-3458.
21.Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbpogon martini* var. motia by rhizobcteria, AMF and azospirillum inoculation. Microbial. Res. 156: 145-149.

Archive of SID

www.SID.ir

22.Rodríguez, H., and Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotech Advs. 17: 319-339.
23.Rosado, A.S., and Seldin, L. 1993. Production of a potentially novel anti-microbial substance by Bacillus polymyxa. World. J. Microbiol. and Biotech. 9: 521-528.
24.Sharma, A.K. 2002. Biofertlizer for sustainable agriculture. Agrobios, India, 407p.
25.Shehata, M.M., and EL-Khawas, S.A. 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. Pak. J. Biol. Sci. 6: 14. 1257-1268.
26.Singh, A. 2004. Immuno-characterization of Piriformospora indica and other identical root endophytes. Ph.D. Dissertation. Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India.
27.Sudha, S.N., Jayakumar, R., and Sekar, V. 1999. Introduction and expression of the cry1Ac gene of *Bacillus thuringiensis* in a cereal-associated bacterium, *Bacillus polymyxa*. Current Microbiol. 38: 163-167.
28.Tavasolee, A.R., and Aliasgharzad, N. 2009. Effect of Arbuscular Mycorrhizal fungi on nutrient uptake and Onion yield in a saline soil at field conditions. Water and Soil Sci. 145: 158.
29.Urashima, Y., and Hori, K. 2003. Selection of PGPR which promotes the growth of spinach. Japan. J. Soil Sci. and Plant Nutr. 74: 157-162.
30.Vázquez, M.M., Barera, J.M., and Azco´n, R. 2002. Influence of arbuscular mycorrhizae and a genetically modified strain of Sinorhizobium on growth, nitrate reductase activity and protein content in shoots and roots of *Medicago sativa* as affected by nitrogen concentrations. Soil Biol. Biochem. 34: 899-905.
31.Waller, F., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., Heier, T., Huckelhoven, R., Neumann, C., Von Wettstein, D., Franken, P., and Karl-Heinz, K. 2005. The endophytic fungus Piriformospora indica reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. Agric. Sci. 33: 13386-13391.
32.Willey, R.W., Reddy, M.S., and Abul Hossain, M. 1981. Effect of intercropping groundnut with onion at varying planting arrangement. Ban. J. Agric. Res. 22: 23-30.
33.Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Aplications and perspectives in agriculture. Adv. Agron. 81: 97-168.
34.Zahir, A.Z., Arshad, M., and Khalid, A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pak. J. Soil Sci. 15: 7-11.
35.Zarea, M.J, Karimi, N., Ghalavand, A., and Mohammadi Goltapeh, E. 2011. Effect of cropping systems and arbuscular mycorrhizal fungi on soil microbial activity and root nodule nitrogenase. J. Saudi Soc. Agric. Sci. (In Press)

Archive of SID

www.SID.ir

36.Zarea, M.J. 2010. Conservation tillage and sustainable agriculture in semi-arid dryland farming, P 195-232. IN: Biodiversity, Biofules, Agroforestry and Conservation Agriculture, Eric Lichtfouse (Ed). Springer, 375p.
37.Zarea, M.J., Ghalavand, A., and Mohammadi Goltapeh, E. 2010. Rhizosphere Ecology, Method in Soil Biology, 195p.
38.Zarea, M.J., Ghalavand, A., Mohammadi Goltapeh, E., Rejali, F., and Zamaniyan, M. 2009. Effect of mixed cropping, earthworms (*Pheretimea sp*), and arbascular mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*) on plant yield, mycorrhizal colonization rate, soil microbial biomass, and nitrogenase activity of free-living rhizosphere bacteria. Pedobiol. 52: 223-235.
39.Zarea, M.J., Ghalavand, A., Mohammadi Goltapeh, E., and Rejali, F. 2008. Influence of forage legumes mixed cropping on biomass yield, soil microbial biomass and nitrogenase activity. Green Farming J. 1: 12-15.
40.Zubillaga, M.M., Aristi, J.P., and Lavado, R.S. 2002. Effect of phosphorus and nitrogen fertilization on sunflower (*Helianthus annuus* L.) nitrogen uptake and yield. J. Agron. Crop. Sci. 188: 267-274.

Archive of SID

www.SID.ir

EJCP., Vol. 5 (3): 99-114
http://ejcp.gau.ac.ir

Effect of the various sources of phosphorus on yield and nutrient uptake of sunflower under two cropping system

H. Zarinjoob[1], *M.J. Zarea[2], E. Mohammadi Goltapeh[3], A. Hatami[2] and M. Porsiabidi[4]

[1]M.Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Ilam University, [2]Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Ilam University, [3]Professor, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Tarbiat Modarres University, [4]Central Agriculture Research and Natural Resources, Ilam

Received:2010-12-30 ; Accepted: 2011-08-05

Abstract

Biofertilizer is a substance which contains living microorganisms which can use instead of chemical fertilizer in sustainable crop production. The effects of phosphate solubilizing bacteria; root endophytic fungi (EF) *Piriformospora indica*, and Arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) *Glomus mosseae* on growth and nutrient uptake of sunflower plants grown in mixture with two clover species, Persian clover and berseem clover, were investigated at the experimental farm of Ilam agriculture center. The treatments were consisted of sunflower colonized and non-colonized by *P. indica or Glomus mosseae,* inoculated by phosphate solubizing bacteria (*Bacillus lentus* + *Pseudomonas putida*), non-fertilizer soil, non-sterilized and sterilized soil, and two cropping system which consisted of mixture clover of Persian clover and brseem clover at the ration of 1:1 under sunflower canopy. Result indicated the benefits of colonization of sunflower plants with mycorrhizal and endophytic fungi as well as inoculated with bacteria on increasing growth, nutrient uptake and yield compared with their non-application of sunflower. Sunflower cultivation covered with a mixture of two clovers spices achieve increased yield and shoot nitrogen and phosphorus of sunflower seeds, but no effect on shoot phosphorus, grain yield and biomass yield. According to the results, the use of phosphate solubilizing bacteria, mycorrhiza and endophytic fungi and legumes cultivated under canopy cover could be a mechanism for designing sunflower farming under system with low input.

Keywords: *Glomus mosseae*; *Piriformospora indica*; Phosphate solubizing bacteria; Sunflower; Mixure cropping

* Corresponding author; Email: mjzarea@ymail.com

Archive of SID

www.SID.ir