

تأثیر تلقیح بذر با قارچ میکوریزا آربوسکولار بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ تحت تنش خشکی

احمد افکاری^{۱*}

۱) استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کلبر، گروه زاعت، کلبر، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۰۷)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تلقیح بذر با قارچ میکوریزا آربوسکولار بر برخی از خصوصیات شیمیایی و جوانه‌زنی بذر گیاه ذرت در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل در سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح تنش خشکی (صفر، ۴-، ۸- و ۱۲- بار) و پرایمینگ بذر با سه گونه قارچ میکوریزا (فونلی فورمیس موسه آ، ریزوگلوبوس فسیکولاتوم و کلاروئیدوگلوبوس اتانیکاتوم) و تیمار بدون تلقیح قارچی به عنوان شاهد بودند. نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی و تلقیح بذر با قارچ‌های میکوریزا بر مؤلفه‌های جوانه زنی، محتوای پروتئین بذر و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. بذرهاى تلقیح یافته با ریزوگلوبوس فسیکولاتوم از افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای پروتئین بذر بیشتری در مقایسه با عدم تلقیح برخوردار بودند. در شرایط تنش خشکی، گیاه برای کاهش اثرات تنش اکسیداتیو منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شده است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی و شاخص میزان جوانه‌زنی کاهش و متوسط مدت زمان جوانه‌زنی افزایش یافت. با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق به نظر می‌رسد قارچ‌های میکوریزا به واسطه بهبود جذب آب و عناصر غذایی در گیاه در شرایط تنش، موجب حفظ رشد گیاه می‌گردند. بنابراین می‌توان پیشنهاد کرد که به منظور بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی و خصوصیات بیوشیمیایی، تلقیح بذر ذرت با ریزوگلوبوس فسیکولاتوم به کار برده شود.

کلمات کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پرایمینگ بذر، تنش، ذرت، میکوریزا.

The effect of seed inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on some chemical characteristics and seed germination of corn (SC704) under drought stress

A. Afkari^{1*}

1. Assist. Prof., Dept. Islamic Azad University, Kaleybar Branch, of Agronomy, Kaleybar, Iran

(Received: Sept. 18, 2017 – Accepted: Jan. 27, 2018)

Abstract

In order to investigate the effects of seed inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on some chemical characteristics and seed germination of corn (*Zea mays* L.) under drought stress conditions, a factorial experiment based on randomized complete design with three replications was conducted at the physiology laboratory of Islamic Azad University Branch Ardabili, during 2015. Studied factors were: drought stress in four levels (Zero, -4, -8 and -12 bar) and seed inoculation with mycorrhizal fungus in four levels (no inoculation, seed inoculation with *Funneliformis mosseae*, *Rhizoglossum fasciculatum* and *Claroideoglossum etanicatum*). The results showed that the effect of drought stress and seeds inoculation with mycorrhizal fungi on germination components, seed protein content and antioxidant enzymes was significant at 1% probability Level. Seed inoculation with *Rhizoglossum fasciculatum* showed higher antioxidant enzymes activity and higher seed protein content compared with inoculation with *Funneliformis mosseae*, *Claroideoglossum etanicatum* and no inoculation. In drought stress conditions, plants will reduce oxidative stress leads to increased activity of antioxidant enzymes has been. The results of the mean comparison of data showed that with increasing drought stress germination percent and germination rate index decreased and the means of germination time, increased. With respect to the results of this study, it seems that mycorrhizal fungi by an improvement in water and nutrient absorption, improve plant growth in drought stress condition. Thus, in order to increasing of germination components and chemical characteristics, it can be suggested that seeds inoculation of corn was applied with *Rhizoglossum fasciculatum*.

Key words: Antioxidant enzymes, Corn, Mycorrhizal, Seed priming, Stress.

* Email: afkariahmad@yahoo.com

مقدمه

بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی و افزایش مقاومت پنبه تحت تأثیر پرایمینگ را تأیید می‌کند. پرایمینگ بذر روشی است که با جوانه‌زنی سریع، همزمان و یکنواخت بذر موجب بهبود استقرار گیاهچه در مزرعه می‌شود و هیدروپرایمینگ، هیدروترموپرایمینگ، اسموپرایمینگ، بیوپرایمینگ و انواعی دیگر را شامل می‌شود (Seyed Sharfi and Khavazi, 2012). جوانه‌زنی به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه دما و رطوبت خاک قرار می‌گیرد مطالعات مختلف نشان داده است که شاخص‌های جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش‌های مختلف غیر زنده کاهش می‌یابد (Soltani et al., 2006; Tabatabai, 2012). کیفیت بذر مجموعه‌ای از ویژگی‌های ژنتیکی، فیزیکی، فیزیولوژیکی و سلامت بذر است که در شکل‌گیری گیاهان قوی نقش داشته و قابلیت باروری بالایی را تضمین می‌کنند. همچنین کیفیت بذر نشأت گرفته از عوامل مختلفی است، با این وجود ارزیابی قابلیت جوانه‌زنی، بنیه بذر در بذرهای دارای قوه‌نامیه مختلف و اندازه‌های متفاوت، نقش مهمی در تعیین کیفیت بذر خواهد داشت (Hashemi Fesharaki et al., 2016). اولین اثر تنش بر گیاهان، عدم یکنواختی جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاهچه می‌باشد به نحوی که منجر به کاهش تراکم نهایی گیاهی در واحد سطح و در نتیجه عملکرد محصول می‌گردد (Younesi and Moradi, 2015). نیتروژن کلیدی‌ترین نقش را در محتوای پروتئین بذر ایفا می‌کند. نیتروژن موجب افزایش محتوای پروتئین بذر در گندم شده که آن نیز موجب افزایش شاخص کیفیت بذر و بنیه آن می‌شود (Oskouie and Divsalar, 2011). تنش خشکی ۶- بار به‌طور معنی‌داری جوانه‌زنی بذر نخود فرنگی را کاهش می‌دهد (Gamze et al., 2005). آزمایش انجام گرفته بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت نشان داده است که این قارچ‌ها قادر به افزایش جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه ذرت می‌باشند (Gholami et al., 2009). برخی بررسی‌ها نشان داده است که باکتری‌های جنس *آزوسپریلوم*، *سودوموناس* و *ازتوباکتر* بر جوانه‌زنی و رشد

ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی از تیره پوآسه و از غلات مهم مناطق گرمسیر و معتدل جهان است. این محصول از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی مورد استفاده انسان، دام و طیور است (Seiadat et al., 2012). قارچ‌های میکوریز آربوسکولار از طریق برقراری رابطه همزیستی با ریشه گیاهان موجب بهبود عملکرد و جذب عناصر غذایی در شرایط نامساعد خاک به‌ویژه تحت شرایط تنش‌ها می‌شود (Giri and Mukerji, 2004). قارچ‌های میکوریز آربوسکولار قادرند با افزایش در سرعت جوانه‌زنی، افزایش طول و وزن ریشه‌چه، تسریع در طویل شدن ریشه و استقرار گیاه، افزایش تعداد ریشه‌های جنینی و جانی، منجر به افزایش کمی و کیفی گیاهان مختلف شوند (Dobbelaere et al., 2003). اثر قارچ‌های میکوریز بر میزان ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانت در گیاهان *Vitisvinifera* L. ریزازدیادی شده طی سازگاری توسط (Krishna et al., 2005) گزارش شده است. سلیمان و همکاران (Solaiman et al., 2005) در بررسی واکنش بذر نخود به تلقیح قارچ میکوریزا و ریزوبیوم مشاهده کردند که تمامی صفات اندازه‌گیری شده (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و میزان شاخص جوانه‌زنی) نسبت به شاهد برتری داشت. هامدا و همکاران (Hameeda et al., 2007) نیز برهمکنش‌های مثبت هم‌افزایی بین قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد نظیر تثبیت‌کننده‌های نیتروژن و *سودوموناس* را گزارش کردند. تنش خشکی زمانی در گیاهان حادث می‌گردد که میزان آب دریافتی کمتر از تلفات آن بوده، این امر ممکن است به علت اتلاف بیش از حد آب یا کاهش جذب و یا وجود هر دو مورد باشد (Afkari, 2014). سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2006). تأثیر پرایمینگ بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه پنبه در شرایط تنش خشکی بررسی کردند و نتیجه به‌دست آمده

ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در افزایش تحمل گیاه مذکور، بر شاخص های بیوشیمیایی و جوانه زنی از طریق تحریک سیستم آنتی اکسیدان های آنزیمی تحت شرایط تنش خشکی به اجرا درآمد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تأثیر تلقیح بذر با قارچ میکوریزا آربوسکولار بر شاخص های بیوشیمیایی و جوانه زنی بذر گیاه ذرت در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل در سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. در این آزمایش از بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ با قدرت رویش مناسب، رطوبت اولیه ۱۱/۶ درصد، قوه نامیه ۹۲ درصد و خلوص بذر ۹۸ درصد از بذرهای تولیدی سال ۱۳۹۳ والد های هیبرید مذکور شامل دو لاین اینبرد MO17 به عنوان والد پدری و B73 به عنوان والد مادری نر بارور که از شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان تهیه شده بود استفاده گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح تنش خشکی (صفر، -۴، -۸، -۱۲- بار) و پرایمینگ بذر با سه گونه قارچ میکوریزی *Funneliformis mosseae*، *Claroideoglonu etanicatum* و *Rhizoglonum fasciculatum* و تیمار بدون تلقیح قارچی به عنوان شاهد بودند. گونه های قارچی بومی خاک های کشور بوده و مایه تلقیح آن ها از بخش تحقیقات بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. برای تلقیح قارچ های میکوریزا آربوسکولار مقدار ۳۰ گرم از مایه تلقیح قارچ ها شامل اسپور (۱۰-۱۲) اسپور در هر گرم بستر، هیف و قطعات کلنیزه شده (۷۵-۸۵ درصد) و کلنیزه نشده ریشه ای در عمق ۵ سانتی متری از خاک گلدان قرار داده شد و با خاک زیر مخلوط گردید. به منظور حفظ جمعیت میکروبی غیر از قارچ میکوریز و یکسان شدن وزن گلدان ها، مقدار ۳۰ گرم از بستر گلدان های شاهد تلقیح نشده با قارچ که در مرحله کشت

گیاهچه ذرت از تأثیر مثبت و معنی داری برخوردارند (Shaukat *et al.*, 2006). گیاهان به منظور حفاظت در برابر گونه های فعال اکسیژن (ROS)، به دفاع آنتی اکسیدان تی مانند ترکیبات آنزیم های سوپراکسید دسموتاز و کاتالاز مجهز هستند (Agarwal *et al.*, 2005). در گیاهان فعالیت آنزیم هایی مانند کاتالاز (CAT) پراکسیداز (POD)، سوپراکسید دسموتاز (SOD) موجب خنثی سازی فعالیت فعال اکسیژن (ROS) تولید شده در سلول ها می گردد و تولید فعال اکسیژن در سلول های گیاهی موجب تحریک و افزایش فعالیت آنزیم های اشاره شده می شود (Dat *et al.*, 2000). سیستم دفاعی آنتی اکسیدان تی آنزیمی شامل سوپراکسید دسموتاز، کاتالاز، گلو تاتیون پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز هستند که آنزیم های آنتی اکسیدان کلیدی در مبارزه علیه بنیان های آزاد اکسیژن به شمار می روند (Naderi Zarnaghi *et al.*, 2014). در آزمایشی که بر روی آنزیم های آنتی اکسیدان تی و محصول تخریبی مالون دی آلدئید روی سورگوم در شرایط تنش خشکی انجام گردید، سطوح آنزیم ها و مالون دی آلدئید در شرایط تنش نسبت به شرایط آبیاری نرمال افزایش نشان داد (Jingxian and kirksam, 2001). افزایش فعالیت گلو تاتیون پراکسیداز در پنبه و گندم که در معرض تنش خشکی قرار گرفته اند نشان می دهد که همزمان با تولید H_2O_2 ، این افزایش می تواند منجر به جذب الکترون های فرود و کسین توسط NADP گردد که در نتیجه میزان تولید سوپراکسید کاهش می یابد (Semirnof, 1998). اهمیت قارچ های میکوریز در بهبود تغذیه گیاهان، افزایش تحمل در برابر برخی بیماری ها و کاهش اثرهای منفی تنش خشکی توسط محققین مختلف گزارش شده است (Rahmani Iranshahi *et al.*, 2016). بالتروشات و همکاران (Balteroshat *et al.*, 2008) گزارش کردند که تلقیح قارچ اندوفایت با گیاه جو در شرایط تنش شوری، فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و در نتیجه مقاومت این گیاه را به تنش افزایش داد. بنابراین، این پژوهش با هدف مطالعه اثر تلقیح بذر با قارچ میکوریزا آربوسکولار با

N: تعداد بذور جوانه زده در طی D روز D: تعداد روزها از ابتدای جوانه زنی ΣNi : کل تعداد بذور جوانه زده شاخص میزان جوانه زنی از مجموع نسبت تعداد کل بذورهای جوانه زده به تعداد روزهای پس از کاشت به دست آمد که آن Ni برابر است با تعداد کل بذورهای جوانه زده تا روز N ام و Ti شماره روز و از فرمول ۳ استفاده گردید (TeKrony and Egli, 1991):

$$\text{فرمول (۳)} \quad GRT = \frac{\Sigma Ni}{\Sigma Ti} = \text{شاخص میزان جوانه زنی}$$

برای تهیه عصاره بعد از جدا کردن اندام‌های مختلف با توجه به اندام مشخص شده (گیاهچه) در تیمارها، به منظور اندازه گیری نیتروژن از روش هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه استفاده شد. بعد از تهیه عصاره، برای اندازه گیری از دستگاه طیف سنج جذب اتمی استفاده شد (Hanlon, 1998). و سپس درصد پروتئین دانه با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (parvaneh, 2005). ضریب تبدیل پروتئین برای ذرت ۶/۲۵ می باشد.

$$۶/۲۵ \times \text{درصد نیتروژن} = \text{درصد پروتئین بذور}$$

تهیه گیاهچه و انتقال به گلدان و برداشت گیاه

بذورهای خریداری شده در مخلوطی از خاک و پیت ماس به نسبت ۴:۱ کشت شد. گیاه مطلوب و یک شکل در مرحله ۴ برگی انتخاب و به گلدان‌های اصلی منتقل شدند. برای انجام تیمارهای قارچ میکوریزا آربوسکولار، به مقدار ۳۰ گرم به خاک هر گلدان اضافه و نشا به داخل گلدان منتقل شد. برای گیاهان شاهد همان مقدار مایه تلقیح استریل شده در اتوکلاو اضافه گردید. بعد از رشد مطلوب تعداد آن‌ها به ۴ گیاهچه در هر گلدان کاهش داده شد. در طی دوره رشد برای رسیدن به حالت تعادل میزان رطوبت خاک در حد FC نگه داشته شد (Shokri et al., 2016). برای ایجاد یکنواختی جای گلدان‌ها هر ده روز یکبار جابجا گردید. پس از رشد گیاه طی یک دوره ۱۰۰ روزه، برداشت اندام هوایی انجام شد.

تکثیر نگهداری شده بودند به تیمارهای بدون قارچ در کشت اصلی اضافه گردید. مایه تلقیح گونه‌های میکوریزی با تعداد اسپور یکسان، استفاده گردید. سپس ۲۰ بذر سالم تلقیح شده با قارچ‌های فوق در گلدان‌ها قرار داده شدند. قبل از اعمال تنش خشکی جهت ایجاد همزیستی بین میکوریزا با بذور به مدت سه هفته در دمای ۲۲-۲۵ درجه سانتی گراد در گلخانه نگهداری شدند. سپس در مرحله چهار برگی به منظور اعمال تیمارهای تنش خشکی، گلدان‌ها به مدت یک هفته درون اتاقک رشد قرار گرفتند. بذورهای به دست آمده از تلقیح بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ برای ارزیابی آزمون جوانه زنی در دمای 22 ± 2 برای مدت ۱۰ روز در ژرمیناتور و تعیین آنزیم‌های آنتی اکسیدانت، محتوای پروتئین بذر و مؤلفه‌های جوانه زنی مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۲ دقیقه ضد عفونی سطحی شدند و سپس با آب مقطر شستشو شدند. برای ارزیابی شاخص‌های جوانه زنی، ۲۵ عدد بذر در داخل پتری‌ها بین دو لایه کاغذ صافی قرار داده شد و ۲۰ میلی لیتر آب مقطر به هر پتری اضافه شد. شمارش بذرها به صورت روزانه و تا روز دهم در ساعتی معین انجام شد. به هنگام شمارش، بذرهایی جوانه زده تلقی می شدند که طول ریشه چه آن‌ها ۲ میلی متر یا بیشتر بود (Soltani et al., 2006). برای محاسبه درصد جوانه زنی از فرمول ۱ استفاده گردید (Wakjira and Negash, 2013):

$$\text{فرمول (۱)} \quad S/T \times 100 = \text{درصد جوانه زنی}$$

S: تعداد بذور جوانه زده

T: کل تعداد بذور

متوسط زمان لازم برای جوانه زنی که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه زنی محسوب می گردد از فرمول ۲ محاسبه گردید (Ellis et al., 1987):

$$\text{فرمول (۲)} \quad MGT = \frac{\Sigma (ND)}{\Sigma N} = \text{متوسط زمان جوانه زنی}$$

چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی خصوصیات بیوشیمیایی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش قارچ‌های میکوریزا و تنش خشکی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و محتوای پروتئین بذر مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). نشان دهنده این است که با افزایش تشدید تنش خشکی و مصرف قارچ میکوریزا مقدار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان افزایش می‌یابد. مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل تنش خشکی و قارچ‌های میکوریزا بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نشان داد که تیمار تلقیح بذر با ریزوگلو موس فسیکولانوم و سطح تنش ۱۲- بار (S₄) با میزان فعالیت ۱۱۹۶/۷ واحد بین‌المللی بر میلی گرم پروتئین بالاترین و تیمار عدم تلقیح قارچی (شاهد) و آبیاری بدون تنش (S₁) با میزان فعالیت ۷۱۴/۴۲ واحد بین‌المللی بر میلی گرم پروتئین پایین‌ترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را دارا می‌باشد (جدول ۳).

جهت تعیین میزان سوپراکسید دیسموتاز، سه عدد برگ از هر واحد آزمایشی در هنگام صبح قبل از گرم شدن هوا از مزرعه برداشت شد. سعی بر آن بود که برگ‌ها کاملاً جوان و گسترده باشند، برگ‌ها داخل نایلون اتیکت گذاری شده قرار گرفت و در یخ‌دانی که کف آن از یخ پوشیده بود قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس توسط روش (Beauchamp and Fridovich, 1971). میزان تغییرات این آنزیم تعیین شد. برای اندازه‌گیری آنزیم گلو تاتیون پراکسیداز برگ‌های منتقل شده به آزمایشگاه را با آب مقطر شستشو داده و بلافاصله در بافر تریس ۱۶/۱ مولار با pH= ۵/۷ وارد کرده و سپس خرد و یکنواخت شدند. آنگاه اجازه داده شد در حضور حجم مشابه از همان بافر حاوی دیجیتونین (آنزیم هضم کننده دیواره) فرایند هضم غشاء و دیواره سلول انجام شود. در پایان مقدار ۵/۵ میلی لیتر از محلول هموزن برای سنجش پروتئین برداشت شد و مقدار پروتئین آن بر حسب میلی گرم در میلی لیتر تعیین گردید. سپس در باقی مانده محلول استخراجی مقدار آنزیم گلو تاتیون با روش (Holy, 1987). اندازه‌گیری شد. سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز به روش (Chandlee and Scandalios, 1987). انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش

Table 1-The analysis of variance of measured traits in experiment

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase	کاتالاز Catalase	گلو تاتیون پراکسیداز Glutathione peroxidase
تلقیح بذر Seed inoculation	3	27938.61**	29538.24**	578.44*
تنش خشکی Drought stress	3	841637.2**	48927.6**	398462.4**
تلقیح بذر × تنش خشکی Drought stress × Seed inoculation	9	34691.75**	472.87**	1825.68**
خطای آزمایش Error	32	62.33	4.31	41.19
ضریب تغییرات CV (%)	-	2.94	4.39	3.37

*, ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and ** are significant at 5% and 1% probability level respectively

مقایسه با تیمار عدم مصرف میکوریزا بیشتر شد. این نشان داد که گیاه ذرت احتمالاً توانسته است با فعالیت آنزیمی بالای خود کمترین تخریب سلولی را در گیاه موجب شود. در تحقیقی که گلشن و همکاران (Golshan et al., 2011) انجام دادند، نتایج مشابهی را مشاهده کردند.

در شرایط تنش خشکی، گیاه برای کاهش اثرات تنش اکسیداتیو منجر به افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شده است. به طور کلی میزان آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) تلقیح شده گیاه ذرت با قارچ میکوریزا ریزوگلوبوموس فسیکولاتوم در شرایط تنش شدید خشکی در

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه گیری شده در آزمایش

Table 2-The analysis of variance of measured traits in experiment

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درصد جوانه زنی Germination Percent	شاخص های جوانه زنی Germination indices	متوسط مدت جوانه زنی Means of germination time	محتوای پروتئین بذر Seed Protein content
تلقیح بذر Seed inoculation	3	353.11**	39.83**	2.17*	4.93**
تنش خشکی Drought stress	3	5826.09**	939.74**	3.06*	3.87**
تلقیح بذر × تنش خشکی Drought stress × Seed inoculation	9	19.23	4.07	0.1	6.01**
خطای آزمایش Error	32	2.01	0.68	0.09	29.07
ضریب تغییرات CV (%)	-	9.02	13.29	10.74	2.38

*, ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and ** are significant at 5% and 1% probability level respectively

آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز (GPX). تلقیح شده گیاه ذرت با قارچ میکوریزا ریزوگلوبوموس فسیکولاتوم در شرایط تنش شدید خشکی در مقایسه با تیمار عدم مصرف میکوریزا بیشتر شد. از طرفی مصرف میکوریزا نیز در افزایش فعالیت این آنزیم اثر زیادی داشت. اثرات برهمکنش تنش خشکی و قارچ های میکوریزا نشان داد که تیمار تلقیح بذر با ریزوگلوبوموس فسیکولاتوم و سطح تنش ۱۲- بار با میزان فعالیت ۱۵۴/۲۵ واحد بین المللی بر میلی گرم پروتئین بیشترین و تیمار عدم تلقیح قارچی (شاهد) در شرایط بدون تنش با میزان فعالیت ۶۳/۴۹ واحد بین المللی بر میلی گرم پروتئین کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز را دارا می باشد (جدول ۳). آنزیم آنتی اکسیدان کاتالاز آنزیم مهمی است که در شرایط تنش اکسیداتیوی فعال می شود این آنزیم قادر به هضم و حذف H_2O_2 شود. زیرا افزایش ظرفیت آنتی اکسیدان ها در شرایط تنش

با توجه به اینکه آنزیم سوپراکسید دیسموتاز برای مقابله با اکسیژن های رادیکال آزاد تولیدی در شرایط تنش در گیاهان تولید می شود می توان نتیجه گرفت که گیاه ذرت است باعث حذف تعداد زیادی از اکسیژن های رادیکال آزاد تولیدی شود. مقایسه میانگین داده های مرتبط با میزان فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز نشان داد که تیمار تلقیح بذر با ریزوگلوبوموس فسیکولاتوم و سطح تنش ۱۲- بار با میزان فعالیت ۱۶۷/۰۵ واحد بین المللی بر میلی گرم پروتئین بیشترین و تیمار عدم تلقیح قارچی (شاهد) و آبیاری در شرایط بدون تنش با میزان فعالیت ۸۶/۶۷ واحد بین المللی بر میلی گرم پروتئین کمترین فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز را به خود اختصاص داد (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی، گیاه برای کاهش اثرات تنش اکسیداتیو منجر به افزایش فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز شده است. به طور کلی میزان

زمان لازم برای جوانه‌زنی افزایش یافت (جدول ۵). همچنین تلقیح بذر با گونه‌های قارچ میکوریزا متوسط زمان جوانه‌زنی را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با عدم تلقیح کاهش داد. بنابراین بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی مربوط به تیمار عدم تلقیح (۳۶/۴۲٪) و کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی مربوط به تیمار تلقیح بذر با ریزوگلوبوموس فسیکولاتوم بود (جدول ۴). در این مطالعه با توجه به نتایج مقایسات میانگین نتیجه شد که تیمار کردن بذر با ریزوگلوبوموس فسیکولاتوم موجب بهبود جوانه‌زنی و سایر صفات مورد مطالعه تحت شرایط تنش گردید. در حالی که شرایط تنش باعث تأخیر قابل ملاحظه‌ای در جوانه‌زنی گردید. سانگ و چو (Sung and Chiu, 1995) نتیجه گرفتند که میانگین زمان جوانه‌زنی به وسیله هیدروپرایمینگ بذر کاهش یافت بدون اینکه در میزان آب جذب شده توسط بذر تغییری ایجاد گردید.

درصد جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تلقیح بذر با فونلی فورمیس موسه‌آ، ریزوگلوبوموس فسیکولاتوم و کلاروتیدوگلوبوموس اتانیکاتوم درصد جوانه‌زنی را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با عدم تلقیح افزایش داد. بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تلقیح بذر با ریزوگلوبوموس فسیکولاتوم (۹۲/۰۳٪) و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار عدم تلقیح (۷۶/۶۲٪) بود (جدول ۴).

کنجوسکی و کام (Chojnowski and Come, 1997)

گزارش کردند که پرایمینگ بذر آفتابگردان به مدت ۳ الی ۵ روز باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه می‌شود. افضل و همکاران (Afzal et al., 2006) برای گیاه کلزا نشان دادند که سرعت جوانه‌زنی در پاسخ به پرایمینگ افزایش می‌یابد. شاکوات و همکاران (Shaukat et al., 2006) گزارش کردند که نژادهایی از آروسپریلوم، سودوموناس و ازتوباکتر بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت از تأثیر مثبت و معنی‌داری برخوردار است. با افزایش تنش خشکی درصد جوانه‌زنی در بذرهای

موجب کاهش خسارت به گیاه می‌شود (Rahmani Iranshahi et al., 2015). احمدپور و همکاران (Ahmadpour et al., 2016). گزارش نمودند که در تمامی ارقام مورد بررسی عدس، تنش رطوبتی (۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در مقایسه با شرایط بدون تنش شد. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با نتایج تحقیقات اگاروال و همکاران (Agarwal et al., 2005) بر روی گندم، چن و همکاران (Chen et al., 2000) بر روی ذرت و حسن‌پور درویشی (Hassanpour Darvishi, 2015) بر روی ماشک مطابقت دارد. مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل تنش خشکی و قارچ‌های میکوریزا بر محتوای پروتئین بذر نشان داد که بیشترین محتوای پروتئین بذر (۸/۸۷ درصد) مربوط به تیمار تلقیح بذر با ریزوگلوبوموس فسیکولاتوم در شرایط آبیاری نرمال و کمترین محتوای پروتئین بذر (۵/۶۵ درصد) مربوط به تیمار عدم تلقیح قارچی (شاهد) و سطح تنش ۱۲- بار بود (جدول ۳). در بین سایر تیمارهای قارچ‌های میکوریزی تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف تنش خشکی از لحاظ میزان درصد پروتئین دانه مشاهده نشد. بذرهای تلقیح یافته با ریزوگلوبوموس فسیکولاتوم از افزایش میزان محتوای پروتئین بذر بیشتری در مقایسه با تلقیح با فونلی فورمیس موسه‌آ و کلاروتیدوگلوبوموس اتانیکاتوم و عدم تلقیح برخوردار بودند.

متوسط زمان جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح فاکتورهای تنش خشکی و میکوریزا بر روی متوسط زمان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر برهمکنش این دو فاکتور بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین متوسط زمان جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش خشکی حاکی از آن بود که کمترین زمان برای جوانه‌زنی در تیمار (صفر بار یا مگاپاسکال) اتفاق افتاد و با کاهش پتانسیل اسمزی متوسط

باشد. کایا و همکاران (Kaya *et al.*, 2003) گزارش دادند که بهبود جوانه‌زنی را در بذور نخود هیدروپرایم شده آفتابگردان تحت تنش خشکی نتیجه شد. همچنین مهرا و راج (Mehra and Raaj., 2002). بهبود سبز شدن و استقرار گیاهچه کلزا را تحت شرایط تنش گزارش کردند.

تلقیح شده و شاهد کاهش یافت و این کاهش در بذره‌های شاهد بیشتر از بذر های تلقیح شده بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار بدون اعمال تنش (۸۹/۹۱٪) و کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به سطح تنش ۱۲- بار (۵۳/۴۹٪) بود (جدول ۵). کاهش جوانه‌زنی در اثر تنش خشکی می‌تواند با کاهش جذب آب توسط بذرها مرتبط

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش قارچ میکوریزا و تنش خشکی بر برخی خصوصیات شیمیایی گیاه ذرت

Table 3. Mean comparisons of interaction mycorrhizal fungi and drought stress on some chemical characteristics of maize

تلقیح بذر Seed inoculation	تنش خشکی Drought stress	سوپراکسید دیسموتاز Superoxide dismutase (u/mg.protein)	کاتالاز Catalase (u/mg.protei)	گلوکوتایون پراکسیداز Glutathione peroxidase (u/mg.protei)	محتوای پروتئین بذر Seed protein content (%)
عدم تلقیح (no Inoculation)	صفر Zer0	714.47g	63.49d	86.67d	5.65e
	۴- بار -4 bar	809.97f	82.23c	97.98c	6.42d
	۸- بار -8 bar	878.82ef	112.14b	115.87b	7.37c
	۱۲- بار -12 bar	1035.22c	151.59a	161.77a	7.83b
	صفر Zer0	805.95f	64.11d	88.8d	6.13d
کلارونیدوگلووموس اتانیکاتوم <i>Claroideoglomu etanicatum</i>	۴- بار -4 bar	901.52e	82.85c	100.1c	6.89cd
	۸- بار -8 bar	970.35d	112.74b	118.01b	7.85b
	۱۲- بار -12 bar	1126.75b	152.19a	163.9a	8.31ab
	صفر Zer0	860.75ef	65.36d	90.24d	6.30d
	فونلی‌فورمیس موسه‌آ <i>Funneliformis mosseae</i>	۴- بار -4 bar	956.31de	84.1c	101.54c
۸- بار -8 bar		1025.15c	114.01b	119.44b	8.02b
۱۲- بار -12 bar		1181.55a	153.45a	165.34a	8.48ab
صفر Zero		875.86ef	66.16d	91.95d	6.69d
ریزوجلوموس فسیکولاتوم <i>Rhizogloimus fasciculatum</i>		۴- بار -4 bar	971.41d	84.90c	103.35c
	۸- بار -8 bar	1040.3c	115.02b	121.15b	8.41ab
	۱۲- بار -12 bar	1196.7a	154.25a	167.05a	8.87a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪

The same letters in each column represents no significant difference in the level of 5%

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی ذرت در حالت تلقیح بذر با قارچ‌های میکوریز

Table 4- Mean comparisons of germination indices affected by seed inoculation of Mycorrhizal fungi

تلقیح بذر Seed inoculation	درصد جوانه‌زنی Germination Percent (%)	شاخص میزان جوانه‌زنی (بذر/روز) Germination indices (day/seed)	متوسط مدت جوانه‌زنی (روز) Means of germination time (day)
ریزوگلوبوس فسیکولاتوم Inoculation with <i>Rhizoglobus fasciculatum</i>	92.03a	36.42a	3.78cd
فونلی فورمیس موسه‌آ Inoculation with <i>Funneliformis mosseae</i>	90.07a	34.01b	4.2c
کلاروئیدوگلوبوس اتانیکاتوم Inoculation with <i>Claroideoglobus etanicatum</i>	84.19b	31.14c	4.82b
عدم تلقیح (no Inoculation)	76.62c	23.98d	6.09a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪

The same letters in each column represents no significant difference in the level of 5%

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه ذرت تحت تنش خشکی

Table 5- Mean comparisons of germination indicators and early seedling growth of maize under drought stress

تنش خشکی Drought stress	جوانه‌زنی (درصد) Germination Percent (%)	شاخص‌های جوانه‌زنی (بذر/روز) Germination indices (day/seed)	جوانه‌زنی (روز) مدت متوسط Means of germination time (day)
صفر Zero	89.91a	24.11a	3.12cd
۴- بار -4 bar	80.48b	16.38b	3.94c
۸- بار -8 bar	68.12c	9.87c	4.56b
۱۲- بار -12 bar	52.49d	4.62d	5.72a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده نداشتن اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪

The same letters in each column represents no significant difference in the level of 5%

شاخص میزان جوانه‌زنی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح فاکتورهای تنش خشکی و میکوریز بر روی شاخص میزان جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود اما اثر برهمکنش این دو فاکتور بر این صفت معنی دار نشد (جدول ۲).
مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تلقیح بذر با

فونلی فورمیس موسه‌آ، ریزوگلوبوس فسیکولاتوم و کلاروئیدوگلوبوس اتانیکاتوم شاخص میزان جوانه‌زنی را به‌طور معنی داری در مقایسه با عدم تلقیح افزایش داد. بیشترین شاخص میزان جوانه‌زنی مربوط به تیمار تلقیح بذر با ریزوگلوبوس فسیکولاتوم (۳۶/۴۲) و کمترین شاخص میزان جوانه‌زنی مربوط به تیمار عدم تلقیح (۲۳/۹۸) بود (جدول ۴). با افزایش تنش خشکی شاخص میزان

نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، می توان بیان کرد که با افزایش تنش خشکی درصد جوانه زنی و شاخص میزان جوانه زنی کاهش و متوسط مدت زمان جوانه زنی افزایش یافت. همچنین در شرایط تنش خشکی، گیاه برای کاهش اثرات تنش اکسیداتیو منجر به افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان شده است. بذره های تلقیح یافته با ریزوگلو موس فسیکولاتوم از افزایش میزان فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و محتوای پروتئین بذر بیشتری در مقایسه تلقیح با فونولی فورمیس موسه آ و کلاروئیدو گلو موس اتانیکاتوم و عدم تلقیح برخوردار بودند. به طور کلی نتایج پژوهش حاضر نشان داد که قارچ های میکوریزا می توانند به عنوان یک عامل پیش برنده در افزایش مقاومت گیاهان طی فرایند سازگاری عمل کرده و با افزایش در میزان عوامل آنتی اکسیدان موجب بهبود رشد در گیاهان گردد.

جوانه زنی در بذره های تلقیح شده و شاهد کاهش یافت و این کاهش در بذره های شاهد بیشتر از بذره های تلقیح شده بود. بیشترین شاخص میزان جوانه زنی مربوط به تیمار بدون اعمال تنش (۲۴/۱۱) و کمترین شاخص میزان جوانه زنی مربوط به سطح تنش ۱۲- بار بود (جدول ۵). تنش خشکی باعث کاهش درصد جوانه زنی و به دنبال آن تعداد بذره های جوانه زده می شود با کاهش در تعداد بذره های جوانه زده نرمال شاخص جوانه زنی نیز کاهش می یابد (Ashraf and Rauf, 2001). به طور کلی شاخص جوانه زنی از پارامترهای مهم در تعیین جوانه زنی بذر می باشد که رابطه مستقیمی با کیفیت و قدرت زیست بذرها دارد به عبارتی هر چه کیفیت بذرها مناسب تر باشد درصد جوانه زنی و تعداد بذره های جوانه زده بیشتر و در نتیجه شاخص جوانه زنی بالاتر خواهد بود. نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داده شده است که تنش خشکی سبب کاهش معنی داری در شاخص های جوانه زنی می شود (Patade et al., 2012; Ghassemi-Golezani and Dalil, 2014).

Reference

منابع

- Afkari, A. 2014. Effect of water stress on potassium accumulation and seed yield of different sunflower (*Helianthus Annuus* L.) varieties. Int. J. Current Life Sci. 4(3): 808-811.
- Afzal, A., N. Aslam, F. Mahmood, A. Hameed, S. Irfan, and G. Ahmad. 2006. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming techniques. Garden Depesguisa Biolo. 16(1): 19-34.
- Agarwal, S., R.K. Sairam, G.C. Srivatava, and R.C. Meena. 2005. Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. Biotechnol. Plantarum. 49(4): 541-550.
- Ahmadpour, R., S.R. Hosseinzadeh, and S. Chashiani. 2016. Study of root morpho-physiological and biochemical characteristics of lentil in response to moisture stress. (In Persian, with English Abstract.) J. Iranian Plant Ecophysiol. Res. 11(43): 39-51.
- Ashraf, M. and H. Rauf. 2001. Inducing salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) through priming with chloride salte, growth and ion transport at early growth stages. Acta Physiol. Plant. 23: 407-414.
- Baltruschat, H., J. Fodor, B.D. Harrach, E. Niemczyk, B. Barna, G. Gullner, A. Janeczko, K.H. Kogel, P. Schafer, I. Schwarczinger, A. Zuccaro, and A. Skoczowski. 2008. Salt tolerance of barley induced by the root endophyte *Piriformospora indica* is associated with a strong increase in antioxidants. New Phytol. 180: 501-510.
- Beauchamp, C. and I. Fridovich. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acryl amide gels. Annual Review of Bioch. 44: 276-287.

- Chandlee, J.M. and J.G. Scandalios. 1984.** Analysis of variants affecting the plants. *Plant Nutrition Soil Sci.* 168: 541-549.
- Chen, W.P., P.H. Li, and T.H.H. Chen. 2000.** Glycinebetaine increases chilling tolerance and reduces chilling induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. *Plant Cell Environ.* 23: 609-618.
- Chojnowski, F.C. and D. Come. 1997.** Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. *Seed Sci. Res.* 7: 323-331.
- Dat, J., S. Vandennebeele, E. Vranová, M. Van Montagu, D. Inzé, and F. Van Breusegem. 2000.** Dual action of active oxygen species during plant stress responses. *Cellular and Molecular Life Sci.* 57: 779-795.
- Dobbelaere, S., J. Vanderleyden, and Y. Yaacov Okon. 2003.** Plant growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Plant Sci.* 2: 107-149.
- Ellis, R.H., T.D. Hong, and E.H. Roberts. 1987.** The development of desiccation-tolerance and maximum seed quality during maturation in legumes. *Anatomy Botany.* 59: 23-29.
- Gamze, O., M.D. Kaya, and M. Atak. 2005.** Effect of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea. *Turkish J. Agric.* 29: 237-242.
- Ghassemi-Golezani, K. and B. Dalil. 2014.** Effect of seed vigor on growth and grain yield of maize. *Plant Breeding and Seed Sci.* 70: 81-90.
- Gholami, A., S. Shahsavani, and S. Nezarat. 2009.** The Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technol.* 37: 2070-3740.
- Giri, B. and K.G. Mukerji. 2004.** Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field condition: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza.* 14: 307-312.
- Golshan, M., H. Habibi, S.M. Beladi, and M.J. Maleki. 2011.** Copper and Lead tolerance strategies in mustards (*Sinapis arvensis*) egyptian clover (*Trifolium alexandrinum*) and hairy vetch (*Vicia villosa*): Role of some antioxidant enzymes. *American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci.* 11: 122-128.
- Hameeda, B., M. Srijana, O.P. Rupela, and G. Reddy. 2007.** Effect of bacteria isolated from composts and macrofauna on sorghum growth and mycorrhizal colonization. *World J Micro. Biol.* 23: 883-887.
- Hanlon, E.A. 1998.** Elemental determination by atomic absorption spectrophotometry. In: handbook of reference methods for plant analysis (Eds. Kalra, Y.P.). CRC Press: Boca Raton. 157-165 pp.
- Hassanpour Darvishi, H. 2015.** Effect of lead and zinc and mycorrhiza fungi role on antioxidant enzymes activity and biomarkers of destruction in alfalfa, green pea and vetch. (In Persian, with English Abstract.) *Crop Physiol. J.* 6(24): 73-88.
- Hashemi Fesharaki, S., A. Hamidi, S. and Vazan. 2016.** Evaluation the effect of primary germination percentage and seed size and shape of hybrid maize on some seed vigor indices. (In Persian, with English Abstract.) *Iranian J. Seed Sci. and Res.* 1: 63-73.
- Holy, M.C. 1972.** Indole acetic acid oxidase: a dual catalytic enzyme. *Plant Physiol.* 50: 15-18.
- Jiang, Y. and B. Huang, 2001.** Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Sci.* 41: 436-442.
- Kaya, M.D., Ipek, A. and Ozturk, A. 2003.** Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower. *Turkish J. Agric.* 27: 221-227.
- Krishna, H., S.K. Singh, R.R. Sharma, R.N. Khawale, M. Grover, and V.B. Patel. 2005.** Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets due to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculated during ex vitro acclimatization. *Sci. Hortic.* 106: 554-567.
- Mehra, R. and R. Raaj. 2002.** "mood fluctuations, projection bias, and volatility of equity prices. *J. Econo. Dyna. and Control.* 26(5): 869-887.
- Naderi Zarnaghi, R. M. Valizadeh, and R. Fotovat. 2014.** Electrophoretic analysis of antioxidant enzymes activity under drought stress in winter wheat genotypes at tillering stage. (In Persian, with English Abstract.) *Cereal Res.* 4(3): 185 -197.

- Parvane, V. 2005.** Food qualitative control and chemical experiments. (In Persian, with English Abstract.) Tehran Univ. Press. 332 pp.
- Oskouie, B. and M. Divsalar. 2011.** The effect of mother plant nitrogen on seed vigor and germination in rapeseed. ARPN. J Agric. Biol. Sci. 6(5): 49-56.
- Patade, V.Y., K. Maya, and A. Zakwan. 2012.** Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. Res. J. Seed Sci. 4(3): 125 -136.
- Rahmani Iranshahi, D., M. Sepehri, A.H. Khoshgoftarmanesh, H.R. Eshghizadeh, and V. Jahandideh Mahjen Abadi. 2016.** Inoculation effects of endophytic fungus (*Piriformospora indica*) on antioxidant enzyme activity and wheat tolerance under phosphorus deficiency in hydroponic system. (In Persian, with English Abstract.) J. Sci. Technol. 6(4): 75-86.
- Seiadat, S.A., A. Moosavi, and M. Sharafizadeh. 2012.** Effect of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of maize seeds under different aging treatments. (In Persian, with English Abstract.) Res. J. Seed Sci. 5: 51-62.
- Semirnoff, F.N. 1998.** Drought influence the activity of enzymes of the chloroplast hydrogen prooxide system. J. Exp.Bot. 39: 1097-1108.
- Seyes Sharifi, R. and K. Khavazi. 2012.** Effect of growth stimulating bacteria on germination components and seedling growth of maize. (In Persian, with English Abstract.) J. Agroecol. 3: 506 -513.
- Shaukat, K., S. Affrasayab, and S. Hasnain. 2006.** Growth responses of *Helianthus annuus* to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. J.Agric. Res. 1(6): 573-581.
- Shokri, Z., N. Boroomand, M. Sarcheshmeh Pour, and H.R. Alizadeh. 2016.** Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on cadmium phytoremediation by marigold (*Tagetes erecta*). J. of Soil Management and Sustainable Production. 6(1): 191-204.
- Solaiman, A.R.M., M.G. Rabbani, and M.N. Moll. 2005.** Effect of inoculation of Rhizobium and Arbuscular Mycorrhiza, poultry litter, nitrogen and phosphorus on growth and yield in chickpea. Korean J. Crop Sci. 50: 256 -261.
- Soltani, A., M. Gholipoor, and E. Zeinali. 2006.** Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environ and Experi. Botany. 55: 195-200.
- Sung, J.M. and K.Y. Chiu. 1995.** Hydration effects on seedling emergence strength of watermelon seed differing in ploidy. Plant Sci. 110: 21-26.
- Tabataba, S.A. 2012.** Effect of different pretreatments on germination indices and antioxidant enzymes activity of corn seeds under drought stress conditions. (In Persian, with English Abstract.) J.Sci. and Technol. Seeds. 1: 72-79.
- TeKrony, D.M. and Egli, D.B. 1991.** Relation ship of seed vigor to crop yield: a review. Crop Sci. 31: 816-822.
- Wakjira, K. and Negash, L. 2013.** Germination responses of croton macrostachyus (*Euphorbiaceae*) to various physico-chemical pretreatment conditions. South African J.Botany, 87: 76-83.
- Younesi, O. and Moradi, A. 2015.** The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and mycorrhizal fungi on seedling emergence, early establishment and growth of two ecotypes alfalfa (*Medicago sativa*) under salinity stress condition. (In Persian, with English Abstract.) J. Plant Production Res. 22: 105-126.