

اثر تنش خشکی روی فعالیت آنزیمی آنتی اکسیدان و محتوای کلروفیل در ژنوتیپ‌های پیشرفته عدس (*Lens culinaris Medik*)

عظیم احمدی^۱، مجید امینی دهقی^{۲*}، محمدحسین فتوکیان^۲، محمد صدقی^۲، سیروس منصوری فر^۴

۱. دانشجوی دکتری زراعت - فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه شاهد

۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد

۳. هیئت علمی دانشگاه محقق اردبیلی

۴. هیئت علمی دانشگاه پیام نور کرج

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۰۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۲۵

چکیده

مطالعه حاضر جهت بررسی اثرات تنش خشکی روی فعالیت آنزیمی و محتوای کلروفیل ۱۲ ژنوتیپ پیشرفته عدس در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل و بخش مرکزی شهرستان گرمی در سال زراعی ۱۳۹۴/۹۵ به صورت کرت‌های خردشده و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. شرایط دیم و آبیاری تکمیلی به‌عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ‌ها به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که میزان پرولین، کاروتنوئید، محتوای کلروفیل **a** و **b** در اردبیل معنی‌دار و کمتر از گرمی شد اما فعالیت آنزیم پراکسیداز، بیشتر از گرمی بود. در شرایط دیم آنزیم آسکوربات پراکسیداز بیشتر از شرایط آبیاری تکمیلی شد. عملکرد دانه در شرایط دیم ۲۲ درصد کمتر از شرایط آبیاری تکمیلی است. میزان کاروتنوئید و محتوای کلروفیل در بافت برگ‌ها در گیاهان کشت‌شده در گرمی بیشتر از اردبیل است. بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز مربوط به ژنوتیپ ILL6037 (بیله‌سوار) و بیشترین میزان پرولین مربوط به ژنوتیپ شماره ۱۲ بود. بیشترین میزان عملکرد دانه در منطقه گرمی و ژنوتیپ شماره ۱۲ ثبت شد (۱۹۰۲ کیلوگرم در هکتار) همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان پرولین، درصد پروتئین دانه و فعالیت آنزیم پراکسیداز وجود داشت. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با کاروتنوئید، کلروفیل‌های **a**، **b** بود اما بین عملکرد دانه و فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز همبستگی منفی وجود داشت. نتیجه‌گیری نهایی این بود که هرچقدر شرایط رشد برای گیاه مهیباتر شود محتوای کلروفیل گیاه بالا و عملکرد افزایش می‌یابد همچنین در شرایط تنش میزان پرولین و آنزیم پراکسیداز در گیاه بالا می‌رود و باعث افزایش مقاومت ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی می‌شود. ضمناً با دو بار آبیاری آن هم به صورت محدود، عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی ۲۲ درصد بیشتر از شرایط دیم شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری تکمیلی، پرولین، عملکرد دانه، کاروتنوئید

مقدمه

عدس با نام علمی *Lens culinaris* از تیره حبوبات، یک‌ساله، روزبلند، خودگشن و دیپلوئید ($2n=14$) با متوسط ۲۸/۵ درصد پروتئین است. عدس گیاهی است که در مقابل خشکی مقاوم است. عدس را در مناطق گرمسیر غرب آسیا و شمال آفریقا به شکل آبی و زمستانه (در اواخر دی‌ماه) می‌کارند عمده کاشت عدس در ایران به صورت دیم است

عدس با نام علمی *Lens culinaris* از تیره حبوبات، یک‌ساله، روزبلند، خودگشن و دیپلوئید ($2n=14$) با متوسط ۲۸/۵ درصد پروتئین است. عدس گیاهی است که در مقابل خشکی مقاوم است. عدس را در مناطق گرمسیر غرب آسیا و شمال آفریقا به شکل آبی و زمستانه (در اواخر دی‌ماه) می‌کارند عمده کاشت عدس در ایران به صورت دیم است

مواد محلول می‌تواند منجر به حفظ تورژانس سلول‌ها و فرآیندهای وابسته به آن در پتانسیل‌های پایین آب شود. پرولین یکی از تنظیم‌کننده‌های اسمزی تحت تنش‌های محیطی است که در تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی، همبستگی بالایی با تحمل به این تنش‌ها ایفا می‌کند (Azarpanah et al., 2013). اله‌مرادی و همکاران (Allahmoradi et al., 2013) در عدس نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش معنی‌داری در مقدار پرولین در عدس می‌شود.

سیستم آنتی‌اکسیدانت برای حذف گونه‌های فعال اکسیژن و جلوگیری از پراکسیداسیون غشاء مرتبط است. گیاهان دارای یک سیستم آنتی‌اکسیدانت هستند که تولید اضافی گونه‌های فعال اکسیژن را تحت شرایط تنش کنترل می‌کند و بنابراین آن‌ها را در مقابل تأثیرات مضر گونه‌های فعال اکسیژن محافظت می‌کند و از طرف دیگر سطح مناسبی از ROS (گونه‌های فعال اکسیژن) را برای رشد و مسیر انتقال پیام حفظ می‌کند (Mittler, 2002). پاسخ آنتی‌اکسیدانتی یک فرآیند مهم برای محافظت گیاهان در مقابل آسیب‌های اکسیداتیوی است که توسط یک بخش وسیعی از تنش‌های محیطی شامل شوری، خشکی، فلزات سنگین و سرما ایجاد می‌شود (Mittler, 2002).

گیاهان قادرند با تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر ترکیبات فنولی و کارتنوئیدها از ساختارهای سلولی خود در برابر رادیکال‌های فعال تولیدشده در شرایط تنش محافظت کنند (Bettaaieb et al., 2010). هدف از این مطالعه بررسی اثر خشکی روی محتوای کارتنوئید، کلروفیل‌ها، فعالیت آنزیمی آنتی‌اکسیدان و محتوای پرولین در ژنوتیپ‌های پیشرفته عدس در دو منطقه تحت شرایط دیم و آبیاری تکمیلی بوده است تا در نهایت بتوان با استفاده از این صفات فیزیولوژیک، متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها را انتخاب کرد تا بتوان نتایج را به مناطق دیگر تعمیم داد. ضمناً به دلیل حساسیت عدس به ماندابی، آبیاری محدود عدس در افزایش عملکرد و یا تغییر صفات دیگر مؤثر بوده است (Bagheri et al., 1997).

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های پیشرفته عدس و شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی، آزمایشی با ۱۲ ژنوتیپ عدس (جدول ۱) در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی در

شدیدتر شده است؛ بنابراین شناسایی واریته‌های گیاهی مقاوم به خشکی یک ضرورت است. بررسی مکانیسم‌هایی که گیاهان را قادر می‌سازد تا با تنش خشکی سازش پیدا کنند و رشدشان را تحت آن شرایط حفظ نمایند، می‌تواند در انتخاب گیاهان مقاوم به خشکی برای کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمک کند (Shetabi, 2016).

خشکی از جمله تنش‌های فیزیکی است که به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی در ایران شناخته شده است (Shiranirad and Abbasian, 2011). گیاهان در هنگام تنش خشکی، با تغییراتی که در برخی از خصوصیات فیزیولوژیک خود ایجاد می‌کنند، به تنش‌های محیطی واکنش نشان می‌دهند. تنش خشکی باعث وقوع واکنش‌های فیزیولوژیکی متفاوتی در گیاهان می‌شود. به‌عنوان مثال مواد محلول با وزن مولکولی پایین همانند اسیدهای آمینه، قندها و بتائین تجمع می‌یابند (Bajji et al., 2001). در بین مواد محلول سازگار شناخته‌شده احتمالاً پرولین مهم‌ترین نوع آن‌ها است و به نظر می‌رسد میزان آن در فرآیند تنش آبی در گیاهان افزایش می‌یابد (Jafarzadeh et al., 2013).

وقتی گیاهان در شرایط تنش قرار می‌گیرند در جهت سازگاری با این شرایط تغییرات ریخت‌شناسی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متفاوت در آن‌ها به وجود می‌آید. تحت تأثیر تنش خشکی، فعالیت‌های فتوشیمیایی گیاه بازداشته می‌شود، محتوای کلروفیلی برگ تغییر می‌کند و فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین در فرآیند فتوسنتز کاهش می‌یابد (Monakhova and Chernyadev, 2002). باوجوداینکه هنوز مکانیسم دقیق پراکسیدازها مشخص نشده است اما به نظر می‌رسد که آن‌ها نقش مهمی در دفاع گیاهان در برابر تنش‌ها داشته باشند (Kanzok et al., 2001). آنزیم آسکوربات پراکسیداز از مهم‌ترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است که در کلروپلاست به دو فرم آیزویمی، متصل به غشای تیلاکوئید و محلول در استروما حضور دارد (Edreva, 2005). آنزیم آسکوربات پراکسیداز در چرخه‌های مهلر و گلویتاتون - آسکوربات نقش مؤثری در جمع‌آوری پراکسید هیدروژن ایفا می‌کند (Mittler, 2002). شناسایی مکانیسم‌های فیزیولوژیکی که در مقاومت به تنش خشکی دخالت دارند، می‌تواند به انتخاب رقم‌های مقاوم به خشکی کمک کند. تنظیم اسمزی به‌عنوان یکی از سازوکارهای سازگاری گیاه در برابر تنش خشکی در نظر گرفته شده است که از طریق تجمع

و اقلیم‌های متفاوت اجرا گردید (جدول ۲). نتایج تجزیه خاک در محل کشت گرمی نشان داد که pH خاک ۶/۴۸ و بافت آن لوم رسی است pH خاک محل کشت در اردبیل ۷/۹۱ و بافت خاک لوم رسی بود.

سال زراعی ۱۳۹۴/۱۳۹۵ به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار که عامل اصلی آبیاری در دو سطح (آبیاری تکمیلی و دیم) و عامل فرعی ژنوتیپ‌ها، در دو منطقه جداگانه ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل و شهرستان گرمی بخش مرکزی با شرایط

جدول ۱. نام ژنوتیپ‌های عدس

شماره ژنوتیپ	ژنوتیپ	منشا ژنوتیپ
Genotype no.	Genotype	The genotype origin
1	ILL-2126	ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل Ardabil Agricultural Research Station
2	ILL-9893	==
3	بیله سوار (شاهد) Bila Savar (control)	==
4	FILIP-2007-11L	==
5	ILL-2580	==
6	ILL-10023	==
7	LOCAL CHECK	==
8	ILL-10315	==
9	ILL-10277	==
10	ILL-465	==
11	ILL-10721	==
12	ILL-10837	==

جدول ۲. مقایسه اقلیم دو منطقه کشت شده

Table 2. Comparison of the climate of the two cultivated areas

شرایط اقلیم Climate conditions	منطقه	
	منطقه ۱. شهرستان گرمی Area 1. Germi	منطقه ۲. ایستگاه تحقیقات کشاورزی اردبیل Area 2. Ardabil Agricultural Research Station
ارتفاع از سطح دریا Above sea level	۱۰۲۳ متر 1023 m	۱۵۰۰ متر 1500 m
زمستان‌ها Winters	سرد تا ۳- درجه Cool to -3 degrees	بسیار سرد تا ۲۵- درجه Very cool to -25 degrees
تابستان‌ها Summers	نسبتاً گرم تا ۳۷ درجه Relatively warm to 37 degrees	معتدل تا ۲۸ درجه Moderate to 28 degrees
کشت انتظاری Expected crop	اوایل زمستان - دی‌ماه January - Early winter	اوایل اسفند Early March
میزان بارندگی سال اجرا Running year	۳۲۶ میلی‌متر 326 mm	۳۰۰ میلی‌متر 300 mm
مختصات جغرافیایی Geographical coordinates	طول ۴۸°۳۱'، عرض ۳۹°۱' Longitude 48/3 Latitude 39/1	طول ۴۸°۲۰'، عرض ۳۸°۱۵' Longitude 48/20 Latitude 38/15

واحد آزمایش از ۴ خط کاشت به طول ۴ متر، فاصله ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر، تعداد بوته در هر ردیف ۱۳۳ تشکیل شد. برای مبارزه با علف‌های هرز، چندین مرحله وجین دستی صورت گرفت. برداشت هر ژنوتیپ متناسب با رسیدگی فیزیولوژیکی آن انجام گرفت، در این مرحله برای از بین بردن اثر حاشیه،

در تیمار آبیاری تکمیلی در هر منطقه جداگانه بسته به زمان رشد تمام کرت‌ها به‌طور هم‌زمان در ۲ مرحله زمان گلدهی و مرحله پر شدن غلاف‌ها هر دفعه به میزان ۱۰ میلی‌متر آبیاری گردید و در تیمار تنش یا دیم تا آخر برداشت آبیاری صورت نگرفت و فقط از نزولات باران استفاده شد. هر

استخراج آنزیم‌ها از روش بیوجامپ و فریدوویچ (Beauchamp and Fridovich, 1971) صورت گرفت.

به‌منظور استخراج و اندازه‌گیری آنزیم‌ها، برگ‌های فریز شده در هاون چینی ریخته و نیتروژن مایع به آن اضافه شد. سپس برگ‌ها به‌خوبی کوبیده شده تا کاملاً خرد شدند. به مقدار ۰/۵ گرم از پودر برگ آسیاب‌شده به میکروتیوب‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل‌شده و با افزودن یک میلی‌لیتر از بافر استخراج نخست ورتکس شده و سپس به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۴۰۰۰ rpm در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفوژ شدند. پس از اتمام سانتریفوژ عصاره رویی با استفاده از سمپلر برداشته و به میکروتیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتری منتقل‌شده و دوباره به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۴۰۰۰ rpm در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، سانتریفوژ شدند. پس از اتمام سانتریفوژ عصاره رویی با استفاده از سمپلر برداشته و به میکروتیوب‌های با همان حجم منتقل شدند. میکروتیوب‌های حاوی عصاره در زمان سایش برگ‌ها و سانتریفوژ نمونه‌های دیگر در داخل ظرف یخ نگهداری شدند. از این عصاره برای سنجش آنزیم‌های پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز استفاده شدند.

الف - آنزیم پراکسیداز

برای سنجش فعالیت سینتیکی آنزیم POD از روش سزار و همکاران (Cesar and Frage, 2010) استفاده گردید. مخلوط واکنش حاوی بافر فسفات، اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) و پراکسید هیدروژن و عصاره آنزیمی بود و فعالیت آنزیم در طول موج ۴۷۰ نانومتر برای مدت‌زمان یک دقیقه اندازه‌گیری گردید.

ب - آنزیم آسکوربات پراکسیداز

فعالیت این آنزیم به روش ناکانو و آسادا (Nakano and Asada, 1981) موردسنجش قرار گرفت. برای اندازه‌گیری این آنزیم ترکیبات زیر آماده گردید.
- محلول بافر فسفات 25 میلی‌مولار و با pH برابر 7
- بافر اندازه‌گیری حاوی بافر پتاسیم فسفات، EDTA ۰/۱ میلی‌مولار و ۰/۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک و ۱۰ میلی‌مولار H₂O₂ بعد از تهیه ترکیبات فوق فعالیت آنزیم از طریق اندازه‌گیری اکسید شدن آسکوربات توسط اسپکتروفوتومتر در طول موج ۲۹۰ نانومتر برای مدت‌زمان یک دقیقه موردسنجش قرار گرفت.

دو خط کناری و ۰/۵ متر از دو انتهای خط میانی حذف گردید برداشت محصول با دست صورت گرفت.

خصوصیات فیزیولوژیکی در زمان رشد گیاه و بعد از گلدهی گیاه در هر دو تیمار آبی و تنش رطوبتی به شرح زیر اندازه‌گیری شد:

تعیین غلظت کلروفیل a و کلروفیل b

برای اندازه‌گیری کلروفیل مقدار ۰/۰۵ گرم از بافت تازه برگ گیاه با ۱ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط می‌شود. مخلوط به‌دست‌آمده، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ rpm سانتریفوژ شده و درنهایت عصاره استونی شفاف را جدا کرده و پس از نیم ساعت تاریکی اندازه‌گیری کلروفیل با استفاده از روش اسپکتروفوتومتری و در دو طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر انجام می‌گیرد. برای تعیین مقدار کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئید از رابطه‌های زیر استفاده شد (Arnon, 1967):

$$Ch_a = [19.3 \times A_{663} - 8.6 A_{645}] V/100W \quad [1]$$

$$Ch_b = [19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663}] V/100W \quad [2]$$

$$Carotenoides = 100(A_{470}) - 3.27(mg Ch_a) - 104(mg Ch_b)/227 \quad [3]$$

که در روابط بالا A_{۶۶۳} و A_{۶۴۵} و A_{۴۷۰} به ترتیب جذب نور در طول‌موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ و ۴۷۰ است. V: حجم عصاره صاف‌شده و W: وزن تر نمونه برحسب گرم است.

اندازه‌گیری میزان پرولین

نمونه تازه برگ در حضور نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب شده و سپس با سولفوسالیسیلیک اسید هموژن شد. پس از سانتریفوژ شدن، محلول روشن‌تر به همراه ناین هیدرین اسید و استیک اسید در حمام آب گرم قرار داده شد و سپس برای توقف واکنش در یخ قرار گرفتند. پس از افزودن تولوئن، جذب مایع رنگی حاوی پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد و درنهایت غلظت پرولین با استفاده از منحنی‌های استاندارد پرولین محاسبه شد (Bates et al., 1973).

آنزیم‌ها

برای اندازه‌گیری آنزیم‌ها ابتدا عصاره گیاه عدس استخراج گردد تعیین میزان آنزیم‌ها بعد از تهیه بافر صورت می‌گیرد

اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی اکسیدانی برگ

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی اکسیدانی برگ از روش (Sun et al., 2007) استفاده شد. برای این منظور از رادیکال آزاد DPPH (2,2-Diphenyl- Picryl- Hydrazyl) استفاده شد. ابتدا عصاره‌های برگ گیاه در غلظت‌های متفاوت 5×10^{-5} mg/100² الی 5×10^{-6} در متانل خالص تهیه شد. سپس مخلوطی به نسبت ۱:۱ از محلول (8 mg/100) DPPH و عصاره‌های گیاهی با غلظت‌های متفاوت تهیه شد. جذب نمونه‌ها بعد از ۳۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه در ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد. درصد مهار رادیکال آزاد DPPH نمونه‌ها با استفاده از رابطه زیر به دست آمد.

$$R\% = AD - AS/AD \times 100 \quad [4]$$

که در آن R% = درصد مهار، AD: جذب DPPH در ۵۱۷ نانومتر، و AS: جذب نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر هستند.

بعد از بررسی نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس ساده صفات، در دو شرایط دیم و آبی انجام شد. همگنی واریانس خطای آزمایشی در دو محیط، تحت آزمون یکنواختی واریانس با استفاده از آزمون F_{max} یعنی نسبت بزرگ‌ترین واریانس به کوچک‌ترین واریانس انجام شد. صفاتی که F_{max} آن‌ها کوچک‌تر یا مساوی ۵ بود (واریانس یکنواخت و قابل ادغام) با تجزیه واریانس مرکب و صفاتی که F_{max} آن‌ها بزرگ‌تر از ۵ شد با تجزیه واریانس ساده آنالیز شدند (طبق دستور آماری هارتلی). مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ با نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت.

برای تعیین همبستگی خطی در بعضی از صفات مؤثر در شاخص‌های مقاومت به تنش و همچنین تجزیه کلاستر از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ استفاده شد. از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و معیار فاصله اقلیدسی به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس صفات مهم زراعی استفاده شد و صحت آن‌ها با تابع تشخیص مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت تعداد کلاستر مناسب تعیین گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب نشان داد (جدول ۳) که ژنوتیپ‌ها از نظر میزان پرولین، کاروتنوئید، کلروفیل a و کلروفیل b و آنزیم پروکسیداز در هر دو مکان اختلاف معنی‌داری در دو مکان داشتند. همچنین میزان کلروفیل a

و کلروفیل b برحسب میلی‌لیتر بر گرم وزن تر در منطقه گرمی به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۷۹ بود که اختلاف معنی‌داری با منطقه اردبیل داشت. همچنین میزان کاروتنوئید در منطقه گرمی در بالاترین مقدار بود. واکنش میزان کلروفیل‌های a و b به تنش خشکی علاوه بر تفاوت‌های ژنتیکی ممکن است ناشی از تحمل متابولیسم گیاه در برابر خشکی ارزیابی شود و عدم واکنش معنی‌دار میزان کلروفیل به تنش بیشتر می‌تواند به کاهش رشد در برگ نسبت داده شود (Mansourifar et al., 2012).

میزان پرولین برحسب میکرومول بر گرم وزن تر در منطقه گرمی اختلاف معنی‌داری با منطقه اردبیل داشت ولی میزان آنزیم پراکسیداز برحسب میکروگرم آنزیم در یک گرم برگ در یک دقیقه در اردبیل در بالاترین مقدار بود. تجمع پرولین یک پاسخ فیزیولوژیکی بسیار رایج در بسیاری از گیاهان به دامنه وسیعی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی است (Geravandi et al., 2011). بالاترین میزان پرولین در منطقه گرمی مشاهده شد به طوری که افزایش ۲۳ درصدی میزان پرولین نسبت به شرایط اردبیل باعث مقاومت گیاه به خشکی و افزایش عملکرد شد. در مطالعات گونز (Gunes, 2008) نیز اعمال تنش خشکی در مرحله بعد از گرده‌افشانی باعث افزایش معنی‌داری در میزان پرولین شد. تجمع پرولین آزاد در پاسخ به تنش اسمزی یک واکنش سازگاری محسوب می‌شود که نه تنها در گیاهان بلکه در سایر موجودات نیز دیده می‌شود (Kocheva and Gorgiev, 2003). وقتی گیاهان در شرایط تنش قرار می‌گیرند در جهت سازگاری با این شرایط تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متفاوت در آن‌ها به وجود می‌آید (Farshadfar and Javadinia, 2011).

نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده ژنوتیپ‌ها نشان داد (جدول ۴) که میزان پرولین در ژنوتیپ ILL-10837 (۲۰/۰۹ میکرومول بر گرم وزن تر) اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد با بقیه ژنوتیپ‌ها داشت. در نتیجه بیشترین میزان پرولین را ژنوتیپ شماره ۱۲ داشته به طوری که تنش باعث افزایش میزان پرولین گردید. کمترین میزان پرولین مربوط به ژنوتیپ شماره ۲ بوده است.

از معیار فعالیت آنزیمی اکسیدانی و پایداری غشاء سلولی، برای تشخیص گیاهان متحمل به خشکی استفاده می‌شود (Gavuzzi et al., 1997; Kocheva and Gorgiev, 2003). هر میزان فعالیت آنزیمی اکسیدانی در گیاه زیاد باشد

آسیب رادیکال‌های آزاد اکسیژن که در اثر تنش تولید می‌شود کمتر خواهد شد. اگر دیواره سلولی در اثر تنش آسیب ببیند نشت الکترولیت‌ها از دیواره زیاد شده و گیاه دچار آسیب می‌شود (Rahbarian et al., 2011; lata et al., 2011). رقم

بیله سوار که به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شده بود دارای بیشترین آنزیم پراکسیداز بود.

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های عدس

Table 3. Combined variance analysis of traits studied in lentil genotypes

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	Mean squares			
			عملکرد دانه Seed yield	کاروتنوئید Carotenoid	میزان پرولین Proline content	کلروفیل a Chlorophyll a
Location (L)	مکان	1	1686558.8*	0.01*	523.1*	0.221**
Block* Location	بلوک درون مکان	4	250157.9 ^{ns}	0.001 ^{ns}	71.7 ^{ns}	0.012 ^{ns}
Cultivation (C)	شرایط کشت	1	4329128.3**	0.008*	216.9 ^{ns}	0.063*
C*L	شرایط کشت × مکان	1	100225.5 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.007 ^{ns}
Error a	خطای الف	4	101877.2	0.001 ^{ns}	40.4	0.006
Genotype (G)	ژنوتیپ	11	383121.1**	0.001 ^{ns}	133.9**	0.002 ^{ns}
G*L	ژنوتیپ × مکان	11	111467.3*	0.0001 ^{ns}	33.6 ^{ns}	0.002 ^{ns}
C*G	شرایط کشت × ژنوتیپ	11	39789.1 ^{ns}	0.001 ^{ns}	12.7 ^{ns}	0.004 ^{ns}
L*C*G	مکان × شرایط کشت × ژنوتیپ	11	67445.9 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	29.4 ^{ns}	0.001 ^{ns}
Error b	خطای ب	88	46626.1	0.001 ^{ns}	19.7	0.004
C.V (%)	ضریب تغییرات (%)		16.01	3.27	29.7	8.08

Table 3. Continued

ادامه جدول ۳.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	Mean squares			فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity
			کلروفیل b Chlorophyll b	پراکسیداز Enzyme peroxidase	آنزیم آسکوربات Ascorbate peroxidase enzyme	
Location (L)	مکان	1	0.042**	0.15*	0.006 ^{ns}	124.5 ^{ns}
Block* Location	بلوک درون مکان	4	0.001 ^{ns}	3.8 ^{ns}	0.028 ^{ns}	567.6 ^{ns}
Cultivation (C)	شرایط کشت	1	0.005 ^{ns}	22.2 ^{ns}	0.486*	524.6
C*L	شرایط کشت × مکان	1	0.0001 ^{ns}	15.9 ^{ns}	0.027 ^{ns}	221.9 ^{ns}
Error a	خطای الف	4	0.001	6.85	0.048	345.6
Genotype (G)	ژنوتیپ	11	0.001 ^{ns}	11.2**	0.021 ^{ns}	188.1 ^{ns}
G*L	ژنوتیپ × مکان	11	0.001 ^{ns}	3.2 ^{ns}	0.012 ^{ns}	135.9 ^{ns}
C*G	شرایط کشت × ژنوتیپ	11	0.001 ^{ns}	3.1 ^{ns}	0.016 ^{ns}	108.1 ^{ns}
L*C*G	مکان × شرایط کشت × ژنوتیپ	11	0.001 ^{ns}	3.1 ^{ns}	0.014 ^{ns}	99.9 ^{ns}
Error b	خطای ب	88	0.001	2.4	0.015	123.7
C.V (%)	ضریب تغییرات (%)		4.47	25.72	13.74	22.88

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱، ۵ درصد و غیر معنی‌دار

**, *, and ns, respectively, at a probability level of 1, 5% and not meaningful

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات ساده ژنوتیپ برای برخی صفات مورد بررسی در عدس

Table 4. Results of comparison of mean simple effects of genotype for some traits examined in lentil

شماره ژنوتیپ	ژنوتیپ	میزان پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر) Proline content $\mu\text{mol g}^{-1}$ FW	آنزیم پراکسیداز (میکروگرم آنزیم در یک گرم برگ) Enzyme peroxidase $\mu\text{g enzyme per 1 g leaf}$
Number of genotype	Genotype		
1	ILL-2126	13.68 ^{bc}	7.32 ^{ab}
2	ILL-9893	8.20 ^d	6.23 ^{bc}
3	بیله سوار (شاهد)	16.10 ^{ab}	8.17 ^a
4	FILIP-2007-11L	15.59 ^{ab}	6.36 ^{bc}
5	ILL-2580	12.94 ^{bcd}	5.39 ^c
6	ILL-10023	10.22 ^{cd}	6.03 ^{bc}
7	LOCAL CHECK	17.47 ^{ab}	6.13 ^{bc}
8	ILL-10315	14.48 ^{bc}	4.89 ^c
9	ILL-10277	16.98 ^{ab}	4.78 ^c
10	ILL-465	18.15 ^{ab}	6.14 ^{bc}
11	ILL-10721	15.44 ^{ab}	6.39 ^{bc}
12	ILL-10837	20.09 ^a	5.27 ^c

ضرایب همبستگی ساده بین صفات کاروتنوئید، کلروفیل a، کلروفیل b با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار و با آنزیم اسکوربات پراکسیداز منفی و معنی‌دار به دست آمد (جدول ۴). بیشترین همبستگی را کلروفیل a به میزان ۰/۴۰ با عملکرد دانه نشان داد. همبستگی خطی تجمع پرولین با آنزیم پراکسیداز مثبت و معنی‌دار (۰/۲۱) برآورد گردید. پرولین از طریق مکانیسم‌های مختلف شامل تنظیم وضعیت اسمزی، سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن و ثبات آنزیم‌ها یا پروتئین‌ها، گیاهان را در مقابل تنش‌های محیطی محافظت می‌کند. در برخی از گیاهان ثابت شده است که تغییرات میزان پرولین با توانایی آن‌ها برای تحمل یا سازش به شرایط تنش مرتبط است و می‌تواند به‌عنوان پارامتری برای انتخاب گیاهان مقاوم به تنش استفاده شود (Niknam et al., 2006). در مقابل، گزارش‌هایی وجود دارد که بیان می‌کند پرولین نمی‌تواند به‌عنوان یک شاخص معتبر برای انتخاب گونه‌های گیاهی مقاوم به شرایط تنش استفاده شود (Yazici et al., 2007). همبستگی خطی خاصیت آنتی‌اکسیدانی با عملکرد دانه ۰/۱۱- منفی به دست آمد. فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی-اکسیدان در گیاهان باعث می‌شود که در این رقم‌ها آسیب-های اکسیداتیو به لیپیدهای غشاء تحت تنش خشکی در مقایسه با سایر ارقام کاهش یابد. باید توجه داشت که وجود همبستگی بین صفات لزوماً نمی‌تواند به مفهوم رابطه علیت باشد لذا با استفاده از تجزیه رگرسیون به روش ENTER تمام صفات مستقل مورد بررسی،

با توجه به این‌که کلروفیل‌های a و b دارای ضریب تغییرات پائینی بودند، غیر معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ برای این صفات نمی‌تواند به علت اثر خطای آزمایش باشد. در رابطه با این صفات تنها می‌توان گفت که ژنوتیپ‌ها دارای تنوع ژنتیکی کمی هستند و لذا تجزیه واریانس موفق به کشف آن نشده است. توضیح آن‌که آزمون F در تجزیه واریانس فقط تفاوت‌های بزرگ بین ژنوتیپ‌ها را کشف می‌کند اما اگر تفاوت‌ها ظریف و دقیق باشند این آزمون موفق به کشف آن‌ها نخواهد شد ولی در مقایسه میانگین‌ها خود را نشان خواهند داد (Farshadfar et al., 2008). یک دلیل دیگر برای غیر معنی‌دار شدن، می‌تواند اختلاف کم میزان آب استفاده‌شده در حالت آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم است. اگرچه ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری را در کلروفیل‌های a و b نشان ندادند، اما در هر دو مکان میزان کلروفیل‌های a و b در شرایط آبیاری تکمیلی بیشتر از دیم بود. یکی از دلایل غیر معنی‌دار شدن، تغییرات جزئی آن‌ها هست که تجزیه واریانس نمی‌تواند نشان دهد. نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل ژنوتیپ در مکان (جدول ۵) نشان داد که ژنوتیپ شماره ۱ در گرمی بالاترین عملکرد دانه ۱۹۰۲ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. در آزمایش تجزیه واریانس مرکب، فعالیت آنتی‌اکسیدانی معنی‌دار نشد ولی میانگین عددی آن در شرایط کشت دیم ۵۰/۵ و در کشت آبیاری تکمیلی ۴۶/۷ بود.

به ضرایب تبیین بسیار پایین در دو شرایط کشت، متغیرهای وابسته توسط متغیرهای مستقل به خوبی توجیه نمی‌شود، بنابراین با توجه به نتایج رگرسیون ENTER در هر دو وضعیت می‌توان استنباط کرد که تعداد متغیرهای مستقل وارد شده در مدل جهت پیش‌بینی متغیر وابسته عملکرد، ناکافی است. (Sadeghi, 2006) بیان کرد چنانچه میزان ضریب تبیین به دست آمده کمتر از ۰/۷ باشد نشان‌دهنده ناکافی بودن تعداد متغیرهای مستقل است.

به صورت دو آزمایش مستقل آبیاری تکمیلی و دیم وارد مدل شدند. هیچ‌کدام از صفات در مدل (معادله) خطی باقی نماند. جدول تجزیه واریانس رگرسیونی و ضرایب رگرسیونی (β) صفات، غیر معنی‌دار شد. ضریب همبستگی چندگانه نیز رابطه بسیار ضعیفی را بین متغیرهای وارد شده به مدل با عملکرد دانه نشان داد. با دقت در ضرایب همبستگی چندگانه در شرایط کم آبیاری و دیم ارتباط ضعیف بین عملکرد دانه و متغیرهای مستقل قابل پیش‌بینی بود. علاوه بر این با توجه

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ \times مکان برای برخی صفات مورد بررسی در عدس
Table 5. Results of comparison of mean interactions of genotype \times location for some of the traits studied in lentil

مکان Location	ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	
اردبیل Ardabil	ILL-2126	1435 ^{bcdefg}	
	ILL-9893	1160 ^{ghijk}	
	بیله سوار (شاهد) Bilasavar	1351 ^{cdefghi}	
	FILIP-2007-11L	1390 ^{bcdefgh}	
	ILL-2580	902 ^k	
	ILL-10023	1099 ^{hijk}	
	LOCAL CHECK	1327 ^{defghi}	
	ILL-10315	1316 ^{defghi}	
	ILL-10277	1326 ^{defghi}	
	ILL-465	1124 ^{hijk}	
	ILL-10721	1305 ^{efghi}	
	ILL-10837	1063 ^{ijk}	
	گرمی Germy	ILL-2126	1902 ^a
		ILL-9893	1217 ^{fghij}
بیله سوار (شاهد) FILIP-2007-11L		1386 ^{bcdefgh}	
ILL-2580		1648 ^b	
ILL-10023		1008 ^{jk}	
LOCAL CHECK		1375 ^{bcdefgh}	
ILL-10315		1338 ^{defghi}	
ILL-10277		1536 ^{bcde}	
ILL-465		1608 ^{bcd}	
ILL-10721		1493 ^{bcdef}	
ILL-10837	1251 ^{efghij}		
	1636 ^{bc}		

نتیجه‌گیری

جمع‌بندی نهایی نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط کشت دیم که هیچ‌گونه آبیاری نداشتیم آنزیم‌های تنش از جمله آسکوربات پروکسیداز، آنزیم پروکسیداز و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گیاه برای مقابله با شرایط بحرانی رشد افزایش می‌یابد. در دو شرایط دیم و آبیاری تکمیلی دو ژنوتیپ ILL-2126 و ILL-2580 در دو گروه مجزا قرار گرفتند. طبق تقسیم‌بندی فرناندز ژنوتیپ شماره ۱ در گروه A

تجزیه کلاستر

جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه خوشه‌ای استفاده شد بر اساس نتایج حاصله و برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه-ای ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم در فاصله اقلیدسی ۴ در چهار گروه مختلف گروه‌بندی شدند. ژنوتیپ‌های شماره ۱ و ۵ در هر دو شرایط کشت شرایط کشت (دیم و آبیاری تکمیلی) فاصله بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند (شکل ۱ و ۲).

نسبت به تنش خشکی نشان دادند. ضمناً در مقایسه شرایط کاشت آبیاری تکمیلی با دیم میانگین صفات، عملکرد دانه، کاروتنوئید و کلروفیل a در حالت کشت آبیاری تکمیلی، دارای بیشترین میزان بودند. نتایج کلی نشان داد گیاه عدس باآنکه به ماندابی حساس است اما با آبیاری محدود در زمان‌های فنولوژیکی خاص می‌توان عملکرد دانه را افزایش داد.

ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۹ و ۸ در گروه B ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۱۱، ۶، ۱۰، ۷، ۱۲ و ۳ در گروه C و ژنوتیپ شماره ۵ در گروه D قرار می‌گیرند. ژنوتیپ شماره ۱ در گرمی بالاترین عملکرد دانه (۱۹۰۲ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ ILL-10837 با داشتن بالاترین میزان پرولین و ژنوتیپ بیله سوار (شاهد) با دارا بودن بیشترین آنزیم پراکسیداز، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها مقاومت بیشتری را

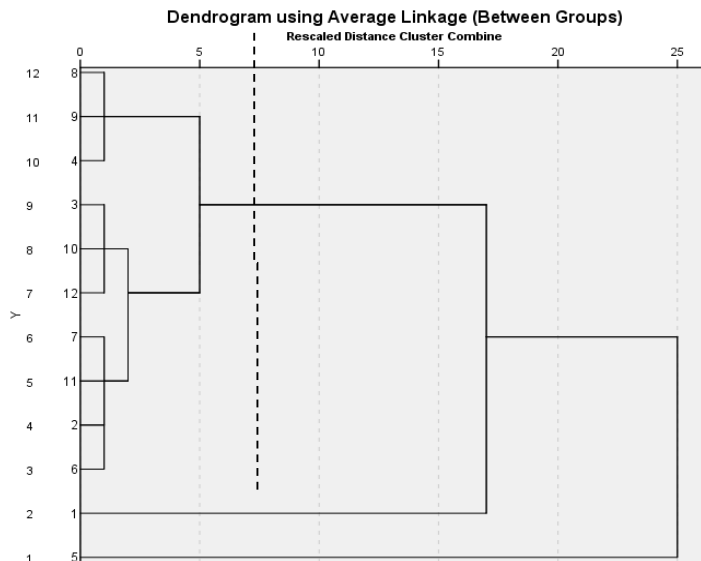
جدول ۶. همبستگی فنوتیپی بین برخی از صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی در تحقیق

Table 6. Phenotypic correlation between some of the physiological traits studied in the research

صفات		1	2	3	4	5	6	7
Traits								
1	عملکرد دانه Seed yield	1						
2	کارتنوئید Carotenoid	0.35**						
3	تجمع پرولین Proline content	0.07	-0.05					
4	کلروفیل a Chlorophyll a	0.40**	0.86**	-0.03				
5	کلروفیل b Chlorophyll b	0.29**	0.64**	-0.05	0.82**			
6	آنزیم پراکسیداز Peroxidase Enzyme	-0.07	-0.03	0.21*	-0.08	-0.10		
7	آنزیم آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase enzyme	-0.19*	-0.12	0.14	-0.13	-0.14	0.22**	
	فعالیت آنزیم اکسیدانی Antioxidant activity	-0.11	-0.05	-0.04	-0.05	-0.01	-0.13	0.01

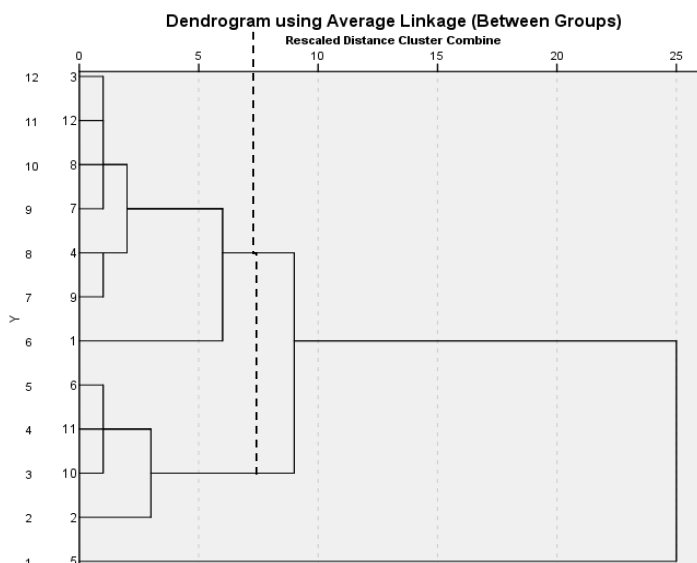
** and * were statistically significant at 1 and 5% respectively

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۱ و ۵ درصد



شکل ۱. دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌های عدس بر اساس صفات فیزیولوژیکی در شرایط آبیاری تکمیلی

Fig. 1. Dendrogram of grouping of lentil genotypes based on physiological traits under supplementary irrigation conditions



شکل ۲. دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌های عدس بر اساس صفات فیزیولوژیکی در شرایط دیم

Fig. 2. Dendrograms derived from grouping of lentil genotypes based on physiological traits in rainfed conditions

منابع

- Allahmoradi, P., Mansourifar, C., Saidi, M., Jalali Honarmand, S., 2013. Water deficiency and its effects on grain yield and some physiological traits during different growth stages in lentil (*Lens culinaris* L.) cultivars. *Annals of Biological Research*. 4(5), 139-145.
- Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*. 23, 112-121.
- Azarpanah, A., Alizadeh, O., Dehghanzadeh, H., 2013. Investigation on proline and carbohydrates accumulation in *Zea mays* L. under water stress condition. *Extreme life, Biospeology and Asterobiology*. *International Journal of the Bioflux Society*. 5(1), 47-54.
- Bacelar, E.A., Santaos, D.L., Moutinho-Pereira, J.M., Lopes, J.I., Goncalves, B.C., Ferreira, T.C., Correia, C.M., 2007. Physiological behaviour, oxidative damage and antioxidative protection of olive trees grown under different irrigation regimes. *Plant Soil*. 292, 1-12.
- Bagheri, A., Goldani, M., Hassanzadeh, M., 1997. *Agronomy and Breeding of Lentil* (translation). *Jahad Academic Publication of Mashhad*.
- Bajji, M., Lutts, S., Kient, J.M., 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum*) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*. 160, 669-681.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress study. *Plant and Soil*. 39, 205-207.
- Beauchamp, C., Fridovich, 1971. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Analytical Biochemistry*. 44, 276-287.
- Ben Ahmed, C., Ben Rouina, B., Sensoy, S., Boukhris, M., Ben Abdallah, F., 2009. Changes in gas exchange, proline accumulation and antioxidative enzyme activities in three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environmental and Experimental Botany*. 67, 345-352.
- Bettaieb, I., Hamrouni - Sellami, I., Bourgo, S., Limam, F., Marzouk, B., 2010. Drought effects on polyphenol composition and antioxidant activities in aerial parts of *Salvia officinalis* L. *Acta Physiologiae Plantarum*. 33(4), 1103-1111
- Cesar, G., Frage, C. G., 2010. *Plant Phenolics and Human Health: Biochemistry, Nutrition, and Pharmacology*, John Wiley and Sons Inc.

- Edreva, A., 2005. Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: A submolecular approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 106, 119-133.
- Farshadfar, E., Ghasempour, H., Vaezi, H., 2008. Molecular aspects of drought tolerance in bread wheat (*T. aestivum*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 11(1), 118-121.
- Farshadfar, A., Javadi Nia, J., 2011. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. *Seedling and Breeding Journal*. 1(27), 517-537.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campalino, R.G., Ricciardi, G.L., Borghi, B., 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*. 77, 523-531.
- Geravandi, M., Farshadfar, E., Kahrizi, D., 2011. Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. *Russian Journal of Plant Physiology*. 58(1), 69-75.
- Gunes, A., Inal, A., Adak, M.S., Bagci, E. G., Cicek, N., Eraslan, F., 2008. Effect of drought stress implemented at pre- or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. *Russian Journal of Plant Physiology*. 55(1), 59-67.
- Jafarzadeh, L., Omid, H., Bostani, A.A., (2013). Effect of drought stress and biofertilizer on flower yield, photosynthetic pigments and proline content of spring wheat (*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 29, 660-666.
- Kanzok, S.M., Fechner, A., Bauer, H., Ulschmid, J.K., Muller, H.M., Botella-Munoz, J., Schneuwly, S., Schirmer, R., Becker, K., 2001. Substitution of the thioredoxin system for glutathione reductase in *Drosophila melanogaster*. *Science*. 291, 643-646.
- Kocheva, K., Gorgiev, G., 2003. Evaluation of the reaction of two contrasting barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in response to osmotic stress with PEG 6000. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. Special Issue, 290-294.
- Lata, C., Sarita, J., Sreenivasulu, N., Prasad, M., 2011. Differential antioxidative responses to dehydration-induced oxidative stress in core set of foxtail millet cultivars. *Protoplasma*. 248, 817-828.
- Mansourifar, S., Sha'ban, M., Ghobadi, M., Sabbaghpour, S.H., 2012. *Iranian Journal of Legume Research*. 3(1), 53-66.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*. 7, 405-410.
- Monakhova, O.F., Chernyadev, I.I., 2002. Protective role of karolin-4 in wheat plants exposed to soil drought. *Applied Environmental Microbiology*. 38, 373-380.
- Nakano, Y., Asada, K., 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology*. 22, 867-880.
- Niknam, V., Razavi, N., Ebrahimzadeh, H., Sharifzadeh, B., 2006. Effect of NaCl on biomass, protein and proline contents and antioxidant enzymes in seedlings and calli of two *Trigonella* species. *Biologia Plantarum*. 50(4), 591-596.
- Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., Najafi, F., 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. *Acta Biologica Cracoviensia, Series Botanica*. 53, 47-56.
- Sadeghi, A., 2006. Introduction to Statistical Analysis Software SPSS14. *Jehad-e-Daneshgahi Publications, Tehran, Iran*. [In Persian].
- Sadeghipour, O., 2001. *Science of Crop Production*. Medical and Sons Publications. 1, 64-72.
- Shetabi, E., 2016. The paper examines the effect of drought stress on plants, *International Conference on Modern Horizons in Agricultural Sciences, Natural Resources and the Environment*.
- Shiranirad, A., Abbasian, A., 2011. Evaluation of drought tolerance in winter rapeseed cultivars based on tolerance and sensitivity indices. *Journal of Agriculture*. 98, 41-48.
- Sun, T., Xu, Z.C., Wu, T., Janes, M., Prinyawiwatkul, W., H, K., 2007. Antioxidant activities of different colored

sweet bell peppers (*Caspicum annuum* L.). Food Science. 72, 98-102.

Yazici, I., Turkan, F., Sekmen, A.H., Demiral, T., 2007. Salinity tolerance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) is

achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. Environmental and Experimental Botany. 61(1), 49–57.