



انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی  
جلد پنجم، شماره سوم، پاییز ۹۱  
۹۹-۱۱۴  
<http://ejcp.gau.ac.ir>



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گنجا

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

حشمت زرین‌جوب<sup>۱</sup>، \*محمدجواد زارع<sup>۲</sup>، ابراهیم محمدی‌گل‌تپه<sup>۳</sup>،

علی حاتمی<sup>۴</sup> و محمد پورسیابیدی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ایلام، آستادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ایلام، آستاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تربیت مدرس، <sup>۳</sup>مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایلام تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۱۴

### 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 میکوریزا و اندوفیت و نیز تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده 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 کانوبی آفتاب‌گردان می‌تواند راه‌کاری برای طراحی زراعت آفتاب‌گردان در یک روش کشت زراعی کم‌نهاد باشد.

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

\* مسئول مکاتبه: [mjzarea@gmail.com](mailto:mjzarea@gmail.com)

## 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 علاوه بر 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 آنجایی که 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). شبندهای 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 شبندر 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

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 آزادی 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، ۲۰۰۴).

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 (*indica Piriformospora*) و باکتری‌های حل‌کننده فسفر (*Pseudomonas putida + Bacillus lentus*) بر رشد

---

1- phosphate solubilizing bacteria

و جذب عناصر غذایی آفتاب‌گردان در کشت زیر کانویی آن با شبندهای ایرانی و برسیم انجام شد.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات باکتری‌های حل‌کننده فسفر، قارچ‌های میکوریزا و اندوفیت بر عملکرد و جذب عناصر آفتاب‌گردان در کشت آن با شبندهای ایرانی و برسیم آزمایشی در تابستان ۱۳۸۸ در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی شیروان-چرداول واقع در ۴۰ کیلومتری شمال شهر ایلام با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۷ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۶ دقیقه و ارتفاع ۹۷۵ متر از سطح دریای آزاد با میانگین بارندگی سالانه ۵۲۰ میلی‌متر اجرا گردید. قبل از کشت، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری به عمل آمد و مشخص شد خاک محل آزمایش از رده اینسپتی‌سول‌ها (Inceptisols) و دارای بافت لومی‌رسی‌سیلنتی با هدایت الکتریکی ۰/۴۳ دسی‌زیمنس بر متر و  $pH=7/57$  بود (جدول ۱).

آزمایش به صورت 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) به عنوان عامل اول و کشت (I) و کشت نکردن (P) شبندهای برسیم و ایرانی زیر سایه‌انداز گیاهی آفتاب‌گردان به عنوان 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.

عمق (سانتی‌متر)	اسیدیته گل اشباع (pH)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	درصد اشباع	کربن آلی (درصد)	نیترژن کل (درصد)	آهک	بافت
۰-۳۰	۷/۵۷	۰/۴۳	۱۰/۲	۲۰۰	۵۴	۱/۱	۰/۱۱	۳۱	لومی رسی- سیلنتی

قارچ میکوریزا (GM) به صورت خالص از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه و به روش گلدانی در بستر خاک استریل، به صورت 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 ۴ ماه پس از رشد بوته‌های سورگوم، بوته‌ها از سطح خاک برداشت شد. ریشه همراه با قسمتی از خاک ریزوسفر که شامل اسپورها و میسلیوم‌های قارچ می‌باشد، جدا و برای تلقیح بوته‌های آفتاب‌گردان در مزرعه آزمایشی آماده گردید. قارچ اندوفیت (PI) نیز به صورت آماده از دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد. باکتری‌های حل‌کننده فسفر (PSB) به صورت بسته‌های تجارتي آماده تهیه گردید. پس از تنک کردن مزرعه، در مرحله ۸-۶ برگی گیاه آفتاب‌گردان، ریشه گیاه با مایه زیستی قارچ مورد نظر تلقیح گردید. خاک اطراف ریشه را کنار و میسلیوم‌های قارچ میکوریزا (GM) و قارچ اندوفیت (PI) روی ریشه‌ها قرار دادند. باکتری‌های حل‌کننده فسفر نیز به صورت محلول در آب در ناحیه ریشه گیاه قرار گرفت.

قبل از کاشت به منظور تندش اسپور قارچ‌های بومی، مزرعه آبیاری گردید و ۵ روز بعد خاک مزرعه آزمایشی، توسط سموم قارچ‌کش مانکوزب و بنومیل به صورت محلول در آب آبیاری ضد عفونی گردید. این قارچ‌کش‌ها جمعیت اسپورهای میکوریزا در خاک را تا حد زیادی کاهش می‌دهد (زارع، ۲۰۱۰).

آفتاب‌گردان به عنوان کشت دوم (تابستانه) و به صورت جوی و پشته‌ای با فاصله ۶۵ سانتی‌متر (با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع) و مخلوط شبدرها به نسبت ۱:۱ به صورت دست‌پاش روی پشته‌ها کشت گردید. آماده‌سازی ردیف‌های کاشت توسط فاروئر صورت گرفت و هر تیمار در ۴ خط به طول ۶ متر کاشته شد. زمین آزمایش پیش از کاشت، آیش بود. آبیاری مزرعه به صورت 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 به دست آمد.

در تیمار کودی، کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک و به میزان ۸۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره، ۵۰ کیلوگرم فسفر از منبع فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به کار برده شد. کود نیتروژن به صورت پایه و سرک در مرحله ۸-۶ برگی مصرف گردید. وجین علف‌های هرز و تنک کردن بوته‌های آفتاب‌گردان در مرحله ۸-۶ برگی انجام شد. در طول دوره رشد از هیچ علف‌کش و آفت‌کشی استفاده نشد.

در هر تیمار یک ردیف از هر طرف و ۱ متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به اثر حاشیه اختصاص یافت و نمونه‌برداری‌ها به منظور تعیین شاخص‌های کمی و کیفی از دو ردیف وسطی انجام شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک و با حذف اثرات حاشیه، برداشت نهایی از ۱ متر مربع 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 به میزان ۱۴/۷۷ درصد گردید (جدول ۳). نتایج پژوهش اکین (۲۰۱۰)، نشان داد که باکتری *Bacillus M-13* محتوی فسفر دانه آفتاب‌گردان را نسبت به شاهد به میزان ۱۴/۸ 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 علاوه بر اتخاذ روش یاد شده از طریق ترشحات اسیدهای آلی حلالیت فسفر را افزایش و

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 به دلیل افزایش این ترشحات و آزاد شدن بیش‌تر فسفر و یا به علت 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* (گیاندا و گاور، ۱۹۹۱) و گیاه دارویی *Chlorophytum sp.* تلقیح شده با *Piriformospora indica* (گوسال و همکاران، ۲۰۰۹) بیش‌تر بود.

**نیترोजن دانه:** تیمارهای مختلف تأثیری مشابه بر میزان نیترोजن دانه آفتاب‌گردان داشتند و در مقایسه با تیمار خاک استریل ۱۵/۴۳ درصد آن را افزایش دادند (جدول ۳). این موضوع می‌تواند به دلیل تأثیر مثبت میزان دسترسی به فسفر در جذب و انتقال نیترोजن به گیاه باشد (زوبیلاگا و همکاران، ۲۰۰۲). شهااتا 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 افزایش‌دهنده رشد در مقایسه با شاهد موجب افزایش میزان نیترोजن 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 نیترोजن از منابع آلی و انتقال آن به گیاه میزبان به واسطه میکوریز گزارش شده است.

کشت مخلوط شبدرهای برسیم و ایرانی موجب افزایش محتوی نیترोजن دانه آفتاب‌گردان گردید (جدول ۳). احتمالاً ریزوبیوم‌های هم‌زیست شبدر در روش کاشت مخلوط شبدر ایرانی و برسیم زیر سایه‌انداز گیاه آفتاب‌گردان بخشی از نیترोजن 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 نیترोजن اتمسفری و یا تثبیت غیرهم‌زیستی نیترोजن می‌گردد.

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

میانگین مربعات (MS)							
منابع تغییر	درجه آزادی	فسفر دانه	نیتروژن دانه	فسفر اندام‌های هوایی	نیتروژن اندام‌های هوایی	عملکرد زیست‌توده	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۰۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۰ <sup>ns</sup>	۶۶۷۰۹۰۰۰ <sup>ns</sup>	۲۴۴۳۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>
تیمار کودی	۵	۰/۰۴۰*	۰/۱۲ <sup>ns</sup>	۰/۲۰۰**	۰/۲۱۰**	۱۲۱۳۲۱۱/۰۰۰*	۶۱۱۵۷۷**
سیستم کاشت	۱	۰/۱۷۰**	۰/۷۵**	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۳۵۰**	۵۲۴/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۲۲۸۳/۰۰۰ <sup>ns</sup>
تیمار کودی × سیستم کشت	۵	۰/۰۳۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۹۰**	۵۶۰۵۰۷/۰۰۰ <sup>ns</sup>	۹۱۴۱/۰۰۰ <sup>ns</sup>
خطای آزمایشی	-	۰/۰۱۰	۰/۰۶	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰	۳۵۲۳۳۷/۰۰۰	۱۵۴۶۷/۰۰۰
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۲/۹۱۰	۸/۸۸۰	۲۹/۰۹۰	۷/۷۵۰	۳/۸۰۰	۲/۳۶۰

\* معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، \*\* معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد و <sup>ns</sup> غیر معنی دار.

**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) بیش تر می‌باشد (جدول ۲). کوهلر و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که میزان فسفر در بوته‌های کاهوی تلقیح شده با *Bacillus subtilis* و *G. intraradice* بیش تر 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 آفتاب گردان مشخص می‌گردد که میزان کل فسفر برداشت شده در تیمارهای کود شیمیایی و زیستی نسبت به تیمار شاهد بیش تر است (جدول ۳). سودمندی کم تر قارچ اندوفیت پریفورموسپورا ایندیکا بر میزان جذب فسفر گیاه میزبان توسط بارزانی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش و مزایای این قارچ را متوجه ترشحات هورمون‌های افزایش دهنده 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 معنی دار مقدار فسفر غده گردید.



## حشمت زرین جوب و همکاران

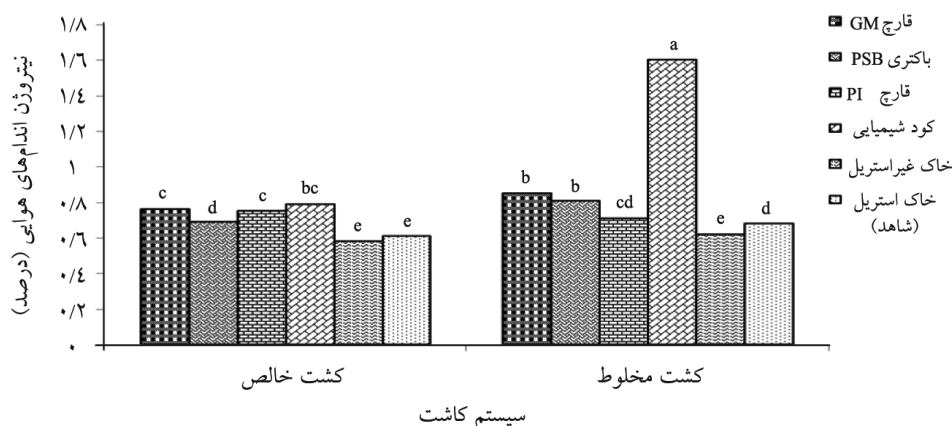
جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کاربرد کودهای زیستی (GM، PI و PSB) و شیمیایی تحت کشت و عدم کشت مخلوط شبدر ایرانی و برسیم بر برخی صفات گیاهی آفتاب گردان.

تیمارهای آزمایش	فسفر دانه (درصد)	نیترژن دانه (درصد)	فسفر اندام‌های هوایی (درصد)	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
قارچ (GM)	۰/۸۹ <sup>bc</sup>	۲/۸۸ <sup>ab</sup>	۰/۶۵ <sup>a</sup>	۱۵۶۲۹/۸۰ <sup>abc</sup>	۵۱۸۱/۳۰ <sup>b</sup>
باکتری (PSB)	۱/۰۶ <sup>a</sup>	۳/۱۱ <sup>a</sup>	۰/۵۹ <sup>a</sup>	۱۶۰۰۹/۵۰ <sup>ab</sup>	۵۶۰۶/۰۰ <sup>a</sup>
قارچ (PI)	۱/۰۱ <sup>ab</sup>	۳/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۴۶ <sup>b</sup>	۱۵۵۸۹/۹۰ <sup>abc</sup>	۵۰۵۷/۹۰ <sup>bc</sup>
کود شیمیایی	۱/۰۰ <sup>abc</sup>	۲/۹۳ <sup>ab</sup>	۰/۷۲ <sup>a</sup>	۱۶۱۶۶/۳۰ <sup>a</sup>	۵۷۰۶/۱۰ <sup>a</sup>
خاک غیراستریل	۰/۸۵ <sup>c</sup>	۲/۷۲ <sup>b</sup>	۰/۷۲ <sup>a</sup>	۱۵۳۱۹/۴۰ <sup>bc</sup>	۴۹۸۰/۳۰ <sup>c</sup>
خاک استریل (شاهد)	۰/۸۸ <sup>bc</sup>	۲/۸۵ <sup>ab</sup>	۰/۷۱ <sup>a</sup>	۱۴۹۳۴/۲۰ <sup>c</sup>	۵۰۰۳/۶۰ <sup>c</sup>
کشت خالص	۰/۸۸ <sup>b</sup>	۲/۷۸ <sup>b</sup>	۰/۶۰ <sup>a</sup>	۱۵۶۰۴/۴۰ <sup>a</sup>	۵۲۶۳/۸۰ <sup>a</sup>
کشت مخلوط	۱/۰۲ <sup>a</sup>	۳/۰۷ <sup>a</sup>	۰/۶۱ <sup>a</sup>	۱۵۶۱۲/۰۰ <sup>a</sup>	۵۲۴۷/۹۰ <sup>a</sup>

\* میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون برای هر عامل براساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی داری با هم ندارند.

**نیترژن اندام‌های هوایی:** بیش‌ترین میزان نیترژن 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 نیترژن به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش میزان محتوای نیترژن دانه در کشت مخلوط می‌تواند به‌دلیل افزایش بیش‌تر تثبیت زیستی نیترژن 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 نیترژن باشد. شهابا و ال-خوایز (۲۰۰۳) گزارش دادند که کاربرد کودهای زیستی محرک رشد گیاه در مقایسه با شاهد موجب افزایش جذب نیترژن در گیاه آفتاب‌گردان گردید. سودمندی میکوریز بر جذب نیترژن به گیاه میزبان توسط محققان مختلف گزارش گردیده است (باری و همکاران، ۱۹۸۷؛ توسلی و علی‌اصغرزاد، ۲۰۰۹). قارچ‌های میکوریزی از طریق ایجاد شبکه گسترده میسلیومی در حجم وسیعی از خاک موجب جذب و انتقال عناصر مختلف به‌خصوص فسفر و نیز نیترژن به گیاه میزبان می‌گردد. کومار و چاندرا (۲۰۰۸) نشان دادند میزان نیترژن 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

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 به دلیل افزایش کارایی نیتروژن باشد. بنابراین ممکن است قارچ‌های میکوریزی با افزایش دسترسی گیاه آفتاب‌گردان به فسفر، جذب نیتروژن به گیاه میزبان را افزایش داده باشد.



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

**عملکرد دانه:** بیش‌ترین عملکرد دانه آفتاب‌گردان از تیمارهای کود شیمیایی و تلقیح با باکتری‌های (PSB) به ترتیب به میزان‌های ۵۷۰۶/۱ و ۵۶۰۶/۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نشان‌دهنده ۱۴ و ۱۶ 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 افزایش‌دهنده رشد گیاه، موجب افزایش

عملکرد دانه به میزان ۳۷/۱۸ درصد در مقایسه با شاهد (بدون تلقیح بذر) گردید. این نتایج همچنین با یافته‌های کلونیر و همکاران (۱۹۸۹) مطابقت داشت. نامبردگان افزایش ۴۳ 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 به میزان 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 شیمیایی به میزان ۸/۲ درصد و کم‌ترین افزایش از تلقیح با قارچ شبه میکوریز PI به میزان ۴/۴ 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 به میزان ۱۹/۴ 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. fasciculatum*) با ریشه گیاه نعنای، 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

پژوهش‌ها نیز نشان‌دهنده اثر مثبت *P. indica* بر رشد اندام‌های هوایی گیاهان مختلف است (سینگ، ۲۰۰۴؛ 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 vulgare* 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. Gaid, 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 Mukerji, 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.

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 Zablutowicz, R.M. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends Biotech. 7: 39-43.
14. Kohler, J., Caravaca, F., Carrasco, L., and Roldán, 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 competition 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 *Cymbopogon martini* var. motia by rhizobacteria, AMF and azospirillum inoculation. Microbial. Res. 156: 145-149.

22. Rodríguez, H., and Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotech Adv.* 17: 319-339.
23. Rosado, A.S., and Seldin, L. 1993. Production of a potentially novel antimicrobial substance by *Bacillus polymyxa*. *World. J. Microbiol. and Biotech.* 9: 521-528.
24. Sharma, A.K. 2002. *Biofertilizer 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 Aliasghar zad, 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: Applications 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)

- 36.Zarea, M.J. 2010. Conservation tillage and sustainable agriculture in semi-arid dryland farming, P 195-232. IN: Biodiversity, Biofuels, 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 (*Pheretima sp*), and arbuscular 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.



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

H. Zarinjoob<sup>1</sup>, \*M.J. Zarea<sup>2</sup>, E. Mohammadi Goltapeh<sup>3</sup>,  
A. Hatami<sup>2</sup> and M. Porsiabidi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Ilam University, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Ilam University, <sup>3</sup>Professor, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Tarbiat Modarres University, <sup>4</sup>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 solubilizing 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 berseem 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 species 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 solubilizing bacteria; Sunflower; Mixture cropping

---

\* Corresponding author; Email: mjzarea@ymail.com