نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال یازدهم، شماره ۴۲، تابستان ۱۳۹۵ / صفحات: ۵۵-۴۶

اثر قارچ میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیک، مقدار ترکیبات فنلی و فلورسانس کلروفیل گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinails* L.) تحت خشکی

علی رحیمی*، شاهرخ جهانبین، امین صالحی، هوشنگ فرجی

گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/٤/۳۰ تاریخ پذیرش:۹۵/٦/۲۰

چکیده

خشکی یکی از عوامل اثر گذار بر گیاهان دارویی است و از سویی، نقش قارچ میکوریزا در بهبود عملکرد برخی گیاهان دارویی مواجه با تنش خشکی مؤثر بوده است. لذا به بدین منظور، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه بویراحمد و در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا گردید. عامل‌های آزمایش شامل سطوح آبیاری (عامل اصلی) به صورت آبیاری پس از ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A و قارچ میکوریزا (عامل فرعی) در سطوح عدم کاربرد، کاربرد *Glomus mosseae* و کاربرد *Glomus intraradices* لحاظ شد. نتایج نشان داد که اثر سال بر صفات مورد مطالعه گاوزبان معنی‌دار نبود. اثر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ گاوزبان معنی‌دار و در آبیاری پس از ۳۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر بالاترین شاخص سطح برگ بدست آمد. کاربرد قارچ‌های میکوریزا *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* مقدار فنل گاوزبان را نسبت به شرایط عدم کاربرد قارچ به‌ترتیب ۱۳ و ۹ درصد افزایش دادند. با افزایش شدت تنش خشکی از ۳۰ میلی‌متر به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، ارتفاع، تعداد شاخه‌های فرعی و فلورسانس کلروفیل کاهش یافتند، اما کاربرد قارچ میکوریزا توانست صفات مورد مطالعه گاوزبان را در شرایط تنش خشکی در این بررسی افزایش دهد و از میزان اثرات منفی تنش خشکی بکاهد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، ترکیبات فنلی، شاخص سطح برگ، شاخه‌های فرعی، فلورسانس کلروفیل

مقدمه

در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی، باغی و دارویی، خشکی مهم‌ترین عامل کاهش تولید بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (Reddy et al., 2004). تغییر الگوی کاشت و استفاده از گونه‌های جایگزین از جمله گیاهان دارویی متحمل به تنش خشکی می‌تواند امکان استفاده بهینه از منابع محدود آبی را فراهم سازد (Jami Ahmadi et al., 2005). قارچ میکوریزا یکی از انواع کودهای زیستی است. میکوریزا همزیستی مسالمت آمیز انواعی از قارچ‌های خاکزی و ریشه گیاهان است (Smith et al., 2010). در شرایط تنش، فشردگی حضور میکوریزا باعث اختصاص بیشتر کربن به ریشه گیاه شده و لذا رشد ریشه و گسترش طولی آن افزایش می‌یابد که به دلیل افزایش سطح تماس ریشه با خاک و در نتیجه افزایش جذب آب و مواد غذایی در ناحیه تخلیه ریشه می‌باشد (Koucheki et al., 2012). در تحقیقی با بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزای *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بر رشد گیاه ریحان تحت شرایط تنش خشکی نشان داده شد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی

*نویسنده مسئول: rahimi.ali1362@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

داشت به‌طوری‌که با کاهش میزان رطوبت خاک، ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ کاهش یافت. به علاوه اثر کاربرد قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا بر پارامترهای رشد معنی‌دار بود. گیاهان مایه‌کوبی شده با قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، از رشد و عملکرد بیشتری هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش برخوردار بودند. در تحقیق فوق تأثیر قارچ *G. mosseae* در کاهش اثر خشکی بیشتر از قارچ *G. intraradices* بود (Aslani et al., 2011). در تحقیقی بیشترین ارتفاع بوته گاوزبان در شرایط عدم تنش خشکی با استفاده از ۴۰ تن در هکتار کمپوست بدست آمد (Gholinezad et al., 2014). همچنین نشان داده شد که گیاهان درتی که با قارچ *G. mosseae* تلقیح شده بودند، ارتفاع گیاه را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده با قارچ در شرایط نرمال و کمبود آب افزایش داد (Abdelmoneim et al., 2014).

خشکی علاوه بر کاهش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، موجب آسیب و تغییر پارامترهای فلورسانس کلروفیل *Aeluropus lagopoides* می‌شود (Mohsenzadeh et al., 2006). نتایج بررسی محققان نشان داد که تنش رطوبتی، پارامترهایی نظیر فلورسانس حداقل F_0، فلورسانس متغیر Fv و حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم (Fv/Fm/II) بجز فلورسانس حداکثر Fm را در گندم به‌صورت معنی‌داری کاهش داد ولی باعث افزایش فلورسانس حداقل شد، همچنین همزیستی قارچی و نیز تیمارهای تلقیح قارچ میکوریزا و تلقیح همزمان دو قارچ، F_0 را به‌صورت معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش داد. نتایج بدست آمده بیانگر کاهش کارایی سیستم فتوسنتزی در اثر تنش رطوبتی و کاهش اثرات مخرب تنش رطوبتی توسط همزیستی قارچی بخصوص تلقیح هم‌زمان قارچ‌های میکوریزا و شبه میکوریزا بود (Yaghobian et al., 2012).

بسیاری از متابولیت‌های ثانویه گیاهی، نقش‌های اکولوژیک مهمی را در گیاهان بر عهده دارند (Einhellig, 1986). ترکیبات فنلی به‌عنوان گروهی از متابولیت‌های ثانویه، دارای ساختار شیمیایی متنوع و انتشاری گسترده در گیاهان می‌باشند (Einhellig, 1986) که نقش عمده‌ای در سیستم دفاعی و مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی دارند (Harborne, 1980). در تحقیقی، بیشترین میزان ترکیبات فنلی گیاه دارویی پروورانش در شرایط تلقیح با قارچ *G. versiform* حاصل شد (Rahmatzadeh and Kazemitabar, 2013). همچنین با افزایش شدت تنش خشکی، میزان فنل کل گیاه نخود کاهش معنی‌داری پیدا کردند (Zare Merjerdi et al., 2012) و در بررسی دیگری، افزایش در میزان فنل گیاه کنگر فرنگی در تلقیح با گونه‌های قارچ *G. mosseae* و *G. intraradices* در مقایسه با عدم تلقیح حاصل شد (Ceccarelli et al., 2010).

گاوزبان از جمله گیاهان دارویی است که به دلیل خواص درمانی و طعم مطلوبی که دارد به میزان چشمگیر در میان مردم منطقه بویراحمد استفاده می‌شود. آنجایی که خشکی یکی از عوامل تأثیرگذار بر توسعه کشاورزی استان کهگیلویه و بویراحمد است و از سویی، نقش قارچ میکوریزا در بهبود عملکرد برخی گیاهان مواجه با تنش کمبود آب موثر بوده است، لذا در این پژوهش به بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیک، مقدار ترکیبات فنلی و فلورسانس کلروفیل گاوزبان (*Borago officinails* L.) تحت تنش خشکی در منطقه بویراحمد پرداخته شد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه بویراحمد و در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اجرا گردید. عامل‌های آزمایش شامل سطوح آبیاری (عامل اصلی) به صورت آبیاری پس از ۳۰=S_1، ۶۰=S_2، ۹۰=S_3، ۱۲۰=S_4 و ۱۵۰=S_5 میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A و قارچ میکوریزا (عامل فرعی) در سطوح عدم کاربرد (NG)، کاربرد *Glomus mosseae* (GM) و *Glomus intraradices* (GI) لحاظ شد. در طی دو سال این بررسی در منطقه بویراحمد، میانگین بارندگی سالانه ۸۲۹/۵ میلی‌متر، متوسط رطوبت نسبی هوا ۴۴ درصد و متوسط دمای هوا ۱۵/۱ درجه سانتی‌گراد بود. پس از عملیات شخم و تهیه بستر، کرت‌هایی به ابعاد ۴×۵ متر تهیه شد. فاصله بین کرت‌های اصلی آزمایش از هم ۳ متر، کرت‌های فرعی ۱ متر و بین تکرارها نیز ۳ متر و نهر ورودی و خروجی کرت‌ها جداگانه در نظر گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش، آزمون خاک صورت گرفت (جدول ۱). قبل از کاشت بذر گاوزبان، حدود ۷ گرم از مایه تلقیح حاوی اسپور قارچ مایکوریزا (تولید کلنیک گیاه‌پزشکی ارگانیک- اسدآباد همدان با شماره ثبت ۲۷/۱۵۵۴) در هر حفره کاشت گاوزبان ریخته شد (Esmaeilpour and Hadian, 2013). بذر گاوزبان در نیمه اول فروردین و با فواصل بین ردیف و روی ردیف ۵۰×۳۰ سانتی‌متر کاشت شد. عملیات کاشت به روش دستی و به صورت جوی و پشته انجام گردید. تا زمان سبز شدن (مرحله چهار الی پنج برگچه‌ای)، آبیاری به فاصله هر دو روز یک بار انجام گرفت. بعد از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها (مرحله سه برگچه‌ای)، عملیات تنک و وجین علف‌های هرز انجام شد. پس از آن تیمارهای آبیاری اعمال گردید.

شاخص سطح برگ: درطی آزمایش، جهت تعیین شاخص سطح برگ[1] ابتدا ۱۰ بوته از هر کرت فرعی در زمان ۵۰ درصد گلدهی انتخاب و پس از تعیین مساحت کل برگ‌های بوته‌ها به‌صورت جداگانه (با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل ADC-AM100) و مساحت زمین اشغال شده توسط هر بوته، از تقسیم کل سطح برگ هر بوته بر سطح زمین اشغال شده به وسیله آن بوته، شاخص سطح برگ برای هر بوته گیاه گاوزبان محاسبه گردید و سپس میانگین شاخص سطح برگ ۱۰ بوته گاوزبان به‌عنوان شاخص سطح برگ نهایی در نظر گرفته شد (سطح زمین اشغال شده توسط هر بوته/سطح برگ کل هر بوته = شاخص سطح برگ).

ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی: در این بررسی طول بوته تا جایی که ساقه اصلی رشد کرده بود اندازه‌گیری شد. جهت تعیین ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های جانبی، ۱۰ عدد از بوته‌های وسط هر کرت فرعی در اواخر فصل رشد انتخاب و میانگین آنها به‌عنوان اندازه نهایی در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری مؤلفه‌های فلورسانس: مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل شامل F_m (فلورسانس حداکثر در شرایط سازگار شده با تاریکی)، F_o (فلورسانس حداقل در شرایط سازگار شده با تاریکی) و F_v/F_m (حداکثر عملکرد کوآنتومی در شرایط سازگار شده با تاریکی) از ۵ بوته از هر کرت آزمایش با استفاده از دستگاه فلورمتر (Florimeter) مدل (Model (OS-1-FL), USA اندازه‌گیری و میانگین آنها به‌عنوان مؤلفه‌های فلورسانس کلروفیل در نظر گرفته شد.

فنل کل: مقدار فنل‌کل با معرف فولن- سیکالتو تعیین شد. برای سنجش مقدار فنل کل، حدود ۱ گرم از برگ‌های تازه را در ۱۰ میلی‌لیتر متانول به مدت ۲

1. Leaf Area Index

Archive of SID

www.SID.ir

دقیقه ساییده و محلول به‌دست آمده با کاغذ صافی، صاف شد. به ۰/۵ml از عصاره رقیق شده (۱:۱۰g ml^{-1}) ۵ ml فولین رقیق شده (۱:۱۰رقیق شده با آب مقطر) و سپس Na_2Co_3 آبی(۱M) به مقدار ۴ml به آن اضافه شده و نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای آزمایشگاه باقی ماند و جذب آن در ۷۶۵ nm با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. منحنی استاندارد توسط غلظت‌های مختلفی (۰-۵۰۰ $mg.l^{-1}$) از اسید گالیک در متانول تهیه و منحنی با نرم افزار Excel رسم گردید، سپس معادله خط y=bx+a بدست آمد. جذب‌های خوانده شده از نمونه‌ها به جای y قرار داده شد و x یا همان غلظت بدست آمد (McDonald et al., 2001).

جهت تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار MSTATC و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن استفاده شد.

جدول ۱: نتایج تجزیه خاک محل آزمایش قبل از کشت گاو زبان

مشخصات		مشخصات	
عمق (Cm)	۰-۳۰	درصد رس	۲۶
درصد اشباع (Sp)	۳۶	درصد لای	۴۶
هدایت الکتریکی (Ds/m)	۰/۴	درصد شن	۲۸
اسیدیته کل اشباع (pH)	۷/۹	بافت خاک	لومی
درصد مواد خنثی شونده (٪) T.N.V	۴۷	مس قابل جذب (ppm)	۲
درصد کربن آلی	۰/۹	منگنز قابل جذب ppm	۱۴/۴
درصد ازت گل	۰/۰۹	آهن قابل جذب (ppm)	۱۳
فسفر قابل جذب (ppm)	۱۰	روی قابل جذب (ppm)	۰/۷
پتاسیم قابل جذب (ppm)	۲۰۶		

نتایج

شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی: نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲) نشان داد که اثر سال بر شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی گیاه دارویی گاوزبان معنی‌دار نبود. اثر اصلی تنش خشکی بر صفات مذکور در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، بطوریکه در آبیاری پس از ۳۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، بیشترین شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی حاصل شد و کمترین شاخص سطح برگ ، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه فرعی در آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به‌دست آمد. در آبیاری پس از ۳۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر، به‌ترتیب شاخص سطح برگ ۴۹ و ۵۰ درصد، ارتفاع گیاه ۳۹ و ۳۵ درصد و تعداد شاخه‌های فرعی ۳۴ و ۲۹ درصد نسبت به آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر افزایش نشان دادند (جدول ۳). اثر اصلی قارچ میکوریزا بر شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی گاوزبان معنی‌دار شد (جدول ۲). در سطح عدم کاربرد قارچ میکوریزا کمترین شاخص سطح برگ ، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه فرعی بدست آمد و بیشترین شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی به سطوح کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* اختصاص داشت که به‌ترتیب (۱۳ و ۹ درصد)، (۱۴ و درصد ۱۲) و (۳۱ و درصد ۲۶) نسبت به سطح عدم کاربرد قارچ افزایش نشان دادند، البته قارچ *G. mosseae* با یک اختلاف کمی، شاخص سطح برگ، ارتفاع گیاه و

Archive of SID

www.SID.ir

تعداد شاخه‌های فرعی بیشتری نسبت به قارچ *G. intraradices* حاصل نمود (جدول ۳).

اثر متقابل تنش کم‌آبی و قارچ میکوریزا بر شاخص سطح برگ گاوزبان معنی‌دار نشد (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر ارتفاع و تعداد شاخه‌های فرعی گاوزبان نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲) و طبق جدول (۴) مقایسه میانگین اثرات متقابل، تغییرات قابل توجهی در ارتفاع گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی ایجاد شد. نتایج نشان دادند که آبیاری پس از ۳۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* بیشترین مقدار ارتفاع و تعداد شاخه‌های فرعی را نسبت به بقیه تیمارها حاصل نمودند و تیمارهای $S_{30}GM$، $S_{30}GI$، $S_{60}GM$ و $S_{60}GI$ بیشترین مقدار ارتفاع را نسبت به سایر تیمارها داشتند.

تیمارهای $S_{30}GM$، $S_{30}GI$، $S_{60}GM$ و $S_{60}GI$ بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی را نسبت به سایر تیمارها دارا بود (جدول ۴).

فلورسانس حداقل، فلورسانس حداکثر و فلورسانس کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲) نشان داد که اثر سال بر فلورسانس حداقل، فلورسانس حداکثر و فلورسانس کلروفیل معنی‌دار نبود. اثر اصلی تنش خشکی بر فلورسانس حداقل، فلورسانس حداکثر و فلورسانس کلروفیل گاوزبان در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که طبق جدول (۳) مقایسه میانگین اثرات اصلی نیز این اختلاف معنی‌دارها مشاهده شد و در تیمار ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بالاترین فلورسانس حداقل حاصل شد و کمترین فلورسانس حداقل در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر بدست آمد و فلورسانس حداقل گیاه در آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر تبخیر ۴۱ درصد نسبت به آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر افزایش نشان داد. در آبیاری پس از ۳۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بالاترین فلورسانس حداکثر در آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بدست آمد و فلورسانس حداکثر گیاه در آبیاری پس از ۳۰ و ۶۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب ۴۳ و ۴۳ درصد نسبت به آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر افزایش نشان داد. در آبیاری پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر نیز بالاترین فلورسانس کلروفیل و کمترین فلورسانس کلروفیل در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر مشاهده شد. طبق نتایج به‌دست آمده فلورسانس کلروفیل گیاه در آبیاری پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب ۴۲، ۴۱ و ۴۰ درصد نسبت به آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر افزایش نشان داد (جدول ۳).

اثر اصلی قارچ میکوریزا بر فلورسانس حداقل، فلورسانس حداکثر و فلورسانس کلروفیل گاوزبان در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). سطوح کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* به‌ترتیب ۲۳ و ۱۳ درصد نسبت به سطح عدم کاربرد قارچ به‌ترتیب ۲۳ و ۱۳ افزایش فلورسانس حداقل، ۱۱ و ۳/۳ درصد کاهش فلورسانس حداکثر، ۶/۷۶ و ۶/۶۶ درصد افزایش فلورسانس کلروفیل نشان دادند (جدول ۳). اثر متقابل تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر فلورسانس حداقل، فلورسانس حداکثر و فلورسانس کلروفیل گاوزبان به‌ترتیب در سطوح ۵، ۱ و ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲) و طبق جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، تغییرات قابل توجهی در صفات مذکور ایجاد شد. نتایج نشان دادند که آبیاری پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* بیشترین مقدار این صفات را نسبت به بقیه تیمارها حاصل نمودند و تیمارهای $S_{30}N.G$، $S_{30}GI$ و $S_{30}GM$ بیشترین فلورسانس حداقل و تیمارهای $S_{30}N.G$، $S_{30}GM$، $S_{30}GI$، $S_{60}N.G$، $S_{60}GM$، $S_{60}GI$ و $S_{90}N.G$

Archive of SID

www.SID.ir

بیشترین فلورسانس حداکثر و همچنین تیمارهای $S_{30}N.G$، $S_{30}GM$، $S_{30}GI$، $S_{60}N.G$، $S_{60}GM$، $S_{60}GI$، $S_{90}N.G$، $S_{90}GM$ و $S_{90}GI$ بیشترین فلورسانس کلروفیل را نسبت به سایر تیمارها حاصل نمودند (جدول ۴).

فنل کل: نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲) نشان داد که اثر سال بر درصد فنل گیاه دارویی گاوزبان معنی‌دار نبود. اثر اصلی تنش کم آبی و قارچ مایکوریزا بر درصد فنل در سطح یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲)، به‌طوری‌که طبق جدول (۳) مقایسه میانگین اثرات اصلی نیز این اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و در تیمارهای ۳۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بیشترین درصد فنل حاصل شد و کمترین درصد فنل در تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر بدست آمد. کمترین درصد فنل به سطح عدم قارچ مایکوریزا و بیشترین درصد آن به سطوح کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* اختصاص داشت (جدول ۳). اثر متقابل تنش کم‌آبی و قارچ مایکوریزا بر درصد فنل گاوزبان نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲) و طبق جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل، تغییرات قابل توجهی در درصد فنل ایجاد شد و تیمارهای $S_{30}N.G$، $S_{30}GM$، $S_{30}GI$، $S_{60}N.G$، $S_{60}GM$ و $S_{60}GI$ بیشترین درصد فنل را داشتند (جدول ۴).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر اصلی سال، تنش خشکی، قارچ مایکوریزا و اثر متقابل آن‌ها بر خصوصیات گاوزبان

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		شاخص سطح برگ	ارتفاع گیاه	تعدادشاخه‌های فرعی	فلورسانس حداقل F0	فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس کلروفیل Fv/Fm	فنل کل
سال	۱	۱/۷۷۲ ns	۲۵۶/۷۱۱ ns	۳۳/۶۱۱ ns	۱۱۱/۲۸۹ ns	۳۰۹۲/۵۹۱ ns	۰/۰۰۵ ns	۲/۷۳۹ ns
سال × تکرار	۴	۱/۷۵۸ ns	۳۱/۳۴۴ ns	۵/۴۷۸ ns	۳۴/۶۷۳ ns	۳۸۰۲/۱۶۷ ns	۰/۰۰۹ ns	۲/ ۵۰۸ ns
تنش خشکی	۴	۱۰/۹۳۴**	۶۹۸۲/۵۹۴**	۳۶/۶۵۰**	۴۱۷۲/۳۱۸**	۲۵۱۸۸۰/۱۲۵**	۰/۴۳۴**	۳۷/۶۴۶**
سال × تنش خشکی	۴	۰/۱۷۶ ns	۲/۹۶۱ ns	۰/۰۸۳ ns	۱/۰۵۰ ns	۳۰/۷۴۵ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۱۳۴ ns
خطا	۱۶	۰/۱۰۷	۷۳/۱۳۶	۱/۹۵۰	۳۲/۲۵۳	۱۵۳۲/۷۰۸	۰/۰۰۱	۰/۷۲۹
قارچ مایکوریزا	۲	۱/۵۱۷*	۳۹۵۹/۵۴۴**	۷۸/۰۴۴**	۱۱۱۶/۱۹۱**	۲۲۶۵۳/۰۶۳**	۰/۰۲۲**	۴/۲۱۹**
سال × قارچ مایکوریزا	۲	۰/۳۳۲ ns	۳۰/۸۷۸ ns	۴/۵۷۸ ns	۰/۴۴۶ ns	۷۱/۶۹۳ ns	۰/۰۰۳ ns	۰/ ۲۰۱ ns
تنش خشکی × قارچ مایکوریزا	۸	۰/۱۳۱ ns	۳۳۷/۳۷۸**	۱/۹۳۳**	۱۰۱/۲۶۴*	۱۸۹۸۱/۸۲۳**	۰/۰۰۶**	۰/۳۴۱**
سال × تنش خشکی × قارچ مایکوریزا	۸	۰/۰۳۵ ns	۰/۹۶۱ ns	۰/۰۵۰ ns	۰/۴۶۰ ns	۳۴/۹۹۹ ns	۰/۰۰۵ ns	۰/۱۰۳ ns
خطا	۱۶	۰/۵۹۶	۹۵/۸۲۸	۶/۶۸۹	۳۶/۶۷۲	۳۸۲۸/۸۷۲	۰/۰۰۳	۰/۵۳۰
ضریب تغییرات (Cv)		٪۲۵/۴۸	٪۱۱/۳۳	٪۳۰/۵۹	٪۸/۱۴	٪۱۲/۷۱	٪۸/۵۸	٪۱۴/۲۴

ns، **، *، به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳: نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر خصوصیات گاوزبان

فاکتورهای مورد بررسی		شاخص سطح برگ	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	تعداد شاخه-های فرعی	فلورسانس حداقل F0	فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس کلروفیل Fv/Fm	فنل کل (درصد)
سطوح تنش خشکی	۳۰	۳/۶۷۴ a	۷۹/۹۹ a	۱۰/۲۲ a	۹۴/۱۷ a	۶۰۲/۱ a	۰/۷۹۸۱ a	۶/۹۸۹ a
	۶۰	۳/۷۴۶ a	۷۵/۷۸ a	۹/۵ ab	۸۰/۸۱b	۶۰۲/۹ a	۰/۷۹۶۱ a	۶/۹۰۰ a
	۹۰	۳/۱۸۳ b	۶۶/۲۳ b	۸/۳۳۳ bc	۷۸/۲۳ b	۴۹۲/۱ b	۰/۷۷۳۵ a	۶/۰۶۷ a
	۱۲۰	۲/۶۹۱ c	۵۸/۳۴ c	۷/۵ cd	۶۳/۳۵ c	۳۹۵/۰ c	۰/۵۶۶۸ b	۵/۰۲۷ b
	۱۵۰	۱/۸۶۲ d	۴۸/۵۱ d	۶/۷۲۲ d	۵۵/۴۷ d	۳۴۲/۸ d	۰/۴۶۲۳ c	۳/۵۳۹ c
سطوح قارچ میکوریزا	*Non Glomus*	۲/۷۹۰ a	۵۹/۵۴ b	۶/۶۳۳ b	۶۷/۳۹ b	۵۱۰/۵ a	۰/۶۴۸۳ b	۴/۸۱۰ b
	G. mosseae	۳/۲۳۵ a	۶۹/۸۰ a	۹/۷ a	۷۸/۵۱ a	۴۵۶/۸ b	۰/۶۹۵۳ a	۵/۵۳۳ a
	G.intraradices	۳/۰۶۹ a	۶۷/۹۷ a	۹/۰۳۳ a	۷۷/۳۱ a	۴۹۳/۷ab	۰/۶۹۴۶ a	۵/۳ a

جدول ٤: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ میکوریزا و تنش آب بر خصوصیات گاوزبان

تیمارهای تنش خشکی و قارچ مایکوریزا	شاخص سطح‌برگ	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	تعداد شاخه‌های فرعی	فلورسانس کلروفیل Fv/Fm	فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس حداقل F0	فنول (درصد)
$S_{30}N.G$	۳/۶۳۳ a	۸۷/۷۴ab	۹/۵ ab	۹۳/۸۳a	۶۰۱/۲a	۰/۷۹۷۳a	۷/۷۳۳ a
$S_{30}GM$	۳/۷۶۷ a	۸۱/۰۸a	۱۱ a	۹۴/۵۲a	۶۰۳/۷a	۰/۷۹۹۰ a	۷/۷۱ a
$S_{30}GI$	۳/۶۲۳ a	۸۰/۱۵a	۱۰/۱۷ a	۹۴/۱۵a	۶۰۱/۳a	۰/۷۹۸۰ a	۷/۷۳۴ a
$S_{60}N.G$	۳/۶۴۰ a	۶۸/۶۵abc	۷/۵ abc	۷۵/۶۰bc	۶۰۱/۳a	۰/۷۹۴۰ a	۷/۶ a
$S_{60}GM$	۳/۸۵۷ a	۸۰/۵۲a	۱۰/۸۳ a	۸۴/۱۷b	۶۰۷/۲a	۰/۷۹۸۲ a	۷/۷۲ a
$S_{60}GI$	۳/۷۴۰ a	۷۸/۱۵a	۱۰/۱۷ a	۸۲/۶۷b	۶۰۰/۳a	۰/۷۹۶۲ a	۷/۷۰ a
$S_{90}N.G$	۲/۸۵۰ a	۶۰/۱۴d	۶/۵ abc	۷۰/۵۵c	۵۷۶/۷a	۰/۷۶۳۳ a	۵/۸۸۳ c
$S_{90}GM$	۳/۴۱۷ a	۷۰/۲۲abc	۹/۶۶۷ ab	۸۳/۵۰b	۴۰۱/۹bc	۰/۷۸۰۳ a	۶/۷۸۳ b
$S_{90}GI$	۳/۲۸۳ a	۶۸/۳۳abc	۸/۸۳۳ abc	۸۰/۶۳b	۴۹۷/۸ab	۰/۷۷۶۸ a	۶/۳۸ b
$S_{120}N.G$	۲/۴۱۷ a	۴۹/۹۷de	۵/۱۶۷ bc	۵۰/۲۲fg	۴۷۵/۰b	۰/۵۰۰۵c	۴/۲۱۷ de
$S_{120}GM$	۲/۹۵۰ a	۶۳/۳۵bc	۹ abc	۷۰/۰۵cd	۳۰۵/۴c	۰/۵۹۹۲b	۴/۸۵۰ cd
$S_{120}GI$	۲/۷۰۵ a	۶۱/۶۹c	۸/۳۳۳ abc	۶۹/۷۷cd	۴۰۴/۷bc	۰/۶۰۰۸b	۴/۷۰۰cde
$S_{150}N.G$	۱/۴۱۰ a	۴۰/۲۰e	۴/۵ c	۴۶/۷۷g	۲۹۸/۳c	۰/۳۸۶۳d	۳/۵۵۰e
$S_{150}GM$	۲/۱۸۵ a	۵۳/۸۰d	۸ abc	۶۰/۳۲de	۳۶۵/۶c	۰/۴۹۹۷c	۴/۲۱۷de
$S_{150}GI$	۱/۹۹۲ a	۵۱/۵۳de	۷/۶۶۷ abc	۵۹/۳۲ef	۳۶۴/۴c	۰/۵۰۱۰c	۳/۹۳۳de

S=(تنش خشکی), *N.G= Non Glomus* (عدم کاربرد قارچ), *GI = G. intraradices* (گلاموس اینترادیسز), *GM = G. mosseae* (گلاموس موسه‌آ)

بحث

نتایج حاکی از آن بود که با افزایش شدت تنش خشکی، شاخص سطح برگ گاوزبان کاهش یافت، اما کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش شاخص سطح برگ گردید که دلیل این امر مکانیزم عمل قارچ مایکوریزا در افزایش جذب آب و عناصر غذایی گیاه بود. پس از رویش اسپورهای قارچی و گسترش آن‌ها در ریزوسفر، بخشی از ریسه‌ها وارد سیستم ریشه گیاه شده و سبب کاهش غلظت آبسزیک اسید و افزایش میزان سیتوکنین می‌شود (Khalvati et al., 2005). همچنین در تحقیقی همزیستی قارچ‌های میکوریزا (*G. mosseae* و *G. intraradices*) و شرایط بدون تنش کم آبی، شاخص سطح برگ ذرت را افزایش داد. ضمن اینکه این صفت در شرایط تنش کم آبی و بدون

Archive of SID

www.SID.ir

همزیستی میکوریزایی کاهش یافت (Shah Hosseini et al., 2012). در شرایط کمبود آب، از طویل شدن سلول با قطع جریان آب از آوند چوب به سلول‌های در حال طویل شدن جلوگیری می‌شود. در نتیجه خشکی سبب کاهش رشد، ارتفاع و عملکرد می‌گردد. تحقیقات نشان داده است ساقه و ارتفاع گیاه کاهش پیدا می‌کند و این کاهش به عدم رشد طولی سلول‌ها بر اثر تنش خشکی نسبت داده می‌شود (Anjum et al., 2011)، همچنین در این بررسی ارتفاع گیاه گاوزبان در شرایط افزایش تنش خشکی کاهش یافت، اما کاربرد قارچ مایکوریزا توانست اثر تنش خشکی را تعدیل نماید. همچنین به‌دلیل افزایش جذب آب و عناصر غذایی گیاه توسط قارچ مایکوریزا از کاهش ارتفاع گاوزبان جلوگیری شد. در این راستا گزارشات متعدد نشان داده است که تنش خشکی نیز موجب کاهش شاخص‌های رشد نظیر ارتفاع گیاهان تره فرنگی و تره ایرانی گردید. با این وجود، کلونیزاسیون میکوریزایی در تمام سطوح تنش خشکی باعث افزایش این شاخص‌ها گردید (Ghasem Jukar et al., 2015).

تحقیقات نشان داده است وقتی گیاه با خشکی مواجه شود، روزنه‌هایش نیمه بسته یا بسته می‌گردد و این موضوع موجب کاهش جذب CO_2 گشته و از طرفی گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می‌نماید. همچنین گیاه در هنگام تنش، از شاخه‌های جانبی و ارتفاع خود می‌کاهد و این امر سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. در شرایط تنش، کاهش عملکرد اندام هوایی با کاهش شاخ و برگ همراه می‌باشد (Aliabadi Farahani et al., 2010)، که به نظر می‌رسد بنا به‌دلایل فوق خشکی باعث کاهش تعداد شاخه‌های فرعی گاوزبان در این بررسی گردید، در حالی که قارچ مایکوریزا به دلیل افزایش جذب آب و عناصر غذایی برای گیاه موجب افزایش صفت مذکور شد. در این تایید این مطلب نتیجه یک بررسی نشان داد که با افزایش تنش خشکی، تعداد ساقه جانبی گیاه مرزه کاهش یافت و تلقیح با قارچ مایکوریزا، شاخص‌های رشد رویشی گیاه مرزه را در شرایط تنش خشکی در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به‌طور معنی‌داری افزایش داد و استفاده از هر دو گونه *G. etunicatum* و *G. versiformis* نسبت به شاهد (بدون مایکوریزا) مثبت ارزیابی شد، هر چند که *G. versiformis* از عملکرد بهتری برخوردار بود (Jalilvand et al., 2012).

عنوان شده است خشکی علاوه بر کاهش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، موجب آسیب و تغییر پارامترهای فلورسانس کلروفیل *Aeluropus lagopoides* می‌شود (Mohsenzadeh et al., 2006). F_V/F_M حداکثر عملکرد کوانتومی واکنش شیمیایی فتوسیستم II را نشان می‌دهد و شاخصی مهم برای تعیین وضعیت دستگاه فتوسنتزی است. تنش‌های محیطی که کارایی فتوسیستم II را تحت تأثیر قرار می‌دهند، سبب کاهش نسبت F_V/F_M می‌شوند (Krause and Weis, 1991). در این پژوهش نیز با افزایش تنش خشکی فلورسانس حداقل، فلورسانس حداکثر و فلورسانس کلروفیل گیاه گاوزبان کاهش یافت. همچنین نتیجه تحقیقی نشان دادند که کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد فتوسیستم II (Fv/Fm) و عملکرد کوانتومی فتوسیستم II (ΦPSII) در گیاه میزبان قارچ (گندم) نسبت به شاهد گردید (Habibi et al., 2014).

شواهد آزمایشگاهی نشان می‌دهند که فنل‌ها به عنوان سیگنال در نمو گیاه و برهم کنش‌های گیاه میکروب عمل می‌کنند (Lynn and Chang, 1990). انباشتگی فنل‌ها در گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان شاهد در بررسی Ling-Lee و همکاران (۱۹۷۷) و همچنین نتایج حاصل از تحقیق حاضر به‌ویژه افزایش محتوای فنل کل در

Archive of SID

www.SID.ir

برگ‌های گاوزبان میکوریزایی نسبت به شاهد می‌تواند از یک سو دلیلی بر دخالت این ترکیبات در ایجاد همزیستی و از سوی دیگر نشان دهنده تحریک تولید آنها توسط میکوریزا باشد. قارچ‌های میکوریزا با افزایش فعالیت‌های آنزیمی متفاوت در گیاهان سبب تغییرات فیزیولوژیک در آنها می‌شوند (Mathur and Vyas, 1995). در تحقیقی مشاهده شد که با افزایش شدت تنش خشکی، میزان فنل کل گل نخود کاهش معنی‌داری پیدا کردند (Zare Merjerdi et al., 2012). همچنین افزایش در میزان فنل گیاه کنگر فرنگی در تلقیح با گونه‌های قارچ *G. mosseae* و *G. intraradices* در مقایسه با عدم تلقیح حاصل شد (Ceccarelli et al., 2010).

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی نتایج حاصله از این بررسی نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر تمامی خصوصیات مورد مطالعه گیاه گاوزبان گذاشت و با افزایش شدت تنش کم‌آبی از ۳۰ میلی‌متر به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، شاخص سطح برگ، ارتفاع، تعداد شاخه‌های فرعی، فلورسانس کلروفیل و درصد فنل کاهش یافتند، اما کاربرد قارچ میکوریزا باعث کاهش اثرات منفی تنش آب در این بررسی شد و توانست شاخص سطح برگ، ارتفاع، تعداد شاخه‌های فرعی، فلورسانس کلروفیل و درصد فنل گیاه گاوزبان را در شرایط تنش خشکی در این بررسی افزایش دهد و از میزان اثرات منفی تنش خشکی بکاهد. با توجه به نتایج حاصل شده از این بررسی آبیاری پس از ۶۰ و ۹۰ میلی‌متر و کاربرد قارچ میکوریزای *G. mosseae* برای گیاه گاوزبان پیشنهاد می‌شود.

References

Abdelmoneim, T., Tarek, S., Moussa, A.A., Almaghrabi, O. Hassan, A., Alzahrani, S. and Abdelbagi, I. (2014). Increasing plant tolerance to drought stress by inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Life Science Journal. 11(1): 1-17.

Aliabadi Farahani, H. and Valadabadi, S.A.R. (2010). Effect of arbuscular-mycorrhizal fungi on Coriander (*Coriandrum sativum* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Water Soil Science, 24 (1): 69-80. (In Persian)

Anjum, Sh.A., Xie, X.Y., Wang, Ch., Saleem, M.F., Man, Ch. and Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research. 6: 2026-2032.

Aslani, Z., Hassani, A., Rasouli Sadaghiani, M.H., Sefidkan, F. and Brin, M. (2011). The effects of two species of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) on the growth, chlorophyll content and phosphorus uptake of basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought conditions. Iran Medicinal and Aromatic Plants Research. 53(3): 486-471. (In Persian)

Ceccarelli, N., Curadi, M., Martelloni, L., Sbrana, C., Picciarelli, P. and Giovannetti, M. (2010). Mycorrhizal colonization impacts on phenolic content and antioxidant properties of artichoke leaves and flower heads two years after field transplant. Plant and Soil. 335: 311-323.

Einhellig, F.A. (1986). Mechanism and modes of action of allelochemicals. In: Putnam, A.R. and Tang, C.S., (Eds.). The Science of Allelopathy. John Wiley and Sons, New York, pp: 75 - 99.

Esmaeilpour, B., Jalilvand, P. and Hadian, J. (2013). Effect of drought stress and mycorrhizal fungi on some morpho-physiological traits and yield of Savory (*Satureja hortensis* L.). Ecology Journal. 5 (2): 177-169.

Ghasem Jukar, N., Nadian, H. A., Khalil Moghaddam, B., Heidari M. and Qarineh, M.H. (2015). The effect of mycorrhizal symbiosis on the growth and proline content in Leek (*Allium porrum* L.) and two mass Persian leek (*Allium ampeloprasum ssp. Persicum* L.) under drought. Journal of Plant Production. 38 (1): 15-26.

Gholinezad, R., Sirousmehr, A.R. and Fakheri, B. (2014). Effect of drought stress and organic fertilizers on the activity of some antioxidant enzymes, photosynthetic pigments, proline and yield of Borage (*Borago officinalis*). Journal of Horticultural Science (Agricultural Science and Technology). 28 (3): 346-338.

Archive of SID

www.SID.ir

Habibi, S., Mskrbashy, M. and Farzaneh, M. (2014). Effect of three species of mycorrhizal fungi (*Glomus spp*.) on physiological indices of wheat in saline conditions. Plant products (Scientific Journal of Agriculture). 37 (3): 53-36.

Harborne, J.B. (1980). Plant Phenolics. In: Bell EA and Charlwood BV. (Eds.). Secondary Plant Products. Springer Verlag, Berlin, pp: 329 - 402.

Jalilvand, P., Esmaeilpour, B., Hadian, J. and Rasoulzadeh, A. (2012). Effect of drought stress and mycorrhizal fungi on plant growth and secondary metabolites of *Satureja*. Seventh Congress of Iranian Horticultural Sciences. Technology University of Isfahan. Pp: 2.

Jami Ahmadi, M., Kafi, M. and Nasiri Mohalati, M. (2005). The investigation of seed germination characteristics of *Kochia scoparia* in response to different levels of salinity in a controlled environment. Journal of Agricultural Researches of Iran. (2): 159-151. (In Persian)

Khalvati, M.A., Mozafar, A. and Schmidhalter, U. (2005). Quantification of water uptakeby arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. Plant Biology Stuttgart. 7: 706-712.

Krause, G.H. and Weis, E. (1991). Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 42: 313-349.

Koucheki, A., Nasiri Mohalati, M., Mondani, F. and Khorramdel, S. (2012). New aspect on Ecological physiological aspects of crop plants. 1st ed. Ferdowsi Mashhad University. Press, Ferdowsi Mashhad (Iran) pp. 613.

Ling-Lee, M., Chilvers, G.A. and Ash Ford, A.E. (1977). A histochemical study of phenolic materials in mycorrhizae and uninfected roots of *Eucalyptus fastigata* Deana and Maiden. New Phytology, 78: 313-28.

Lynn, D.J. and Chang, M. (1990). Phenolic signals in cohabitation: Implication for Plant Development. Annual Review of Plant Physiology. 41: 497-526.

Mathur, N. and Vyas, A. (1995). Changes in isozyme patterns of peroxidase and polyphenol oxidase by VAM fungi in roots of *Ziziphus* species. Plant Physiology. 145 (4): 498 - 500.

McDonald, S., Prenzler, P.D., Autolovich, M. and Robards, K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. Food Chemistry. 73:73-84.

Mohsenzadeh, S., Malboobi, M.A., Razavi, K. and Farrahi-Aschtiani, S. (2006). Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae) to water deficit. Environmental and Experimental Botany. 56: 314-322.

Rahmatzadeh, S. and Kazemitabar, S.K. (2013). Biochemical and antioxidant changes in regenerated periwinkle plantlets due to mycorrhizal colonization during acclimatization. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5(14):1535-1540.

Reddy, A.R., Chaitanya, K.Y. and Vivekanandan, M. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Environmental and Experimental Botany. 161: 1189-1202.

Shah Hossini, Z., Gholami, A. and Asghari, H.R. (2012). The effect of mycorrhizal symbiosis and the use of humic acid on water use efficiency and physiological indicators of corn growth in shortage irrigation condition. The Journal of Research Scientific of Dry Land. 2 (1): 57-39. (In Persian)

Smith, S.E., Facelli, E. and Pope, S. (2010). Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of *Arbuscular mycorrhizas*. Plant and Soil. 326: 3-20.

Yaghobian, E., Pirdshti, H. A., Fizei Asl, V. and Mohamadi Goltapeh, A. (2012). The effect of Mycorrhizal symbiosis on the quantum efficiency of photosystem II in wheat under drought stress. Twelfth Congress of agronomy and plant breedig Sciences of Iran, Karaj, Islamic Azad University of Karaj.

Zare Merjerdi, M., Bagheri, A., Bahrami, R., Nabati, J. and Masoumi, A. (2012). Effect of drought stress on photosynthetic characteristics, phenolic compounds and radical scavenging activities in different chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in hydroponic conditions. Ejects. 3(12): 59-77.

Archive of SID

www.SID.ir