مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۲ ، شماره ۳ ، پائیز ۱۳۸۹)

مجله پژوهش های به زراعی

# بررسی کارایی همزیستی مایکوریزا و سودوموناس در سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

مهریه بابائی خمارکی[1*]، محمد رضا اردکانی[1]، فرهاد رجالی[2]، امیر حسین شیرانی راد[3]، فرید گل زردی[1**]

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت ، کرج، ایران
۲- موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران
۳- موسسه تقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۰۹

## چکیده

**به منظور بررسی تأثیر کاربرد مایکوریزا و سودوموناس در سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجـزای عملکـرد آفتابگردان، آزمایشی در سال ۱۳۸۹ در مرکز تحقیقات علمی و پژوهشی دانشگاه آزاد تاکستان انجام گرفـت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و در ۴ تکرار به اجرا در آمـد. فاکتورهـای آزمایش شامل کاربرد فسفر در سه سطح (۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، مایکوریزا در دو (سـطح کـاربرد و عدم کاربرد) و سودوموناس در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد) بودند. نتایج بدست آمده مشخص نمود کـه بـا افزایش مصرف فسفر و کاربرد مایکوریزا، وزن خشک گیاه و عملکرد دانه بـه ترتیـب ( ۶۵۴/۷۵ گـرم ،۴۳۰۰ کیلو گرم و ۵۵۵/۵۲ گرم ، ۴۲۸۳ کیلو گرم در هکتار) و نیز ارتفاع ساقه و وزن صد دانه بـه طـور معنـی دار افزایش یافت. همچنین کاربرد سودوموناس سبب افزایش وزن خشک گیاه (۵۹۱/۳۶ گـرم) گردیـد ولـی بـر سایرصفات تأثیر معنی‌دار نداشت. همچنین اثرات متقابل فسفر و مایکوریزا بر ارتفـاع سـاقه، عملکـرد دانـه (۴۶۵۶کیلوگرم در هکتار) و وزن خشک (۷۳۱/۵۸ گرم) گیاه معنی‌دار بود. در بین صفات فقـط وزن خـشک گیاه (۹۰۸/۷۷ گرم) تحت تأثیر اثرات متقابل سه گانه قرار گرفت. بنابر این با توجه به نتایج بدست آمـده مـی توان گفت که کاربرد مایکوریزا همراه با مصرف سطح سوم فسفر بر اکثر صفات مـورد بررسـی اثـر افزایـشی داشته و به عنوان تیمار برتر معرفی می شود.**

**واژه های کلیدی: آفتابگردان، سودوموناس، فسفر، مایکوریزا ، عملکرد**

---

* نگارنده مسئول (babaeimehriye.@yahoo.com)
دانشجوي كارشناسي ارشد زراعت
** دانشجوي دکتری اکولوژی کشاورزی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان

Archive of SID
www.SID.ir

## مقدمه

در بسیاری از خاکهای ایران به دلیل بالا بودن pH و فراوان بودن کلسیم به رغم فراوانی برخی از عناصر غذایی مانند فسفر مقدار فرم محلول و قابل جذب این عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد گیاه است. روش متداول برای مقابله با این کمبود استفاده از کودهای شیمیایی است که علاوه بر بهای زیاد و بازده کم خطر آلودگی زیست محیطی را به همراه دارند. بنابر این ضرورت کاربرد راه های بیولوژیک برای رفع چنین مشکلاتی مورد توجه قرار می گیرد. استفاده از میکروارگانیسم های حل کننده فسفات یکی از راه های موثر برای افزایش برخی از عناصر غذایی، خصوصا فسفر در خاک های قلیایی می باشد. میکوریزا از متداول ترین ارتباطات همزیستی در سلسله گیاهی است، به طوری که اکثر گیاهان (یعنی حدودا ۹۰ درصد گونه های گیاهان آوندی) لااقل با یکی از تیپ های میکوریزایی رابطه همزیستی دارند ( صالح راستین، ۱۳۷۷). متأسفانه درحال حاضر دخالت های غیر اصولی انسان، از جمله مصرف زیاد و مکرر سموم کشاورزی به خصوص قارچ کش ها و یا استفاده فراوان از کودهای فسفات دار، این همزیستی مفید را مورد تهدید جدی قرار داده است. قارچ های میکوریزا علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد گیاهان میزبان به دلایل دیگری مانند جذب عناصر غذایی از جمله ازت، فسفر و برخی از عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب، تولید هورمون های گیاهی، کاهش تنش های محیطی، تاثیر بر دانه بندی خاک، کاهش آسیب های ریشه ای به هنگام جابه جایی نشاء، افزایش مقاومت گیاه در مقابل عوامل بیماری زا، تشدید فعالیت تثبیت زیست شناختی ازت، تاثیر مثبت بر پاره ای از ریزوسفرهای مفید خاکزی و همچنین بهبود ویژگی های کمی و کیفی محصولات زراعی مورد توجه و بررسی قرار گرفته اند (Lambert & Weidensaul , 1991; Abbott & Robson,1981). افزایش جذب عناصر غذایی در ریشه گیاهان میکوریزایی بیشتر به علت انتشار میسیلیوم‌های قارچ میکوریزی مرتبط با بافت درونی ریشه و تشکیل سیستم جذب اضافی به صورت مکمل سیستم ریشه گیاه است و بهره گیری از حجم بیشتری از خاک را که ریشه‌های تغذیه کننده به آن دسترسی ندارند ممکن می‌سازد (Harley & Smith, 1983 ; Gavito & Varela, 1995). از طرفی قارچ‌های میکوریزا دارای فسفاتازهای مختلف برای تجزیه فسفات های آلی و پیرو فسفات های معدنی می‌باشند (Panwar, 1993).

کاربرد باکتری های خاکزی در تغذیه خاک و گیاه زراعی در نظام های کشاورزی پایدار در سراسر جهان افزایش یافته است. این باکتری ها فعالانه ریشه های گیاه را اشغال کرده و باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می شوند (*Wu et al.*, 2005). مکانیسم های عمده افزایش رشد ناشی از این باکتری ها کاملا شناخته نشده است، اما بسیاری از پژوهشگران، این پدیده را به دو گروه اثرات مستقیم و غیرمستقیم تقسیم بندی می کنند (Glick, 1995; Vessey ,2003).

در اثرات مستقیم، این باکتری ها رشد گیاه را با تولید ترکیبات مختلف، تسهیل جذب عناصر، تثبیت نیتروژن اتمسفری، حل کردن مواد معدنی مانند فسفات، تولید سیدروفور، تولید هورمون های گیاهی از قبیل اکسین ها و جیبرلین ها که باعث افزایش رشد گیاه در مراحل مختلف رشدی گیاه می شود و یا از طریق ساخت آ نزیم های دخیل در رشد و نمو گیاه، افزایش می دهند (Gray & Smith, 2005; Lucy & Glick , 2004). درتحریک غیر مستقیم، اغلب این باکتری ها از قبیل سودوموناس ها با کاهش یا حذف اثرات زیان بار عوامل بیماری زا از طریق مکانیسم های مختلفی

Archive of SID

www.SID.ir

همچون القای سیستم مقاومت به گیاه در مقابل عوامل بیماری زا، رشد و نمو گیاه را بهبود می بخشند (Van Loon , 2007).

Jilani *et al* (2007) بیان نمودند، رشد و مقدار فسفر کارکسی آلپی در اثر تلقیح با *frutini Psudomonas* افزایش یافت. Asghar *et al* (2002) گزارش کردند که تلقیح بذور خردل هندی(*Brassica juncea* L.) با باکتری های محرک رشد گیاه، رشد این گیاه را به طور معنی داری افزایش داد. کاربرد کودهای بیولوژیک در سیستم های زراعی، امروزه از جایگاه و اهمیت ویژه ای برخوردار گشته و یکی از ارکان اصلی نیل به سوی کشاورزی پایدار است. بنابر این تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر کاربرد مایکوریزا و سودوموناس در سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان به اجرا درآمد.

حداقل ۲ تا ۳ منبه با سال بالای ۲۰۰۵ در رابطه با صفات مورد ازمون به این بخش اضافه نمایید.

## مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی و پژوهش های علمی و کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان با عرض جغرافیایی ۳۶/۳ شمالی و طول جغرافیایی ۴۹/۳۹ شرقی و ارتفاع ۱۳۲۵ متر از سطح دریا در زمینی با بافت لومی- شنی و pH= ۸/۰۲ به اجرا درآمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در ۴ تکرار در شرایط مزرعه طراحی و اجرا گردید. رقم مورد استفاده در این آزمایش رقم آرما ویرسکی با وزن هزار دانه ۸۰-۶۰ گرم و درصد روغن ۴۶-۴۲ درصد بود که یک رقم متوسط رس می‌باشد. فاکتورهای آزمایش شامل مایکوریزا (*Glomus intraradices*) در دو سطح کاربرد ($M_1$) و عدم کاربرد ($M_0$) که به ازاء هر ۳ کیلوگرم بذر آفتابگردان یک بسته ۵۰۰ گرمی قارچ مایکوریزا مورد استفاده قرار گرفت. سودوموناس (*Pseudomonas fluorecen 187*) در دو سطح کاربرد (S1) وعدم کاربرد ($S_0$) بود. مایع تلقیح هر دو میکرو ارگانیسم استفاده شده از بخش بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. مصرف فسفر در سه سطح ( P0: 0, P1: 50, P2: 100 kg p/ha)، از منبع فسفات آمونیوم اعمال گردید. قبل از اجرای آزمایش از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه مرکب تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در آزمایشگاه تعیین شد (جدول ا). زمین محل آزمایش تا ۵ سال قبل از اجرای تحقیق بایر بود. کود پاشی قبل از کاشت و بر اساس نتایج آزمون خاک، به میزان ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم در هکتارسولفات پتاسیم انجام شد. تمام کود فسفاته و پتاس و نیمی از کود نیتروژنه قبل از کاشت و باقیمانده در مرحله ۸-۶ برگی (همزمان با تنک کردن ) به صورت سرک مصرف شد. عملیات کاشت در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۱۴ انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط کاشت به طول ۶ متر و عرض ۳ متر و فواصل بین خطوط ۶۰سانتی متر و فاصله بوته روی خطوط ۱۵ سانتی متر بود. جهت جلوگیری از بروز خطا (اختلاط آب) دو ردیف نکاشت بین هر یک از کرت ها در نظر گرفته شد. فاصله بین بلوک ها (عرض راهرو) سه متر و میزان بذر مصرفی دوازده کیلو گرم در هکتار در نظر گرفته شد و کشت به صورت جوی و پشته انجام گردید. طی فصل رشد عملیات داشت از قبیل آبیاری ، تنک کردن و کنترل علف های هرز انجام شد. پس از رسیدن محصول از دو خط میانی هر کرت با حذف اثرات حاشیه ای صفاتی همچون عملکرد دانه، وزن صد دانه، ارتفاع ساقه و وزن خشک گیاه محاسبه شد. جهت اندازه گیری وزن خشک در هر نمونه برداری، بوته ها به اجزاء

Archive of SID

www.SID.ir

تقسیم و در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار گرفتند. سپس وزن خشک آنها با ترازوی حساس اندازه گیری شد.

داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

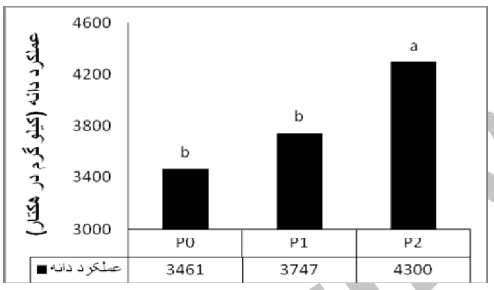
**جدول۱ - نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش**

| بافت خاک | هدایت الکتریکی EC ds/m$^{-1}$ | اسیدیته pH | کربن آلی OC% | فسفر قابل جذب (P.P.m) | پتانسیم قابل جذب (P.P.m) | درصد مواد خنثی شونده(T.N.V) | درصد اشباع (S.P) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| لومی - شنی | ۰/۸۰ | ۸/۰۲ | ۰/۵۹ | ۷/۸ | ۳۰۰ | ۶ | ۳۱ |

## نتایج و بحث

### عملکرد دانه

بررسی اثر سطوح مختلف فسفر بر عملکرد دانه نشان داد که بین سطوح مختلف فسفر از نظر این صفت اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد (جدول۲). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش کاربرد فسفر عملکرد نیز افزایش یافته است. سطح سوم فسفر ($p_2$) با بیشترین عملکرد(۴۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در گروه آماری برتر و سطوح اول و دوم فسفر( $p_0$ و$p_1$ ) با کمترین عملکرد در گروه آماری بعدی قرار گرفتند. در واقع کاربرد فسفر فعالیت فتوسنتزی گیاه را بهبود بخشید و با تولید مواد فتوسنتزی بیشتر میزان مواد ذخیره‌ای و در نتیجه عملکرد بیشتر می‌شود. در همین راستا افزایش عملکرد دانه سویا در اثر افزایش کاربرد فسفر توسط دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) گزارش شده است.



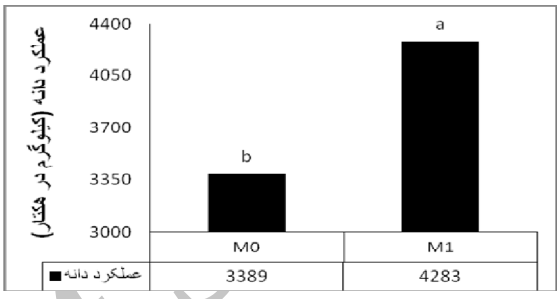

شکل ۱- اثر کاربرد سطوح مختلف فسفر بر عملکرد دانه آفتابگردان

بین کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد مایکوریزا نسبت به عدم کاربرد آن باعث افزایش عملکرد دانه شده است ( جدول۳). زیرا قارچ مایکوریزا سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر می‌گردد و بدین صورت باعث بهبود و افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد و در نتیجه میزان فتوستنز و تولید اسیمیلات افزایش می‌یابد. بر همین اساس افزایش عملکرد دانه گندم در اثر کاربرد مایکوریزا توسط اردکانی (۱۳۷۸) و

Archive of SID

www.SID.ir

شیرانی‌راد (۱۳۷۷) گزارش شده است. نتیجه مشابهی توسط (Al-Karaki , 2006) گزارش شده که با کاربرد قارچ مایکوریزا عملکرد گیاه گوجه فرنگی در شرایط آبیاری با آب شور افزایش یافت. افزایش عملکرد دانه گندم در اثر کاربرد مایکوریزا توسط (Mohammad *et al.*, 1995; 1993 Panwar,) نیز گزارش شده است.

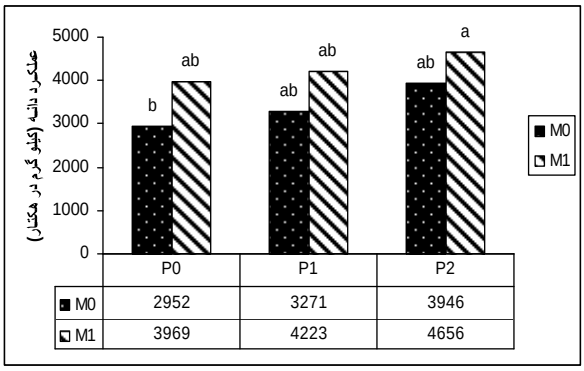



شکل ۲- اثر کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا بر عملکرد دانه آفتابگردان

نتایج نشان داد که کاربرد و عدم کاربرد سودوموناس اثر معنی داری را بر روی عملکرد دانه نداشت (جدول۲).

اثر متقابل فسفر و مایکوریزا بر روی عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود یعنی اثر فسفر بر روی عملکرد دانه مستقل از مایکوریزا نبوده و تحت تأثیر آن واقع شده است (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل فسفر و مایکوریزا نشان داد که در تیمار کاربرد مایکوریزا عملکرد دانه افزایش یافت و بیشترین عملکرد دانه از بالاترین سطح فسفر (۱۰۰ کیلوگرم) بدست آمد(شکل ۱). از آنجایی که عملکرد دانه برآیندی از صفات مختلف گیاهی نظیر تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه و تعداد طبق می‌باشد، بنابراین همزیستی گیاه آفتابگردان با مایکوریزا از طریق افزایش این صفات سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به گیاه آفتابگردان فاقد مایکوریزا گردید. افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد قارچ مایکوریزا توسط اردکانی(۱۳۷۸) ، شیرانی‌راد (۱۳۷۷), Panwar (1993 ), Talukdar &

Germida (1995 در گیاهان مختلف گزارش شده است.

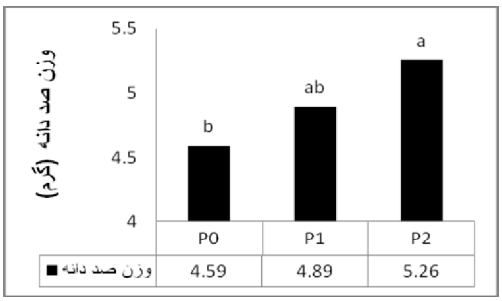



شکل ۳- اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا در سطوح مختلف فسفر بر عملکرد دانه آفتابگردان

اثر متقابل دو گانه فسفر و سودوموناس، سودوموناس و مایکوریزا و اثر متقابل سه گانه فسفر و مایکوریزا و سودوموناس بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲).

## وزن صد دانه

بررسی اثر سطوح مختلف فسفر بر وزن صد دانه نشان داد که بین سطوح مختلف فسفر از نظر این صفت اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ وجود دارد (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش کاربرد فسفر وزن صد دانه نیز افزایش یافت، بطوریکه سطح سوم فسفر با بیشترین وزن صد دانه (۵/۲۶ گرم) در گروه آماری برتر و سطح اول فسفر با کمترین وزن صد دانه (۴/۵۹ گرم) در گروه آماری بعدی قرارگرفت(جدول ۳).

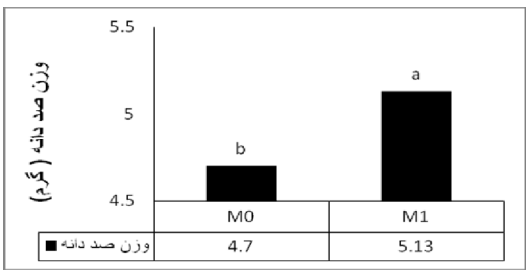



شکل ۴- اثر کاربرد سطوح مختلف فسفر بر وزن صد دانه آفتابگردان

Archive of SID

www.SID.ir

اثر کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا بر وزن صد دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول۲). به طور کلی کاربرد مایکوریزا نسبت به عدم کاربرد آن سبب افزایش وزن صد دانه گردید (جدول ۳). علی رغم استفاده مایکوریزا از اسیمیلات های گیاه، به واسطه نقش این میکرو اورگانیسم ها در جذب آب و عناصر غذایی به ویژه فسفر و انتقال آن به سلول‌های میزبان و همزیستی آن با آفتابگردان، این میکروارگانیسم سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید اسیمیلات شده و در نتیجه در مرحله پر شدن دانه شیره پرورده کافی به دانه ها منتقل شده و دانه‌های درشت با وزن قابل قبول تولید می گردد. اردکانی و همکاران (۱۳۷۸) گزارش کردند که کاربرد آزوسپیریلیوم و مایکوریزا موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه شده است. در همین رابطه افزایش وزن هزار دانه در گیاه گندم همزیست با مایکوریزا توسط شیرانی راد (۱۳۷۷) و ( Allen (1992) , Panwar (1993) , Bryla & Duniway 1998) گزارش شده است.

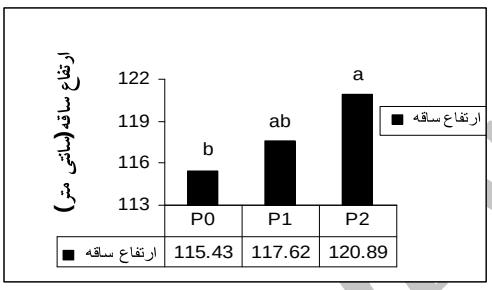



شکل ۵- اثر کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا بر وزن صد دانه آفتابگردان

بین کاربرد و عدم کاربرد سودوموناس از نظر وزن صد دانه اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت(جدول۲). وزن صد دانه از نظر آماری تحت تأثیر اثرات متقابل دو گانه فسفر و مایکوریزا، فسفر و سودوموناس، مایکوریزا و سودوموناس و اثرات متقابل سه گانه آنها قرار نگرفت(جدول ۴).

## ارتفاع ساقه

بررسی اثر سطوح مختلف فسفر بر روی ارتفاع ساقه نشان داد که بین سطوح مختلف فسفر از نظر این صفت اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ ٪ وجود دارد (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش کاربرد فسفر ارتفاع ساقه نیز افزایش یافته است. سطح سوم فسفر از نظر ارتفاع ساقه با بیشترین ارتفاع (۸۹/ ۱۲۰سانتی متر) در گروه آماری برتر و سطح اول فسفر با کمترین ارتفاع (۱۱۵/۴۳ سانتی متر) در گروه آماری بعدی قرارگرفت (جدول۳). افزایش ارتفاع بوته ذرت و سویا در اثر افزایش مصرف فسفر توسط محققین مختلفی از جمله دادی و همکاران (۱۳۸۳) و دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) گزارش شده است.




شکل ۶- اثر سطوح مختلف فسفر بر ارتفاع ساقه آفتابگردان

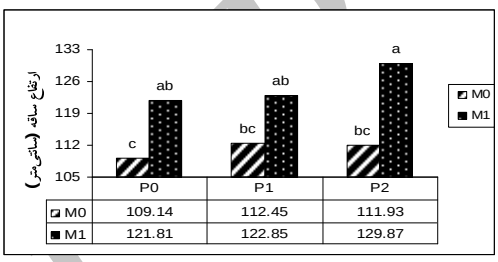
بررسی اثرات اصلی قارچ مایکوریزا و سودوموناس بر ارتفاع ساقه نشان داد که بین کاربرد و عدم کاربرد آنها از لحاظ این صفت تفاوت معنی‌دار آماری وجود ندارد (جدول۲).

اثر متقابل فسفر و مایکوریزا بر ارتفاع ساقه از لحاظ آماری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۲). یعنی اثر فسفر بر ارتفاع گیاه مستقل از اثر مایکوریزا نبوده و تحت تأثیر آن واقع شد. مقایسه میانگین اثر متقابل فسفر و مایکوریزا نشان داد که در تیمار کاربرد مایکوریزا با افزایش مصرف فسفر ارتفاع ساقه نیز افزایش یافته است (شکل ۲). پس

Archive of SID

www.SID.ir

می‌توان گفت قارچ مایکوریزا از یک طرف به واسطه فراهم آوردن فسفر غیر قابل جذب خاک برای گیاه و از طرف دیگر به دلیل جذب آب و عناصر غذایی سبب بهبود رشد گیاه و افزایش ارتفاع ساقه گردیده است. در گزارشی غلامی و همکاران (۱۳۷۸)، شیرانی‌راد(۱۳۷۷) و احتشامی (۱۳۸۶) بیان نمودند که کاربرد مایکوریزا در افزایش ارتفاع گیاه موثر می باشد.

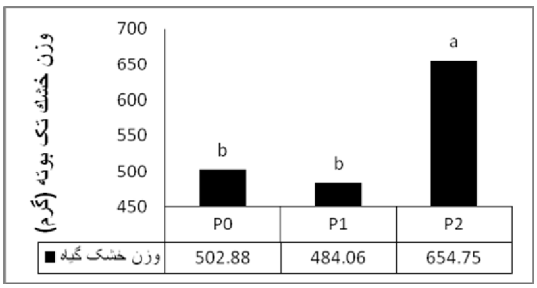



شکل ۷- اثر متقابل کاربرد و عدم کاربردمایکوریزا در سطوح مختلف فسفر بر ارتفاع ساقه آفتابگردان

اثر متقابل فسفر و سودوموناس، مایکوریزا و سودوموناس و اثر متقابل سه گانه آنها برارتفاع ساقه معنی‌دار نبود(جدول۲).

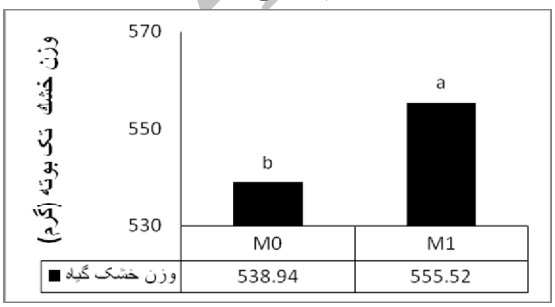
## وزن خشک گیاه

نتایج نشان داد که اثر کاربرد سطوح مختلف فسفر بر وزن خشک گیاه از نظر آماری در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۲). مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مصرف فسفر وزن خشک گیاه نیز افزایش یافت به صورتی که سطح سوم فسفر با وزن خشک گیاه ۶۵۴/۷۵ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری برتر و سطح اول و دوم در گروه آماری بعدی قرار گرفتند(جدول۳). به طور مشابهی افزایش وزن خشک گیاه در اثر مصرف فسفر توسط اردکانی (۱۳۷۸) گزارش شده است.




شکل ۸- اثر کاربرد سطوح مختلف فسفر بر وزن خشک گیاه

تاثیر مایکوریزا بر وزن خشک گیاه در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد مایکوریزا در آفتابگردان باعث افزایش وزن خشک گیاه شده است (جدول۳). قارچ مایکوریزا باعث انتشار میسیلیوم‌های میکوریزی مرتبط با بافت های درونی ریشه در خاک اطراف شده و موجب تشکیل یک سیستم جذب اضافی به صورت مکمل سیستم ریشه‌ای گیاه می‌شود و موجب بهره‌گیری بیشتر از مواد غذایی داخل خاک و افزایش وزن ماده خشک گیاه می‌شود. در تحقیقی Giri *et al* (2007) , Al-Karaki *et al* (2006), Feng *et al* (2002) بیان نمودند که قارچ های مایکوریزا آربوسکولار به دلیل داشتن شبکه‌ای از هیف ها می‌توانند جذب عناصر غذایی به خصوص فسفر را توسط گیاه افزایش داده و با بهبود تغذیه گیاه وزن خشک اندام هوایی را افزایش دهند.



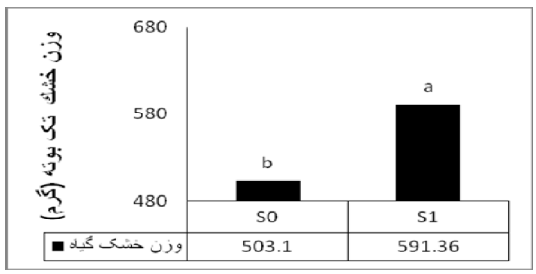

شکل ۹- اثر کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا بر وزن خشک گیاه

اثر سودوموناس بر وزن خشک گیاه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول۲). مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد سودوموناس نسبت به

Archive of SID

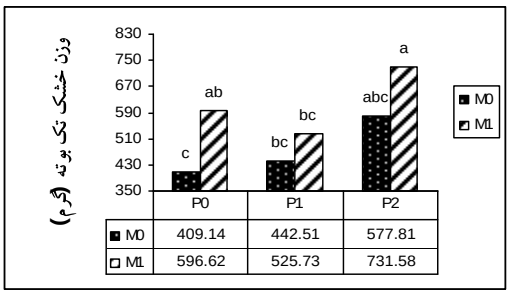
www.SID.ir

عدم کاربرد آن باعث افزایش وزن خشک گیاه شده است(جدول ۳). باکتری های جنس سودوموناس به دلیل توزیع فشرده در خاک، توانایی کلونیزاسیون ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای بر خوردارند. این باکتر ها دارای طیف گسترده‌ای از صفات محرک رشد گیاهی مانند تولید اکسین، سیدرو فور، اسید سالسیلیک و سیانید هیدروژن می‌باشد که به طور مستقیم یا غیر مستقیم سبب افزایش رشد گیاه می‌شود. (Lucy *et al*.,2004 ) در تحقیقی گزارش کردند که مزایای تلقیح گیاه با باکتری های محرک رشد موجب افزایش شاخص‌های متعددی مانند سرعت جوانه زنی، رشد ریشه، میزان تولید در واحد سطح، وزن ریشه، اندام هوایی و فعالیت میکروبی می شود. همچنین افزایش وزن خشک گیاه نخود در اثر کاربرد باکتری های حل کننده فسفات توسط (Gull, 2004 ) گزارش شده است.




شکل ۱۰- اثر کاربرد و عدم کاربرد سودوموناس بر وزن خشک گیاه

اثر متقابل فسفر و مایکوریزا بر وزن خشک گیاه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول۲). مقایسه میانگین نشان داد که در تیمارهای کاربرد مایکوریزا با افزایش مصرف فسفر میزان وزن خشک گیاه افزایش یافته است بطوریکه بیشترین وزن خشک گیاه در تیمار کاربرد مایکوریزا با ۷۳۱/۵۸ گرم در سطح سوم فسفر (۱۰۰ کیلو گرم در هکتار) و کمترین وزن خشک گیاه با ۴۰۹/۱۴ گرم در تیمار عدم کاربرد مایکوریزا در سطح اول فسفر(صفر کیلو گرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۱۱). شیرمردی (۱۳۸۷) گزارش نمود که تلقیح همزمان آفتابگردان با قارچ گلوموس آنترادیسس و سودوموناس فلورسنس سویه چهار وزن خشک گیاه را نسبت به تلقیح مجزای هر کدام از این دو میکرواورگانسیم به طور معنی‌داری افزایش داد.




شکل ۱۱- اثر متقابل کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا در سطوح مختلف فسفر بر وزن خشک گیاه

اثر متقابل فسفر و سودوموناس و مایکوریزا و سودوموناس بروزن خشک گیاه معنی دار نبود ( جدول۲). اثر متقابل فسفر و مایکوریزا و سودوموناس بر وزن خشک گیاه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول۲). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین وزن خشک گیاه با ۹۰۸/۷۷ گرم مربوط به کاربرد سودوموناس و مایکوریزا در سطح سوم فسفر (۱۰۰ کیلو گرم در هکتار) و کمترین آن مربوط به کاربرد مایکوریزا و سودوموناس و سطح اول فسفر ($p_0$ ) می‌باشد (جدول ۴). در مورد وزن خشک گیاه آفتابگردان تلقیح مشترک گلوموس اینترادیسس و سودوموناس فلورسنس باعث افزایش وزن خشک گیاه گردید(شیرمردی، ۱۳۸۷). این موضوع نشان می‌دهد که باکتری سودوموناس فلورسنس توانسته اثر مثبتی بر قارچ گلوموس اینترادیسس داشته باشد. همچنین افزایش وزن خشک گیاه آفتابگردان در اثر تلقیح با سودوموناس

Archive of SID

www.SID.ir

فلورسنس و مایکوریزا تحت شرایط تنش شوری توسط شیرمردی (۱۳۸۷) نیز گزارش شده است.

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق نشان داد که قارچ های مایکوریزا بر همه صفات مورد بررسی اثر مثبت و معنی داری داشتند. این افزایش را می توان به نقش مهم مایکوریزا در توسعه سیستم ریشه ها به خاطر دریافت بیشتر آب و مواد غذایی از جمله فسفر از طریق ریسه های قارچی نسبت داد. همچنین کاربرد فسفر نسبت به عدم کاربرد آن در آفتابگردان رقم آروماویرسکی سبب افزایش بسیاری از صفات مورد بررسی شد و با توجه به اثر مثبت ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار فسفر، این تیمار به عنوان بهترین سطح فسفر در نظر گرفته شد. در ارتباط با تأثیر باکتری سودوموناس در این رقم می توان گفت که این باکتری بر بسیاری از صفات مورد بررسی تأثیر معنی داری نداشته است و این بدان معنی نیست که کاربرد باکتری بی تأثیر است، بلکه دلیل آن نبود فاکتورهای لازم و کافی است که توانایی همکاری با این باکتری را داشته باشد تا در آن صورت بتواند نقش خود را مفید تر نشان دهد.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات آقای دکتر سراجوقی و خانم ها مهندس اعظم سکری و ناریا شاهسوند و همچنین ازکلیه عزیزانی که در اجرا و پیشبرد این تحقیق ما را یاری نمودند تشکر مینماییم.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مایکوریزا ، سود و موناس و فسفر بر صفات مورد آزمون**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع ساقه (سانتیمتر) | وزن صد دانه (گرم) | وزن خشک گیاه (گرم) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) |
|---|---|---|---|---|---|
| تکرار (R) | ۳ | ۲۴۹/۰۵ | ۵/۳۱ | ۳۷۵/۷۸ | ۶۵۲۱۶۰۵/۳ |
| فسفر (P) | ۲ | ۴۷۱/۰۸ * | ۲۳/۷۵ * | ۲۲۱۶/۲۳ ** | ۶۶۷۸۷۰۹۰/۹ ** |
| مایکوریزا (M) | ۱ | ۱۹/۷۴ ns | ۱۲/۷۵ * | ۱۲۲۶/۰۰ * | ۳۵۴۰۱۸۶۵/۸ * |
| سودوموناس (S) | ۱ | ۵/۵۲ ns | ۰/۰۳ ns | ۱۱۴۴/۸۹ * | ۹۶۲۲۳/۳ ns |
| P×M | ۲ | ۶۸۶/۶۱ ** | ۰/۶۱ ns | ۱۰۴/۸۶ * | ۶۲۴۶۸۸۳۸/۰ ** |
| P×S | ۲ | ۳۸/۰۶ ns | ۰/۶۴ ns | ۲۳۸/۷۹ ns | ۳۶۶۳۰۴/۵ ns |
| M×S | ۱ | ۴/۱۴ ns | ۲/۱۴ ns | ۳۱/۶۷ ns | ۱۸۶۰۲۷/۹ ns |
| P×M×S | ۲ | ۹۰/۶۹ ns | ۲/۳۶ ns | ۱۴۴/۸۴ * | ۸۹۹۸۶۰/۴ ns |
| خطا(E) | ۳۳ | ۸۱/۷۵ | ۱/۱۵ | ۱۰۲/۷۴ | ۶۵۰۵۱۱/۹ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۹/۹۶ | ۱۱/۹۱ | ۱۰/۰۲ | ۱۴/۵۷ |

ns غیر معنی دار، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۳ - مقایسه میانگین اثر ساده سطوح مایکوریزا، سودوموناس و فسفربر صفات مورد آزمون**

| تیمار | ارتفاع ساقه (سانتیمتر) | وزن صد دانه (گرم) | وزن خشک گیاه (گرم) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) |
|---|---|---|---|---|
| فسفر | | | | |
| ۰ کیلوگرم در هکتار(P0) | ۱۱۵/۴۳b | ۴/۵۹ b | ۵۰۲/۸۸b | ۳۴۶۱ b |
| ۵۰ کیلوگرم در هکتار(P1) | ۱۱۷/۶۲ab | ۴/۸۹ ab | ۴۸۴/۰۶b | ۳۷۴۷ b |
| ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار(P0) | ۱۲۰/۸۹a | ۵/۲۶ a | ۶۵۴/۷۵a | ۴۳۰۰ a |
| مایکوریزا | | | | |
| عدم کاربرد(M0) | ۱۱۷/۱۴a | ۴/۷۰ b | ۵۳۸/۹۴b | ۳۳۸۹ b |
| کاربرد(M1) | ۱۱۸/۸۲a | ۵/۱۳ a | ۵۵۵/۵۲a | ۴۲۸۳ a |
| سودوموناس | | | | |
| عدم کاربرد(M0) | ۱۱۷/۵۵a | ۴/۸۹ a | ۵۰۳/۱۰b | ۳۸۱۳a |
| کاربرد(M1) | ۱۱۸/۴۲a | ۴/۹۳ a | ۵۹۱/۳۶a | ۳۸۵۹a |

**میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون طبق آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند**

Archive of SID

www.SID.ir

**جدول ۴ مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مایکوریزا، سودوموناس و فسفر بر صفات مورد آزمون**

| تیمار | ارتفاع ساقه (cm) | وزن خشک گیاه (g) | عملکرد دانه (kg. ha-1) |
|---|---|---|---|
| $P_0M_0$ | ۱۰۹/۱۴c | ۴۰۹/۱۴ c | ۲۹۵۲ b |
| $P_0M_1$ | ۱۲۱/۸۱ ab | ۵۹۶/۶۲ ab | ۳۹۶۹ ab |
| $P_1M_0$ | ۱۱۲/۴۵ bc | ۴۴۲/۵۱ bc | ۳۲۷۱ ab |
| $P_1M_1$ | ۱۲۲/۸۵ ab | ۵۲۵/۷۳ bc | ۴۲۲۳ ab |
| $P_2M_0$ | ۱۱۱/۹۳ bc | ۵۷۷/۸۱ abc | ۳۹۴۶ ab |
| $P_2M_1$ | ۱۲۹/۸۷ a | ۷۳۱/۵۸ a | ۴۶۵۶ a |
| $P_0S_0$ | ۱۱۲/۹۷ a | ۴۹۲/۱۳ a | ۳۴۵۵ a |
| $P_0S_1$ | ۱۱۷/۷۸ a | ۵۱۳/۷۴ a | ۳۴۶۶a |
| $P_1S_0$ | ۱۱۷/۱۳ a | ۴۵۵/۶۲ a | ۳۴۶۲ a |
| $P_1S_1$ | ۱۱۸/۱۷ a | ۵۱۲/۶۲ a | ۴۰۳۲ a |
| $P_2S_0$ | ۱۱۹/۲۸ a | ۵۶۱/۶۸ a | ۴۰۹۱ a |
| $P_2S_1$ | ۱۲۲/۵۰ a | ۷۴۷/۷۱ a | ۴۵۱۰ a |
| $M_0S_0$ | ۱۱۷/۰۹a | ۵۰۲/۲۱a | ۳۳۳۴a |
| $M_0S_1$ | ۱۱۷/۲۱a | ۵۷۴a | ۳۴۴۵a |
| $M_1S_0$ | ۱۱۷/۹۹a | ۵۰۴a | ۴۲۹۲a |
| $M_1S_1$ | ۱۱۹/۶۴a | ۶۰۸/۷۲a | ۴۲۷۳a |
| $P_0M_0S_0$ | ۱۰۸/۴۵a | ۴۷۴/۹۹ bcd | ۲۸۴۸ a |
| $P_0M_0S_1$ | ۱۰۹/۸۲a | ۷۱۸/۲۶ ab | ۳۰۵۷ a |
| $P_0M_1S_0$ | ۱۱۷/۶۵a | ۵۰۹/۱۵ bcd | ۴۰۸۵ a |
| $P_0M_1S_1$ | ۱۲۵/۸۴a | ۳۰۹/۱۲ d | ۳۸۵۳ a |
| $P_1M_0S_0$ | ۱۱۴/۵۰a | ۴۶۷/۹۴ bcd | ۳۳۷۶ a |
| $P_1M_0S_1$ | ۱۱۰/۴۰a | ۴۱۷/۰۹ cd | ۳۱۶۵ a |
| $P_1M_1S_0$ | ۱۱۹/۶۵a | ۴۴۳/۳۰ cd | ۳۵۴۷ a |
| $P_1M_1S_1$ | ۱۲۵/۹۳a | ۶۰۸/۲۷ bc | ۴۸۹۸ a |
| $P_2M_0S_0$ | ۱۲۸/۳۲a | ۵۶۸/۹۶ bcd | ۳۷۷۷ a |
| $P_2M_0S_1$ | ۱۳۱/۴۰a | ۵۸۶/۷۷ bc | ۴۱۱۴ a |
| $P_2M_1S_0$ | ۱۱۶/۶۸a | ۵۵۴/۴۰ bcd | ۵۲۴۳ a |
| $P_2M_1S_1$ | ۱۰۷/۱۵a | ۹۰۸/۷۷ a | ۴۰۶۹ a |

**میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون طبق آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ ندارند.**

Archive of SID

www.SID.ir

## منابع


**احتشامی، س.م. و م.آقا علیخانی**. ۱۳۸۶. نقش قارچ میکوریزا (*Glomus intraradice* ) بر جذب فسفر در انواع خاک فسفات توسط گندم. دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران.

**اردکانی، م.ر.** ۱۳۷۸. بررسی کارایی کودهای بیولوژیک در زراعت پایدار گندم. پایان نامه دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

**دادی،ا.ا.، غ. ع. اکبری و ع. ا. قاسمی پیر بلوچی.**۱۳۸۳. بررسی اثر مقادیر مختلف کمپوست بازیافت شهری، نیتروژن و فسفر بر رشد، عملکرد و جذب فسفر در ذرت علوفه ای: اصول تغذیه ذرت.بهینه سازی مصرف کود گامی به سوی خود کفایی در تولید ذرت در کشور (مجموعه مقالات) ص۳۰۷ - ۳۰۸.

**دانشیان،ج.، ق.نورمحمدی و پ.جنوبی.** ۱۳۸۱. بررسی واکنش سویا به تنش خشکی و مقادیر مختلف فسفر. هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ص ۵۶۶.

**شیرانی راد، الف.ح.** ۱۳۷۷. بررسی اکوفیزیولوژیک همزیستی قارچهای VAM با گندم و سویا . رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

**شیر مردی، م.**۱۳۸۷. بررسی تاثیر باکتری سودوموناس فلورسنت و قارچ وزیکولار آربوسکولار بر رشد و تغذیه آفتابگردان درشرایط تنش شوری.

**صالح راستین،ن.** ۱۳۷۷ . کودهای بیولوژیک. مجله خاک و آب. جلد۱۲. شماره ۳. ص۱- ۳۶ .

**غلامی،ا.، ع.کوچکی ، د. مظاهری و ا.قلاوند.** ۱۳۷۸. ارزیابی اثر گونه های مختلف قارچ میکوریزا از نوع وزیکولار آربوسکولار (VAM) بر خصوصیات رشد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. جلد۱. شماره۳. ص ۴۷ - ۵۴.

**Abbott,L.K. and A.D.Robson.**1981**.** Infectivity and effectiveness of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza fungi: Effect of inoculant type. Aust.J. Agric. Res. 32: 631-639.

**Al-Karaki,G.N.**2006**.**Nurseryinoculation of tomato with arbuscular Mycorrhiza fungi and subsequent per formance under irrigation with saling water. Sci. tia. Hortyculturae:109-1-7.

**Allen, M. M.** 1992. Mycorrhizal functioning and integrative Plant fungal process . chapman and hall press . Routledge, New York. 534 PP.

**Asghar,H.N., Z.A.Zahir, and A. Khaliq.** 2002. Relationship between in vitro production of auxins by rhizobacteria and their growth promoting activities in *Brassica juncea* L.Journal of Biology and Fertility of Soils 35: 231 -237.

**Bryla,D.R., J.M.Duniway.** 1998. The influence of the mycorrhiza Glomus etunicatum on drought acclimation in sunflower and wheat physiologia plantarum. 104(1) : 87- 96.

**Feng,G., F. S. Zhng, X. L. Li, C. Y. Tina, and C. Tang.** 2002. Iproved tolerance of miza plant to salt stress by mycorrhiza arbuscular is related to highes accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza. 12: 185 - 190.

**Gavito,M.E. and L.Varela.** 1995. Response of "criollo" maize to single and mixed species inocula of arbuscular mycorrhiza fungi. plant and soil.176: 101 - 105.


Archive of SID

www.SID.ir

**Lambert, D.H. and T.C. Weidensaul.** 1991**.** Element uptake by mycorrhizal soybean from sewage sludge treated soil. Journal of Soil Scince of America. 55: 393 – 398.

**Mohammad, M.J., W.L.PAN, and A.C.Kennedy.**1995. Wheat responses to Vesicular arbuscular Mycorrhiza fungi inoculation of soils from eroded to posequence.Journal of American soil Science Society.59: 1086- 1090.

**Panwar, J. D.S.** 1993**.** Response of VAM and Azospirillam inoculation to water status and grain yield in wheat under water stress Condition. Indian Journal of Plant Physiology.36:71-73.

**Van Loon,L.C.**2007.Plant response to plant growth promoting rhizobacteria . European Journal of plant pathology 119: 243 - 254.

**Vessey,J.K.** 2003**.** Plant growth promoting rhizobacteria as Biofertilizers. Plant and Soil. 255: 571- 586.

**Wu,S.G., Z.H.Chabo , Z.G.Lib, and M.H.Cheunga.** 2005**.** Effect of biofertilizer contining N-fixer,P and K soulbilizers and AM fungi on maiz growth:a greenhouse trial. Geoderma 125: 155 - 166.

**Giri,B., R. Kapoor, and K.G.Mukerji.** 2007**.** Improved tolerance of Acacia niotica to salt stress by arbuscular mycorrhiza , Glomus fasciculatum may be partly related to elevated K/Na ratios inrot and shoot tissues. Microbiol Ecoloy. 54: 753 - 760.

**Glick,B.R.** 1995**.** the enhancement of plant growth by-free-living bacteria. Canadian journal of Microbiology. 41: 109 - 117.

**Gray, E.J. and D.L. Smith.** 2005**.** Interacellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant- bacterium signalinj processes. Soil Biology and Biochemistriy journal 37: 395 - 412.

**Gull,M., F.Y. Hafaz , M.saleem, and K.A. Malik.** 2004**.** Phosphorus uptack and growth promotion of chickpea by co-inoculation of mineral Phosphate solubilizing bacteria and a mixed rhizobhal culture. Aust.J. Exp.Agric.44: 623 - 628.

**Harley, J. L. and S. E. Smith.** 1983**.** Mycorrhizal symbiosis. Academic Press.

**Jilani, G., A.Akram , R. M. Ali , F.Y. Hafeez , I. H. shamsi , A. N. Chaudhry, and A. G. Chaudry .** 2007**.** Enhancing crop growth, nutriens availability, economics and beneficial rhizsphere microflora throughorganic and biofertiltzers. Ann. Microbial.57: 177 - 183.

**Lucy,M. and B.R. Glick.** 2004. Application of Free living plant growth promoting rhizobacteria. Journal of Antonie van Leeuwenhoek 86: 1 -25.

Archive of SID

www.SID.ir