

تأثیر قارچ میکوریز و اسید سالیسیک بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیک گیاه ریحان (Ocimum basilicum L.) در شرایط تنش کم‌آبی

سمیه عقلمند¹، بهروز اسماعیل پور^{2*}، پیمان عباس‌زاده دهجی³، علی‌اشرف سلطانی طولارود⁴، پریسا جلیل‌وند⁵

تاریخ دریافت: 93/10/17 تاریخ پذیرش: 95/03/01

- 1- کارشناس ارشد باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی
 - 2- دانشیار گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی
 - 3- استادیار گروه علوم خاک دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
 - 4- استادیار گروه علوم خاک دانشگاه محقق اردبیلی
 - 5- کارشناس ارشد باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی
- * مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: behismaiel@yahoo.com

چکیده

تنش کم‌آبی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاربرد قارچ‌های میکوریزی و هورمون‌های گیاهی تعدیل‌کننده از سازوکارهای بنیادی در جهت کنترل تنش کم‌آبی می‌باشد. به این منظور یک آزمایش فاکتوریل به‌صورت گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح تنش کم‌آبی 100، 60 و 30 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه و مایه‌زنی گیاه ریحان با دو گونه قارچ میکوریز *Glomus fasciculatum* و *Glomus intraradices* و عدم مایه‌زنی با قارچ میکوریز و محلول‌پاشی گیاهان با اسیدسالیسیک در دو غلظت 100 و 200 میلی‌گرم در لیتر و شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) در دو مرحله بعد از اعمال تنش بود. نتایج نشان داد با افزایش شدت تنش کم‌آبی صفات رویشی، محتوای نسبی آب، هدایت روزنه‌ای و جذب فسفر کاهش و تجمع پرولین برگ و جذب پتاسیم افزایش یافت و تنش کم‌آبی بر درصد کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار تأثیر معنی‌داری نداشت. مایه‌زنی با قارچ میکوریز و محلول‌پاشی با اسیدسالیسیک شاخص‌های رشد رویشی و محتوای نسبی آب برگ را در شرایط تنش کم‌آبی افزایش داد. هدایت روزنه‌ای و جذب فسفر و پتاسیم در اثر مایه‌زنی با قارچ میکوریز افزایش یافت، بیشترین غلظت فسفر 0/446 و پتاسیم 3/14 درصد در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *G. fasciculatum* بدست آمد. به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مایه‌زنی با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و کاربرد اسیدسالیسیک می‌توانند نقش مؤثری در افزایش رشد و جذب عناصر غذایی گیاه ریحان در شرایط تنش کم‌آبی داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی، کلروفیل، محتوای نسبی آب، هدایت روزنه‌ای

Effects of Mycorrhizal Fungi and Salicylic Acid on Growth and Physiological Parameters of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Under Water Deficit Conditions

S Aghlmand¹, B Esmailpour^{2*}, P AbasszadehDahaji³, AA Soltani Toularoud⁴, P Jalilvand⁴

Received: 7 January 2015

Accepted: 21 May 2016

¹ M.Sc. Student, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

² Assoc. Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

³ Assist. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agricultural Science, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran

⁴ Assist. Prof., Dept. of soil Science, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

⁵ M.Sc. Student, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

*Corresponding author, Email: behsmail@yahoo.com

Abstract

Water deficit is one of the most important abiotic stresses which affects plant growth and yield. Application of the mycorrhizal fungi and plant hormones are fundamental for controlling of water deficit. For this purpose a factorial pot experiment based on completely randomized design with four replications was carried out. Experimental treatments included three levels of water deficit as 0.0, 40 and 70% of field capacity and inoculation of basil (*Ocimum basilicum* L.) plants with mycorrhizal fungi *Glomus intraradices* and *Glomus fasciculatum* and no inoculation and also foliar spraying of the plants with 100 and 200 mg L⁻¹ concentrations of salicylic acid and control plants sprayed with water, in two stages after exposing of plants to drought stress. Results indicated that by increasing the water deficit severity, the vegetative growth parameters, relative water content, stomatal conductance and phosphorus uptake were reduced and the proline accumulation and potassium uptake were increased, while drought stress had no significant effect on root colonization by mycorrhizal fungi. Fungal inoculation and salicylic acid foliar spraying both significantly increased the vegetative growth parameters and relative water content of plants. Stomatal conductance and phosphorus and potassium uptake were increased by mycorrhizal fungi inoculation. Maximum phosphorus and potassium concentrations (0.466 and 3.14 percent) were obtained in plants inoculated with *Glomus fasciculatum* respectively. In general, results of this research revealed that mycorrhizal fungi inoculation and salicylic acid foliar spraying could play important roles in enhancing of growth and nutrient uptake in basil plants under water deficit conditions.

Keywords: Chlorophyll, Growth and physiological indices, Proline, Relative water content, Stomatal onductance

مقدمه

40-60 سانتی متر است. برگ‌ها تخم مرغی یا سرنیزه‌ای است که در سطح تحتانی کرک دارند. امروزه به‌طور تجاری در کشورهای فرانسه، مجارستان، آمریکا

ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* L گیاهی علفی، یک‌ساله و متعلق به تیره نعناع است که دارای ساقه چهارگوش به صورت افراشته و منشعب به ارتفاع

بیشتر گیاهان دانه‌ای، و تقریباً تمام سبزی‌ها و میوه‌ها با قارچ‌های میکوریز همزیستی دارند که این همزیستی باعث افزایش جذب عناصر غذایی از خاک و به تبع آن افزایش رشد و محصول‌دهی گیاهان می‌شود (هی و نارا 2007). قارچ‌های میکوریز آربوسکولار از فراوان‌ترین قارچ‌ها در خاک‌های کشاورزی می‌باشند. این قارچ‌ها پنج تا 50 درصد زیست توده میکروبی خاک را تشکیل می‌دهند (ونگ و همکاران 2008). انتقال مواد بین سلول‌های کورتکس ریشه گیاه کلونیزه شده با قارچ و آربوسکول‌های قارچ، مهم‌ترین ویژگی همزیستی میکوریز آربوسکولار می‌باشد (زو و همکاران 2012). همزیست قارچی مواد کربوهیدراتی را عمدتاً به شکل ساکاروز از گیاه دریافت می‌کند و در عوض، آب و عناصر غذایی (به‌ویژه فسفر) را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (اسمیت و همکاران 2010). قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در سال‌های اخیر برای مقابله با کم‌آبی و تنش‌های کم‌آبی در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است (سونگ 2005) به این ترتیب که رابطه همزیستی میکوریزی از طریق اجتناب از خشکی، افزایش جذب عناصر فسفر و سایر عناصر ضروری برای رشد و توسعه گیاه، آنها را در مقابل تنش حفظ می‌کند (اوگه 2001). قارچ میکوریزی تنش آبی را کاهش داده و انتقال آب را در گیاهان افزایش می‌دهد. گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ میکوریز قادر به تحمل شرایط خشک‌تر خاک نسبت به گیاهان بدون میکوریز هستند (اسمیت و رید 1997). این تحقیق با هدف بررسی اثرات دو گونه قارچ میکوریزی و اسید سالیسیک (تنظیم کننده رشد) در مقاومت گیاه ریحان به کم‌آبی و همچنین مطالعه برهمکنش قارچ میکوریز و اسید سالیسیک در شرایط کم‌آبی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلخانه‌ای

این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با 4 تکرار در گلخانه انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل الف: تنش خشکی در سه

(کالیفرنیا)، هند، اسپانیا، مصر، پاکستان، اندونزی، مراکش و تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل کشت و کار می‌گردد. ریحان در بیشتر داروخانه‌ها به عنوان یک گیاه دارویی معرفی شده است. مواد مؤثره پیکره رویشی این گیاه اشتهاآور است و برای درمان نفخ و تقویت دستگاه گوارش استفاده می‌شود (امید بیگی 1379).

تنش کم‌آبی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و همچنین بهم خوردن تعادل هورمونی در گیاه می‌گردد (خلف الله و ابوغریب 2008). کم‌آبی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده‌ی غیرزنده رشد و عملکرد گیاهان محسوب می‌شود (ساجدی و رجالی 1390) که علاوه بر اثر منفی بر عملکرد، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها مخصوصاً تنش کمبود عناصر غذایی در گیاه می‌شود. تنش کم‌آبی در گیاه نیز همراه با بهم خوردن شیب پتانسیل آب، از دست رفتن فشار آماس، شکست تمامیت غشا و در نهایت از دست رفتن شکل طبیعی پروتئین‌ها است (کافی و مهدوی دامغانی 1381).

اسید سالیسیک یا اسید اورتو هیدروکسی بنزوئیک و ترکیبات متعلق به آن از مشتقات فنل‌های گیاهی می‌باشند که از جمله هورمون‌های گیاهی محسوب می‌شود (زاکای و راد وان 2011). این هورمون در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه از قبیل گلدهی، رشد و نمو، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها، جوانه زدن دانه، رسیدن میوه، گلیکولیز و تولید گرما نقش دارد (چن و همکاران 2007). همچنین اسید سالیسیک باعث کاهش آثار ناشی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی نظیر اشعه ماورای بنفش، کم‌آبی، شوری، گرما، سرما و فلزات سنگین می‌شود (هورواث و همکاران 2002). مکانیسم عمل اسید سالیسیک در برابر تنش‌ها به نقش آن در تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات دارای گونه‌های اکسیژن فعال در گیاه برمی‌گردد (شی و زو 2008).

درجه سلسیوس به مدت 48 ساعت خشک شد (آخوندی و همکاران 1385). سطح برگ پس از برداشت به وسیله دستگاه سطح سنج امدل ΔT انگلستان اندازه‌گیری شد. جهت تعیین مقدار نسبی آب برگ^۱، از فرمول زیر استفاده گردید (عبدالناصر 1998).

$$RWC = \frac{F_w - D_w}{T_w - D_w} \quad [1]$$

که در آن D_w وزن خشک، F_w وزن تر و T_w وزن تورم کامل می‌باشد.

اندازه‌گیری پرولین

بدین منظور از هر گیاه چندین برگ کاملاً توسعه یافته در سه تکرار برداشت شد. برای استخراج پرولین، 0/1 گرم برگ تر را با استفاده از دو میلی‌لیتر بافر استخراج در هاون چینی ساییده و مخلوط حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد، سپس داخل تیوپ دو میلی-لیتری ریخته شد و با سرعت 6000rpm در دمای 4 درجه سلسیوس به مدت 10 دقیقه سانتریفیوژ گردید. برای تعیین غلظت پرولین یک میلی‌لیتر از عصاره یاد شده در بالا داخل لوله فالکون ریخته شده، سپس دو میلی‌لیتر معرف ناین‌هیدرین و دو میلی‌لیتر اسیداستیک خالص به آن اضافه شد. سپس به مدت یک ساعت در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از خارج کردن نمونه‌ها از حمام آب جوش و خنک کردن آن‌ها، چهار میلی‌لیتر تولوئن به هر کدام از لوله‌ها اضافه شد و به مدت 15 تا 20 ثانیه ورتکس گردیدند. پس از تشکیل دو فاز جداگانه، فاز بالایی رنگی، با دقت جدا و در دستگاه اسپکتروفتومتری با طول موج 520 نانومتر اندازه‌گیری شد. پرولین در قسمت بالایی لوله به رنگ زرد متمایل به قرمز دیده شد. به کمک رسم منحنی و تهیه منحنی استاندارد غلظت پرولین تعیین و بر حسب میکروگرم بر گرم محاسبه شد (بییتس و همکاران 1973).

سطح 100، 60 و 30 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه، ب: دو گونه قارچ میکوریز *G. fasciculatum* و *G. intraradices* به صورت مایه‌زنی با خاک در بستر کاشت نشا و بستر اصلی، و اسید سالیسیک در دو سطح 100 و 200 میلی‌گرم در لیتر به صورت محلول-پاشی برگ‌ی در دو مرحله در فواصل زمانی دو هفته‌ای بعد از اعمال تنش کم‌آبی بود و محلول‌پاشی گیاهان شاهد با آب مقطر انجام شد.

بذر ریحان توده بومی شهر ری از پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی، اسیدسالیسیک از شرکت سیگما و دو گونه قارچ میکوریز از شرکت زیست فناوریان توران تهیه شد. برای تیمار قارچ میکوریزی، خاک و ماسه با نسبت اختلاط 2:1 در اتوکلاو (سه مرحله قرار دادن نمونه خاک به مدت یک ساعت درون اتوکلاو با در نیمه باز در طول 72 ساعت هر 24 ساعت یک بار (ماچادو و همکاران 2006) استریل شده سپس با دو گونه قارچ میکوریز *G. intraradices* و *G. fasciculatum* به میزان 50 گرم از هر گونه قارچ (با پتانسیل آلوده‌سازی 50 در هر 5 گرم مایه تلقیح) برای هر گلدان مایه‌زنی شد (برای نمونه‌های شاهد 50 گرم از نمونه قارچ که 3 بار اتوکلاو شده بود استفاده شد). نشا گیاهان که از قبل آماده شده بودند در مرحله 4 برگ‌ی به گلدان‌های حاوی 10 کیلوگرم مخلوط ماسه و خاک استریل شده کشت داده شدند. برای اعمال تنش کم‌آبی ابتدا آب قابل نگهداری در آزمایشگاه با رسم منحنی رطوبتی خاک محاسبه و سایر تیمارهای کم‌آبی بر مبنای آن محاسبه گردیدند. سه هفته بعد از کشت (مرحله 8 برگ‌ی) تیمارهای کم‌آبی بر گلدان‌ها اعمال شد. تعیین مقدار آب مورد نیاز برای هر تیمار تنش کم‌آبی، از طریق وزن نمودن گلدان‌ها انجام گرفت (جاکوب و کلارک 2002).

اندازه‌گیری پارامترهای رویشی

در این آزمایش صفات رویشی شامل ارتفاع بوته، وزن تر و خشک و سطح برگ اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه گیاهی در دمای 65

¹Leaf area meter

²Relative water content

تعیین هدایت روزنه‌ای

برای اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای از دستگاه پرومتر³ مدل SC-1 ساخت کشور آمریکا استفاده شد. برای این منظور از هر تیمار سه گیاه به صورت تصادفی انتخاب و روی هر گیاه یک برگ از قسمت میانی گیاه برای اندازه‌گیری استفاده شد، به طوری که برگ گیاه بین گیره دستگاه قرار گرفته و پس از 30 ثانیه میزان هدایت روزنه‌ای قرائت شد (بیات و همکاران 1390).

اندازه‌گیری پتاسیم و فسفر در اندام هوایی

میزان پتاسیم در عصاره تهیه شده با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (کنودسن و همکاران 1982) و فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مطابق روش کوتینی (1980) اندازه‌گیری شد.

سنجش شاخص سبزینگی

شاخص سبزینگی برگ‌ها به وسیله دستگاه کلروفیل‌سنج دستی مدل CCM200 اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این شاخص دو برگ از قسمت پایین، میانی و انتهای هر گیاه انتخاب و روی هر برگ نیز سه قسمت ابتدا، میانه و انتهای برگ جهت اندازه‌گیری شاخص سبزینگی استفاده شد، و میانگین این اعداد قرائت شده به عنوان میزان کلروفیل آن گیاه مد نظر قرار گرفت (یاداوا 1989).

درصد کلنیزاسیون ریشه

برای رنگ‌آمیزی ریشه‌ها از روش فلیپس و هایمن (1970) استفاده شد، به این ترتیب که ابتدا ریشه‌ها شسته شده و به قطعات یک سانتی‌متری برش داده شدند. جهت شفاف‌سازی ریشه‌ها به مدت 45 دقیقه در محلول هیدروکسید پتاسیم 10 درصد در بن ماری در حال جوش قرار داده شدند. سپس ریشه‌ها برای حذف هیدروکسید پتاسیم 3 بار با آب مقطر شسته شده و به مدت 3-5 دقیقه در محلول اسید کلریدریک یک درصد قرار گرفتند. برای رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها را در محلول 0/05 درصد آنیلین بلو (Anilinblue) در لاکتوفنل قرار داده و به مدت 45 دقیقه در بن ماری در حال جوش

قرار گرفتند. برای رنگ‌بری، ریشه‌ها در محلول لاکتوفنل یا اسید لاکتیک چندین بار شستشو داده شدند. به این ترتیب، اندام‌های قارچی به رنگ آبی در داخل ریشه‌های شفاف شده قابل مشاهده گردیدند. برای اندازه‌گیری درصد کلنیزاسیون ریشه صد قطعه یک سانتی‌متری از ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده از هر تیمار را بر روی چهار لام میکروسکوپ قرار داده با اضافه کردن چند قطره محلول لاکتوگلیسیرون، ریشه‌ها با لامل پوشانده شدند. با بررسی‌های میکروسکوپی با بزرگنمایی (250X) برای هر قطعه 1 سانتی‌متری ریشه درصد کلنیزاسیون تعیین و میانگین درصد کلنیزاسیون قطعات ریشه‌ای در هر تیمار محاسبه گردید (نوریس و همکاران 1992، رجالی و همکاران 1385).

تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های مربوط به آزمایش‌های مختلف در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS9.1 تجزیه و مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر تیمار تنش کم‌آبی و همچنین قارچ و اسید سالیسیلیک بر صفات ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، تعداد برگ، سطح برگ، محتوی نسبی آب، هدایت روزنه‌ای، شاخص سبزینگی، غلظت فسفر، پتاسیم و پرولین در سطح 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 1). اثر متقابل تیمار تنش کم‌آبی و تیمار قارچ و اسید سالیسیلیک بر صفات ارتفاع بوته، سطح برگ، محتوی نسبی آب و شاخص سبزینگی در سطح 1 درصد معنی‌دار بود و بر صفات وزن خشک برگ و هدایت روزنه‌ای تأثیر معنی‌داری نداشت.

³Porometer

ارتفاع ساقه

بیشترین ارتفاع ساقه در تیمار شاهد در 100 درصد ظرفیت مزرعه با 75/3 سانتی‌متر مشاهده شد. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش کم‌آبی و تیمار قارچ و اسید سالسیلیک بر ارتفاع بوته نشان داد که بیشترین و کم‌ترین ارتفاع تحت تنش 60 و 30 به ترتیب مربوط به گیاهان محلول‌پاشی شده با غلظت 200 میلی‌گرم درلیتر از اسیدسالسیلیک و گیاهان شاهد بود (جدول 2). در این پژوهش اعمال تنش کم‌آبی و افزایش این تنش به‌طور معنی‌داری باعث کاهش ارتفاع ساقه گردید. بیسمیلاخان و همکاران (2001) نیز گزارش کردند که ارتفاع ساقه نرت به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش آبی قرار گرفت و با افزایش سطح تنش طول ساقه کاهش پیدا کرد. خلید (2006) بر این عقیده بود که رشد کم، یک حالت سازگاری برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است، به این دلیل که گیاه، مواد غذایی و انرژی را به جای استفاده برای رشد شاخساره، به سمت مولکول‌های نگهداری‌کننده در برابر تنش، هدایت می‌کند. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که کاربرد اسید سالسیلیک و قارچ‌های میکوریز باعث افزایش ارتفاع ساقه نسبت به شاهد گردید. افزایش ارتفاع گیاه در تیمار با اسید سالسیلیک که در این تحقیق مشاهده شد با نتایج سنارتنا و همکاران (2000) مطابقت داشت که گزارش کردند غلظت‌های 0/1 و 0/5 میلی‌مولار اسید سالسیلیک و استیل اسید سالسیلیک به‌طور موثری گیاهان گوجه فرنگی و لوبیا را در برابر تنش کم‌آبی محافظت کرده و در نهایت باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان در این شرایط گردیدند. همچنین گوتایرز کورونادو و همکاران (1998) گزارش کردند استفاده از اسید سالسیلیک ارتفاع بوته سویا را افزایش داد. شاکیرووا و همکاران (2003) گزارش کردند اسید سالسیلیک تقسیم سلول‌های مریستمی گیاهچه گندم را افزایش داده و ارتفاع گیاه را بهبود می‌بخشد. مایه‌زنی گیاهان با قارچ میکوریز آربوسکولار ارتفاع ساقه را در شرایط تنش کم‌آبی 60 و

30 درصد ظرفیت مزرعه افزایش داد. راپارینی و همکاران (2008) دریافتند که تلقیح با قارچ میکوریز ارتفاع گیاه گوجه فرنگی را در شرایط تنش کم‌آبی افزایش داد، که دلیل آن افزایش آب و عناصر غذایی توسط هیف‌های قارچی اطراف ریشه بود. سطح برگ

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در بین تیمارهای به‌کار رفته روی گیاه ریحان تحت تنش 30 و 60 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه، بیشترین و کم‌ترین سطح برگ به‌ترتیب مربوط به گیاهان محلول‌پاشی شده با اسید سالسیلیک 200 میلی‌گرم در لیتر و شاهد بود (جدول 2). در شرایط بدون تنش نیز بیشترین سطح برگ مربوط به گیاهان محلول‌پاشی شده با غلظت 200 میلی‌گرم در لیتر اسید سالسیلیک بود. مارگاریتا و همکاران (2002) گزارش کردند که افزایش سطح برگ به تورژسانس برگ، دما و عوامل رشد بستگی دارد که همه آن‌ها به وسیله کم‌آبی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. ابراهام و همکاران (2008) در آزمایشی روی ارزن اظهار داشتند کاهش مقدار آب مورد نیاز در طول دوره رشد، موجب کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول گردید.

خان و همکاران (2003) گزارش کردند که کاربرد اسیدسالسیلیک، اسید استیل سالسیلیک و اسید جنتیسیک⁴ یا آنالوگ‌های دیگر اسید سالسیلیک، در برگ‌های گیاه نرت و سویا باعث افزایش سطح برگ و ماده خشک آن شد. اسید سالسیلیک از طریق حفظ سلامت سیستم ریشه‌ای در برابر تنش کم‌آبی میزان رشد آن را افزایش داده و باعث جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده که در نهایت منجر به افزایش رشد گیاه و تولید برگ‌های جدید شده و در نتیجه افزایش سطح برگ کل می‌گردد (بیات و همکاران 1390). نتایج نشان داد که هر چند مایه‌زنی گیاهان با قارچ‌های میکوریز باعث افزایش سطح برگ شد اما این افزایش معنی‌دار نبود

⁴Gentisic acid

پتانسیل آب برگ در شرایط تنش خشکی در این گیاهان شد که علت این امر تنظیم اسمزی بهتر در این گیاهان بود.

فسفر اندام هوایی

یافته‌های این تحقیق نشان داد که با افزایش تنش خشکی مقدار فسفر در اندام‌های هوایی گیاه ریحان کاهش یافت. تحت تنش کم‌آبی جذب مواد غذایی از طریق ریشه به دلیل کاهش حجم آب خاک و همچنین کاهش توزیع عناصر غذایی در بافت خاک کاهش می‌یابد؛ علاوه بر این انتقال مواد غذایی از ریشه‌ها به شاخه کاهش می‌یابد (هو و همکاران 2007). با توجه به مقایسه میانگین اثرات متقابل مشخص می‌شود که در بین تیمارهای به‌کار رفته روی گیاه ریحان، در شرایط بدون تنش گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *fasciculatum* G. بیشترین میزان فسفر (0/446 درصد) را داشتند که با میزان فسفر گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *intraradices* G. تفاوت معنی‌داری نداشت اما با گیاهان محلول‌پاشی شده با 100 و 200 میلی‌گرم در لیتر اسید سالسیلیک و گیاهان شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول 2). در تنش 60 درصد نیز بیشترین میزان فسفر مربوط به گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *fasciculatum* G. بود که با میزان فسفر گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *intraradices* G. تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین در این سطح تنش بین گیاهان محلول‌پاشی شده با اسید سالسیلیک 100 و 200 میلی‌گرم در لیتر و گیاهان شاهد از نظر میزان فسفر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در این تحقیق تحت شرایط تنش 30 درصد کم‌ترین میزان فسفر مربوط به گیاهان شاهد بود و بیشترین فسفر در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *fasciculatum* G. حاصل شد. ماهاور و آلوک (2000) گزارش کردند که مایه‌زنی پیاز با قارچ‌های میکوریز موجب افزایش معنی‌دار مقدار فسفر اندام هوایی نسبت به گیاهان مایه‌زنی نشده گردید.

(جدول 2). وو و زویا (2006) نشان دادند که گیاهچه‌های نارنگی تلقیح شده با قارچ میکوریز آربوسکولار نسبت به گیاهچه‌های بدون قارچ، تحت شرایط تنش و بدون تنش از سطح برگ بیشتری برخوردار بودند. محتوای نسبی آب

محتوای نسبی آب یکی از خصوصیات فیزیولوژیکی پاسخ دهنده به تنش کم‌آبی است که همبستگی خوبی با تحمل به کم‌آبی را نشان می‌دهد (کلوم و وزان 2003). با توجه به جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل در بین تیمارهای به‌کار رفته بر روی گیاه ریحان تحت سطوح تنش 30 و 60 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه، گیاهان تیمار شده با اسید سالسیلیک 200 میلی‌گرم در لیتر بیشترین محتوای نسبی آب برگ را داشتند و کم‌ترین مقدار آب موجود در برگ مربوط به گیاهان شاهد بود (جدول 2). خورشیدی و همکاران (1381) در یک آزمایش روی گیاه دارویی گشنیز گزارش کردند گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره آن‌ها کاهش یافته، که این امر باعث کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش می‌گردد. افزایش محتوای نسبی آب در اثر کاربرد اسید سالسیلیک که در این تحقیق مشاهده شد با یافته‌های اگراوال و همکاران (2005) مطابقت دارد، آنها گزارش کردند که تیمار گندم با اسید سالسیلیک میزان محتوای رطوبت نسبی را افزایش می‌دهد. سینگ و یوشا (2003) بیان کردند که بذور گندم تیمار شده با اسید سالسیلیک محتوای رطوبتی بالاتری را در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده در شرایط نرمال و تنش داشتند. در این تحقیق کاربرد قارچ‌های میکوریز نیز در شرایط تنش 60 و 30 درصد ظرفیت مزرعه باعث افزایش محتوای نسبی آب در گیاهان شد. تاثیر کاربرد قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر بهبود روابط آبی گیاهان به اثبات رسیده است. وو و همکاران (2007) گزارش کردند که مایه‌زنی نهال‌های نارنج با قارچ میکوریز آربوسکولار باعث افزایش محتوای آب نسبی و

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر تیمار تنش کم آبی و تیمار قارچ و اسید سالیسیلیک بر صفات رویشی، فیزیولوژیکی و برخی عناصر غذایی گیاه ریحان.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات											
		ارتفاع بوته	وزن برگ	وزن خشک برگ	تعداد برگ	سطح برگ	محتوای نسبی آب	هدایت روزنه‌ای	شاخص سبزیگی	فسفر	پتاسیم	پروئین	کلورین
تنش کم آبی	۲	۸۲۷ ^{ns}	۶۹۳۷ ^{ns}	۲۹۵ ^{ns}	۳۶۹۰۹۱ ^{ns}	۸۲/۹ ^{ns}	۰/۵۷ ^{ns}	۱۰۵۳ ^{ns}	۱۹۳ ^{ns}	۰/۰۷۹ ^{ns}	۲/۵۷ ^{ns}	۰/۰۰۱۱ ^{ns}	۱۰۰۹ ^{ns}
قارچ و اسید	۴	۲۸/۴ ^{ns}	۲۰۳۳ ^{ns}	۵۲/۶ ^{ns}	۰۰۳۱۱۷۶	۵/۷۳ ^{ns}	۰/۰۰۸۰ ^{ns}	۱۹۸۱ ^{ns}	۶۸/۱۶	۰۰۱۸۰ ^{ns}	۰۰۳۷/۱	۰/۰۰۰۳۰۰ ^{ns}	۰۰۰۷/۳۱
قارچ و اسید × کم آبی	۸	۲۰/۷ ^{ns}	۱۰۰۸ ^{ns}	ns	۰۰۱۸۷۶۴	۳/۳۸	۰/۰۰۳۰ ^{ns}	۱۸۷۴/۶	۰۰۰۲۹۰۰ ^{ns}	۰۰۱۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰ ^{ns}	۰۰۰۷/۸
اشتباه آزمایشی	۲۰	۴/۳۲	۷۵/۱	۴/۰۰	۳۷۳۳	۱۵/۰	۰/۰۰۰	۶/۳۱	۶۸/۱	۷۴۶/۰	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۰	۳/۵۱
ضریب تغییرات %		۳/۲۵	۱۷/۴	۱۴/۰	۸/۴۱	۸/۷	۶/۲۰	۱۱/۳	۶۷/۳	۰۰۷/۸	۶/۸۱	۸/۸۷	۱۲/۵

ns و ** به ترتیب نمایانگر غیر معنی دار بودن و تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد می باشد.

تیندالیزیشن (سه مرحله قرار دادن نمونه خاک به مدت یک ساعت درون اتوکلاو با در نیمه باز در طول 72 ساعت هر 24 ساعت یک بار) استفاده کردیم. در روش تیندالیزیشن درب اتوکلاو باز است و فشار بخار زیاد نمی‌شود و احتمالاً بخار آب نتوانسته به تمام منافذ خاک نفوذ کند و اسپور قارچ‌های میکوریزی را در خاک از بین ببرد. همچنین در بعضی موارد کلونیزه شدن گیاهان با قارچ‌های ساپروفیت می‌تواند در بررسی کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزی اشکال وارد کند.

بررسی نتایج نشان داد که تنش آبی کم (60 درصد ظرفیت مزرعه) موجب افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه گیاهان در مقایسه با شرایط بدون تنش شد (جدول 2). خلوتی و همکاران (2005) در تحقیقات خود بر روی گیاه جو به این نتیجه دست یافتند که درصد کلونیزاسیون ریشه در شرایط تنش بسیار بیشتر از شرایط کنترل بوده و قارچ میکوریز *Glomus mosseae* سبب افزایش جذب آب و مقدار فسفر اندام هوایی در شرایط کم‌آبی گردید. در این پژوهش با افزایش شدت تنش (30 درصد ظرفیت مزرعه) درصد کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریز در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش جزئی داشت که از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. کاهش درصد کلونیزاسیون با افزایش سطح تنش احتمالاً به- علت کاهش در تندش اسپور و رشد هیف باشد. مرحله مهم‌تر پس از تندش اسپور، رشد هیف حاصل از تندش است که نقش اساسی در کلونیزاسیون ریشه ایفا می‌کند. به ظاهر رشد هیف بیشتر از تندش اسپور تحت تأثیر پتانسیل اسمزی قرار می‌گیرد (علی اصغرزاد 1376). در این تحقیق گیاهان مایه زنی شده با قارچ *G. fasciculatum* نسبت به گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *G. intraradices* درصد کلونیزاسیون بالاتری را دارا بودند. افزایش درصد کلونیزاسیون در یک گونه قارچی نسبت به گونه دیگر، به گونه گیاهی و نوع قارچ بستگی دارد و حتی ایزوله‌های یک گونه که از مناطق مختلف

باقری و همکاران (1390) گزارش کردند که رشد رویشی و جذب عناصر فسفر و روی در گیاهان پسته همزیست با میکوریز نسبت به شاهد غیرمیکوریزی بیشتر بود. علی‌اصغرزاد (1376) بیان کرد که بیشترین اثر بخشی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در جذب عناصر غذایی به خصوص فسفر برای گیاه است. در شرایط تنش کم‌آبی در انتقال مواد غذایی در گیاه اختلال ایجاد می‌شود اما برخی از قارچ‌های مفید خاکزی مانند میکوریز با تشکیل کلنی در ریشه و افزایش سطح جذب آب و مواد غذایی، تولید در گیاهان مزرعه تحت تنش را بهبود می‌بخشد (الکراکی و همکاران 2004). افزایش جذب عناصر غذایی عمدتاً به دلیل انتشار میسلیوم‌های قارچ کلنیزه‌کننده بافت‌های درونی ریشه و تشکیل یک سیستم مکمل جذب در سیستم ریشه‌ای گیاه است که بهره‌گیری از حجم بیشتر خاک را ممکن می‌سازد که ریشه‌های تغذیه‌کننده به آن دسترسی ندارند (علیزاده 1386). مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان می‌دهد که تیمار با اسید سالیسیک موجب افزایش میزان فسفر گیاه شد (جدول 2). طوری که در سطوح رطوبتی 100 و 30 درصد ظرفیت مزرعه گیاهان محلول‌پاشی شده با اسید سالیسیک 100 و 200 میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش معنی‌دار میزان فسفر در گیاهان در مقایسه با شاهد شد. نورن و اشرف (2008) گزارش کردند که اثر بهبودی اسیدسالیسیک بر رشد گیاهان تحت تنش غیرزیستی می‌تواند به نقش آن در جذب مواد غذایی، ارتباط آبی، تنظیم روزه‌ای، نرخ فتوسنتز و مقدار کلروفیل مربوط باشد.

درصد کلونیزاسیون ریشه

داده‌های جدول 2 نشان می‌دهد دامنه کلونیزاسیون در تیمارهایی که با قارچ تلقیح نشده‌اند بین 3/50 تا 6/30 درصد متغییر است که می‌تواند دلیلی بر عدم استریل کامل خاک باشد. با توجه به اینکه اتوکلاو کردن خاک در دمای 121 درجه سلسیوس و فشار 1/2 اتمسفر می‌تواند تأثیر نامطلوب بر مواد آلی و ساختمان خاک داشته باشد، در این تحقیق از روش

جمع‌آوری شده باشند از نظر درصد کلونیزاسیون اختلاف دارند (غلامی و کوچکی 1380).

وزن تر و خشک و تعداد برگ

تنش خشکی باعث کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی و تعداد برگ گردید، طوری که بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و تعداد برگ در شرایط آبیاری کامل حاصل شد (جدول 3). تأثیر تنش کم‌آبی بر کاهش ماده خشک گیاهان را می‌توان این گونه بیان داشت که به طور کلی کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم شدن ذخیره کربن و کاهش ماده خشک می‌باشد (هو و اسپیمیده‌التر 2005). حسنی و امیدبیگی (1381) گزارش کردند که با کاهش مقدار آب خاک، شاخص وزن خشک برگ‌های ریحان، کاهش یافت. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمار قارچ و

اسید نشان داد که در بین تیمارهای به کار رفته روی گیاه ریحان، بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و تعداد برگ در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *G.fasciculatum* حاصل شد و کم‌ترین وزن تر و خشک اندام هوایی و تعداد برگ در گیاهان شاهد به دست آمد (جدول 3). قربانیان و همکاران (2008) دریافتند که وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه ذرت (*Zea mays* L) در نتیجه همزیستی با قارچ میکوریز (جنس گلوموس) در شرایط تنش کم‌آبی افزایش یافت. از آنجایی که تحرک عناصر غذایی در شرایط تنش کم‌آبی پایین می‌باشد، قارچ میکوریز آربوسکولار می‌تواند تأثیر زیادی روی رشد و نمو اندام‌های گیاه در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به شرایط آبیاری نرمال داشته باشد (بومسما و وین 2008).

جدول 2- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش کم‌آبی و تیمار قارچ میکوریز و اسید سالسیلیک بر شاخص‌های رویشی ریحان، غلظت فسفر و درصد کلونیزاسیون.

تنش کم‌آبی (ظرفیت مزرعه)	صفت	ارتفاع بوته cm pot ⁻¹	سطح برگ cm ² pot ⁻¹	محتوای نسبی آب	فسفر	کلونیزاسیون ریشه %
	تیمار					
100	شاهد	75/3 ^a	12/0 ^a	0/82 ^a	0/298 ^{e-h}	4/20 ^c
	SA ₁₀₀	68/6 ^c	12/2 ^a	0/76 ^b	0/378 ^b	5/30 ^c
	SA ₂₀₀	72/4 ^b	12/6 ^a	0/77 ^{ab}	0/365 ^{bc}	3/80 ^{cd}
	G.f	68/9 ^c	9/63 ^b	0/76 ^{ab}	0/446 ^a	25/8 ^{ab}
	G.i	67/2 ^c	8/99 ^{bc}	0/75 ^b	0/429 ^a	22/3 ^b
	شاهد	61/0 ^{ef}	7/63 ^{d-f}	0/36 ^h	0/274 ^{g-i}	6/20 ^c
60	SA ₁₀₀	63/0 ^e	8/26 ^{c-e}	0/64 ^{de}	0/299 ^{e-h}	6/30 ^c
	SA ₂₀₀	66/2 ^{cd}	8/88 ^{bc}	0/73 ^{bc}	0/308 ^{e-g}	4/50 ^c
	G.f	63/9 ^{de}	8/43 ^{cd}	0/69 ^{cd}	0/351 ^{b-d}	30/4 ^a
	G.i	61/7 ^{ef}	7/77 ^{d-f}	0/63 ^e	0/331 ^{c-e}	31/3 ^a
	شاهد	55/8 ^h	6/73 ^f	0/23 ⁱ	0/139 ^k	6/70 ^c
	SA ₁₀₀	57/4 ^{gh}	7/23 ^{ef}	0/46 ^{fg}	0/181 ^j	5/20 ^c
30	SA ₂₀₀	59/7 ^{fg}	7/51 ^{d-f}	0/51 ^f	0/259 ^{hi}	3/50 ^{cd}
	G.f	58/6 ^{fgh}	7/32 ^{d-f}	0/49 ^{fg}	0/315 ^{d-g}	23/3 ^{ab}
	G.i	58/6 ^{gh}	7/02 ^f	0/46 ^g	0/283 ^{f-i}	22/2 ^b

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد می‌باشند.

SA₂₀₀ و SA₁₀₀ به ترتیب معرف غلظت‌های 100 و 200 میلی‌گرم بر لیتر اسید سالسیلیک و G.f و G.i به ترتیب معرف قارچ‌های میکوریز *G.intraradices* و *G.fasciculatum* می‌باشند.

میکوریز آربوسکولار باعث افزایش هدایت روزنه‌ای ولی کاربرد اسید سالیسیک تأثیر معنی‌داری بر هدایت روزنه‌ای نداشت. بیشترین هدایت روزنه‌ای در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *G. fasciculatum* مشاهده شد (جدول 3). دوان و همکاران (1996) در آزمایشی گلخانه‌ای با بررسی تأثیر مایه‌زنی قارچ *G. intraradices* بر لوبیا چشم بلبلی تحت شرایط تنش کم-آبی دریافتند در شرایط کمبود آب، هدایت روزنه‌ای گیاهان مایه‌زنی شده نسبت به شاهد بیشتر بود. در رطوبت کم خاک غلظت اسید آبسزیک شیره آوندی و میزان تحویل آن به برگ‌ها در گیاهان میکوریزی کمتر از شاهد بود. آن‌ها هدایت روزنه‌ای بیشتر در گیاهان میکوریزی را ناشی از این پدیده دانستند.

شاخص سبزی‌نگی

با توجه به جدول مربوط به مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش (جدول 4) مشخص گردید که با افزایش تنش خشکی شاخص سبزی‌نگی در برگ گیاهان ریحان کاهش یافته است و بیشترین شاخص سبزی‌نگی (36/6) در گیاهان در آبیاری کامل یافت شد و کمترین میزان شاخص سبزی‌نگی (31/5) نیز در شرایط تنش 30 درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد. کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش کم‌آبی که در این آزمایش مشاهده شد با نتایج یافته‌های عبدالجلیل و همکاران (2008) مطابقت دارد آنها نیز گزارش کردند که تنش خشکی مقدار کلروفیل گیاه پروانش را کاهش داد. حسنی و امیدبیگی (1381) و اصلانی و همکاران (1390) نیز اظهار داشتند که تنش آبی اثر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل ریحان داشت، به طوری که با کاهش مقدار آب خاک، مقدار کلروفیل *a*، *b* و کلروفیل کل کاهش یافت. کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش خشکی ممکن است به علت افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردد (وایز و نایلور 1989). نتایج نشان داد که مایه‌زنی گیاهان با قارچ میکوریزی و محلول پاشی

یکی از مهم‌ترین سازوکارها در ارتباط با تأثیر قارچ میکوریز بر رشد رویشی گیاهان، نقش آن بر جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک است (عبدالحافظ و عبدل مونسیف 2006). در این پژوهش نتایج نشان داد که تیمار اسید سالیسیک نیز باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام هوایی و تعداد برگ شد (جدول 3). کوکماز و همکاران (2007) گزارش کردند که استفاده از غلظت‌های 1-0/1 میلی-مولار اسید سالیسیک به صورت خیساندن بذری و اسپری برگ بر روی دانه‌های خربزه، اثرات تنش کم‌آبی را در این گیاه کاهش داد. اسید سالیسیک از طریق افزایش هورمون‌های تنظیم کننده رشد از جمله اکسین‌ها و سیتوکنین‌ها باعث کاهش اثرگذاری‌های تنش‌های محیطی می‌شود (شاکیرو و آ و همکاران 2003). هامادا و الحکیمی (2001) گزارش کردند پیش تیمار بذرهای گندم با اسید سالیسیک، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ساقه و برگ‌ها را تحت شرایط کم‌آبی و شوری افزایش می‌دهد.

هدایت روزنه‌ای

نتایج جدول تجزیه واریانس بیانگر تأثیر تیمار تنش کم-آبی و تیمار قارچ و اسید سالیسیک بر هدایت روزنه‌ای در سطح 1 درصد می‌باشد (جدول 1). نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین اثر اصلی تنش (جدول 3) نشان داد که با افزایش شدت تنش، هدایت روزنه‌ای کاهش یافت، به طوری که بیشترین (29/8) و کمترین میزان هدایت روزنه‌ای (15/7) به ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل (100 درصد رطوبت ظرفیت مزرعه) و تنش شدید (30 درصد) به دست آمد. یانگ و همکاران (2007) و نیز عبدالجلیل و همکاران (2009) گزارش کردند که با افزایش شدت تنش، افزایش محدودیت روزنه‌ای منجر به بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز می‌گردد. در اثر تنش کم‌آبی میزان آبسزیک اسید در برگ‌ها افزایش پیدا می‌کند که باعث بسته شدن روزنه‌ها و جلوگیری از هدر رفت آب می‌شود. در این تحقیق همزیستی با قارچ

ذرت گردید که با نتایج یافته‌های این آزمایش مطابقت دارد. یکی از مهم‌ترین سازوکارها تأثیر قارچ‌های میکوریزی بر جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاهان است (باقری و همکاران 1390). افزایش جذب این عناصر می‌تواند نقش موثری بر افزایش کلروفیل گیاه داشته باشد.

گیاهان با اسید سالسیلیک باعث افزایش شاخص سبزیگی گیاهان شد (جدول 4). بیشترین شاخص سبزیگی (36/6) در گیاهان تیمار شده با اسید سالسیلیک 200 میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. سینها و همکاران (1993) گزارش کردند که اسید سالسیلیک باعث افزایش محتوی کلروفیل و کاروتنوئید در گیاه

جدول 3- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش کم‌آبی، قارچ میکوریز و اسید سالسیلیک بر صفات رویشی ریحان.

صفت	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	تعداد برگ	هدایت روزنه‌ای	تیمار
		g pot^{-1}		$(\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1})$	
تنش کم‌آبی (ظرفیت مزرعه)	65/8 ^a	17/0 ^a	519 ^a	29/8 ^a	100
	48/80 ^b	12/8 ^b	405 ^b	21/8 ^b	60
	34/3 ^c	10/0 ^c	324 ^c	15/7 ^c	30
اسید سالسیلیک	56/2 ^b	13/9 ^b	450 ^b	20/0 ^c	SA ₁₀₀
	58/8 ^{ab}	14/9 ^{ab}	460 ^{ab}	20/0 ^c	SA ₂₀₀
قارچ میکوریز	64/4 ^a	16/3 ^a	507 ^a	26/7 ^a	Gf
	60/1 ^{ab}	15/6 ^{ab}	480 ^{ab}	23/9 ^b	Gi
شاهد	38/1 ^c	10/9 ^c	322 ^c	20/1 ^c	

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد می‌باشند.

SA₁₀₀ و SA₂₀₀ به ترتیب معرف غلظت‌های 100 و 200 میلی‌گرم بر لیتر اسید سالسیلیک و G.f و G.i به ترتیب معرف قارچ‌های میکوریز *G.intraradices* و *G.fasciculatum* می‌باشند.

پتاسیم اندام هوایی

مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول 4) بیان‌گر این است که با افزایش شدت تنش کم‌آبی مقدار پتاسیم افزایش معنی‌داری یافت، به طوری که بیشترین میزان پتاسیم (2/51 درصد) در گیاهان تحت تنش خشکی 30 درصد وجود داشت و در دو تیمار بعدی یعنی سطوح تنش 60 درصد و بدون تنش (آبیاری کامل) میزان پتاسیم به ترتیب برابر با 2/24 و 1/82 درصد وزن بافت خشک بود. بروز تنش کم‌آبی باعث افزایش جذب پتاسیم گردید که علت این امر را سازوکار جذب فعال این یون دانسته‌اند. در هنگام تنش کم‌آبی گیاه با مصرف انرژی، غلظت شیره سلولی را در سلول‌های ریشه و اندام‌های هوایی خود را بر خلاف پدیده انتشار

بالا برده و به این طریق مقاومت به کم‌آبی افزایش می‌یابد. افزایش جذب پتاسیم باعث تأثیر مثبت در فتوسنتز، افزایش رشد، افزایش سرعت انتقال مواد فتوسنتزی، افزایش بیشتر پروتئین، تنظیم باز و بسته شدن روزنه، کاهش تعرق و افزایش جذب آب به وسیله گیاه می‌گردد (ساجدی و همکاران 1389). آخوندی و همکاران (1385) گزارش نمودند که تنش اسمزی موجب افزایش معنی‌دار غلظت عناصر پتاسیم در اندام‌های هوایی گیاه یونجه شد. ماتیونی و همکاران (2001) گزارش کردند که تجمع عناصر پتاسیم و کلسیم سبب افزایش مقاومت به خشکی در گیاه می‌شود و این تجمع در تنش‌های ملایم خشکی مؤثر است. مقایسه میانگین اثر اصلی تیمار (جدول 4) نمایان‌گر آن است که قارچ میکوریز

غذایی از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک است (باقری و همکاران 1390). نتایج تحقیق وو و زیا (2006) نشان داد در گیاهچه‌های آمیخته شده با قارچ میکوریز آربوسکولار سطوح پتاسیم و کلسیم در برگ‌ها بیشتر از گیاهچه‌های بدون قارچ بود ولی این تفاوت‌ها تنها در شرایط تنش آبی معنی‌دار بود. سطوح پتاسیم و کلسیم در برگ‌ها و ریشه‌های نارنج سه برگ (Poncirus trifoliata) تلقیح شده با قارچ میکوریز بیشتر از مقدار آن‌ها در ریشه‌ها و برگ‌های گیاهان بدون قارچ بود.

آربوسکولار باعث افزایش میزان پتاسیم بخش هوایی گیاه در شرایط تنش شد. به طوری که بیشترین مقدار (3/14 درصد) برای این صفت مربوط به گیاهان تلقیح شده با قارچ *G. fasciculatum* بود که با گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *G. intraradices*، گیاهان محلول‌پاشی شده با اسید سالیسیلیک 100 و 200 میلی‌گرم در لیتر و گیاهان شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند. سازوکارهای مختلفی در ارتباط با تأثیر قارچ میکوریز بر رشد رویشی گیاهان ذکر شده است. یکی از مهم‌ترین این سازوکارها، تأثیر قارچ میکوریز بر جذب عناصر

جدول 4- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش کم‌آبی، قارچ میکوریز و اسید سالیسیلیک بر صفات فیزیولوژیکی ریحان.

صفت	شاخص	پتاسیم (%)	پرولین (mg در وزن تر)	تیمار
				100
				60
				30
				SA ₁₀₀
				SA ₂₀₀
				Gf
				Gi
				شاهد

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد می‌باشند.

SA₁₀₀ و SA₂₀₀ به ترتیب معرف غلظت‌های 100 و 200 میلی‌گرم بر لیتر اسید سالیسیلیک و G.f و G.i به ترتیب معرف قارچ‌های میکوریز *G.fasciculatum* و *G.intraradices* می‌باشند.

پرولین

جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول 4)

نشان داد که تنش رطوبتی باعث افزایش معنی‌دار پرولین در گیاهان شد. مایه‌زنی گیاهان باعث کاهش تولید پرولین در گیاهان شد و کمترین مقدار پرولین در گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ *G.intraradices* مشاهده شد. وو و همکاران (2007) گزارش کردند که برگ‌های گیاه نارنج سه برگ حاوی قارچ آربوسکولار پرولین کمتری نسبت به برگ‌های گیاهان بدون قارچ تحت شرایط آبیاری کامل و تنش

خشکی داشتند که این ممکن است به دلیل مقاومت بیشتر نهال‌های حاوی قارچ به خشکی یا آسیب کمتر آنها تحت شرایط خشکی باشد. معمولاً گیاهان میکوریزی با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون میکوریز، قادرند از شرایط تنش کم‌آبی به طور موقت فرار کنند و کمتر دچار آسیب شوند و در نتیجه میزان پرولین و قندهای محلول نسبت به گیاهان بدون میکوریز افزایش کمتری نشان می‌دهد (رویز و لازیانو 2003). محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش غلظت پرولین

در گیاه شد که این افزایش در سطح 200 معنی دار بود. در تنش آبی افزایش غلظت پرولین در اثر تجزیه پروتئین و افزایش سنتز پرولین صورت می‌گیرد (جوهری 2010) و میزان بیش از حد تجمع پرولین نشان از تجزیه گسترده پروتئین‌ها دارد. کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک در گیاهانی که در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند سبب تجمع پرولین می‌شود (شاکیرووا و بزروکووا 1997). هنگام تنش شوری و کم‌آبی در گیاهچه‌های گندم،

منابع مورد استفاده

- آخوندی م، صفرنژاد ع و لاهوتی م، 1385. اثر تنش خشکی بر تجمع پرولین و تغییرات عناصر در یونجه‌های یزدی، نیک‌شهری و رنجر. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد 10، صفحه‌های 156 تا 174.
- اصلانی ز، حسنی ع، صدقیانی م، سفیدکن ف و برین م، 1390. تأثیر دو گونه قارچ آربوسکولار مایکوریزا (*Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*) بر رشد، مقادیر کلروفیل و جذب فسفر در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum L*) تحت شرایط تنش کم آبی. فصل‌نامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد 27، شماره 3، صفحه‌های 471 تا 486.
- امیدبیگی ر، 1379. تولید و فرآوری گیاهان دارویی، جلد سوم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، 379 صفحه.
- باقری و، شمشیری م، شیرانی ح و روستا ح، 1390. اثر قارچ میکوریز آربوسکولار و تنش کم آبی بر رشد، روابط آبی، تجمع پرولین و قندهای محلول در نهال‌های دورقم پایه‌ای پسته اهلی (*Pistacia vera L*). مجله علوم باغبانی ایران، دوره 2، شماره 4، صفحه‌های 365 تا 377.
- بیات ح، مردانی ح، آرویی ح و سلورزی ی، 1390. تأثیر سالیسیلیک اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانه‌های خیار (*Cucumis sativus cv. Super Dominus*) تحت شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. جلد 18، شماره 3، صفحه‌های 63 تا 76.
- حسنی ع و امیدبیگی ر، 1381. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان. مجله دانش کشاورزی، شماره 3، صفحه‌های 47 تا 59.
- خورشیدی بنام م، رحیم‌زاده خویی ف، میرهادی س‌م‌ج و نورمحمدی ق، 1381. بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل رشد ارقام مختلف سیب زمینی، مجله علوم زراعی ایران، شماره 4، صفحه‌های 48 تا 59.
- رجالی ف، علیزاده ع، ملکوتی م، صالح‌راستین ن، خاوازی ک و اصغرزاده ا. 1385. تکثیر *Glomus intraradices* و تهیه مایه‌تلقیح آن قارچ به‌روش کشت درون شیشه‌ای. مجله علوم خاک و آب، جلد 20، صفحه‌های 273 تا 283.
- ساجدی ن‌ع و رجالی ف، 1390. تأثیر تنش کم‌آبی، کاربرد روی و تلقیح قارچ میکوریز بر جذب عناصر کم مصرف در ذرت. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، شماره 25، جلد 2، صفحه‌های 83 تا 91.
- ساجدی ن‌ع، اردکانی م، ساجدی ع و بهرامی ع، 1389. جذب برخی عناصر غذایی تحت تأثیر میکوریزا، سطوح مختلف روی و تنش کم‌آبی در ذرت. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد 8، شماره 5، صفحه‌های 784 تا 791.
- علی اصغرزاده، ن، 1376. میکروبیولوژی و بیوشیمی خاک (ترجمه). انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز، 425 صفحه.
- علیزاد اسکویی پ، علی اصغر زادن و باغبان ش، 1384. تأثیر قارچ‌های میکوریز و زیکولار آربوسکولار بر عملکرد و غلظت ویتامین میوه گوجه فرنگی در سطوح مختلف فسفر. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال 12، شماره 6، صفحه‌های 125 تا 134.

- علیزاده ا، 1386. اثر میکوریز در شرایط متفاوت رطوبت بر جذب عناصر غذایی در ذرت. مجله پژوهش در علوم کشاورزی، سال 3، شماره 53، صفحه‌های 97 تا 102.
- غلامی او، کوچکی ع، 1380. میکوریزا در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات دانشگاه شاهرود، شاهرود، 212 صفحه.
- کافی مع و مهدوی دامغانی م، 1381. مکانیسم‌های مقاومت به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، 467 صفحه.
- Abdelhafez AA and Abdel-Monsief RA, 2006. Effects of VAmycorrhizal inoculation on growth, yield and nutrient content of cantaloupe and cucumber under different water regimes. *Journal of Agriculture and Biological Sciences* 2(6): 503-508.
- Abdul Jaleel C, Manivannan P, Lakshamanan GM A, Gomathinayagam M and Panneerselvam R, 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces* 61: 298-303.
- Abdul Jaleel C, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Somasundaram R and Panneerselvam R, 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal Agriculture and Biology* 11: 100-105.
- Abdul-Naser A, 1998. Effects of inoculation *Glumus interaradices* on growth, nutrient uptake and metabolic activities of squash plants under drought stress condition. *Annuals of Agricultural, Science Cairo* 1:119-133.
- Abraham SS, Abdul Jaleel C, Chang Xing Z, SomasundaramR, Azooz M, Manivannan M and Panneerselvam R, 2008. Regulation of growth and metabolism b paclobutrazol and ABA in *Sesamum indicum* L. under drought condition. *Global Journal of Molecular Sciences* 3(2): 57-66.
- Afzal I, Basra SM Farooq M and Nawaz A, 2006. Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA., salicylic acid and ascorbic acid. *International Journal of Agriculture and Biology* 8: 23-28.
- Agarwal S, Sairam RK, Srivastava GC and Meena RC, 2005. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biologia Plantarum* 49(4): 541-550.
- AL-Karaki G, McMichael B and ZakJ, 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza* 14(4): 263-269.
- Auge RM, 2001. Water relation drought and vesicular arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11: 3-42.
- Bates LS, Waldren RP and Teare ID. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39(1): 205-207.
- Bismillah khan M, Hussain N and Iqbal M, 2001. Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS 202. *Journal of Research (Science), Bahauddin Zakariya University Multan Pakistan* 12(1): 15-18.
- Boomsma CR and Vyn TJ, 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Field Crops Research* 108: 14-31.
- Chen J, Zhu C, Li LP, Sun ZY and Pan XB, 2007. Effect of exogenous salicylic acid on growth and H₂O₂- Metabolizing enzymes in rice seedlings lead stress. *Journal of Environmental Sciences* 19 (1): 44-49.
- Colom MR and Vazzana C, 2003. Photosynthesis and PSII functionality of drought-resistant and drought-sensitive weeping lovegrass plants. *Environmental and Experimental Botany* 49(2): 135 – 144
- Cottenie A, 1980. Methods of Plant Analysis. Pp. 64-100. In: *Soil and Plant Testing*. FAO Soils Bulletin 38/2
- Duan X, Neuman DS, Reiber JM, Green CD, Saxton AM and Auge RM, 1996. Mycorrhizal influence on hydraulic and hormonal factors implicated in the control of stomatal conductance during drought. *Journal of Experimental Botany* 47:1541-1550.
- Ghorbanian D, Harutyunyan, S, Mazaheri D and Rejali F, 2008. Effects of mycorrhizal symbiosis and differernt levels of phosphorus on yield, macro and micro elements of *Zea mays* L. under water stress condition. *African Journal of Agricultural Research* 6(24): 5481-5489.
- Gutierrez-Coronado MA, Trejo-Lopez C and Larque-Saavedra A, 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry* 36(8): 563-565.
- Hamada AM and Al-Hakimi AMA, 2001. Salicylic acid versus salinity-drought induced stress stress on wheat seedlings. *Rostlinna Vyroba* 47: 444-450.
- He X and Nara K, 2007. Element biofortification: can mycorrhizas potentially offer a more effective and sustainable pathway to curb human malnutrition. *Trends in Plant Science* 12(8): 331-333.
- Horvath E, JandaT, Szalai G and Paldi E, 2002. In vitro salicylic acid inhibition of catalase activity in maize: differences between the isozymes and a possible role in the induction of chilling tolerance. *Plant Science* 163(6): 1129-1135.
- Hu Y and Schmidhalter U, 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. *Plant Nutrition* 168: 541-549.
- Hu Y, Burucs Z, Von Tucher S and Schmidhalter U, 2007. Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves of maize seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 60(2): 268-275.
- Jacob H and Clarke G, 2002. Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Method. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 1692 p.
- Johari-Pireivatlou M, 2010. Effect of Soil Water Stress on Yield and Proline Content of Four Wheat Lines. *African journal of biotechnology* 9(1): 036-040.
- Khalafallah AA and Abo-Ghalia HH, 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. *Journal of Applied Sciences Research* 4(5): 559-569.
- Khalid KhA, 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). *International Agrophysics* 20: 289-296.

- Khalvati MA, Mzafar A and Schmidhalter U, 2005. Quantification of water uptake by arbuscular-mycorrhizal hypha and its signification for leaf growth, water relations and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant Biology* 7(6): 706-712.
- Khan W, Prithiviraj B and Smith D, 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology* 160: 485-492.
- Knudsen D, Peterson GA and Pratt PE, 1982. Lithium, sodium and potassium. Pp. 225-246. In: Page AL (eds). *Methods of Soil Analysis part 2, Agron. Monogr. 9*, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Korkmaz A, Uzunlu M and Demirkiran AR, 2007. Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiology Plant* 29: 503-508.
- Machado KMG, Matheus DR, Rodrigues, TA, Bononi VLR. 2006. Enhancement of growth of *lentinus crinitus* in soil using benomyl and vegetable oil. *Brazilian Journal of Microbiology* 37: 425-427.
- Mahaveer PS and Alok A, 2000. Enhanced growth and productivity following inoculation with indigenous AM fungi in four varieties of onion (*Allium cepa* L.) in an alfisol. *Biological Agriculture and Horticulture* 18: 1- 14.
- Margarita M, Crosby K M and Eliezer S, 2002. Differential gene expression analysis in melon roots under drought stress conditions. *Subtropical Plant Science* 54: 6-10.
- Mattioni DA, Oliva MA, Ruiz HA andMartines CA, 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *Plant Nutrition* 24(3): 599-612.
- Mohamed A, Tayeb EL and Naglaa A, 2010. Response of wheat cultivars to drought and salicylic acid. *American-Eurasian Journal of Agronomy* 3(1): 01-07.
- Noreen S and Ashraf M, 2008. Alleviation of adverse effects of salt stress on sunflower (*Helianthus annus* L.) by exogenous application of salicylic acid: growth and photosynthesis. *Pakistan Journal of Botany* 40(4): 1657-1663.
- Norris JR, Read DJ and Varma AK, 1992. *Methods in Microbiology: Techniques for the Study of Mycorrhiza*. Vol. 24. Academic Press, Ltd. London.
- Philips JM and Hayman DS, 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular_arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of British Mycological Society*. 55:158-161.
- Rapparini F, Liusia J and Penuelas J, 2008. Effectof arbuscular mycorrhiza colonization on terpen emission and content of *Artemisia annua* L. *Plant Biology* 10(1): 108-122.
- Ruiz-Lozano JM. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic strees, new perspectives for molecular studies. *Mycorrhiza* 13: 309-17.
- Sakhabutdinova AR, Fatkhutdinova DR, Bezrukova MV and Shakirova FM, 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue*: 314-319.
- Senaratna T, Touchel D, Bumm E, Dixon K. 2000. Acetyl salicylic acid (Asprin) and salicylic acid induces multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 157-161.
- Shakirova FM and Bezrukova MV, 1997. Induction of wheat resistance against environmentalsalinization by salicylic acid. *The Biological Bulletin* 24: 109-112.
- Shakirova FM, Sakhabutdinova A R, Bezrukova M V, Fatkhutdinova RA and Fatkhutdinova DR, 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*164(3): 317-322.
- Shi Q and Zhu Z, 2008. Effects of exogenous salicylic acid on manganesotoxicity, element contents andantioxidative system in cucumber. *Environmental and Experimental Botany* 63: 317-326.
- Singh B and Usha K, 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation* 39(2): 137-141.
- Sinha SK, Srivastava HS and Tripathi RD, 1993. Influence of some growth regulators and cations on inhibition of chlorophyll biosynthesis by lead in maize. *Bulltin of. Environmental Contaminant and Toxicology* 51: 241-246.
- Smith SE and Read DJ, 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, Inc., San Diego, California, USA.
- Smith SE, Facelli E and Pope S, 2010. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant Soil* 326: 3-20.
- Song H, 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its Mechanisms. *Electronic Journal of Biology* 1(3): 44-48.
- Wang YY, Vestberg M, Walker C, Hurme T, Zhang X and Lindström K, 2008. Diversity and infectivity of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils of the Sichuan Province of mainland China. *Mycorrhiza* 18: 59-68.
- Wise RR and Naylor AW, 1989. Chilling enhanced photo-oxidation, the preoxidative destruction of Lipids during chilling injury to photosynthesis and ultra-structure. *Plant Physiology* 83: 278- 282.
- Wu QS and Xia RX, 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. *Journal of Plant Physiology* 163: 417-425.
- Wu QS, Xia RX, Zou YN and Wang GY, 2007. Osmotic solute responses of mycorrhizal citrus (*Poncitrus trifoliolate*) seedlings to drought stress. *Acta Physiologica Plantarum* 29: 543-549.
- Yadava U, 1989. A rapid and nondestructive method to determine chlorophyll in intact leaves. *Horticultural Science* 21: 1449-1450.
- Yang Y, Liu Q, Han C, Qiao YZ, Yao XQ and Yin HJ, 2007. Influence of water stress and low irradiance on morphological and physiological characteristics of *Picea asperata* seedlings. *Photosyntetica* 45(4): 613-619.
- Zaki RN andRadwan TE, 2011. Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. *Journal of Applied Science Research* 7: 42-55.
- Zhu XC, Song FB, Liu TD and Zhou X, 2012. Arbuscular mycorrhizae improves photosynthesis and water status of *Zea mays* L. under drought stress. *Plant Soil and Environment* 58(4): 186-191.