Archive of SID

تأثیر همزیستی میکوریزی بر کارایی مصرف آب، تجمع پرولین و جذب عناصر غذایی گندم در شرایط شور

فرهاد رجالی[1]*، باران مردوخی و محمدجعفر ملکوتی

استادیار پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب؛ frejali@ yahoo.com

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس؛ baran_mardoukhi@hotmail.com

استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس؛ mjmalakouti@ hotmail.com

چکیده

از جمله اثرات ناشی از تجمع املاح و مسئله شوری افزایش فشار اسمزی محلول خاک و کاهش انرژی آزاد آب می-باشد که گیاه از طریق تعدیل اسمزی با آن مقابله می‌کند. در این شرایط گیاه ناچار به انباشتن ترکیبات نیتروژن‌دار (از جمله پرولین) و ترکیبات هیدروکسیلدار در سیتوپلاسم سلولی خود برای ایجاد پتانسیل اسمزی مورد نیاز می باشد. مصرف بخشی از کربن حاصل از فتوسنتز و سمیت ناشی از غلظت بالای یونها برای تعدیل اسمزی، منجر به کمبود سایر یونها و کاهش رشد و عملکرد در گیاه می‌گردد. در سالهای اخیر استفاده از روشهای بیولوژیک، برای افزایش کارایی و تحمل گیاهان در اراضی شور، به عنوان یک راهکار مورد توجه قرار گرفته است. به منظور بررسی نقش قارچهای میکوریز آربسکولار در افزایش مقاومت به شوری آزمون گلخانه‌ای به صورت آزمایش فاکتوریل با سه سطح شوری ۴، ۸ و ۱۲ dS/m از منبع دو نمک NaCl و $CaCl_2$، پنج سطح تلقیح با قارچهای میکوریزی شامل سطوح شاهد، گونه‌های گلوموس موسه (*Glomus mosseae*)، گلوموس اینترارادیسز (*G. intraradices*)، گلوموس اتانیکاتوم (*G. etunicatum*) و یک تیمار ترکیبی از این سه گونه و رقم چمران و لاین ۹ از ارقام امیدبخش گندم حاصل از آزمایشات شوری با مشخصات ("Bank"S"/Vee"S") به ترتیب به عنوان نیمه مقاوم و مقاوم به شوری در قالب طرح کاملا تصادفی به اجرا در آمد. نتایج این آزمون نشان داد با افزایش شوری غلظت پرولین در برگ پرچم گیاه گندم افزایش یافت و رقم چمران (نیمه مقاوم) دارای غلظت بیشتری از پرولین نسبت به لاین ۹ (مقاوم) می-باشد اما کارایی مصرف آب (WUE)، میزان جذب پتاسیم، نیتروژن، فسفر و کلسیم در لاین ۹ در سطح احتمال ۱ درصد بیشتر از رقم چمران بود ($P<0.01$). اختلاف تیمارهای تلقیح شده با قارچهای میکوریزی با تیمار شاهد در لاین ۹ و رقم چمران در تمام شاخصهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار گردید و تیمار ترکیبی که مجموعی از سه گونه قارچ استفاده شده در این تحقیق می‌باشد بیشترین تأثیر را در کاهش تجمع پرولین، افزایش کارایی مصرف آب و جذب عناصر معدنی هر دو رقم چمران و لاین ۹ نسبت به شاهد تلقیح نشده داشت.

واژه های کلیدی: پارامترهای هیدرولیکی خاک، نفوذسنج دیسک، تغییرپذیری زمانی، کاربری زمین

مقدمه

شوری خاک محدودیتی است که گستردگی فراوانی داشته و تأثیر آن که منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک و مناطق حاره بیشتر نمایان می‌باشد. وینیکون (۱۹۹۸)[2] گزارش نمود انتقال نمک از سیتوپلاسم به داخل واکوئل یک شیب اسمزی قوی در دو طرف غشاء واکوئل ایجاد می‌کند.

این شیب با افزایش ساخت مولکولهای آلی در سیتوپلاسم متعادل می‌شود، که این فرایند به عنوان تعدیل اسمزی شناخته می‌شود. مواد محلولی که به عنوان

---

[1] نویسنده مسئول، آدرس: کرج، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کدپستی ۳۱۱-۳۱۷۸۵

* دریافت: دی، ۱۳۸۸ و پذیرش: فروردین، ۱۳۹۰

2. Winicon

www.SID.ir

Archive of SID

محلولهای سازگار شناخته شده اند تعارضی با واکنشهای بیوشیمیایی نداشته و خصوصیاتی مشابه ، شامل بار قطبی کم، حلالیت بالا و غشاء هیدراته بزرگ دارند

اوج وهمکاران[1] (۱۹۸۶) و سیلوریا و همکاران[2] (۲۰۰۳) اظهار نموده اند که در شرایط تنشهای محیطی فرایندهای حفظ کننده تعادل اسمزی مانند تولید پرولین، گلیسین بتائین و پلی آمین‌ها در سیتوپلاسم سلولهای گیاهی افزایش می‌یابد. گورهام و همکاران[3] (۱۹۸۶) رابی و المدینی[4](۲۰۰۵) و جیندال و همکاران[5] (۱۹۹۳) مشاهده کردند که به رغم کاهش نیترات در برگ در اثر شوری، سایر شکلهای ازت یا افزایش می‌یابند (پرولین، گلایسین بتائین و کل پروتئین‌های محلول) و یا تغییری نمی‌کنند سانچز و همکاران [6](۱۹۹۸) گزارش کردند پرولین به جز تنظیم اسمزی، نقشهایی مانند جاروب کردن هیدروکسیل، تنظیم pH سلولی، پایدار کردن ساختار پروتئین و محافظت از ماکرو مولکولها در مقابل دهیدراته شدن و تنظیم پتانسیل رداکس را بر عهده دارد .سیلوریا و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند تغییرات غلظت پرولین در ارقام حساس به شوری بیشتر است و این تغییرات در مراحل مختلف رشد و در اندامهای هوایی و ریشه متفاوت از یکدیگر می‌باشد.

افزایش غلظت پرولین برگها با افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز، تجمع اسید آمینه‌ها و آمونیوم و کاهش میزان کلروفیل برگ و پروتئین همراه است. قلی پور و همکاران[7] (۲۰۰۵) گزارش نمودند که کاهش کارایی مصرف آب با افزایش تنش شوری به دلیل کاهش انرژی آزاد آب، کاهش رشد اندام هوایی و ریشه در گیاهان می باشد. نتایج جالبی در مورد گیاهان تلقیح شده با قارچهای میکوریزی تحت تنش شوری در دست می‌باشد.

کمبود عناصر ازت، کلسیم و فسفر باعث افزایش پرولین در گیاه تحت تنش می‌شود. روئیز لوزانو وهمکاران[8] (۱۹۹۶) گزارش کرده اند که با پایان یافتن دوره تنشهای محیطی دیده شده مقدار پرولین در برگهای گیاهان میکوریزی کمتر از مقدار آن در برگهای گیاهان غیرمیکوریزی است. این خود دلیلی است بر اینکه گیاهان میکوریزی از شرایط تنش ایجاد شده آسیب کمتری می‌بینند.

1. Aug
2. Silveria
3. Gorham
4. Rabie and Al madini
5. Jindal
6. Sanchez
7. Gholipoor
8. Ruiz- Lozano

رابی و المدینی (۲۰۰۵) در گیاه باقلا, پروسل و روئیز لوزانو [9](۲۰۰۴) در گیاه سویا و فنگ و همکاران[10] (۲۰۰۲) در گیاه ذرت تلقیح شده با قارچ های میکوریزی تحت تنش شوری گزارش کرده اند که غلظت پرولین به طور معنی‌داری کمتر از گیاهان تلقیح نشده می‌باشد و میزان تغییرات این ترکیب در ریشه این گیاهان کمتر بوده است.

رجالی(۱۳۸۲) عنوان نموده است که گیاهان دارای همزیستی میکوریزی نسبت به گیاهان غیر میکوریزی آب را از خاک سریع‌تر و کامل‌تر تخلیه می‌کنند زیرا در گیاهان میکوریزی معمولاً اندام هوایی گیاه توسعه بیشتری پیدا کرده و سطح برگها افزایش یافته و این خود باعث افزایش تعرق گیاهان میکوریزی می‌شود و از طرف دیگر سیستم ریشه‌ای در گیاهان میکوریزی توسعه بیشتری یافته و سطح تماس با خاک افزایش می‌یابد.

کافی و همکاران [11](۲۰۰۳) نیز گزارش کرده اند که گیاهان میکوریزی در شرایط تنش شوری دارای کارایی مصرف آب بیشتری در مقایسه با گیاهان شاهد تلقیح نشده می‌باشند که این خود منجر به افزایش رشد و عملکرد آن‌ها می‌گردد. میقانی و ابراهیم زاده (۱۳۸۱) گزارش نموده اند در گیاه گندم تحت تنش شوری غلظت پرولین نسبت به گیاهان بدون تنش به ۲/۹ برابر رسیده و همچنین توانایی تولید آنتی اکسیدان سلول گیاهی تحریک شده است همچنین بیشترین افزایش پرولین در مرحله پنجه زنی گیاه گزارش شده است. تولید پرولین و سایر سازگار کننده‌ها با مصرف مقدار زیادی از کربن حاصل از فرآیند فتوسنتز همراه بوده و بدین دلیل کاهش رشد گیاه را در پی خواهد داشت .

با توجه به اهمیت گندم در تأمین غذای جمعیت روبه رشد کشور و همچنین وسعت رو به تزاید خاکهای شور قابل کشت و نقشی که این اراضی می‌بایستی در تأمین گندم ایفاء نمایند و از طرف دیگر محدودیت منابعی که به بررسی نقش همزیستی میکوریزی در تغییرات غلظت پرولین و کارایی مصرف آب در گیاه گندم در شرایط شور پرداخته‌اند، این آزمون طراحی گردیده است.

هدف از این تحقیق، مشخص نمودن تأثیر گونه‌های مختلف قارچهای میکوریز آربسکولار در غلظت پرولین، کارایی مصرف آب و میزان جذب عناصر غذایی مؤثردرافزایش تحمل به تنش شوری گیاه گندم و دیگر اینکه ارقام مختلف با درجه حساسیت متفاوت نسبت به

9. Procel and Ruiz-Lozano
10. Feng
11. Kafi

www.SID.ir

Archive of SID

سطوح مختلف شوری تا چه حد به رابطه همزیستی میکوریزی وابسته‌اند، می‌باشد.

مواد و روشها

تهیه مایه تلقیح قارچهای میکوریز آربسکولار

مایه تلقیح‌های سه گونه از قارچهای میکوریز آربسکولار شامل گلوموس موسه، گلوموس اینترارادیسز و گلوموس اتانیکاتوم به کار گرفته شده در این تحقیق به روش سنتی و در مجاورت ریشه گیاه سورگوم و در محیط ماسه استریل طی دوره رویشی ۴ ماهه در شرایط کنترل شده دمای روز و شب به ترتیب ۲۸ و ۲۵ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۶۰ درصد، طول روز و شب به ترتیب ۱۶ و ۸ ساعت تکثیر گردیدند. پس از اتمام دوره رشد محتویات هر گلدان به صورت پودر درآمده و شمارش اسپور در ۱۰ گرم مایه تلقیح انجام شد و برای تیمار ترکیبی به نسبتهای مساوی از سه مایه تلقیح با هم ترکیب شدند.

اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده از قبیل بافت خاک به روش هیدرومتری، pH، EC عصاره اشباع، کربن آلی به روش والکی‌بلاک، ازت کل با دستگاه کجل تک، فسفر محلول در بیکربنات سدیم، پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم، درصد مواد خنثی شونده بر حسب کربنات کلسیم، غلظت آهن، روی، مس و منگنز به روش عصاره گیری با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی، کلسیم، منیزیم و سدیم به روش فلیم فتومتری و غلظت کلر در عصاره آبی خاک تعیین گردیدند علی احیائی و بهبهانی‌زاده (۱۳۷۲).

تجزیه شیمیایی نمونه آب

اندازه‌گیری EC و pH آب آبیاری توسط EC متر و pH متر انجام شد. میزان یونهای کلسیم، منیزیم، کربنات، بی‌کربنات و کلر به روش تیتراسیون و پتاسیم و سدیم با روش فلیم‌فتومتری تعیین گردید.

تیمارهای شوری

با توجه به اینکه نمک غالب در اکثر خاکهای شور کلرید سدیم و کلرید کلسیم می‌باشد. در این آزمایش از محلول حاوی این دو نمک با نسبتهای اکی والان برابر استفاده شد. سطوح شوری مورد نظر حدود ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بودند. پس از آزمون خاک و تعیین ECe خاک و با توجه به EC آب آبیاری ۳۵۹/.دسی‌زیمنس بر متر، EC محلول مورد نظر برای هر تیمار شوری تعیین شد و طی چندین مرحله از طریق آبیاری با محلول شور حاوی این دو نمک سطوح شوری مورد نظر به تدریج در گلدان‌ها ایجاد گردید.

کشت گیاهان و اعمال تیمارهای مختلف

برای انجام آزمون گلخانه‌ای از خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متری) یکی از مزارع اطراف کرج که چندین سال به صورت آیش بوده است استفاده گردید. پس از الک کردن خاک و مخلوط کردن آن با پرلیت (به نسبت ۲ به ۱) گلدانهای ۱۰ کیلوگرمی از مخلوط خاک و پرلیت آماده شده پر گردید و ۱۰۰ گرم از هر مایه تلقیح قارچی در حفره سطحی ایجاد شده در وسط هر گلدان اضافه و سطح حفره با خاک پوشانده شد.

بذور ضد عفونی شده رقم چمران و لاین ۹ شوری (Bank" S"/ Vee"S") معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به ترتیب به عنوان ارقام نیمه مقاوم و مقاوم و به تعداد ۱۰ عدد در هر گلدان در اطراف حفره حاوی مایه تلقیح کاشته شد. در مرحله ۳ برگی دو گیاه از هر گلدان حذف شد.

با توجه به آزمون خاک سه کود اوره به میزان ۱۰۰ گرم در قسط اول و دو قسط دیگر هر یک به میزان ۵۰ گرم در مراحل به ساقه رفتن و خوشه دهی، سوپرفسفات تریپل به میزان ۷۵ گرم و سولفات پتاسیم به میزان ۲ گرم همراه با تقسیط اولیه ازت در آب آبیاری حل شده و به ۱۲۰ گلدان طرح اضافه گردید. قبل از زمان پنجه‌زنی اعمال تیمارهای شوری آغاز گردید.

برای جلوگیری از وارد شدن شوک به گیاهان تیمارهای شوری به صورت تدریجی اعمال گردید. با در نظر گرفتن ۱۵ گلدان اضافه و نمونه برداری مرتب از خاک آن‌ها به روند افزایش شوری خاک گلدان‌ها تا رسیدن به EC مورد نظر توجه گردید. بطوریکه در انتها ECe گلدان‌ها به ۳/۹، ۷/۸۵ و ۱۲/۱ دسی‌زیمنس بر متر رسید و سپس برای آبیاری گلدان‌ها از آب غیرشور (مقطر) استفاده شد. رطوبت گلدان‌ها در حدود ۸۰٪ ظرفیت مزرعه نگهداری گردید. گلدان‌ها تا اتمام دوره ازمایش در گلخانه در شرایط کاملا کنترل شده، ترکیب نور طبیعی و مصنوعی و دمای روز و شب به ترتیب ۲۰ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

برداشت محصول و اندازه‌گیری شاخصهای موردنظر:

بعد از ظهور برگ پرچم و تعیین میزان کلروفیل برگ پرچم با روش پتی گرو و همکاران[1] (۱۹۹۴) از هر گلدان دو برگ پرچم قطع و در فویل پیچیده و در مخزن ازت مایع نگهداری شدند سپس با روش بیتز[2] (۱۹۷۳) غلظت پرولین اندازه‌گیری شد در مرحله به ساقه رفتن دو گیاه از

1. Pettygrove
2. Bates

www.SID.ir

Archive of SID

سطح خاک قطع شد و بعد از شستشو با آب مقطر در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شده، سپس نمونه‌ها به صورت پودری در آمد.

برای عناصر نیتروژن، پتاسیم وفسفر هضم نمونه ها با استفاده از اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه، برای عنصر کلسیوم ، هضم نمونه با روش سوزاندن خشک و ترکیب با اسید کلریدریک انجام شد. اندازه گیری ازت کل به روش تیتراسیون بعد از تقطیر و استفاده از سیستم کجل تک اتوانالیزر،اندازه گیری فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات)، اندازه‌گیری پتاسیم به روش نشر شعله ای و اندازه گیری کلسیوم با استفاده از روش جذب اتمی صورت گرفت امامی (۱۳۷۵).

پس از اتمام دوره رشد گیاه وزن خشک اندام هوایی وزن خشک دانه تولیدی و درصد کلونیزاسیون ریشه با روش جیووانتی و موزه [1] (۱۹۸۰) و طول کل ریشه نیز با روش مارش[2] (۱۹۷۱) تعیین گردید.

محاسبه درصد سودمندی همزیستی میکوریزی در وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه

برای محاسبه این دو شاخص از فرمول زیر استفاده گردید. باون و همکاران[3] (۱۹۹۳)

$$\left[(SDM(+M)-SDM(-M))/SDM(-M)\right]\times 100$$

وزن خشک اندام هوایی گیاه یا دانه SDM عدم تلقیح با مایکورایزا (M-) تلقیح با مایکورایزا (M+)

طرح آزمایشی و تجزیه آماری:

آزمایش به صورت فاکتوریل با ۳ فاکتور: ۱: قارچ میکورایزا در ۵ سطح شامل بدون قارچ، گونه گلوموس اینترارادیسز، گونه گلوموس موسه، گونه گلوموس اتانیکاتوم و تیمار ترکیبی (مجموعی از سه گونه بالا)، ۲: فاکتور شوری شامل سه سطح ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و فاکتور سوم گندم بهاره شامل دو سطح رقم چمران و لاین ۹ (به ترتیب نیمه مقاوم و مقاوم به شوری) در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در ۴ تکرار اجراء شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها بوسیله نرم‌افزار SAS بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ صورت گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک مورد استفاده به ترتیب در جداول شماره ۱ و ۲ آورده شده است.

غلظت پرولین

اثرات اصلی شوری، قارچ و واریته در سطح ۱ درصد و اثرات متقابل در سطح ۵ درصد آماری معنی‌دار شدند (جدول ۳). میانگین سطوح اصلی نشان داد که غلظت پرولین در رقم چمران بسیار بیشتر از لاین ۹ بود. با افزایش شوری، افزایش پرولین در هر دو رقم معنی‌دار شده است. اختلاف تیمارهای قارچی با تیمار شاهد در رقم چمران بیشتر از لاین ۹ بود، کمترین مقادیر در تیمارهای ترکیبی و بیشترین مقادیر در تیمارهای شاهد دیده شد. در رقم چمران در هر سه سطح شوری اختلاف تیمارهای قارچی با شاهد معنی‌دار گردید، اما در لاین ۹ اختلاف تیمارهای قارچی با شاهد تنها در سطوح شوری ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر مترمعنی‌دار بود (نمودار ۱).

کارایی مصرف آب

اثرات اصلی شوری، قارچ و واریته در سطح ۱ درصد و اثرات متقابل در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند (جدول۳). لاین ۹ دارای کارایی مصرف آب بیشتری بود و با افزایش شوری در هر دو رقم کاهش معنی‌دار گردید. در رقم چمران در هر سه سطح شوری تیمارهای قارچی اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند و همچنین بیشترین مقادیر متعلق به تیمار ترکیبی بود. در لاین ۹ اختلاف تیمارهای قارچی با تیمار شاهد در سطح ۱۲ dS/m معنی‌دار بوده و تیمار ترکیبی در تمام سطوح شوری با سایر تیمارها اختلاف داشت (نمودار ۲).

کلروفیل

اثرات اصلی واریته، شوری در سطح ۱ درصد و اثرات متقابل در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). کاهش میزان کلروفیل با افزایش شوری در تمام تیمارها و برای هر سه سطح شوری معنی‌دار شد اما میزان کاهش در مورد شاهد بیشتر بود. در هر دو رقم و در تمام سطوح شوری، تیمارهای مختلف قارچی اختلاف معنی‌داری را با شاهد نشان دادند و به طور کلی لاین ۹ دارای کلروفیل بیشتری نسبت به چمران در تمام سطوح شوری بود (نمودار ۳)

میزان جذب نیتروژن

اثرات اصلی شوری، قارچ و واریته در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات متقابل در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). میزان نیتروژن در لاین ۹ بیشتر از رقم چمران بود و با افزایش شوری کاهش برای تمام سطوح شوری معنی‌دار گردید. در رقم چمران کاهش میزان جذب نیتروژن در هر سه سطح شوری برای تمام تیمارها معنی‌دار بود و تمام تیمارها در هر سه سطح شوری با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند. در لاین ۹ نیز تمام تیمارها در

1. Giovannetti and Mosse
2. Marsh
3. Baon

www.SID.ir

Archive of SID

سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با تیمار شاهد اختلاف داشته و در هر دو رقم چمران و لاین ۹ میزان جذب ازت در تیمار ترکیبی به طور معنی دار بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۴).

میزان جذب فسفر

اثرات اصلی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل واریته- قارچ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین سطوح اصلی نشان داد که میزان فسفر در لاین ۹ بیشتر از رقم چمران بود و با افزایش شوری از ۸ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر میزان جذب فسفر کاهش یافت، تمام تیمارهای قارچی در رقم چمران در سطوح ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند و در لاین ۹ و رقم چمران اختلاف جذب فسفر تیمار ترکیبی با سایر تیمارها معنی‌دار گردید (شکل ۵).

میزان جذب پتاسیم

اثرات اصلی قارچ، شوری و واریته در سطح ۱ درصد و اثرات متقابل دوگانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). لاین ۹ به طور معنی‌داری دارای جذب بیشتری از پتاسیم بوده است. در لاین ۹ و چمران با افزایش شوری از ۸ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر میزان جذب پتاسیم کاهش یافت. در لاین ۹ تیمار ترکیبی با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشته ولی در رقم چمران تمام تیمارها با شاهد اختلاف داشتند و تیمار ترکیبی بیشترین جذب پتاسیم را دارا بود (شکل ۶).

میزان جذب کلسیم

اثرات اصلی شوری، قارچ و واریته در سطح ۱ درصد و اثرات متقابل دوگانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقدار جذب کلسیم در لاین۹ بیشتر از رقم چمران بود. تمام تیمارها دارای مقدار کلسیم بیشتری در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد بوده و البته اختلاف تیمار ترکیبی با سایر تیمارها در سطوح ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز معنی‌دارگردید. در رقم چمران با افزایش شوری از ۸ به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ، افزایش معنی‌دار در جذب کلسیم دیده شد (نمودار ۷).

طول کل ریشه

اثرات اصلی واریته، شوری و قارچ در سطح ۱ درصد و اثرات متقابل در سطح ۵ درصد معنی‌دارشدند جدول (۳). مقایسه میانگین سطوح اصلی نشان داد که طول کل ریشه در لاین ۹ بیشتر از چمران بوده است و افزایش شوری باعث کاهش معنی‌داری در طول کل ریشه شده است. تمام تیمارهای قارچی از نظر طول ریشه با شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند و این اختلاف در مورد تیمار ترکیبی در سطح احتمال ۵٪ نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود در رقم چمران تمام تیمارهای قارچی و در هر سه سطح شوری با تیمار شاهد از نظر طول ریشه اختلاف معنی‌داری داشتند. در لاین ۹ نیز تمام تیمارهای قارچی در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر با شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (شکل ۸).

درصد کلونیزاسیون ریشه

اثرات اصلی واریته، شوری و قارچ در سطح احتمال ۱ درصد و اثرات متقابل در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). بیشترین درصد کلونیزاسیون در لاین ۹ دیده شد. تمام تیمارهای قارچی اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند و اختلاف بین تیمار ترکیبی و سایر تیمارها نیز معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین سطوح شوری نشان داد که با افزایش شوری درصد کلونیزاسیون کاهش یافته که این کاهش در هر سه سطح شوری معنی‌دار بود (شکل ۹).

درصد سودمندی همزیستی میکوریزی در وزن خشک اندام هوایی

درصد سودمندی رابطه همزیستی میکوریزی (میزان وابستگی به رابطه همزیستی میکوریزی) در رقم چمران بیشتر از لاین ۹ بود. در هر دو رقم با افزایش شوری تأثیر رابطه همزیستی میکوریزی در افزایش وزن خشک اندام هوایی افزوده گردید و بیشترین کارایی مربوط به سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بود و همچنین در مقایسه تیمارهای مختلف در دو رقم در هر سه سطح شوری تیمار ترکیبی درصد سودمندی بیشتری داشته است (شکل ۱۰).

درصد سودمندی همزیستی میکوریزی درعملکرد دانه

درصد سودمندی رابطه همزیستی میکوریزی در عملکرد دانه در رقم چمران بسیار بیشتراز لاین ۹ بود. در هر دو رقم با افزایش شوری بر میزان درصد سودمندی افزوده شده است و این افزایش در رقم چمران بیشتر بود. همچنین در هر سه سطح شوری تیمار ترکیبی اختلاف زیادی با سایر تیمارها داشته است (شکل ۱۱).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد لاین ۹ مقاوم به شوری رشد وعملکردی به مراتب بهتر نسبت به رقم چمران نیمه مقاوم به شوری داشته است که خود ناشی از خصوصیات ژنتیکی آن می باشد. بر اساس شاخصهای اندازه گیری شَده در این تحقیق چه از نظر جذب عناصر معدنی و چه از نظر طول کل ریشه گیاه و درصد کلنیزاسیون ریشه گیاه با قارچهای میکوریزی در رقم چمران با افزایش سطح شوری تمامی شاخصهای ذکر شده کاهش یافت. در لاین ۹ این کاهش فقط در سطوح بالای شوری و عمدتاً در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر معنی دار گردید. طول کل ریشه گیاه در لاین ۹ بیشتر از رقم چمران بود و این باعث شد تا لاین ۹ به حجم بیشتری از خاک

www.SID.ir

Archive of SID

دسترسی داشته و بتواند علیرغم شرایط شوری حاکم عناصر نیترون فسفر پتاسیم و کلسیوم را به نحو مؤثرتری از خاک جذب نماید و کاهش معنی دار جذب این عناصر (بجز کلسیم) در لاین ۹ فقط در سطح بالای شوری در خاک مشاهده گردید. در رقم چمران در سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر تمامی شاخصهای ذکر شده نسبت به شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر کاهش نشان داد. با افزایش شوری طول کل ریشه در لاین ۹ و رقم چمران هردو کاهش یافت لیکن در تیمارهای تلقیح شده با قارچهای میکوریزی و بویژه در تیمار ترکیبی طول کل ریشه در تمامی سطوح شوری بیش از تیمار تلقیح نشده بود. بدین صورت همزیستی میکوریزی با افزایش طول و سطح جذب ریشه توانایی گیاه را در جذب عناصر معدنی و آب افزایش داده اند که نتیجه آن را در شاخص کارایی مصرف آب می توان مشاهده نمود این شاخص به صورت معنی داری در تیمارهای تلقیح شده با قارچهای میکوریزی بیش از تیمار عدم تلقیح بود.

روئیز لوزانوو همکاران[1] (۱۹۹۶) در گیاه کاهوی تلقیح شده باقارچهای میکوریزی در شرایط شور به نتیجه مشابهی دست یافته اند. گیری و همکاران[2] (۲۰۰۴) نیز گزارش کرده اند که در گیاهان میکوریزی جذب نیتروژن به خصوص در شرایط تنش شوری بیشتر از گیاهان تلقیح نشده می باشد و آن را به بالاتر بودن سطح فعالیت آنزیمهای نیترات ردوکتاز و نیتروژنازدر ریشه گیاهان میکوریزی نسبت داده اند.

لای و همکاران[3] (۲۰۰۵) نیز گزارش کرده اند که فعالیت آنزیم گلوتامین سنتتاز که تبدیل کننده آمونیوم به فرم آلی نیتروژن می باشد در ریشه گیاهان کلونیزه شده با قارچهای میکوریزی بیشتر از گیاهان تلقیح نشده است. افزایش جذب پتاسیم و کلسیوم در گیاهان میکوریزی در سطوح مختلف شوری و در مقایسه با گیاهان شاهد تلقیح نشده علاوه بر افزایش سطح جذب ریشه به عقیده رابی و المدینی (۲۰۰۵)[4] نتیجه تأثیری است که این قارچها بر انتقال دهنده های پتاسیم وکلسیوم دارند. نتایج مشابهی با نتایج حاصل از این تحقیق توسط الکراکی[5] (۲۰۰۶) در گیاه گوجه فرنگی ارائه شده است. از طرف دیگر یکی از منابع نمک استفاده شده در این تحقیق کلرید کلسیوم بوده که مطمئناً در افزایش جذب کلسیوم مؤثر بوده است.

افزایش جذب فسفر در تیمارهای قارچی علاوه بر تأثیر همزیستی میکوریزی در افزایش سطح جذب ریشه به عقیده گیری و همکاران (۲۰۰۳)[6] و محمد و همکاران[7] (۱۹۹۸) می تواند به دلیل تأثیر این قارچها در ترشح اسید فسفاتازها، اگزالات ها و تراوش یون پروتون نیز صورت گیرد.

بررسی میزان تغیرات کلروفیل، لاین ۹ به دلیل مقاوم بودن در برابر شوری کمتر تحت تنش بوده و میزان کلروفیل آن در تمام سطوح شوری بیشتر از رقم چمران بوده است . در مقایسه بین تیمارهای تلقیح شده و تلقیح نشده می‌توان پذیرفت که در گیاهان میکوریزی به دلیل جذب بیشتر عناصر معدنی، با وجود افزایش شوری میزان کلروفیل گیاه کاهش کمتری یافته است . این نتایج با نتایج حاصل از کارهای گیری و همکاران[8] (۲۰۰۴) و جنشک و همکاران[9] (۲۰۰۹) هماهنگی دارد. در مورد غلظت پرولین، لاین ۹ به دلیل مقاوم بودن آن از لحاظ ژنتیکی نسبت به شوری و جذب بیشتر عناصر نیتروژن، کلسیم پتاسیم و فسفر در مقایسه با رقم چمران غلظت کمتری از پرولین در برگ پرچم داشته است و گیاهان میکوریزی نیز به دلیل جذب بیشتر عناصر معدنی از جمله فسفر و پتاسیم همچنین افزایش کارایی مصرف آب و میزان کلروفیل نسبت به تیمارهای شاهد مقاومت بیشتری نسبت به شوری داشته و غلظت پرولین در اندام هوایی آنها به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان تلقیح نشده کمتر بوده است.

رابی و المدینی[10] (۲۰۰۵) در تحقیقات خود در گیاه باقلا به نتایج مشابهی اشاره کرده‌اند. به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق، بیانگر کارایی رابطه همزیستی میکوریزی در افزایش مقاومت به تنش شوری در هر دو رقم گندم در سطوح مختلف شوری بوده و درصد سودمندی رابطه همزیستی میکوریزی در عملکرد دانه و وزن خشک اندام هوایی درهر دو رقم با افزایش شوری افزایش یافته که البته افزایش میزان کلروفیل و کاهش غلظت پرولین از جمله دلایل این سودمندی می‌باشد، اگرچه لاین ۹ در تمامی سطوح شوری در نظر گرفته شده با توجه به درصد کلونیزاسیون بیشتر و در نهایت سطح جذب کنندگی بیشتر نسبت به رقم چمران دارای جذب عناصر غذایی، کارایی مصرف آب بیشتری بوده اما به دلیل نیمه مقاوم بودن رقم چمران، وابستگی آن به این رابطه

1. Ruiz-Lozano
2. Giri
3. Li
4. Rabi and Almadini
5. AL-Karaki
6. Giri
7. Mohammad)
8. Giri
9. Jenschke
10. Rabie and Almadini

www.SID.ir

Archive of SID

بیشتر بوده است، همچنین از بین تیمارهای قارچی، تیمار ترکیبی (مخلوط چند گونه) نتایج بسیار بهتری نسبت به استفاده از هر یک از تیمارهای قارچی به تنهایی داشته است که این مسئله نیز می‌بایستی در تهیه مایه تلقیح‌های میکوریزی برای استفاده در اراضی شور مد نظر قرار گیرد.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده

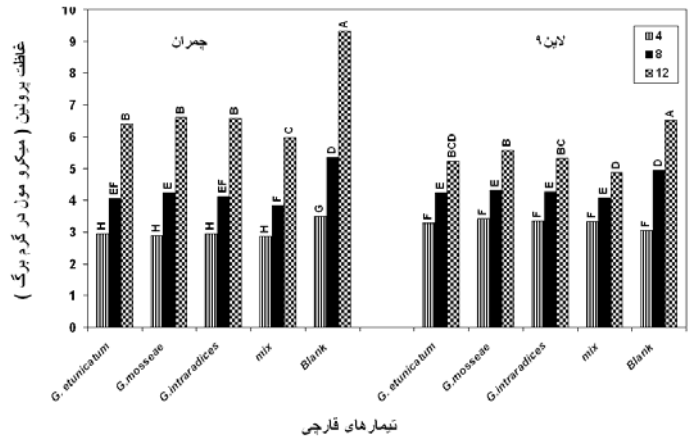
pH	EC ($dS.m^{-1}$)	TDS	بی‌کربنات	کربنات	کلر	مجموع آنیونها	پتاسیم	سدیم	کلسیم	منیزیم	مجموع کاتیونها	SAR
					($meq.lit^{-1}$)							
۷/۵۱	۰/۳۵۹	۳۵/۹	۴	۰	۱/۱۵	۵/۱۵	۰/۰۳۳	۰/۷۴	۳/۲۲	۰/۹۶۱	۴/۹۵۹	۰/۴۵۹

جدول ۲- نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

عمق (cm)	pH	EC $dS.m^{-1}$	TNV	OC	نیتروژن کل	SP	Cl ava	Cu ava	ZN ava	Mn ava	Fe ava	Mg ava	Ca ava	Na ava	K ava	P ava	بافت
				(%)			$mg.kg^{-1}$										
۰-۳۰	۷/۲۱	۱/۷	۹/۷۴	۰/۵۶	۰/۰۸	۳۲/۷	۱۶۴	۱/۳۸	۰/۹۱	۶/۶۲	۲/۱۷	۱۸۷	۴۰۲	۱۱۲	۳۳۸	۴/۸	لومی

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخصهای اندازه‌گیری شده در دو رقم گندم میانگین مربعات (MS)

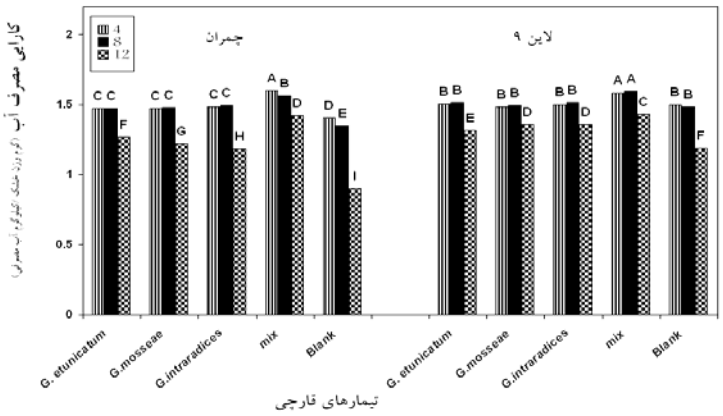
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد کلونیزاسیون ریشه	طول کل ریشه	میزان کلروفیل	غلظت پرولین (µgr/gr F.L)	کارایی مصرف آب (gr DM kg^{-1})	میزان جذب (N)	میزان جذب (P)	میزان جذب (K)	میزان جذب (Ca)
واریته	۱	۴۹۱۴/۹۴**	۶۶/۴۷۸۸۹**	۴۲/۶۲**	۵/۴۴۰**	۰/۱۴۹۸**	۱۱۹۰۵/۱۹**	۵۵/۹۲**	۲۱۷۹۰۰۱/۸۲**	۸۲۵۱۸/۵۲**
قارچ	۴	۴۹۷۷/۳۸**	۵۳۸۵/۳۵**	۴۸/۹۹**	۹۳/۵۰**	۰/۷۲۰**	۹۱۵۰۱/۳۵**	۸۶۶/۶۲**	۱۷۷۴۲۰/۷۱**	۱۶۹۵/۶۰**
شوری	۲	۳۳۲۵/۵۸**	۲۲۵۷۳/۶۷**	۳۵۱/۳۳**	۵/۱۵۰**	۰/۱۵۱**	۳۳۶۰۷/۷۱**	۷۱۹/۲۱**	۳۳۶۲۴/۹۰**	۱۹۵۲/۳۷**
واریته×قارچ	۴	۲۶۸/۶۲*	۳۵۰/۳۳*	۳/۱۶*	۱۰/۱۲*	۰/۰۳۲*	۲۸۳۳/۲۳*	۲۵/۲۲^{ns}	۹۴۳۲/۷۹*	۲۴۴/۲۰*
واریته×شوری	۲	۳۶۹/۷۳*	۱۵۵۳/۳۰*	۰/۱۱^{ns}	۱/۷۲*	۰/۰۲۶*	۱۵۷۸/۵۰*	۳۷/۹۵*	۷۱۲۶/۷۶*	۲۱۳/۴۹*
قارچ×شوری	۸	۲۸/۴۱*	۲۷۷/۵۳*	۲/۲۰*	۱/۲۷*	۰/۰۲۱*	۲۵۲۶/۱۶*	۳۱/۵۹*	۳۷۶۴/۱۱*	۱۹۹/۹۷*
قارچ×شوری×واریته	۸	۲۹/۴۵*	۷۱/۶۸*	۱/۰۴*	۰/۳۰*	۰/۰۰۵۲*	۶۱۸/۲۶*	۴/۰۲^{ns}	۱۶۷۶/۴۶^{ns}	۱۱۳/۵۹^{ns}
خطا	۹۰	۷/۴۷	۳۴/۵۸	۰/۲۱	۰/۰۵	۰/۰۰۰۵	۱۸۶/۳۸	۱۰/۳۸	۱۱۰۰/۳۴	۶۵/۳۸
ضریب تغییرات		۵/۲۹	۵/۹۲	۵/۵۲	۵/۰۵۹	۴/۶۸	۵/۱۱	۸/۷۰	۶/۵۵	۹/۶۳



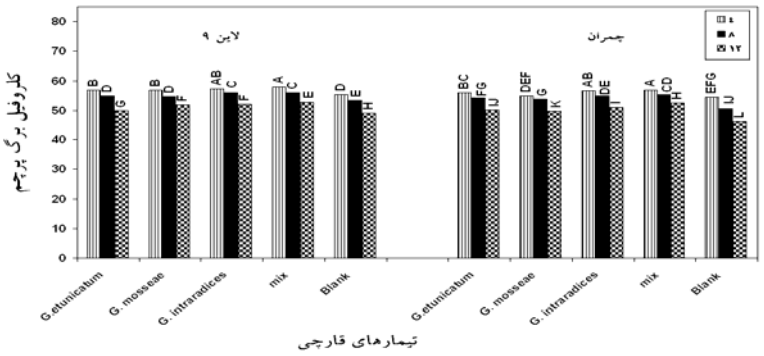
شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریزی در میزان پرولین برگ پرچم دو رقم گندم در سه سطح شوری

www.SID.ir

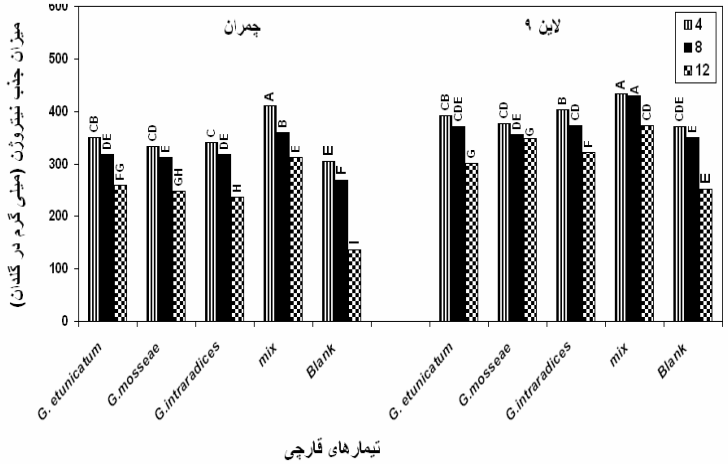
Archive of SID



شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریزی در کارایی مصرف آب دو رقم گندم در سه سطح شوری



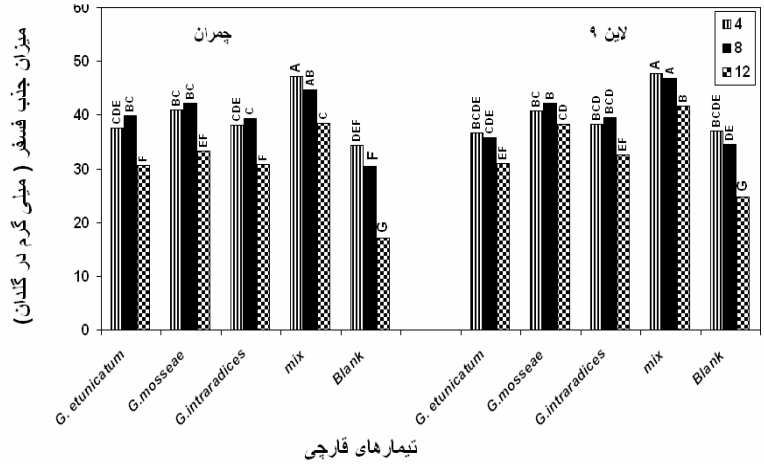
شکل ۳- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریز آربسکولار در میزان کلروفیل برگ پرچم دو رقم گندم در سه سطح شوری



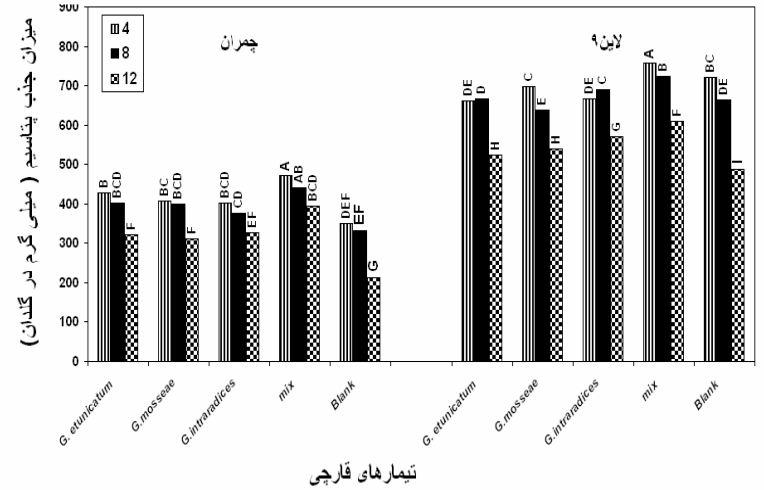
شکل ۴- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریزی در میزان جذب نیتروژن دو رقم گندم در سه سطح شوری

www.SID.ir

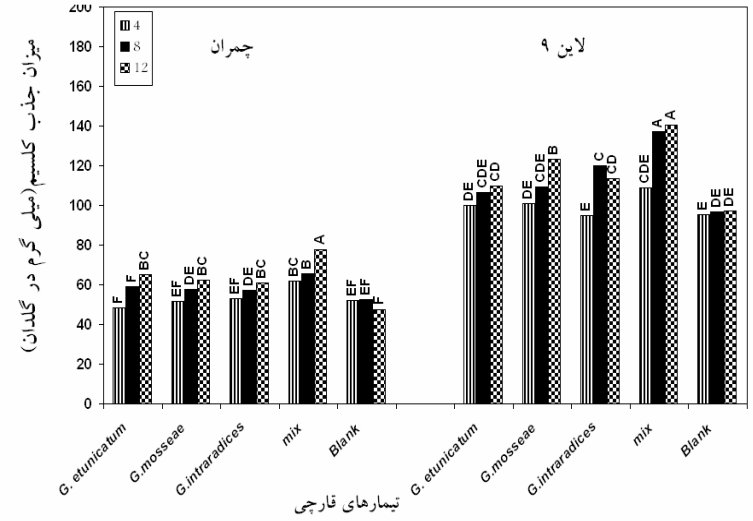
Archive of SID



شکل ۵- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریزی در میزان جذب فسفر دو رقم گندم در سه سطح شوری



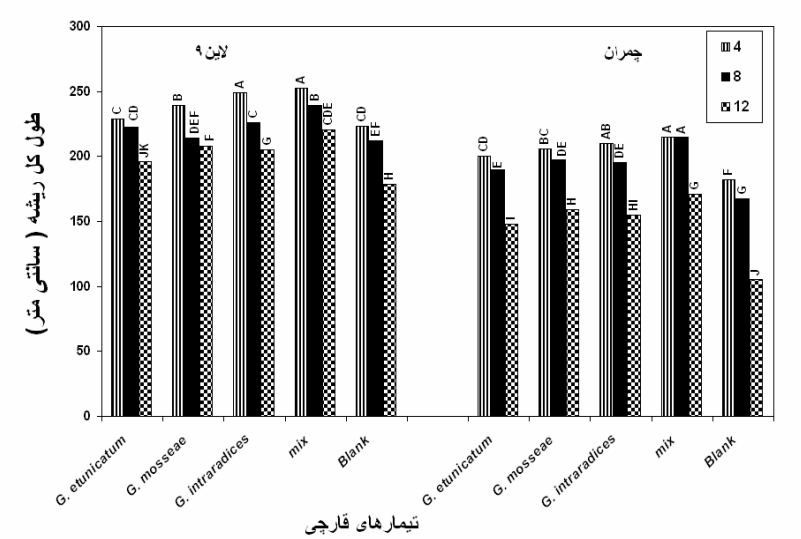
شکل ۶- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریزی در میزان جذب پتاسیم دو رقم گندم در سه سطح شوری



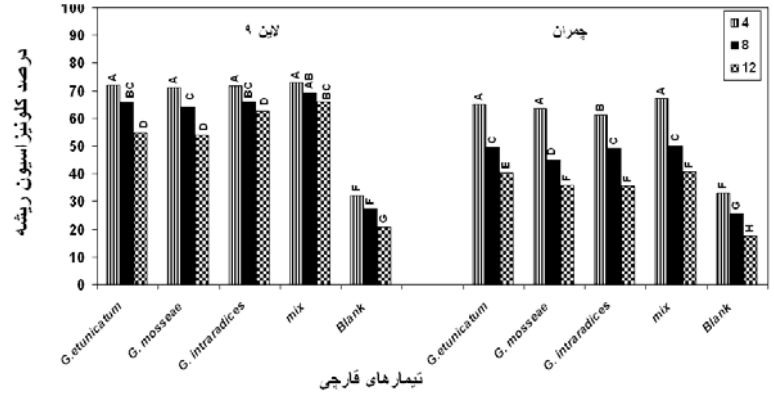
شکل ۷- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریزی در میزان جذب کلسیم دو رقم گندم در سه سطح شوری

www.SID.ir

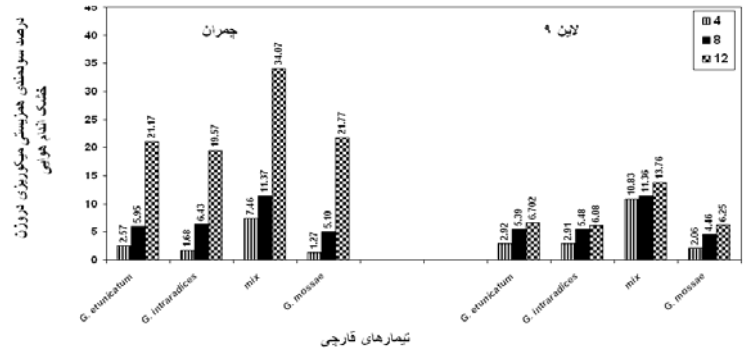
Archive of SID



شکل ۸- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریز آربسکولار در طول کل ریشه دو رقم گندم در سه سطح شوری



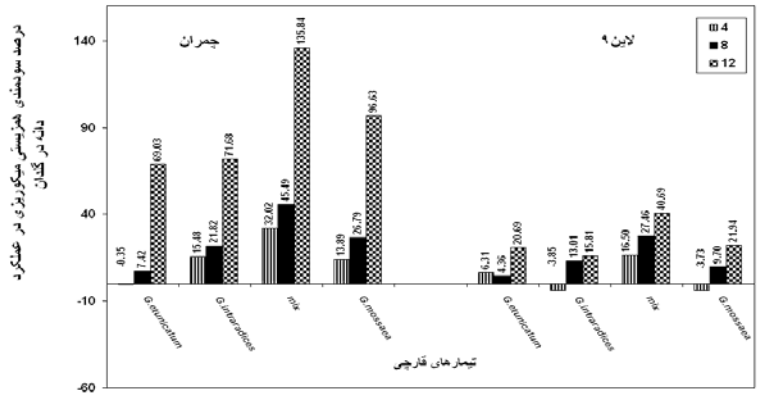
شکل ۹- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریزی بر درصد کلونیزاسیون دو رقم گندم در سه سطح شوری



شکل ۱۰- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریزی در درصد سودمندی وزن خشک اندام هوایی دو رقم گندم در سه سطح شوری

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۱- تأثیر تیمارهای مختلف قارچهای میکوریزی بر درصد سودمندی عملکرد دانه در گلدان دو رقم گندم در سه سطح شوری

فهرست منابع

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روشهای تجزیه گیاه جلد اول، نشریه شماره ۹۸۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۲. رجالی، ف. ۱۳۸۲. تهیه مایه تلقیح قارچ های میکوریز آربسکولار به روش درون شیشه‌ای و بررسی اثر آن در افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه گندم با تنش خشکی، پایان نامه دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۱ ص. تهران، ایران.

۳. علی احیائی، م.، و بهبهانی زاده، ع. ۱۳۷۲. شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک، جلد اول، نشریه شماره ۸۹۳، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۴. میقانی، ف و ابراهیم زاده، ح. ۱۳۸۱. اثر تنش شوری بر متابولیسم پرولین در دو رقم گندم، مجله رستنیها، جلد ۳: ۹۴-۸۷.

5. Al-Karaki, G. N. 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subseqent performance under irrigation with saline water. Scientia Horticalturae, 109: 1-7.
6. Auge, R.M., Schenkel, K. A. and Wapple, R. L. 1986. Osmotic adjustment in leaves of VAM mycorrhizal and non-mycorrhizal rose plants in response to drought stress. Plant Physiology,82:765-770.
7. Baon, J. B., Smith, S. E. and Alston, A. M. 1993. Mycorrhizal responses of barly cultivars differing in P efficiency.Plant and Soil.157:97-105.
8. Bates, L. S. 1973. Rapid determination of Proline for water stress studies. Plnd and Soil, 39: 205-297.
9. Feng, G., Li, X., Zhang, F. and Li, S. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. Mycorrhiza ,12:185-190.
10. Gholipoor, M., Soltani, A., Shekari, F. and Shekari, F. B. 2005. Effects of salinity on water use efficiency and its components in chickpea *(Cicer arietinum* L.). Acta Agronomica Hungaria Journal., 50: 127-134.
11. Giovannetti, M. and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots New Phytologist, 84: 489-500.
12. Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, G. 2003. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and salinity on growth, biomass, and mineral nutrition of *Acacia auriculiformis.* Biology and Fertility of Soils, 38: 170-175.
13. Giri, B., Kapoor, R. and Mukerji, G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza, 14: 307-312.
14. Gorham, J., Budrewiez, E., Mac Donnell, E. and Wyn Jones, R. G. 1986. Salt tolerance on the Triticeae: Salinity-induced changes in leaf solute composition of some perennial plant. Journal of. Experimental. Botany. 37: 1117-1128.

www.SID.ir

Archive of SID

15. Jenschke, G., Brandes, B., Kuhn, A. J., Schoder, W. H., Becker, J. S. and Godlbdd, D. L. 2000. The mycorrhizal fungus *Paxillus volutes* to Norway *Spruce* seedlings. Evidence from stable isotope labeling. Plant and Soil, 220: 243-246.
16. Jindal, V., Atwal, A., Sekhon, B. S. and Singh, R. 1993. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizae on metabolism of plants under NaCl salinity. Plant Physiology and. Biochemistry., 31: 475-481.
17. Kafi, M., Stewart, W. S. and Borland, A. M. 2003 Carbohydrate and praline contents in leaves, roots and apices of salt- tolerant and salt – sensitive wheat cultivar. Russian Journal of Plant Physiology., 50:155-162.
18. Li, M., Liu, R., Christie, P. and Li, X. 2005. Influence of three arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth and nutrient status of Taro. Communication on Soil Science and Plant analysis, 36: 2383-2396.
19. Marsh, B, a'B. 1971. Grindline- intersect method for Root length. Journal of. Applied. Ecology., 8: 265-267.
20. Mohammad, M. J., Pan, W. L. and Kennedy, A.C. 1998. Seasonal mycorrhizal colonization of winter wheat and its effect on wheat growth under dryland field conditions. Mycorrhiza, 8: 139-144.
21. Pettygrove, G. S., Wick, C. M., Williams, J. F., Scardaic, S. C., Brandon, D. M. and Hill, J. E. 1994. Monitoring rice nitrogen status with a chlorophyll meter. Agronomy Fact Sheet Series, Department of Agronomy and Range Science, University of California, Davis.
22. Procel, R. and Ruiz-Lozano, J. M. 2004. Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation and oxidatives in soybean plants subjected to drought stress. Journal of . Experimental Botany., 55: 1743-50.
23. Rabie, G. H. and Almadini, A. M. 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants. African Journal of biotechnology, 4: 210-222.
24. Ruiz-Lozano, J. M., Azcon, R. and Gomes, M. 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal Glomus species in Lactuca plants. Physiologia Plantarum, 98: 767-772.
25. Sanchez, F. J., Manzanares, M., De Andres, E. F., Tenorio, J. L. and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crop Research. 59: 225-235.
26. Silveria, J. A., Viegas Rade, A., de Rocha, I. M., Moreira, A. C., Moreira Rade, A. and Oliveira, J. T. 2003. Proline accumulation and glutamine synthetase activity are increased by salt-induced proteolysis in Cashew leaves. Journal of Plant Physiology. 160: 115-23.
27. Winicon, I. 1998. New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plant .Annals of Bottany,82:703-710.

www.SID.ir