Archive of SID

مجله دانش آب و خاک/ جلد 21 شماره 1/ سال 1390

اثر قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *Pseudomonas fluorescence* بر ویژگی‌های بلال، میزان کلروفیل و عملکرد گیاه ذرت در شرایط تنش رطوبتی

مهدی قورچیانی[1*]، غلامعباس اکبری[2]، حسینعلی علیخانی[3]، ایرج اله دادی[2]، مهدی زارعی[4]

تاریخ دریافت: 89/7/26 تاریخ پذیرش: 89/10/15

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

2- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

3- دانشیار، گروه مهندسی علوم خاک و آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

4- استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* مسئول مکاتبه Email: mghorchiani@ymail.com

چکیده

به منظور بررسی اثرات قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *سودوموناس فلوروسنس* بر ویژگی‌های بلال، میزان کلروفیل و عملکرد گیاه ذرت در شرایط تنش رطوبتی، آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها عبارت از آبیاری در دو سطح: آبیاری پس از 60 و120 میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A؛ ترکیب قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *Pseudomonas fluorescence* در چهار سطح: کاربرد توام قارچ میکوریز آربسکولار- باکتری حل کننده فسفات، کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار و عدم کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار- باکتری حل کننده فسفات و تیمار کود شیمیایی فسفره در سه سطح: عدم مصرف کود شیمیایی فسفره، مصرف 50% کود سوپر فسفات تریپل مورد نیاز براساس نتایج آزمون خاک و مصرف سنگ فسفات (براساس کمیت فسفر مصرفی از منبع سوپر فسفات تریپل) بودند. صفات مورد بررسی شامل عملکرد دانه، وزن خشک کل گیاه، تعداد کل دانه در بلال، وزن خشک بلال، وزن خشک چوب بلال، وزن خشک پوشش بلال، طول بلال، طول کچلی بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه، درصد دانه، درصد چوب، میزان کلروفیل برگ بلال و درصد کلنیزاسیون ریشه بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح آبیاری، سطوح قارچ میکوریز آربسکولار- باکتری *Pseudomonas fluorescence* و همچنین سطوح کود شیمیایی فسفره در همه صفات به جز صفات عمق دانه، درصد دانه و درصد چوب بلال معنی دار بود. در سطوح قارچ میکوریز آربسکولار- باکتری *Pseudomonas fluorescence* بیشترین مقدار صفات بجز درصد دانه و درصد چوب بلال مربوط به کاربرد توام قارچ میکوریز آربسکولار- باکتری *Pseudomonas fluorescence* بود. بعلاوه تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش ملایم خشکی یک رابطه هم افزایی بین قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *Pseudomonas fluorescence* در اکثر صفات مورد بررسی مشاهده شد. همچنین نتایج بر همکنش کود شیمیایی فسفره و ریزموجودات حل کننده فسفات نیز نشان داد که کارایی کود سوپر فسفات تریپل همراه با ریزموجودات حل کننده فسفات در صفات اندازه‌گیری شده نسبت به سنگ فسفات بیشتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: باکتری *Pseudomonas fluorescence*، تنش رطوبتی، درصد کلنیزاسیون ریشه، قارچ میکوریز آربسکولار، میزان کلروفیل

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and *Pseudomonas fluorescence* Bacterium on the Ear Traits, Chlorophyll Content and Yield *of Zea Maize* under Moisture Stress Conditions

M Ghorchiani[1]*, G Akbari[2], HA Alikhani[3], I Allahdadi [2] and M Zarei [4]

Received: 13 October 2010 Accepted: 5 January 2011
[1]MSc Student, Dept. of Agron. and Plant Breeding, Campus of Abureyhan, University of Tehran, Iran
[2]Assoc. Prof., Dept. of Agron. and Plant Breeding, Campus of Abureyhan, University of Tehran, Iran
[3]Assoc. Prof., Dept. of Soil and Water Sci. Engin., Campus of Agric. and Natural Resour., Karaj, University of Tehran, Iran
[4]Assist. Prof., Dept. of Soil Sci., Campus of Agric., University of Shiraz, Iran
*Corresponding author: mghorchiani@ymail.com

Abstract

In order to evaluate the effect of arbuscular mycorrhizal fungus and *Pseudomonas flourescence* on ear traits, chlorophyll content and yield of maize under moisture stress condition, an experiment was conducted as split-split plot arrangement based on randomized complete block design with three replications. Treatments consisted of two levels of irrigation: irrigation after 60 and 120 mm evaporation from class A evaporation pan; combination of arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas flourescence* at four levels and phosphate chemical fertilizer at three levels. In this study some characteristics such as grain yield, total dry weight of plant, total number of grain per ear, ear dry weight, cob dry weight, husk dry weight, ear length, seed abortion, ear diameter, cob diameter, grain depth, grain percent, cob percent, leaf chlorophyll content of ear and root colonization percent were assessed. Analysis of variance of data showed that the effects of irrigation levels, levels of arbuscular mycorrhizal fungus-*Pseudomonas flourescence* and phosphate fertilizer levels in all traits except grain depth, grain percent and cob percent were significant. At the levels of arbuscular mycorrhizal fungus-*Pseudomonas flourescence* bacterium, maximum amount of all traits except grain percent age and cob percent age were related to co-application of arbuscular mycorrhizal fungus and phosphate solubilizing bacterium. In addition, under normal irrigation and mild drought stress conditions a synergistic relationship between arbuscular mycorrhizal fungus and *Pseudomonas flourescence* on most of investigated traits were observed. Also, the results of interaction between phosphate fertilizer and phosphate solubilizing microorganisms showed that efficiency of super phosphate triple fertilizer with phosphate solubilizing microorganisms on investigated traits was more than that of rock phosphate.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi, Chlorophyll content, Moisture stress, *Pseudomonas flourescence* bacterium, Root colonization percent

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بیش از 82 درصد زمین‌های کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است، که متوسط بارندگی آن در حدود 250 میلیمتر است که کمتر از یک سوم متوسط بارندگی جهان می‌باشد (860 میلیمتر)، بعلاوه همین مقدار بارندگی از یک توزیع مناسب مکانی و زمانی نیز برخوردار نیست (امیری و اسلامیان2010). همچنین در بسیاری از خاک‌های ایران به دلیل بالا بودن pH و فراوانی یون کلسیم، به رغم فراوانی برخی از عناصر غذایی مانند فسفر، مقدار محلول و قابل جذب این عناصر، کمتر از مقدار لازم برای تامین رشد مناسب گیاه است. روش متداول برای مقابله با این کمبود استفاده از کودهای شیمیایی فسفره است که علاوه بر هزینه‌ی زیاد و بازدهی کم، آلودگی های زیست محیطی را نیز به دنبال دارند (راثی پور و علی‌اصغر زاد 1386).

کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا بصورت فرآورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌روند (درزی و همکاران 1387). بسیاری از قارچ‌ها و باکتری‌ها توانایی حل کردن فسفات‌های نامحلول را دارند (اختر و سیدیکویی 2009)، هر چند تعداد باکتری‌ها از قارچ‌های حل کننده فسفات بیشتر است، ولی در برخی موارد قارچ‌ها توانایی بیشتری برای انجام این عمل دارند (اردکانی 1378).

رابطه همزیستی بین قارچ میکوریز آربسکولار و ریشه‌های گیاه میزبان به میزان قابل توجهی رشد و جذب عناصر غذایی گیاه را افزایش می‌دهد (آگه 2001). این واکنش‌های مثبت ایجاد شده توسط همزیستی میکوریز آربسکولار را به افزایش جذب یون های کم تحرک خاک از قبیل فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، روی، مس و منگنز توسط قارچ میکوریز آربسکولار و انتقال آنها به گیاه میزبان نسبت می‌دهند (لیو و همکاران 2000)؛ همچنین این همزیستی سبب افزایش جذب و انتقال عناصر متحرک نظیر نیتروژن معدنی به ویژه در شرایط تنش خشکی نیز می‌شود (آزکون و همکاران 1996 و لیو و همکاران 2007). از آنجایی که تحرک عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی پایین می‌باشد، میکوریز آربسکولار می‌تواند تاثیر زیادی روی رشد و نمو تمام اندام‌های گیاه در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری نرمال داشته باشد (بومسما و وین 2008).

در میان باکتری‌های حل کننده فسفات، چندین گونه از باکتری‌های جنس *سودوموناس* به عنوان کارآمدترین باکتری‌های حل کننده فسفات شناخته شده‌اند که استفاده از آنها به صورت کودهای زیستی باعث بهبود وضعیت تغذیه‌ای خاک، ترشح مواد تنظیم کننده رشد گیاهی و کنترل بیماری‌های خاک زاد می‌شود (هنری و همکاران 2008 و ویاز و گولاتی 2009). همچنین باکتری های حل کننده فسفات می‌توانند فسفات‌های نامحلول، مانند سنگ فسفات را به شکل محلول و قابل دسترس برای رشد گیاه تبدیل کنند (هان و لی 2005). حمیدی و همکاران (1386) مشاهده کردند که افزوده شدن باکتری گونه *Pseudomonas fluorescence* به دیگر باکتری‌ها باعث افزایش اثر مثبت مایه‌زنی باکتریایی بذر بر عملکرد دانه و اجزای آن در دورگ‌های ذرت مورد مطالعه شده است از این رو آنها نتیجه گرفتند که موثرترین باکتری مورد بررسی باکتری گونه *Pseudomonas fluorescence* است.

آتیا (1999) ضمن اجرای آزمایش‌های مزرعه‌ای در دو منطقه مشاهده کرد که مایه‌زنی خاک با گونه‌ای از قارچ میکوریز از جنس *گلوموس* و باکتری گونه *Pseudomonas fluorescence* و تیمار مصرف کود سوپر فسفات تریپل و سنگ فسفات، سبب افزایش عملکرد دانه، میزان پروتئین و عناصر معدنی دانه ذرت و کارایی مصرف کود معدنی می‌شود. احتشامی و همکاران (1387) در بررسی که بر روی اثر مایه‌زنی بذر با باکتری حل کننده فسفات و قارچ میکوریز بر تحمل ذرت به تنش کم آبی انجام دادند دریافتند که در تمام

www.SID.ir

Archive of SID

ویژگی‌های اندازه گیری شده، تیمارهای تلقیح بذر با قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری حل کننده فسفات های نامحلول، در کلیه سطوح آبیاری بالاتر از تیمارهای کود شیمیایی و تیمار شاهد قرار گرفتند؛ یافته های آنها نشان داد که ریزموجودات حل کننده فسفات‌های نامحلول به دلیل تاثیر هم افزایی بر افزایش رشد و جذب عناصر غذایی بویژه فسفر در ذرت، افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه و نیز افزایش سطح تماس و جذب ریشه از خاک می‌توانند منجر به افزایش تحمل گیاه در شرایط تنش کم آبی گردند.

هدف از اجرای این تحقیق، بررسی تاثیر قارچ میکوریز آربسکولار، باکتری *Pseudomonas fluorescence* و نیز کودهای شیمیایی فسفره با حلالیت بالا (کود سوپرفسفات تریپل) و حلالیت پایین (کود سنگ فسفات) مبتنی بر یک نظام زراعی کم نهاده روی زیتوده کل گیاه، ویژگی‌های بلال، عملکرد دانه، میزان کلروفیل برگ بلال و درصد کلنیزاسیون ریشه ذرت تحت شرایط تنش رطوبتی به منظور تعیین کارایی ریزموجودات حل کننده فسفات‌های نامحلول روی صفات فوق بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی 1388 در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در دولت آباد کرج و در زمینی به مساحت2850 متر مربع به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی، در سه تکرار به اجرا درآمد. خاک مورد استفاده دارای بافت لوم رسی، pH= 8/3، قابلیت هدایت الکتریکی 1/62 دسی زیمنس بر متر و ماده آلی0/73درصد بوده است (جدول1).

جدول 1- نتایج آزمون خاک محل آزمایش

pH	قابلیت هدایت الکتریکی dS/m	ماده آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر (السن) mg kg^{-1}	پتاسیم قابل استفاده mg kg^{-1}	کلاس بافت
8/3	1/62	0/73	0/071	13/5	124	لوم رسی

فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش شامل آبیاری در دو سطح، (I_1) آبیاری نرمال پس از60 و (I_2) آبیاری همراه با تنش ملایم پس از120 میلی متر تبخیر عمقی از تشتک تبخیر کلاس A؛ سطوح باکتری *Pseudomonas fluorescence* و قارچ میکوریز آربسکولار در چهار سطح شامل: کاربرد توام باکتری *Pseudomonas fluorescence* - قارچ میکوریز آربسکولار (M_1B_1)، عدم کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescence* و کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار (M_1B_0)، کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescence* و عدم کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار (M_0B_1) و نیز عدم کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescence* -قارچ میکوریز آربسکولار (M_0B_0) و تیمار کود شیمیایی فسفره در سه سطح شامل: عدم مصرف کود شیمیایی فسفره (شاهد) (P_0)، مصرف 50% کود سوپر فسفات تریپل مورد نیاز براساس نتایج آزمون خاک، (جدول 1) به میزان 37/5 کیلوگرم در هکتار (P_1) و مصرف سنگ فسفات به میزان 44/5 کیلوگرم در هکتار براساس کمیت فسفر مصرفی از منبع سوپر فسفات تریپل (P_2) بود (جدول 2).

عملیات تهیه زمین مطابق عرف منطقه با اجرای یک شخم و دو دیسک عمود بر هم قبل از کاشت اجرا شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 2- توصیف تیمارها در بررسی اثرات قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *سودوموناس فلوروسنس* بر ویژگی‌های بلال، میزان کلروفیل و عملکرد ذرت در شرایط تنش رطوبتی

آبیاری (I) :	I
آبیاری نرمال	I_1
تنش ملایم	I_2
ریزموجودات حل کننده فسفات‌های نامحلول (MB) :	
کاربرد توام قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *Pseudomonas fluorescence*	M_1B_1
کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار	M_1B_0
کاربرد باکتری *Pseudomonas fluorescence*	M_0B_1
عدم کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *Pseudomonas fluorescence* (شاهد)	M_0B_0
کود شیمیایی فسفره (P) :	
عدم مصرف کود شیمیایی فسفره (شاهد)	P_0
مصرف 50% کود سوپر فسفات تریپل مورد نیاز براساس نتایج آزمون خاک، جدول 1 (به میزان 37/5 کیلوگرم در هکتار)	P_1
مصرف سنگ فسفات (به میزان 44/5 کیلوگرم در هکتار) براساس کمیت فسفر مصرفی از منبع سوپر فسفات تریپل	P_2

هر واحد آزمایشی شامل 5 خط کاشت با فاصله 75 سانتی متری و به طول 5 متر بود. به منظور عدم تداخل تیمارهای شاهد و میکروبی نیز یک خط نکاشت بین تیمارهای کرت فرعی قرار داده شد.

عملیات کاشت در خرداد ماه و با استفاده از بذور ذرت رقم تری وی کراس 524، با نام تجاری ماکسیما انجام گرفت. بدین صورت که بذور به صورت کپه‌ای و با قرار دادن 2 الی 3 بذر سالم در روی پشته های 75 سانتی‌متری و به فاصله 20 سانتی متر در روی ردیف کشت، کاشته و در مرحلـــه 4-3 برگی تنک شدند. همزمان با کاشت بذور، بلافاصله کودهای نیتروژنی و پتاسیمی بر مبنای آزمون خاک و مطابق با توصیه کودی برای ذرت بصورت نواری به خاک داده شد. علاوه بر این نیتروژن در دو نوبت دیگر نیز بصورت سرک در اختیار گیاه قرار گرفت.

باکتری حل کننده فسفات از جدایه *Pseudomonas fluorescence* بود که از بانک ژن گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج تهیه شد، بذور پس از قرار گرفتن در سوسپانسیون باکتری با جمعیت 1×10^8 باکتری زنده و فعال در هر میلی‌لیتر ($CFU\ ml^{-1}$) پس از 48 ساعت در مزرعه کشت شدند.

قارچ میکوریزی مورد استفاده در این تحقیق از طریق کشت تله گلدانی با گیاه سورگوم و با اسپورهای قارچ *گلوموس موسه* در آزمایشگاه بیولوژی خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج تهیه شد. زاد مایه میکوریزی به صورت مخلوطی از اسپور، هیف، ریشه-های کلنیزه شده گیاه سورگوم و ماسه بادی با مقدار کلنیزاسیون 70 درصد و میانگین اسپور 12 عدد در هر گرم بستره بود، قبل از کاشت حدود پنج تا شش گرم از زاد مایه میکوریزی به ازای هر بذر در حفره کاشت بذور در عمق سه تا چهار سانتی متری قرار داده شد.

برای اندازه گیری عملکرد و ویژگی‌های بلال پس از فرا رسیدن مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه، با رعایت حاشیه از هر کرت فرعی فرعی، 10 بوته انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری گردید. وزن خشک صفات مورد بررسی نیز پس از قرار گرفتن در آون در دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت، اندازه‌گیری شد.

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین از عدد SPAD که توسط دستگاه[1] اندازه گیری شد، به عنوان شاخصی برای میزان کلروفیل برگ بلال در مرحله پر شدن دانه استفاده گردید. نحوه اندازه-گیری به این صورت بود که 10 بوته از هر کرت فرعی فرعی به صورت تصادفی انتخاب و میزان کلروفیل در برگ بلال (مجیدیان و همکاران 1387) و در سه نقطه از برگ (نوک، وسط و قاعده برگ) تعیین و میانگین آن برای هر کرت ثبت شد.

برای محاسبه درصد کلنیزاسیون ریشه از ریشه های نازک گیاه به اندازه تقریبی یک گرم نمونه برداری و به آزمایشگاه منتقل شد و پس از رنگ آمیزی با محلول لاکتوگلیسرول-جوهر آبی با روش تقاطع خطوط شبکه (کورمانیک و مک گراو 1982) درصد کلنیزاسیون ریشه محاسبه شد.

داده‌ها با نرم افزار SAS تجزیه شدند و مقایسه میانگین‌ها نیز با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال 5 درصد توسط نرم افزار MSTATC محاسبه گردیدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده نشان داد که بین سطوح مختلف آبیاری در کلیه صفات مورد بررسی به جز صفات عمق دانه، درصد دانه و درصد چوب بلال اختلاف آماری معنی دار وجود دارد (جدول3). نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد نشان داد که بیشترین مقدار صفات اندازه گیری شده در شرایط آبیاری نرمال بدست می‌آید (جدول4).

تیمار تنش ملایم نسبت به شرایط آبیاری نرمال عملکرد دانه، وزن خشک کل گیاه، تعداد کل دانه در بلال، وزن خشک کل بلال، طول بلال، میزان کلروفیل برگ بلال و درصد کلنیزاسیون ریشه را بترتیب به میزان 18/82، 19/24، 23/75، 19/40، 17/55، 19/48 و 18/46 درصد کاهش داد (جدول4). تنش خشکی روی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ذرت در دو سطح سلولی و کل گیاه اثر می‌گذارد واکنش‌های سطح سلولی در پاسخ به تنش خشکی موجب: 1-تجمع آبسزیک اسید 2-کاهش رشد و تقسیم سلولی 3-تنظیم اسمزی 4-تجمع پرولین 5-فتواکسیداسیون کلروفیل 6-کاهش فعالیت آنزیم ها و به همین ترتیب واکنش‌ها در سطح گیاه در پاسخ به تنش خشکی باعث: 1-کاهش گسترش سطح برگ، ساقه، ریشه و سرانجام کاهش تولید دانه 2-بسته شدن روزنه ها 3-کاهش فتوسنتز 4-کاهش جذب مواد فتوسنتزی در اندام های در حال رشد 5-تسریع پیری برگ 6-تاخیر رشد ابریشم (کاکل بلال) و افزایش سقط دانه 7-افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی 8-انتقال مجدد و تخلیه پی در پی ذخایر ساقه (مواد فتوسنتزی) (بومسما و وین 2008) و در نهایت منجر به کاهش زیتوده اندام هوایی و عملکرد دانه گیاه می‌گردد.

ویژگی‌های بلال رابطه مستقیمی با عملکرد دانه ذرت دارد، دلیل کاهش اجزای بلال در تیمار تنش رطوبتی، عدم وقوع حداکثر پتانسیل رشدی بلال‌ها به علت تأخیر در مرحله رشد بلال و کاهش مواد پرورده فراهم جهت رشد بلال می باشد، نتایج تحقیقات انجام شده بر روی ذرت نشان داده که افزایش فواصل آبیاری به لحاظ اثر منفی بر تلقیح و پر شدن دانه‌ها موجب افزایش طول کچلی بلال می‌گردد که بروز ناهنجاری‌هایی چون افزایش فاصله زمانی گرده افشانی و ظهور ابریشم‌ها، عدم پذیرش دانه‌های گرده توسط ابریشم‌ها به لحاظ محتوای رطوبت کم آنها و عدم تکامل ابریشم‌ها دلایل اصلی عدم لقاح و پر نشدن دانه‌ها و افزایش طول کچلی انتهایی بلال در شرایط تنش خشکی می‌باشند (مسجدی و همکاران 1387).

[1] -SPAD-502, Minolta, Japan

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در بررسی اثرات قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *سودوموناس فلوروسنس* بر ویژگی‌های بلال، میزان کلروفیل و عملکرد ذرت در شرایط تنش رطوبتی

منابع تغییرات*	df	میانگین مربعات						
		وزن خشک کل گیاه	عملکرد دانه	تعداد کل دانه در بلال	وزن خشک کل بلال	وزن خشک چوب بلال	وزن خشک پوشش بلال	طول بلال
بلوک	2	212/5ns	0/5ns	15112/2*	214/4ns	5/8ns	0/2ns	5/8ns
I	1	36508/3**	48/7**	223974/5**	17063/1**	409/2**	104/7**	201/7*
MB	3	10297/6**	14/5**	70177/9**	5279/8**	57/6**	50/0**	47/2**
MB ×I	3	361/6ns	1/9*	3312/1ns	287/8ns	8/1*	12/4*	4/9 ns
P	2	11875/5**	22/3**	52730/7**	6751/6**	48/0**	10/9*	25/5**
I ×P	2	875/6**	1/8*	9944/7**	734/3**	11/4*	1/4ns	0/5ns
MB ×P	6	139/0ns	0/4ns	2012/4ns	89/5ns	9/1*	3/0ns	1/6ns
MB×I ×P	6	278/8ns	0/7ns	1/0ns	234/6ns	6/7*	2/8ns	0/9ns
خطا	32	152/4	0/5	1621	134/1	2/8	3/3	1/3
ضریب تغییرات%	-	5/8	9/4	9/7	8/1	9/4	18/8	6/6

ادامه جدول 3.

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات							
		طول کچلی	قطر بلال	قطرچوب بلال	عمق دانه	درصد دانه	درصد چوب	میزان کلروفیل برگ بلال	کلنیزاسیون ریشه
بلوک	2	0/05ns	0/2ns	0/2 ns	0/001ns	10/0ns	5/7ns	174/7*	16/7ns
I	1	12/9**	3/5*	2/0*	0/05ns	16/7ns	6/8ns	1296/6**	1060*
MB	3	1/2**	0/7**	0/7**	0/001ns	2/2ns	1/8ns	421/6**	3343/4**
MB ×I	3	0/2*	0/05*	0/1*	0/005ns	36/7**	11/9**	23/8ns	62/7*
P	2	1/9**	1/1**	0/8**	0/01ns	16/1ns	5/9 ns	72/4**	274/3**
I ×P	2	0/4*	0/2*	0/1ns	0/005ns	1/0ns	0/8ns	8/2ns	6/7ns
MB ×P	6	0/6**	0/1*	0/1**	0/01ns	8/3ns	5/8ns	14/9*	19/2ns
MB×I ×P	6	0/5**	0/1ns	0/05ns	0/03ns	5/6ns	4/7ns	19/3**	7/6ns
خطا	32	0/1	0/05	0/03	0/01	5/3	2/8	4/9	11/8
ضریب تغییرات%	-	21/3	6/2	7/3	21/3	2/8	13/5	5/7	9/1

* توصیف تیمارها در جدول 2، **، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 1% و 5% و غیرمعنی‌دار.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج این آزمایش در رابطه با کاهش عملکرد گیاه ذرت در اثر تنش خشکی با نتایج بدست آمده توسط زیونگ و همکاران (2002) و مجیدیان و همکاران (1387) نیز مطابقت داشت.

تنش رطوبتی در این بررسی باعث کاهش میزان کلروفیل برگ بلال در مرحله پر شدن دانه شد. کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی توسط خزاعی و همکاران (1384) در گیاه ارزن و توسط غلام حسینی و همکاران (1387) در گیاه آفتابگردان نیز گزارش شده است. میسرا و اسریکاستاواتا (2000) نشان دادند که تنش کم آبی باعث تخریب کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می شود. صالحی و همکاران (1382) اظهار داشتند که آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز از عوامل موثر در کاهش کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی هستند. ارل و دیویس (2003) نیز بیان داشتند که میزان کلروفیل در طول دوره تنش خشکی کاهش و پس از آبیاری مجدد افزایش می‌یابد.

اثر قارچ میکوریز آربسکولار-باکتری *سودموناس فلورسنس* تنها روی صفات عمق دانه، درصد دانه و درصد چوب معنی دار نبود، در حالی که بر روی بقیه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول3). بیشترین مقادیر صفات نیز از تیمار کاربرد توام قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *سودموناس فلورسنس* بدست آمد (جدول4). این نتایج حاکی از یک رابطه هم افزایی مثبت بین قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری حل کننده فسفات‌های نامحلول بود که کاربرد توام آنها باعث افزایش صفات مورد بررسی شد. همچنین در کاربرد مجزای این دو ریزموجود مشاهده شد که قارچ میکوریز آربسکولار نسبت به باکتری *سودموناس فلورسنس* از توانایی بیشتری در افزایش عملکرد و خصوصیات اندازه گیری شده برخوردار بوده است و اختلاف این دو تیمار در صفات مهم یعنی عملکرد دانه، وزن خشک کل گیاه، وزن خشک بلال، طول کچلی بلال و درصد کلنیزاسیون ریشه معنی دار بود (جدول 4).

فسفر از عوامل مهم در دانه بندی و شکل‌گیری دانه در ذرت است بنابراین به نظر می‌رسد باکتری *Pseudomonas fluorescence* با انحلال فسفات‌های نامحلول خاک، امکان دریافت فسفر را برای گیاه بیشتر کرده و باعث افزایش تعداد کل دانه در بلال می‌شود (حمیدی 1385). قارچ میکوریز آربسکولار نیز به دلیل افزایش سطح ریشه ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و در نتیجه دسترسی گیاه به حجم بیشتری از خاک سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده (اسمیت و همکاران 2003)، که این امر موجب فتوسنتز بیشتر، بهبود رشد گیاه و در نتیجه باعث افزایش زیتوده گیاه و عملکرد دانه ذرت می گردد. زارعی و همکاران (2006) در آزمایشی که بر روی واکنش گیاه عدس به مایه زنی با سویه‌های باکتری *سودموناس فلورسنس* و قارچ میکوریزی گیاه و در نتیجه باعث افزایش زیتوده گیاه و عملکرد دانه ذرت می گردد. زارعی و همکاران (2006) در آزمایشی که بر روی واکنش گیاه عدس به مایه زنی با سویه‌های باکتری *سودموناس فلورسنس* و قارچ میکوریزی آربسکولار انجام دادند، مشاهده کردند که یک رابطه همکاری مثبت بین قارچ‌های میکوریزی و بعضی از سویه های باکتری برقرار است که عملکرد گیاه عدس را افزایش می‌دهد. ثمربخش (1385) اظهار داشت که طول بلال، وزن بلال، وزن چوب بلال و قطر بلال گیاهان کلنیزه شده با قارچ میکوریز آربسکولار نسبت به گیاهان کلنیزه نشده با قارچ میکوریز آربسکولار بیشتر است. بهزاد (1387) گزارش کرد که استفاده از باکتری‌های تحریک کننده رشد گیاه بر روی صفات عملکرد دانه، تعداد کل دانه در بلال، عملکرد بلال، عملکرد بلال تک بوته، میزان کلروفیل برگ پرچم تاثیر

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 4- مقایسه میانگین اثرات اصلی صفات اندازه گیری شده در بررسی اثرات اصلی قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *سودوموناس فلوروسنس* بر ویژگی‌های بلال، میزان کلروفیل و عملکرد ذرت در شرایط تنش رطوبتی

تیمار*	وزن خشک کل گیاه (g/plant)	عملکرد دانه (t/ha)	تعداد کل دانه در بلال	وزن خشک کل بلال (g/plant)	وزن خشک چوب بلال (g/plant)	وزن خشک پوشش بلال (g/plant)	طول بلال (cm)	طول کچلی (cm)
I								
I_1	234/4a	8/5a	469/4a	158/7a	20/1a	10/8a	18/8a	0/9a
I_2	189/3b	6/9b	357/9b	127/9b	15/3b	8/4b	15/5b	1/8b
MB								
M_0B_0	182/6d	6/7d	334/3c	122/4d	15/5d	7/7c	15/4c	1/7c
M_0B_1	204/2c	7/3c	405/7b	137/8c	17/2c	9/1b	16/6bc	1/4b
M_1B_0	222/3b	8/0b	429/9b	150/8b	18/5b	9/9b	17/4b	1/2a
M_1B_1	238/2a	8/8a	484/9a	162/2a	19/75a	11/7a	19/3a	1/1a
P								
P_0	191/1c	6/8c	372/4c	127/7c	16/5c	9/1b	16/3b	1/6a
P_1	235/3a	8/7a	464/6a	161/0a	19/5a	10/4a	18/3a	1/0b
P_2	209/2b	7/6b	404/0b	141/2b	17/5b	9/5ab	16/9b	1/4a

ادامه جدول 4.

تیمار	قطر بلال (cm)	قطر چوب بلال (cm)	عمق دانه (cm)	درصد دانه	درصد چوب	میزان کلروفیل برگ بلال	کلنیزاسیون ریشه (%)
I							
I_1	3/9a	2/8a	0/54a	81/2a	12/8a	43/1a	41/7a
I_2	3/4b	2/5b	0/50a	80/3a	12/2a	34/7b	34/0b
MB							
M_0B_0	3/4d	2/4d	0/52a	80/7a	12/9a	32/5c	19/4d
M_0B_1	3/6c	2/5c	0/51a	80/9a	12/5a	39/0b	36/3c
M_1B_0	3/7b	2/7b	0/52a	81/2a	12/2a	40/0b	45/7b
M_1B_1	3/9a	2/9a	0/53a	80/4a	12/3a	44/2a	50/1a
P							
P_0	3/5b	2/5b	0/50a	79/8b	13/0a	37/4b	41/5a
P_1	3/9a	2/8a	0/53a	81/6a	12/0a	40/8a	34/9c
P_2	3/6b	2/6b	0/52a	80/8ab	12/5a	38/5b	37/2b

* توصیف تیمارها در جدول 2.

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌داری داشته است، همچنین وی اظهار داشت که افزوده شدن باکتری *Pseudomonas fluorescence* به دیگر باکتری‌ها موجب افزایش اثرات مثبت آنها در صفات مورد بررسی ذرت شده است.

چنگ و لر (2008) پیشنهاد دادند که احتمالا اتیلن و ACC می‌توانند در ایجاد پوکی در ذرت نقش داشته باشند، از آنجا که دانه‌ها در مراحل اولیه رشد به اتیلن حساس می‌باشند و ACC پیش ماده تولید اتیلن در مسیر سنتز اتیلن می‌باشد، از این رو می‌توان چنین استنباط کرد که باکتری های تحریک کننده رشد گیاه از طریق تولید آنزیم ACC-دآمیناز، موجب تجزیه ACC و در نتیجه کاهش غلظت اتیلن در گیاه شده و اثرات منفی ناشی از افزایش اتیلن در گیاه را کاهش داده و باعث کاهش درصد کچلی بلال می‌شوند.

در این بررسی بیشترین درصد کلنیزاسیون ریشه از کاربرد توام قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *سودموناس فلورسنس* حاصل شد، و پس از آن به ترتیب در کاربرد جداگانه قارچ میکوریز آربسکولار و کاربرد جداگانه باکتری *سودموناس فلورسنس* نسبت به تیمار شاهد درصد کلنیزاسیون ریشه بیشتر بود (جدول4). احتشامی و همکاران (1388) مشاهده کردند که استفاده از زادمایه میکوریزی سبب افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه می‌شود اما استفاده از زاد مایه باکتری حل کننده فسفات باعث کاهش معنی دار درصد کلنیزاسیون ریشه نسبت به تیمار شاهد شده است، همچنین آنها مشاهده کردند که برهمکنش قارچ و باکتری باعث افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه شده است. به نظر می‌رسد دلیل افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه در تیمار کاربرد توام قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *سودموناس فلورسنس*، اثر هم افزایی این دو ریزموجود حل کننده فسفات روی یکدیگر می‌باشد.

برخی از محققان اظهار داشتند که می‌توان میزان کلروفیل را به عنوان شاخصی برای اندازه گیری میزان دوام سبزینه برگ (تاخیر پیری برگ) مورد استفاده قرار داد (بتران و همکاران 2003، کامپوس و همکاران 2004 و آروس و همکاران 2008). ایوانز و همکاران (2003) برای بررسی شدت پیری برگ، میزان کلروفیل برگ را اندازه گیری نمودند و به این نتیجه رسیدند که هرچه مقدار کلروفیل بیشتری از برگ در طول زمان کاهش یابد نشان دهنده پیری بیشتر برگ است. و این که عملکرد دانه ذرت با پیری زودرس برگ در مرحله پر شدن دانه رابطه مستقیم دارد (بانزیگر و همکاران 2000 و داسیلوا و همکاران 2005). از این رو می‌توان بیان داشت که بهبود میزان کلروفیل برگ بلال در این بررسی در تیمار مایه زنی با ریز موجودات حل کننده فسفات نسبت به تیمار عدم مایه زنی با ریزموجودات حل کننده فسفات با تاخیر در پیری برگ بلال و افزایش فتوسنتز، مواد فتوسنتزی لازم برای پر شدن دانه و افزایش عملکرد دانه ذرت را فراهم کرده است. تانگ و همکاران (2009) در بررسی خود روی گیاه ذرت مشاهده کردند که مایه‌زنی ذرت با قارچ میکوریز آربسکولار سنتز کلروفیل در گیاه را بهبود بخشید و فتوسنتز گیاه را نیز افزایش داد، که با نتایج بدست آمده از این بررسی در رابطه با افزایش کلروفیل برگ بلال نیز مطابقت داشت.

اثر متقابل قارچ میکوریز آربسکولار-باکتری *سودموناس فلورسنس* و آبیاری روی صفات درصد دانه و درصد چوب در سطح احتمال یک درصد و در صفات عملکرد دانه، وزن خشک چوب بلال، وزن خشک پوشش بلال، طول کچلی بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال و درصد کلنیزاسیون ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول3). بیشترین مقادیر صفات مورد بررسی در شرایط آبیاری نرمال و تنش ملایم خشکی در اکثر صفات از جمله عملکرد دانه و درصد کلنیزاسیون ریشه با استفاده از کاربرد توام قارچ و باکتری بدست آمد؛ البته بیشترین میزان درصد دانه و کمترین میزان درصد چوب نیز مربوط به تیمار تنش ملایم و کاربرد قارچ میکوریز بود (جدول5). در کاربرد مجزای این دو ریزموجود حل کننده فسفات‌های نامحلول نیز، قارچ میکوریز آربسکولار نسبت به باکتری *سودموناس فلورسنس* در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش ملایم تاثیر بیشتری در افزایش اکثر صفات مورد بررسی داشت. همچنین تیمار تنش خشکی و استفاده از ریزموجودات حل کننده فسفات توانست وزن خشک کل گیاه، عملکرد دانه، تعداد کل دانه در بلال، وزن خشک

www.SID.ir

Archive of SID

بلال، طول بلال، میزان کلروفیل و درصد کلنیزاسیون ریشه را نسبت به تیمار آبیاری نرمال و عدم استفاده از ریزموجودات حل کننده فسفات به ترتیب به میزان 2/43، 1/29، 10/12، 2/73، 8/43، 11/71 و 124/27 درصد افزایش دهد، البته این افزایش تنها برای صفت درصد کلنیزاسیون ریشه معنی دار بود (جدول 5).

پیکون (2003) و لیو و همکاران (2007) اظهار داشتند که اثرات مثبت قارچ میکوریز آربسکولار روی رشد و نمو گیاه میزبان در شرایط کمبود رطوبت قابل توجه می‌باشد. در بررسی‌هایی که توسط سوبرامانیان و همکاران (1995) و آمریان و همکاران (2001) صورت گرفت مشاهده شد که کلنیزاسیون میکوریز آربسکولار روی روابط آب گیاه، فتوسنتز و رشد گیاه ذرت در مرحله پس از گلدهی در شرایط تنش رطوبتی تاثیر می گذارد، و با تاخیر در پیری برگ و همچنین افزایش دسترسی به مواد غذایی و انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن در طی دوره تشکیل بلال و نمو دانه (راجکان و تولنار 1999) باعث افزایش عملکرد دانه می شود. ابدالی (1382) اظهار داشت که کاربرد قارچ میکوریزی نسبت به عدم کاربرد آن در شرایط تنش رطوبتی سبب افزایش، طول بلال، تعداد کل دانه در بلال و عملکرد دانه ذرت می شود. سانچز-دیاز و هانروبیا (1994) و سوبرامانیان و همکاران (1997) دریافتند که تنش خشکی اسیمیلاسیون قند را به میزان 35-32 درصد در ساقه های گیاهان میکوریزی نشده و تا 66-50 درصد در ساقه‌های گیاهان میکوریزی شده در ارقام حساس و مقاوم به تنش خشکی افزایش می دهد. افزایش تولید قند نه تنها باعث افزایش بالقوه سطح برگ می شود بلکه باعث کاهش فتواکسیداسیون کلروفیل نیز می‌گردد.

اثر کود شیمیایی فسفره تنها روی صفات عمق دانه، درصد دانه و درصد چوب معنی دار نبود (جدول3). کود سوپر فسفات تریپل نسبت به سنگ فسفات و تیمار شاهد، باعث افزایش معنی دار کلیه صفات بجز وزن خشک پوشش بلال، عمق دانه، درصد دانه و درصد چوب و کاهش معنی‌دار طول کچلی بلال شد (جدول4). همچنین نتایج جدول 4 نشان داد که تیمار کودی سنگ فسفات نسبت به تیمار کودی سوپر فسفات تریپل صفات وزن خشک کل گیاه، عملکرد دانه، تعداد کل دانه در بلال، وزن خشک کل بلال و میزان کلروفیل، را بترتیب به میزان 11/09، 12/64، 13/04، 12/29، 5/63 و درصد کاهش داد.

از آنجایی که فسفر عامل مهمی در گرده افشانی ذرت می‌باشد با کمبود آن گرده افشانی گیاه به تعویق افتاده و به طور ناقص انجام می‌شود و در نتیجه باعث پوکی و عدم تشکیل دانه در بلال می‌گردد (خدابنده 1377). همچنین از آنجایی که فسفر نقش مهمی در فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان مانند فتوسنتز، تبدیل قند به نشاسته و انتقال خصوصیات ژنتیکی ایفا می‌کند (مهرورز و چایچی 2008)، افزایش جذب فسفر و انتقال آن به سلول‌های گیاه، سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی گشته و در نتیجه در مرحله پر شدن دانه شیره پرورده کافی به بلال انتقال یافته و باعث کاهش طول کچلی بلال و افزایش تعداد دانه در بلال می گردد.

اثر متقابل کود شیمیایی فسفره و آبیاری تنها در صفات عملکرد دانه، تعداد کل دانه در بلال، وزن خشک چوب، قطر بلال، طول کچلی بلال، وزن خشک کل گیاه و وزن خشک بلال معنی دار بود (جدول3). مقایسه میانگین کود شیمیایی فسفره در سطوح مختلف آبیاری در رابطه با این صفات نشان داد که بیشترین مقدار این صفات مربوط به تیمار آبیاری نرمال و استفاده از کود سوپر فسفات تریپل می‌باشد (جدول5). همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش ملایم بیشترین مقدار اکثر صفات اندازه‌گیری شده از جمله عملکرد، وزن خشک کل گیاه، و وزن خشک بلال، میزان کلروفیل برگ بلال با استفاده از کاربرد کود سوپر فسفات تریپل بدست می‌آید و اختلاف آن با تیمار سنگ فسفات در صفات مذکور نیز معنی‌دار بود.

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات اندازه گیری شده در بررسی اثرات قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *سودوموناس فلورسنس* بر ویژگی‌های بلال، میزان کلروفیل و عملکرد ذرت در شرایط تنش رطوبتی

تیمار*	وزن خشک کل گیاه (g/plant)	عملکرد دانه (t/ha)	تعداد کل دانه در بلال	وزن خشک کل بلال (g/plant)	وزن خشک چوب بلال (g/plant)	وزن خشک پوشش بلال (g/plant)	طول بلال (cm)	طول کچلی بلال (cm)	قطر بلال (cm)	عمق دانه (cm)	درصد دانه	درصد چوب	میزان کلروفیل برگ بلال	کلرزاسیون ریشه (٪)
MBxI														
$M_0B_0xI_1$	۲۰۵/۴ c	۷۷/۷ b	۳۷۷/۲ cd	۱۲۸/۷ d	۱۷/۸ b	۹/۱ b	۱۶/۶ cd	۱/۲ c	۲/۷ cd	۰/۵۵ a	۸۰/۳ bc	۱۳/۰ ab	۲۶/۷ d	۲۰/۶ e
$M_0B_1xI_1$	۲۲۷/۰ b	۷۸/۱ b	۴۷۰/۹ b	۱۵۲/۵ bc	۱۹/۴ b	۱۱/۰ a	a۱۸/۸bc	۰/۹ d	۲/۸ bc	۰/۵۲ a	۸۰/۲ bc	۱۲/۶ ab	۴۲/۴ bc	۴۱/۸ c
$M_1B_0xI_1$	۲۲۹/۱ b	۸/۴ b	۴۷۵/۳ b	۱۶۰/۸ b	۲۱/۸ a	۱۱/۶ a	۱۹/۵ ab	۰/۶ e	۲/۹ ab	۰/۵۴ a	۷۹/۰ c	۱۲/۷ a	۴۵/۸ ab	۵۰/۴ ab
$M_1B_1xI_1$	۲۶۶/۰ a	۹/۹ a	۵۵۴/۴ a	۱۸۱/۸ a	۲۱/۵ a	۱۱/۷ a	۲۰/۵ a	۰/۸ de	۴/۱ a	۰/۵۷ a	۸۱/۷ ab	۱۱/۹ bc	۴۷/۶ a	۵۴/۱ a
$M_0B_0xI_2$	۱۵۹/۹ e	۵/۷ e	۲۹۱/۴ e	۱۰۶/۰ f	۱۲/۳ d	۶/۴ c	۱۴/۲ d	۲/۱ a	۲/۲ e	۰/۴۸ a	۸۱/۰ abc	۱۲/۸ ab	۲۸/۳ e	۱۸/۲ e
$M_0B_1xI_2$	۱۸۱/۵ d	۶/۶ d	۳۴۰/۴ d	۱۲۲/۲ e	۱۵/۰ c	۷/۴ bc	۱۴/۵ d	۱/۸ b	۲/۳ e	۰/۵۰ a	۸۱/۶ abc	۱۲/۴ ab	۲۵/۵ d	۲۰/۸ d
$M_1B_0xI_2$	۲۰۵/۵ c	۷/۶ c	۲۸۴/۵ cd	۱۴۰/۸ d	۱۵/۱ c	۸/۳ b	۱۵/۳ d	۱/۷ b	۲/۵ d	۰/۵۱ a	۸۲/۳ a	۱۰/۷ c	۲۴/۱ d	۴۱/۰ c
$M_1B_1xI_2$	۲۱۰/۴ c	۷/۸ bc	۴۱۵/۴ bc	۱۴۲/۵ cd	۱۸/۰ b	۱۰/۷ a	b۱۸/۰c	۱/۴ c	۲/۸ bc	۰/۴۸ a	۷۹/۰ c	۱۲/۷ ab	۴۱/۰ c	۴۶/۲ b
PxI														
P_0xI_1	۲۰۹/۷ c	۷/۵ c	۴۱۵/۲ c	۱۲۹/۰ c	۱۸/۱ c	۱۰/۴ b	b۱۷/۹	c۱/۲	bc۲/۶	۰/۵۲ ab	۷۹/۳ b	۱۲/۱ a	۴۱/۰ c	۴۶/۰ a
P_1xI_1	۲۶۴/۸ a	۹/۹ a	۵۴۲/۹ a	۱۸۲/۷ a	۲۲/۳ a	۱۱/۸ a	a۲۰/۱	d۰/۵	a۴/۲	۰/۵۸ a	۸۱/۳ ab	۱۲/۲ a	۴۵/۴ a	۲۸/۴ Bc
P_2xI_1	۲۲۸/۵ b	۸/۲ b	۴۴۹/۲ ba	۱۵۴/۳ b	۱۹/۹ b	۱۰/۴ b	b۱۸/۵	c۱/۱	b۲/۸	۰/۵۴ ab	۸۰/۲ ab	۱۲/۰ a	۴۲/۰ b	۴۰/۷ b
P_0xI_2	۱۷۲/۴ e	۶/۲ e	۲۲۹/۵ e	۱۱۶/۳ e	۱۴/۷ e	۷/۸ c	d۱۴/۷	a۱/۹	d۲/۳	۰/۴۸ b	۸۰/۵ ab	۱۲/۸ a	۲۲/۸ e	۲۷/۱ c
P_1xI_2	۲۰۵/۸ c	۷/۶ c	۲۸۵/۴ d	۱۲۹/۳ c	۱۶/۲ d	۹/۰ c	c۱۶/۵	b۱/۶	bc۲/۶	۰/۴۹ ab	۸۱/۸ a	۱۱/۸ a	۲۶/۲ d	۲۱/۴ d
P_2xI_2	۱۸۹/۸ d	۶/۹ d	۲۵۸/۸ de	۱۲۸/۰ dc	۱۵/۱ de	۸/۶ c	cd۱۵/۳	ab۱/۸	cd۲/۴	۰/۵۰ ab	۸۱/۴ ab	۱۲/۰ a	۲۴/۰ e	۲۳/۷ d

* توصیف تیمارها در جدول ۲.

در هرستون، میانگین های دارای حروف لاتین مشابه فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

ابدالی (1382) اظهار کرد در سطوح مختلف آبیاری، کاربرد فسفر نسبت به عدم کاربرد آن عملکرد دانه بیشتری را تولید می‌نماید وی عنوان کرد که با توجه به محدودیت انتشار فسفر در خاک با افزایش شدت تنش خشکی، کاربرد فسفر به دلیل افزایش فسفر قابل دسترس خاک سبب بهبود فعالیت فتوسنتزی گیاه شده و با افزایش تولید مواد فتوسنتزی، میزان مواد ذخیره‌ای بیشتر شده و افزایش این مواد در مرحله زایشی باعث افزایش تعداد دانه و وزن هزار دانه و عملکرد دانه ذرت می‌شود.

همچنین اثر متقابل کود شیمیایی فسفره و قارچ میکوریز آربسکولار-باکتری *سودموناس فلورسنس* تنها برای صفات وزن خشک چوب، طول کچلی بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال و میزان کلروفیل برگ بلال معنی‌دار بود (جدول3). نتایج مقایسه میانگین این صفات نشان داد که بیشترین مقادیر قطر چوب بلال و میزان کلروفیل برگ بلال مربوط به تیمار کود سوپر فسفات تریپل و کاربرد توام قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *سودموناس فلورسنس* و بیشترین مقدار وزن چوب بلال و قطر بلال مربوط به تیمار کود سوپر فسفات تریپل و کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار و همچنین کمترین طول کچلی بلال نیز مربوط به تیمار سوپر فسفات تریپل و کاربرد باکتری *سودموناس فلورسنس* و عدم کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار بود (جدول 6). نتایج این آزمایش نشان داد در شرایطی که نیمی از کود شیمیایی فسفره مورد نیاز گیاه ذرت براساس نتایج آزمون خاک توسط منابع کودی سوپر فسفات تریپل و سنگ فسفات تامین شود، استفاده از قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *Pseudomonas fluorescence* به عنوان کودهای زیستی مکمل، همراه با کود سوپر فسفات تریپل (با حلالیت بالاتر) مزیت نسبی بیشتری نسبت به سنگ فسفات (با حلالیت پایین‌تر) در افزایش اکثر صفات مورد بررسی در این آزمایش خواهد داشت.

جفیرز (1987) اظهار نمود که در اکثر موارد، افزایش جذب و بهبود تغذیه فسفر اولین علامت افزایش رشد و عملکرد در گیاهان میکوریزی است بنابراین افزایش رشد و نمو در رابطه با همزیستی میکوریزی، زمانی که منابع فسفر محلول و قابل دسترس به سهولت در اختیار گیاه میزبان قرار گیرد کاهش می یابد، یعنی اثرات مثبت قارچ میکوریز آربسکولار روی رشد و نمو گیاه میزبان در شرایط پایین بودن حاصلخیزی خاک قابل توجه است. در مجموع تحت شرایط غلظت های پایین عناصر غذایی در خاک، بهبود در تغذیه معدنی گیاهان زراعی توسط همزیستی میکوریز آربسکولار را می‌توان به عواملی نظیر: 1-جذب عناصر غذایی قابل دسترس از طریق همزیستی میکوریزی 2-اختلاف جذب فسفر در هیف و ریشه از طریق میل بالا به این عنصر (ثابت میکائلیس کوچکتر) 3-تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در ریشه‌های کلنیزه شده توسط قارچ میکوریز آربسکولار 4-ایجاد تغییرات در شرایط ادافیک خاک (مانند اسیدیته و سایر متغیرهای خاک) جهت ایجاد شرایط مطلوب برای کلنیزاسیون قارچ میکوریز آربسکولار، حلالیت و تحرک عناصر غذایی 5- تاثیر روی جوامع میکروبی خاک (مانند فعالیت‌های باکتری های کمکی میکوریز آربسکولار) 6-چرخه عناصر غذایی نسبت داد (جیاسون و همکاران 2008). توحیدی مقدم و همکاران (1386) اظهار داشتند که مایه زنی بذور ذرت با باکتری‌های حل کننده فسفات می‌تواند مصرف کودهای شیمیایی فسفره را به میزان 50 درصد کاهش دهد، ساندارا (2002) نیز میزان کاهش کودهای شیمیایی فسفره در مایه زنی با باکتری‌های حل کننده فسفات را بین 75-50 درصد گزارش کرد.

نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد ریزموجودات حل کننده فسفات‌های نامحلول در تلفیق با کودهای شیمیایی فسفره مبتنی بر یک نظام زراعی کم نهاده می‌تواند با کاهش مصرف کودهای شیمیایی اثرات منفی ناشی از مصرف این کودها را در بوم نظام‌های زراعی کاهش دهد، علاوه بر آن این ریزموجودات با استفاده از مکانیسم‌های پیچیده می‌توانند اثرات تنش-های زیست محیطی از جمله تنش رطوبتی را به حداقل برسانند، همچنین اثر هم افزایی که بین قارچ میکوریز آربسکولاروباکتری *Pseudomonas fluorescence*

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات اندازه گیری شده در بررسی اثرات قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری سیدوموناس فلوروسنس بر روی گل های بلال.

میزان کلروفیل و عملکرد ذرت در شرایط تنش رطوبتی

تیمار*	وزن خشک کل گیاه (g/plant)	عملکرد دانه (t/ha)	تعداد کل دانه در بلال	وزن خشک کل بلال (g/plant)	وزن خشک چوب بلال (g/plant)	وزن خشک پوشش بلال (g/plant)	طول بلال (cm)	طول کچلی بلال (cm)	قطر بلال (cm)	قطر چوب بلال (cm)	درصد دانه (cm)	عمق دانه (cm)	درصد چوب	میزان کلروفیل برگ بلال (t)	کلسیم/سدیم ریشه (t)
P×MB															
$P_0M_0B_0$	۱۵۶/۲g	۵/۶f	۲۰۱/۰f	۱۰۲/۱h	۱۴/۰e	۷/۸de	۱۴/۰f	۱/۱a	۲/۴e	۲/۴ef	۸۸/۰b	۰/۵۲a	۱۴/۴a	۲۲/۴ef	۱۱/۰f
$P_0M_0B_0$	۲۰۶/۱de	۷/۷d	۲۷۸/۵de	۱۴۱/۱def	۱۶/۴de	۸/۰cde	۱۶/۸cde	۱/۴cde	۲/۵de	۲/۴ef	۸۲/۴a	۰/۵۲a	۱۱/۰bc	۲۲/۲ef	۱۸/۰f
$P_1M_0B_0$	۱۸۵/۵f	۶/۸e	۲۲۲/۴ef	۱۲۲/۴g	۱۵/۴de	۷/۴e	۱۵/۴ef	۱/۴bc	۲/۴e	۲/۴ef	۸۱/۴a	۰/۴۸a	۱۱/۴abc	۲۰/۸f	۱۹/۱f
$P_2M_0B_0$	۱۸۴/۲f	۶/۴e	۲۵۵/۸def	۱۲۴/۴g	۱۵/۵de	۸/۱cde	۱۶/۲de	۱/۴ab	۲/۴e	۲/۴ef	۸۱/۱a	۰/۵۰a	۱۱/۵abc	۲۶/۷de	۴۱/۰d
$P_0M_0B_1$	۲۲۹/۲bc	۸/۴bc	۴۶۵/۸ab	۱۵۷/۲bc	۱۹/۱b	۱۰/۱bcd	۱۷/۵bcd	۰/۸f	۲/۷cd	۲/۸bc	۸۱/۴a	۰/۵۲a	۱۲/۲bc	۴۱/۰bc	۲۲/۱e
$P_1M_0B_1$	۱۹۹/۱ef	۷/۰e	۲۴۵/۲cd	۱۲۱/۸fg	۱۵/۴de	۹/۴bcde	۱۶/۲de	۱/۵cd	۲/۵de	۲/۸de	۸۰/۱ab	۰/۵۲a	۱۲/۸abc	۲۴/۸e	۲۴/۸e
$P_2M_1B_0$	۱۰۲/۲e	۷/۷d	۲۷۵/۱de	۱۲۵/۴efg	۱۵/۴de	۱۰/۰bcd	۱۵/۸def	۱/۲e	۲/۷de	۲/۸de	۸۱/۲a	۰/۴۸a	۱۱/۵bc	۲۸/۱cd	۴۸/۲b
$P_1M_1B_0$	۲۴۱/۸b	۸/۸b	۵۰۲/۵a	۱۶۵/۲b	۲۱/۲a	۱۰/۲bcd	۱۸/۸abc	۱/۲de	۴/۶a	۲/۸b	۸۱/۰a	۰/۵۶a	۱۲/۸abc	۴۱/۸cd	۴۲/۸cd
$P_2M_1B_0$	۲۱۱/۸c	۸/۰cd	۴۱۱/۰bcd	۱۵۱/۴bcd	۱۸/۵bc	۹/۴bcde	۱۷/۲bcde	۱/۲e	۲/۴cde	۲/۴cde	۸۱/۲a	۰/۵۲a	۱۲/۴ab	۴۹/۲bc	۴۰/۰cd
$P_0M_1B_1$	۲۱۰/۵bcd	۷/۸d	۴۵۷/۸abc	۱۴۸/۸cde	۲۰/۰ab	۱۰/۴bc	۱۹/۰b	۱/۲de	۲/۴cde	۲/۴cde	۷۹/۴ab	۰/۴۸a	۱۲/۴ab	۴۱/۲bc	۵۶/۰a
$P_1M_1B_1$	۱۹۲/۹a	۱۰/۰a	۵۱۰/۴a	۱۰۸/۴a	۲۰/۲ab	۱۲/۲a	۱۸/۸abc	۱/۴cde	۲/۸c	۲/۸bc	۸۰/۴ab	۰/۵۲a	۱۲/۲c	۴۷/۲a	۴۵/۴bc
$P_2M_1B_1$	۲۳۰/۲bc	۸/۵b	۴۸۶/۵a	۱۵۷/۲bc	۱۹/۰b	۱۱/۴ab	۱۸/۸abc	۱/۴cde	۲/۸c	۲/۸bc	۸۰/۴ab	۰/۵۲a	۱۲/۲bc	۴۴/۲ab	۴۸/۸b

* توصیف تیمارها در جدول ۲.

در هرستون، میانگین های دارای حروف لاتین مشابه دلیل اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

در این آزمایش مشاهده شد توانست اکثر صفات از جمله عملکرد دانه، زیتوده کل گیاه، وزن خشک بلال، طول بلال، میزان کلروفیل برگ بلال، درصد کلنیزاسیون ریشه ذرت را بیش از سایر تیمارها افزایش دهد؛ باکتری *Pseudomonas fluorescence* در این آزمایش در سطحی پایین تر از قارچ میکوریز آربسکولار توانست جذب فسفر و اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را بهبود ببخشد، در حقیقت استفاده از قارچ‌های میکوریز آربسکولار که با دارا بودن هیف‌ها و میسلیوم‌های درون و برون ریشه‌ای منطقه تخلیه ریشه را برای جذب آب و مواد غذایی گسترش می‌دهند به همراه استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات نظیر باکتری *سودموناس فلورسنس* (باکتری‌های کمکی میکوریز آربسکـــولار) می تواند با افزایش فسفر قابل دسترس در خاک به کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره در راستای رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار کمک بسزایی نماید.

تشکر و قدر دانی

بدین وسیله از زحمات جناب آقای مهندس دشتکی مدیر محترم مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و بویژه سرکار خانم مهندس محمدی کارشناس محترم آزمایشگاه بیولوژی خاک پردیس کشاورزی ومنابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آوریم.

منابع مورد استفاده

ابدالی ر،1382. بررسی تاثیر کاربرد میکوریز و مقادیر فسفر در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی خصوصیات مرفولوژیکی ذرت پاپ کورن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

احتشامی م، آقاعلیخانی م، چائی چی م و خاوازی ک، 1387. تاثیر کودهای زیستی فسفاته بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه‌ای سینگل کراس 704 در شرایط تنش کم آبی. مجله علوم گیاهان زراعی، جلد40، شماره 1. صفحات 15-26.

اردکانی م ر، 1378. قارچ‌های میکوریز و اهمیت همزیستی آنها با گیاهان. فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک سال اول، شماره 3 و4. صفحات 229 تا 239.

بهزاد ا، 1387. بررسی تاثیر کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید دبل کراس (DC 370). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

توحیدی مقدم ح، نصری م، پاکنژاد ف و زاهدی ح، 1386. بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی فسفات با کاربرد باکتری های حل کننده فسفات در زراعت ارقام دانه‌ای ذرت. فصلنامه دانش کشاورزی ایران، جلد4 شماره 4. صفحات 413تا420.

ثمر بخش س، 1385. تاثیر سموم قارچ کش بر کارایی همزیستی سویه‌های مختلف قارچ میکوریز آربسکولار با گیاه ذرت پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

حمیدی ا، 1385. جنبه های اگرواکولوژیک کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد دانه و علوفه سیلویی دو رگ های دیر رس ذرت. رساله دکتری دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

www.SID.ir

Archive of SID

حمیدی ا، اصغرزاده ا، چوگان ر، دهقان شعار م، قلاوند ا و ملکوتی م ج، 1386. بررسی کاربرد کودهای *ریزوباکتریایی* افزاینده رشد گیاه (PGPR) در زراعت ذرت با نهاده کافی. مجله علوم محیطی سال چهارم، شماره 4. صفحات 1تا20

خدابنده ن، 1377. غلات. انتشارات دانشگاه تهران.

خزاعی حر، محمد آبادی عا و برزوئی ا، 1384. بررسی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک انواع ارزن در رژیم های مختلف آبیاری. مجله پژوهشهای زراعی ایران، جلد 3، شماره 1. صفحه‌های 35تا44.

راثی پور ل، و علی‌اصغرزاد ن، 1386. اثرات متقابل باکتری های *سودموناس فلورسنس* و (*Bradyrhizobiom japanicum*) بر شاخص های رشد، غده بندی و جذب برخی عناصر غذایی در سویا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم، شماره 4 الف. صفحه‌های 53تا63.

درزی مت، قلاوند ا و رجالی ف، 1387. بررسی اثر کاربرد میکوریزا، ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی بر گلدهی، عملکرد بیولوژیک و همزیستی ریشه در گیاه دارویی رازیانه. مجله علوم زراعی ایران، جلد 10 شماره1. صفحه‌های 88 تا 109.

صالحی م، کوچکی ع و نصیری محلاتی م، 1382. میزان نیتروژن و کلروفیل برگ به عنوان شاخصی از تنش خشکی در گندم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد اول شماره 2. صفحه‌های 199 تا 205.

غلام حسینی م، قلاوند ا و جمشیدی ا، 1387. تاثیر رژیم های آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد دانه و غلظت عناصر در برگ و دانه آفتابگردان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره 79. صفحه‌های 91 تا 100.

مجیدیان م، قلاوند ا، کریمیان ن و کامکار حقیقی ع ا، 1387. تاثیر مقادیر مختلف نیتروژن، کود دامی و آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد اول، شماره دوم. صفحه‌های 67تا85.

مسجدی ع، شکوه فر ع و علوی فاضل م، 1387. تعیین مناسبترین دور آبیاری ذرت تابستانه (هیبرید SC.704) و بررسی اثر تنش خشکی بر محصول با استفاده از اطلاعات تشت تبخیر کلاس A. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره46، صفحه‌های 543 تا550.

Akhtar MS and Siddiqui ZA, 2009. Effects of phosphate solubilizing microorganisms and *Rhizobium sp*. on the growth, nodulation, yield and root-rot disease complex of chickpea under field condition. African J Biotechnol 8 (15): 3489-3496.

Amerian MR, Stewart WS and Griffiths H, 2001. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays* L.). Asp Applied Bio 63:73-76.

Amiri MJ and Eslamian SS, 2010. Investigation of climate change in Iran. J Environ Sci Technol 4: 208-216.

Araus JL, Slafer AG, Royo C and Serret MD, 2008. Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. Crit Rev Plant Sci 27: 377-412.

Attia M, 1999. The efficiency improvements of mineral fertilizers used and maize yield by arbuscular mycorrhizal fungi and plant-promoting rhizobacteria. Annals Agri Sci 5:41-44.

www.SID.ir

Archive of SID

Auge´ RM, 2001.Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhizae 11: 3-42.

Azcon R, Gomez M and Tobar R, 1996. Physiological and nutritional responses by *Lactuca sativa* L. to nitrogen sources and mycorrhizal fungi under drought conditions. Biol Fert Soils 22: 156–161.

Banziger M, Edmeades GO, Beck D and Bellon M, 2000. Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize, from theory to practice. CIMMYT, Mexico DF.

Betran FJ, Beck D, Banziger M, Edmeades GO, 2003. Secondary traits in parental inbreeds and hybrids under stress and non-stress environments in tropical maize. Field Crops Res 83: 51-65.

Boomsma CR and Vyn TJ, 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. Field Crops Res 108: 14-31.

Campos H, Cooper M, Habben JE, Edmeades GO and Schussler JR, 2004. Improving drought tolerance in maize. Field Crops Res 90: 19-34.

Cheng CY and Lur HS, 2008. Ethylene may be involved in abortion of the maize caryopsis. Physiol. Plantarum. 98(2): 245-252.

Da-Silva PRF, Luiz Strieder M, Da Silva Coser RP, Rambo L, Sangoi L, Argenta G, Forsthofer EL, Da Silva AA, 2005. Grain yield and kernel crude protein content increases of maize hybrids with late nitrogen side-dressing. Sci Agric (Piracicaba, Braz.) 62(5): 487-492.

Earl HJ and Davis RF, 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agron J 95: 688-696.

Evanse EJ, Gemmill JM, Werner P, and Williams E, 2003. Physiological factors contributing to yield enhancement in winter apetalouse oilseed rape (*Brassica napus* L.). In proceeding of the 11th International rapeseed Congress, Copenhagen, Denmark.

Giasson P, Karam A, and Jaouich A, 2008. Arbuscular mycorrhizae and alleviation of soil stresses on plant growth. Pp. 99-134. In Siddiqui ZA, Akhtar MS and Futai K (Eds) Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry. Springer Science + Business Media B.V.

Han HS, and Lee KD, 2005. Phosphate and potassium solubilizing bacteria affect on mineral uptake, soil availability and growth of eggplant, Research J Agri Biol Sci 1(2):176-180.

Henri F, Laurette NN, Annette D, John Q, Wolfgang M, François-Xavier E and Dieudonné N, 2008. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon. African J Microb Res 2: 171-178.

Jeffries P, 1987. Use of mycorrhizae in agriculture. Crit Rev Biotechnol 5: 319–357.

Kormanik PP and McGraw AC, 1982. Quantification of Vesicular-arbuscular Mycorrhizae in Plant Roots. Pp. 37-45. In: Paul St (Ed.). Methods and Principles of Mycorrhizal Research. NC Sheed, American Phytopathological Society.

Liu A, Hamel C, Hamilton RI, Ma BL and Smith DL, 2000. Acquisition of Cu, Zn, Mn and Fe by mycorrhizal maize (*Zea mays* L.) grown in soil at different P and micronutrient levels. Mycorrhizae 9: 331-336.

www.SID.ir

Archive of SID

Liu A, Plenchette C and Hamel C, 2007. Soil nutrient and water providers: how arbuscular mycorrhizal mycelia support plant performance in a resource limited world. Pp. 37–66. In: Hamel C and Plenchette C, (Eds.) Mycorrhizae in Crop Production. Haworth Food & Agricultural Products Press, Binghamton, NY.

Mehrvarz S and Chaichi MR, 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely *(Hordeum vulgare* L.). American-Eurasian J Agric & Environ Sci 3(6): 855-860.

Misra A, and Sricastatva NK, 2000. Influence of water stress on Japanese mint. J Herbs Spices Med Plants 7: 51-58.

Picone C, 2003. Managing mycorrhizae for sustainable agriculture in the tropics. Pp. 95-132. In: Vandermeer JH (Ed.). Tropical Agro ecosystems. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Rajcan I and Tollenaar M, 1999. Source: sink ratio and leaf senescence in maize: Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. Field Crops Res 60: 245–253.

Sanchez-Diaz M and Honrubia M, 1994. Water relations and alleviation of drought stress in mycorrhizal plants. Pp. 167–178. In: Gianinazzi S and Schuepp H (Eds.). Impact of arbuscular mycorrhiza on sustainable agriculture and natural ecosystems. Birkhauser Verlag, Basel, Switzerland.

Smith SE, Smith FA and Jacobsen I, 2003. Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plant irrespective of growth responses. Plant Physiol 133: 16–20.

Subramanian KS, Charest C, Dwyer LM, and Hamilton RI, 1995. Arbuscular mycorrhiza and water relations in maize under drought stress at tasselling. New Phytol 129: 643–650.

Subramanian KS, Charest C, Dwyer LM, and Hamilton RI, 1997. Effects of arbuscular Mycorrhiza on leaf water potential, sugar content and P content during drought and recovery of maize. Can J Bot 75: 1582–1591.

Sundara B, Natarajan V and Hari K, 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yield. Field Crops Res 77: 43 49.

Vyas P and Gulati A, 2009. Stress tolerance and genetic variability of phosphate solubilizing *Pseudomonas fluorescent* from the cold deserts of the trans-Himalayas. Microb Ecol 58: 425-434.

Tang M, Chen H, Huang JC, Tian ZQ, 2009. AM fungi effects on the growth and physiology of *Zea mays* L. seedlings under diesel stress. Soil Biol Biochemistry 41: 936–940.

Xiong L, Schumaker KS and Zhu JK, 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. Plant Cell 14: 165-183.

Zarei M, Saleh-Rastin N, Alikhani HA and Aliasgharzadeh N, 2006. Responses of lentil to co-Inoculation with phosphate-solubilizing *Rhizobial* strains and arbuscular mycorrhizal fungi. J Plant Nutr 29: 1509–1522.

www.SID.ir