Nova Biologica Reperta 4 (3): 226-235 (2017) یافته‌های نوین در علوم زیستی، جلد ۴، شمارهٔ ۳: ۲۳۵-۲۲۶

ارزیابی خصوصیات رشدی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ارقام عدس در پاسخ به تنش آبی

راهله احمدپور[۱*]، سعیدرضا حسین زاده[۱]، نظام آرمند[۱] و سمیه چاشیانی[۲]

دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲/ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۱۷/ چاپ: ۱۳۹۶/۹/۳۰

[۱]گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
[۲]گروه ریاضی و آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
*مسئول مکاتبات: ahmadpour@bkatu.ac.ir

چکیده. تنش آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکنندهٔ رشد و عمل‌کرد گیاهان در بسیاری از مناطق دنیا است. به‌منظور بررسی اثر تنش آبی بر روی برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان عدس، آزمایشی با ۴ رقم پرکاربرد عدس (گچساران، کیمیا، زیبا و رباط) در ۴ تیمار تنش آبی شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد (شاهد) ظرفیت زراعی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در اتاقک رشد انجام شد. نتایج نشان داد که تنش آبی در سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به کاهش معنی‌دار ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان، پرولین و پروتئین محلول برگی در مقایسه با سطح شاهد می‌انجامد. در بررسی صفات مورفوفیزیولوژیک، ارقام گچساران و رباط در بیشتر صفات تحت بررسی نسبت به ارقام کیمیا و زیبا برتری داشتند. در تنش شدید، محتوای پرولین و پروتئین محلول برگی، فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز در ارقام گچساران و رباط افزایش معنی‌داری نسبت به ارقام کیمیا و زیبا داشت. نتایج این بررسی نشان داد که ارقام رباط و گچساران از طریق به‌کارگیری سازوکارهای مختلف تحمل به تنش آبی نظیر فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، افزایش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، محتوای پرولین و پروتئین نسبت به ارقام کیمیا و زیبا، کمتر تحت تأثیر اثر منفی تنش آب قرار گرفتند. با توجه به اینکه صفات تحت بررسی در این مطالعه معیارهای مناسبی جهت شناسایی ارقام مقاوم به تنش خشکی محسوب می‌شوند، بنابراین ارقام رباط و گچساران به‌منزلهٔ ارقام مقاوم جهت کشت دیم معرفی می‌شود.

واژه‌های کلیدی. تنش‌های محیطی، حبوبات، محتوای کلروفیل، خصوصیات مورفولوژی

Evaluation of growth features, photosynthetic pigments and antioxidant enzyme activity of lentils cultivars in response to water stress

Raheleh Ahmadpour[1]*, Saeed Reza Hosseinzadeh[1], Nezam Armand[1] & Somayeh Chashiani[2]

Received 02.01.2017/ Accepted 07.06.2017/ Published 21.12.2017

[1]Department of Biology, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran
[2]Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Sciences, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran
*Correspondent author: ahmadpour@bkatu.ac.ir

Abstract. Water stress is one of the most important factors limiting the growth and yield of plants in many parts of the world. In order to evaluate the effects of water stress on some morphological, physiological and antioxidant enzyme activity traits of lentil, four lentil cultivars (i.e. Gachsaran, Kimia, Ziba and Robat) in four water deficit treatments including 25%, 50%, 75% and 100% of the field capacity (control) were studied in a factorial experiment, based on a completely randomized design with three replications. Water stress at 25 and 50% field capacity significantly decreased morpho-physiological traits and significantly increased antioxidant enzyme activity, proline and protein contents of all genotypes in comparison with the control group. Gachsaran and Robat cultivars were superior in most traits in comparison with the Kimia and Ziba cultivars. Under severe stress, the amounts of proline and protein contents, CAT and SOD enzyme activity were significantly higher in Robat and Gachsaran cultivars than those of the Kimiya and Ziba cultivars. Results showed that Robat and Gachsaran cultivars were probably affected less by water stress due to more stress tolerance using various mechanisms such as more antioxidant enzyme activity, increased proline, proteins and photosynthetic pigments contents. Studied traits were introduced as suitable markers for identification of drought tolerant genotypes. Accordingly, Robat and Gachsaran cultivars were introduced as tolerant cultivars for cultivation under rainfed conditions.

Keywords. environmental stress, legumes, chlorophyll contents, morphological traits,

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-02-21]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.3.2.7]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.4.3.226]

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-02-21]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.3.2.7]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.4.3.226]

مقدمه

عدس گیاهی است خودگشن، دیپلوئید، یک‌ساله و با انشعابات فراوان که به‌صورت بوته‌ای رشد می‌کند (Ahmadpour *et al*., 2016). با توجه به اینکه عدس دارای حدود ۲۸ درصد پروتئین گیاهی است، در ایران و بسیاری از کشورهای جهان عدهٔ کثیری از مردم جهت تأمین پروتئین ضروری خود از آن استفاده می‌کنند (Ahmadpour *et al*., 2016). این گیاه به علت هم‌زیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن هوا نقش مؤثری در حاصل‌خیزی خاک دارد. کشت این محصول و به‌دست آوردن ارقامی با حداکثر عمل‌کرد و تحمل کشت دیم یکی از مسائل مهم برای تحقیق در ایران به‌شمار می‌رود. نیازمندی‌های بوم‌شناختی و وضعیت محیطی در بین ارقام عدس متفاوت است و نقش مهمی در عمل‌کرد و محصول‌دهی این گیاهان دارد (Ahmadpour *et al*., 2016)، به‌طوری‌که یک رقم ممکن است از نظر ژنتیکی دارای ظرفیت محصول‌دهی بالا باشد اما در محیط نامساعد از این ظرفیت برخوردار نشود (Kumar *et al*., 1983).

تنش خشکی از متداول‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را از طریق ایجاد اختلال در فرآیندهای ریخت شناختی و فیزیولوژیک با محدودیت روبه‌رو می‌کند و بازده عملکردی گیاه را کاهش می‌دهد (Ganjeali *et al*., 2011). در مطالعات متعدد گزارش شده است که تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش محصول، عملکرد و ویژگی‌های ریخت شناختی (ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، تعداد برگ، سطح برگ) در حبوبات است. شدت اثر این تنش هنگامی افزایش می‌یابد که پیری برگ‌ها بر اثر تنش خشکی آغاز شود و غلاف‌ها ریزش پیدا کنند (Hamdi *et al*., 1992; Rahbarian *et al*., 2011). با بهبود روش‌های زراعی، به‌کارگیری روش‌های اصلاحی و استفاده از ارقام مقاوم به تنش خشکی، می‌توان کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی را جبران نمود (Rahbarian *et al*., 2011). بنابراین، بررسی سازوکارهای تحمل تنش خشکی و شناسایی ارقام مقاوم به تنش خشکی در گیاه عدس از اهمیت زیادی برخوردار است (Ahmadpour *et al*., 2016). برگ‌های گیاهان با بستن روزنه‌ها در جهت حفظ آب به‌مثابهٔ اولین دفاع به تنش خشکی پاسخ می‌دهند (Amiri *et al*., 2017). با توجه به ارتباط مستقیم میزان فتوسنتز و تولید محصول در گیاهان، کاهش فتوسنتز در تنش خشکی به کاهش معنی‌دار تولید محصول در گیاهان منجر می‌شود (Reddy *et al*., 2003). کاهش فتوسنتز تحت تنش آبی از یک طرف می‌تواند به علت بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ورود CO_2 به سلول‌های مزوفیل و از سوی دیگر کاهش رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a، b و کاروتنوئید باشد (Ganjeali *et al*., 2011). جلوگیری از سنتز کلروفیل و کاهش مقدار پروتئین متصل شونده به کلروفیل تحت تنش خشکی، موجب کاهش میزان دریافت نور خورشید از طریق کمپلکس جمع‌کنندهٔ نور و در نهایت کاهش فتوسنتز می‌شود (Hosseinzadeh *et al*., 2016). از دیگر پیامدهای تنش آبی در گیاهان، افزایش گونه‌های واکنش‌دهندهٔ اکسیژن (ROS) و ایجاد تنش اکسیداتیو است که به کاهش تولید ملکول‌های پرانرژی نظیر ATP، تجزیه رنگدانه‌های فتوسنتزی، تخریب لیپیدهای غشاء، تجزیه اجزای فتوسیستم‌های نوری و اخلال در فرآیندهای رشد سلول منجر می‌شود (Ahmed *et al*., 2002). در گیاهان سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی وجود دارد که در مقابل ROSها فعال می‌شود و از گیاهان در برابر اثر مخرب آنها محافظت می‌کند (Rahbarian *et al*., 2011). سازوکار محافظتی دیگر تحت تنش خشکی افزایش اسمولیت‌های سازگار از قبیل پرولین و پروتئین‌های محلول است که نقش بسیار مهمی در تنظیم اسمزی، کاهش میزان ROS و افزایش مقاومت گیاهان به تنش آب دارد (Najaphy *et al*., 2010; Rahbarian *et al*., 2012). تحت تنش خشکی ثبات ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و توان محافظتی گیاه در برابر رادیکال‌های اکسیژن اهمیت زیادی در مطالعات مرتبط با تحمل خشکی و انتخاب رقم مقاوم جهت کشت دارد (Sairam & Saxena, 2001; Flexas & Medrano, 2008).

هدف از این تحقیق، بررسی اثر تنش خشکی بر مهمترین شاخص‌های ریخت شناختی (ارتفاع بوته، مادهٔ خشک گیاه، تعداد غلاف، سطح و تعداد برگ)، فیزیولوژیک (کلروفیل a، b، کلروفیل a+b و کاروتنوئید)، تنظیم‌کننده‌های اسمزی (پرولین و پروتئین‌های محلول) و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیداز) ارقام عدس به‌منظور گزینش رقم متحمل برای کشت دیم بوده است.

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-02-21]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.3.2.7]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.4.3.226]

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در ارقام گیاه عدس، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در موقعیت گلخانه در آزمایشگاه تحقیقاتی فیزیولوژی گیاهی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیای بهبهان انجام شد. اولین عامل تحت بررسی ۴ رقم پر کاربرد از گیاه عدس در ایران به‌نام گچساران، کیمیا، زیبا و رباط بود که بذر این ارقام از پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد و ایستگاه تحقیقاتی گچساران تهیه شدند. دومین عامل تحت بررسی سطوح تنش آبی در ۴ سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد. برای تهیه خاک هر واحد آزمایشی (گلدان)، خاک تهیه شده ابتدا از الک دو میلی‌متر عبور داده شد و به میزان ۲/۵ کیلوگرم در هر گلدان ریخته شد. بذرهای عدس به مدت ۲۴ ساعت در آب خیسانده شدند تا جوانه‌زنی ابتدایی صورت گیرد و سپس در چهار قسمت از گلدان کشت شدند که پس از سبز شدن به ۳ عدد گیاهچه در هر گلدان کاهش یافت. برای اعمال تنش خشکی پس از تعیین وزن خشک خاک در یک واحد آزمایشی به آرامی و تا حد اشباع به آن آب اضافه شد و پس از خارج شدن کامل آب ثقلی، گلدان توزین شد. در نهایت، پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک مقدار آب نگهداری شده در ظرفیت زراعی تعیین شد و تیمارهای مختلف بر این اساس محاسبه شدند (Hossei-nzadeh *et al.*, 2016). در پایان دوره، رشد نمونه‌برداری به صورت تخریبی انجام شد و بخش هوایی از ریشه گیاه تفکیک شد. صفات مورفولوژی شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد شاخه جانبی، و تعداد غلاف در بوته تعیین شدند. به‌منظور تعیین وزن خشک اندام هوایی، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن آنها با ترازوی AND مدل GT-300 ساخت کشور آلمان با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد. سطح برگ‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ سنجش شد (Leaf Area Meter; Korea Tech Inc. Suwon., Korea).

برای سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید از روش (Lichtenthaler & Wellburn, 1983) استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم برگ با ۴ میلی‌لیتر استن ٪۸۰ در هاون چوبی ساییده شد و محلول حاصل به‌مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و سپس جذب محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل و کارتنوئید توسط اسپکتروفتومتر مدل ۲۱۰۰ در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد. جهت صفر کردن دستگاه از استن ۸۰ درصد استفاده شد. میزان کل کلروفیل، کلروفیل a، b و کارتنوئید از طریق معادله‌های ۱ تا ۴ محاسبه شد:

معادله (۱)

$$Chl_a=12/21(A_{664})-2/79(A_{647})$$

معادله (۲)

$$Chl_b=21/21(A_{647})-5/1(A_{664})$$

معادله (۳)

$$Carotenoids= (1000\ A^{470}-1/8Chl_a-85/02Chl_b)/198$$

معادله (۴)

$$Chl_T= Chl_a + Chl_b$$

برای استخراج و سنجش پروتئین محلول برگی و پرولین به ترتیب از روش Lowry و همکاران (1951) و Bates و همکاران (1973) استفاده شد. مقدار پرولین بر اساس میکرومول در گرم وزن تر نمونه گیاهی مطابق فرمول زیر محاسبه شد.

میکرومول پرولین در گرم وزن‌تر =

$$\left(\frac{\mu g\ \ prolin}{ml}\times\frac{ml\ \ toloen}{115.5(\frac{\mu g}{\mu mol})}\right)/\frac{gr\ \ sample}{5}$$

فعالیت آنزیم پراکسیداز به روش Holy (1972) اندازه‌گیری شد. منحنی جذب نوری نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Model SPEKOL 2000, Analyticjena, Germany) هر ۳۰ ثانیه به مدت ۳ دقیقه در طول موج ۵۳۰ نانومتر رسم شد و در نهایت فعالیت ویژه آنزیم بر حسب تغییرات واحد آنزیم در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد. برای اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از روش کندلی و اسکاندلیوس (Chandlee & Scandalios, 1984) استفاده شد. در این روش منحنی تغییرات جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۳-۴ دقیقه بررسی شد. فعالیت آنزیم بر حسب تغییرات واحد در دقیقه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد. سنجش فعالیت آنزیم سوپر-اکسید دیسموتاز با استفاده از روش بیوچمپ و فری‌دوویچ (Beauchamp & Fridovich, 1971) انجام شد. تجزیه آماری

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-02-21]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.3.2.7]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.4.3.226]

داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p\leq0.05$) استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی تنش آبی بر صفات ریخت شناختی ارقام عدس

نتایج مقایسهٔ میانگین داده‌ها بر ارتفاع بوته نشان داد که بدون وجود تنش، ارقام گچساران و رباط به ترتیب با ۲۷/۶۷ و ۳۱/۶۷ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری نسبت به ارقام زیبا و کیمیا داشتند. در سطوح تنش ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی رقم رباط بیشترین میزان این صفت را در مقایسه با دیگر ارقام داشت که این افزایش در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی معنی‌دار بود. رقم گچساران در تمامی سطوح تنش آبی به‌جز سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در این صفت اختلاف معنی‌داری با رقم رباط نداشت (جدول ۱). از مهم‌ترین پیامدهای تنش کم‌آبی در گیاهان کاهش رشد اندام هوایی و ارتفاع گیاه است که دلیل اصلی آن کاهش ترشح هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدارنده رشد گزارش شده است (Bayoumi *et al*., 2008). تحت تنش خشکی، عدم حفظ فشار تورگر (آماس سلول)، تخصیص بیشتر مواد سنتز شده جهت مقابله با تنش، کوتاه شدن دورهٔ رشدگیاه و سازوکارهای گریز از تنش، همگی، می‌توانند مانع از توسعهٔ عادی سلول‌ها و در نتیجه، کاهش ارتفاع گیاه شوند (Sikder *et al*., 2015). کاهش ارتفاع گیاه در موقعیت کمبود آب در خاک در دیگر گیاهان از جمله نخودفرنگی (Gamze *et al*., 2005)، نخود (Ganjeali *et al*., 2011) و عدس (Ahmadpour *et al*., 2016) نیز گزارش شده است. مطالعات نشان داده است که بیشتر بودن ارتفاع گیاه تحت تنش خشکی نشان‌دهندهٔ رشد بهتر ارقام مقاوم و تحمل بهتر کم‌آبی است (Rahbarian *et al*., 2011). احتمالاً توانایی بالاتر ارقام مقاوم نظیر رباط و گچساران، در جذب آب و متعاقباً ترشح بیشتر هورمون های رشد، سبب مهار اثر بازدارندگی رشد ناشی از تنش آبی شده است. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که در سطوح خشکی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، رقم رباط به ترتیب با ۶۱ ، ۵۰/۳۳ و ۴۱ بیشترین تعداد برگ را داشت که در مقایسه با دیگر ارقام این افزایش معنی‌دار بود. تحت تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) در میان ارقام رباط و گچساران اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما تعداد برگ در این دو رقم نسبت به ارقام کیمیا و زیبا افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۱). نتایج برهم‌کنش تنش آبی و ارقام عدس در ارتباط با ویژگی سطح برگ (جدول ۱) نشان داد که بدون تنش آبی، سطح برگ در رقم رباط با ۳۰۵ سانتی‌متر مربع افزایش معنی-داری در مقایسه با ارقام گچساران (۲۷۸/۳ سانتی‌متر مربع)، کیمیا (۲۳۵ سانتی‌متر مربع) و زیبا (۲۴۲/۳ سانتی‌متر مربع) داشت. در سطوح تنش آبی ۷۵ و ۲۵ درصد، ظرفیت زراعی رقم کیمیا کمترین میزان سطح برگ را داشت که این کاهش در مقایسه با ارقام گچساران و رباط معنی‌دار بود. اختلاف معنی‌داری بین ارقام تحت بررسی در سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده نشد (جدول ۱). ثابت شده است که کاهش آب در بستر کشت گیاهان، تأثیر مستقیمی بر کاهش سطح و تعداد برگ‌ها دارد (Gunes *et al*., 2006). در این مطالعه نیز تمامی سطوح تنش آبی در مقایسه با وضعیت بدون تنش سطح و تعداد برگ را کاهش داد. افزایش ویژگی‌های ریخت‌شناختی برگ در ارقام مقاوم به تنش آبی دلیلی بر مقاومت و برتری آنها نسبت به ارقام حساس است. به‌طوری‌که اثر منفی تنش کمبود آب بر آنها بی‌تأثیر بوده است (Guerfel *et al*., 2008). کاهش سطح و تعداد برگ در زمان تنش آبی با پیری زودرس ارتباط مستقیم دارد که خود عاملی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه تحت تنش کمبود آب است (Gunes *et al*., 2006). مقایسهٔ میانگین داده‌ها در ارتباط با ویژگی‌های اندام هوایی (جدول ۱) نشان داد که در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، رقم رباط به ترتیب با ۷ و ۷/۶۶ بیشترین تعداد غلاف در بوته را داشت که با رقم گچساران از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت اما رقم کیمیا به ترتیب با ۴/۶۶ و ۵ کمترین تعداد این صفت را داشت که در مقایسه با رقم زیبا اختلاف معنی‌داری نداشت. در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی رقم رباط با ۵/۶۶ غلاف در مقایسه با دیگر ارقام افزایش معنی‌داری داشت. تحت تنش شدید اختلاف معنی‌داری بین رقم گچساران و زیبا مشاهده شد به طوری‌که تعداد غلاف در رقم گچساران افزایش معنی‌داری نسبت به رقم زیبا داشت (جدول ۱). وزن خشک اندام هوایی در رقم کیمیا نسبت به دیگر ارقام در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش معنی‌داری داشت. در این سطوح تنشی، ارقام گچساران و رباط بیشترین میزان وزن

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-02-21]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.3.2.7]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.4.3.226]

خشک را داشتند. در سطوح تنش آبی ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی رقم رباط به ترتیب با ۰/۸۰۶ و ۰/۹۰۶ گرم از لحاظ آماری وزن خشک بیشتری نسبت به ارقام کیمیا و زیبا داشت (جدول ۱). در مطالعات متعدد که دربارهٔ حبوبات انجام گرفته است، گزارش شده است که با افزایش شدت تنش آبی، بدون توجه به حساسیت یا مقاومت ارقام تحت بررسی، تعداد غلاف و وزن خشک بخش هوایی کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد (Parsa & Bagheri, 2008) که با نتایج این مطالعه منطبق است. از مهم‌ترین دلایل کاهش معنی‌دار عمل‌کرد و مادهٔ خشک گیاه در موقعیت کمبود آب می‌توان به کاهش فعالیت کینازهای وابسته به سیکلین، کاهش تقسیم سلولی، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز و در پی آن، ممانعت از رشد اشاره کرد (Farooq *et al*., 2009; Hosseinzadeh *et al*., 2016).

بررسی تنش آبی بر رنگدانه‌های فتوسنتزی ارقام عدس

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که میزان کلروفیل a در رقم رباط در مقایسه با دیگر ارقام تحت مطالعه در وضعیت بدون تنش افزایش معنی‌داری داشت و بین ارقام کیمیا، زیبا و گچساران تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در سطح تنش ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین میزان این رنگ‌دانه به رقم رباط اختصاص داشت که به‌جز رقم کیمیا با دیگر ارقام در این صفت اختلاف معنی‌داری نداشت. تحت تنش آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)، رقم زیبا در مقایسه با ارقام گچساران و رباط کاهش معنی‌داری نشان داد. در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین میزان کلروفیل b در ارقام عدس تحت بررسی در سطوح تنش ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد، ظرفیت زراعی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت، اما در وضعیت بدون تنش رقم گچساران با ۲/۰۶ میلی‌گرم در گرم وزن تر بیشترین میزان این صفت را داشت که به‌جز رقم رباط با دیگر ارقام تحت مطالعه افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۲). در زمینهٔ اثر متقابل تنش و رقم در ارتباط با کلروفیل، کل نتایج نشان داد که ارقام گچساران و رباط در سطوح ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی نسبت به ارقام کیمیا و زیبا برتری داشتند. تحت تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نبود (جدول ۲). بیشترین میزان کاروتنوئید با ۱/۴۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر در وضعیت بدون تنش به رقم رباط اختصاص داشت که نسبت به دیگر سطوح معنی‌دار بود. در سطوح تنش ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، رقم کیمیا کمترین میزان کاروتنوئید را داشت که نسبت به ارقام گچساران و رباط این کاهش معنی‌دار بود. تنش آبی شدید، گرچه به کاهش معنی‌دار میزان کاروتنوئید در تمامی ارقام تحت بررسی نسبت به سطح بدون تنش منجر شد، بین ارقام عدس در این سطح از تنش آب تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). تغییرات در رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی، علاوه‌بر تنش‌های محیطی، تحت تأثیر نوع ژنوتیپ و مرحلهٔ فنولوژیکی گیاه نیز قرار دارد (Rahbarian *et al*., 2011). گیاهان در مقابله با تنش آبی به‌منظور حفظ آب برگ، با بستن روزنه‌ها تعرق را کاهش می‌دهند، اما از سوی دیگر، به انتقال غیرفعال در آوند چوب آسیب وارد می‌کند (Gunes *et al*., 2006). از طرف دیگر، کمبود آب به اختلال در واکنش‌های نوری فتوسنتز و تولید گونه‌های واکنش‌دهندهٔ اکسیژن (ROS) منجر می‌شود که در نهایت به تخریب فتوسیستم‌های نوری و کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌انجامد (Pagter *et al*., 2005). گزارش‌های متعددی بیان می‌کند، ارقامی که از سازوکارهای کارآمدتری برای جلوگیری از کاهش شدید تعرق و حذف گونه‌های واکنش‌دهندهٔ اکسیژن برخوردار باشند، قادر به تحمل بهتر تنش آبی هستند (Jaleel *et al*., 2008; Hassanpour *et al*., 2012). ارقام مقاوم با حفظ انتقال غیرفعال در آوند چوب در جهت صعود آب و عناصر مغذی، امکان رشد و انجام فرایندهای سلولی را بهتر فراهم می‌کنند و نیز با فعالیت بیشتر سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی قادرند از تجزیهٔ فتوسیستم‌ها و رنگ‌دانه‌ها جلوگیری کنند (Farooq *et al*., 2009). بنابراین، کاهش شدید رنگ‌دانه‌ها در سطوح بالای تنش آبی، ممکن است به دلیل کاهش انتقال مواد معدنی و آب ضروری برگ‌ها در اثر کاهش مکش ناشی از تعرق در آوند چوب و افزایش تنش اکسیداتیو ناشی از ROS در سلول‌های برگی و تجزیهٔ این رنگدانه‌ها باشد (Hosseinzadeh *et al*., 2016). کاهش محتوای کلروفیل تحت تنش خشکی در زیتون، لوبیا و گندم نیز گزارش شده است (Guerfel *et al*., 2008; Bayoumi *et al*., 2009).

بررسی اثر تنش آبی بر پرولین و پروتئین محلول برگی ارقام عدس

جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش شدت تنش آبی از ۷۵ به ۲۵

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-02-21]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.3.2.7]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.4.3.226]

جدول ۱- مقایسه میانگین شاخص‌های مورفولوژی ارقام گیاه عدس تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی.

Table 1. Mean comparison of morphological indices of lentil cultivars under different levels of water stress.

تیمارها/ ارقام گیاه عدس Treatments/ Lentil cultivars	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	تعداد برگ در گیاه Leaf number per plant	سطح برگ Leaf area (cm^2)	تعداد غلاف Number of pod	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (g/plant)
بدون تنش آب/ Non-water stress					
گچساران/ Gachsaran	28.67 ab	56.5 b	278.3 b	6.66 ab	1.227 a
کیمیا/ Kimia	22 de	50.33 c	235 c	5 de	1.083 b
زیبا/ Ziba	23.33 cd	56 b	242.3 c	5.33 cde	1.240 a
رباط/ Robat	31.67 a	61 a	305 a	7.66 a	1.270 a
۷۵ درصد ظرفیت زراعی / 75% field capacity					
گچساران/ Gachsaran	24.33 cd	43 d	172 de	5.66 bcd	1.065 b
کیمیا/ Kimia	21.67 de	38.33 ef	140.7 fg	4.66 def	0.906 d
زیبا/ Ziba	21.33 de	41.67 de	153 ef	5 de	0.985 c
رباط/ Robat	26.67 bc	50.33 c	192.7 d	7 ab	1.080 b
۵۰ درصد ظرفیت زراعی / 50% field capacity					
گچساران/ Gachsaran	18.67 efg	35.33 fg	128.7 fgh	4 efg	0.891 de
کیمیا/ Kimia	18.33 efg	31.67 gh	105.7 hi	3 ghi	0.813 ef
زیبا/ Ziba	19 efg	32 gh	101 hij	2.33 hi	0.825 ef
رباط/ Robat	24.33 cd	41 de	123 gh	5.66 bcd	0.906 d
۲۵ درصد ظرفیت زراعی / 25% field capacity					
گچساران/ Gachsaran	17.33 fgh	30.33 h	101.3 hij	3.33 fgh	0.766 fg
کیمیا/ Kimia	14.50 h	23 i	60.67 k	2 hi	0.706 g
زیبا/ Ziba	15.67 gh	26.33 i	75 jk	1.66 i	0.719 g
رباط/ Robat	19.67 ef	33 gh	93 ij	3 ghi	0.806 f

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می باشند مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن $p \leq 0.05$ اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences at $p \leq 0.05$ according to Duncan's test.

جدول ۲- مقایسه میانگین رنگدانه‌های فتوسنتزی ارقام گیاه عدس تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی.

Table 2. Mean comparison of photosynthetic pigments of lentil cultivars under different levels of water stress.

تیمارها/ ارقام گیاه عدس Treatments/ Lentil cultivars	کلروفیل a Chlrophyll a (mg/g LFW)	کلروفیل b Chlrophyll b (mg/g LFW)	کلروفیل کل Total chlrophyll (mg/g LFW)	کارتنوئید Carotenoids (mg/g LFW)
بدون تنش آب/ Non-water stress				
گچساران/ Gachsaran	3.34 b	2.06 a	5.40 a	1.33 b
کیمیا/ Kimia	3.08 bcd	1.84 b	4.93 b	1.19 d
زیبا/ Ziba	3.10 bc	1.84 b	4.95 b	1.23 cd
رباط/ Robat	3.68 a	1.94 ab	5.63 a	1.48 a
۷۵ درصد ظرفیت زراعی / 75% field capacity				
گچساران/ Gachsaran	3.06 bcd	1.51 c	4.57 c	1.23 cd
کیمیا/ Kimia	2.77 def	1.39 cd	4.16 d	1.18 d
زیبا/ Ziba	2.90 cde	1.36 cde	4.26 cd	1.20 cd
رباط/ Robat	3.14 bc	1.43 cd	4.57 c	1.27 bc
۵۰ درصد ظرفیت زراعی / 50% field capacity				
گچساران/ Gachsaran	2.66 ef	1.28 def	3.94 de	1.05 e
کیمیا/ Kimia	2.50 f	1.19 efg	3.70 e	0.943 fg
زیبا/ Ziba	2.73 ef	1.27 def	4 de	1.01 ef
رباط/ Robat	2.61 ef	1.32 de	4.07 de	1.05 e
۲۵ درصد ظرفیت زراعی / 25% field capacity				
گچساران/ Gachsaran	1.87 g	1.09 g	2.96 f	0.956 fg
کیمیا/ Kimia	1.63 gh	1.04 g	2.67 fg	0.923 g
زیبا/ Ziba	1.46 h	1.11 fg	2.57 g	0.950 fg
رباط/ Robat	1.83 g	1.09 g	2.93 fg	0.983 efg

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می باشند مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن $p \leq 0.05$ اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences at $p \leq 0.05$ according to Duncan's test.

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-02-21]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.3.2.7]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.4.3.226]

درصد ظرفیت زراعی، میزان تنظیم‌کننده‌های اسمزی نظیر پرولین و پروتئین در مقایسه با وضعیت بدون تنش افزایش معنی‌داری دارد. در سطوح خشکی ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، تفاوت معنی‌داری بین ارقام عدس از لحاظ محتوای پرولین و پروتئین محلول برگی وجود ندارد، اما در سطوح تنش ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، میزان پروتئین محلول برگی در ارقام رباط و گچساران افزایش معنی‌داری نسبت به ارقام کیمیا و زیبا دارد (جدول ۳). بیشترین میزان پرولین در سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به رقم رباط اختصاص داشت که به‌جز رقم گچساران با ارقام دیگر اختلاف معنی‌داری داشت. تحت تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)، ارقام رباط و گچساران برتری معنی‌داری در مقایسه با دیگر ارقام از لحاظ محتوای پرولین برگی داشتند (جدول ۳). گیاهان در مواجهه با تنش‌های محیطی نظیر خشکی و شوری به منظور تنظیم اسمزی، حفظ فشار آماس در سلول‌ها، حفظ ساختار آنزیم‌ها و غشاها، بیان برخی از ترکیبات قطبی و بسیار محلول نظیر پرولین و پروتئین‌های محلول را افزایش می‌دهند که ویژگی مهم این ترکیبات این است که بر فعالیت آنزیم‌ها و متابولیسم سلول تأثیر منفی ندارند (Rahbarian *et al*., 2012). در حالت کلی، می‌توان اشاره کرد، گیاهانی که بتوانند در تنش آبی شدید تنظیم اسمزی انجام دهند و فشار آماس خود را حفظ کنند، توانایی بیشتری در تحمل تنش آبی دارند. تنظیم اسمزی سبب می‌شود تا گیاهان مقاوم به تنش جذب آب از خاک را حتی در پتانسیل‌های منفی آب ادامه دهند (Rahbarian *et al*., 2011). در مطالعه اثر تنش خشکی بر نخود مشاهده شد که در سطوح بالای تنش آب غلظت پرولین و پروتئین‌های محلول در برگ در مقایسه با سطح بدون تنش به ترتیب ۵۰ و ۴۳ درصد افزایش یافت (Najaphy *et al*., 2010). به دلیل خاصیت هیدروفیلی پرولین، این مولکول می‌تواند جایگزین مولکول‌های آب در اطراف نوکلئیک اسیدها، پروتئین‌ها و مولکول‌های غشائی شود و از این طریق اثر یون‌های تخریب‌کننده را بر این ترکیبات کاهش دهد و بدین وسیله از این ترکیبات و ساختار غشاء محافظت کند (Bayoumi *et al*., 2008).

بررسی تنش آبی بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در ارتباط با آنزیم کاتالاز نشان داد که در سطوح خشکی ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، اختلاف معنی‌داری بین ارقام عدس از لحاظ فعالیت این آنزیم وجود نداشت، اما رقم گچساران در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا در سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، افزایش معنی‌داری در فعالیت آنزیم کاتالاز نشان داد (جدول ۳). فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در ارقام رباط و گچساران نسبت به ارقام کیمیا و زیبا در وضعیت بدون تنش افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۳). در سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، کمترین فعالیت این آنزیم به رقم کیمیا اختصاص داشت که در مقایسه با ارقام گچساران و رباط این کاهش معنی‌دار بود. با توجه به جدول ۳ مشاهده شد که در سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، فعالیت این آنزیم در رقم رباط افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که تحت تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)، افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در این رقم در مقایسه با ارقام زیبا و کیمیا معنی‌دار بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز در تمامی ارقام تحت بررسی رابطهٔ معنی‌داری با افزایش شدت تنش داشت، اما با مقایسهٔ ارقام در هر یک از سطوح خشکی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). تنش کم‌آبی از طریق افزایش گونه‌های واکنش‌دهندهٔ اکسیژن (ROS) نظیر پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، سوپراکسید (O_2^-)، رادیکال هیدروکسیل (OH^-) و اکسیژن یکتایی برانگیخته ($^1O_2$) به تخریب غشا سلول، سیستم فتوسنتزی و اکسیداسیون بسیاری از ترکیبات حیاتی گیاهان منجر می‌شود (Rahbarian *et al*., 2012). اولین سد دفاعی در مقابله با افزایش ROS در سلول‌های گیاهان را آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نظیر پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و کاتالاز تشکیل می‌دهند، بنابراین افزایش فعالیت این آنزیم‌ها در جهت کاهش اثر منفی ROSها تحت تنش خشکی منطقی است (Gunes *et al*., 2006). سوپراکسید-دیسموتاز در پاک‌سازی سوپراکسید و تبدیل آن به پراکسید هیدروژن نقش دارد (Nazari *et al*., 2012). پراکسید هیدروژن به علت داشتن نیمه عمر طولانی‌تر نسبت به دیگر رادیکال‌های اکسیژن و همچنین تبدیل بقیهٔ ROSها به آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Nazari *et al*., 2012). مطالعات نشان داده است که تحت تنش خشکی پراکسید هیدروژن نقش بسیار مهمی در مسیرهای انتقال علامت و بیان ژن‌های مرتبط با تنش آبی دارد و درنهایت، به‌وسیلهٔ آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز تجزیه می-شود (Eraslan *et al*., 2007). افزایش فعالیت پراکسیداز تحت

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-02-21]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.3.2.7]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.4.3.226]

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های بیوشیمیایی ارقام گیاه عدس تحت تأثیر سطوح مختلف تنش آبی.

Table 3. Mean comparison of biochemical indices of lentil cultivars under different levels of water stress.

تیمارها/ ارقام گیاه عدس Treatments/ Lentil cultivars	پرولین Prolin (µmol g^{-1}FW)	محتوای پروتئین Protein content (mg g^{-1}DW)	فعالیت کاتالاز CAT Activity Unit µg^{-1} Protein	فعالیت سوپراکسید دیسموتاز SOD Activity Unit µg^{-1} Protein	فعالیت پراکسیداز POX Activity Unit µg^{-1} Protein
Non-water stress /بدون تنش آب					
Gachsaran/ گچساران	2.61 gh	1.51 f	0.219 e	7.25 ghi	0.285 f
Kimia/ کیمیا	2.48 h	1.48 f	0.212 e	6.94 jk	0.282 f
Ziba/ زیبا	2.69 gh	1.47 f	0.216 e	6.84 k	0.283 f
Robat/ رباط	2.55 h	1.54 ef	0.221 e	7.23 hi	0.292 ef
75% field capacity / ۷۵ درصد ظرفیت زراعی					
Gachsaran/ گچساران	3.03 def	1.61 de	0.254 d	7.52 efg	0.315 de
Kimia/ کیمیا	2.82 fg	1.61 de	0.254 d	7.18 ij	0.312 de
Ziba/ زیبا	2.96 ef	1.63 d	0.261 cd	7.27 fghi	0.315 de
Robat/ رباط	3.01 def	1.66 d	0.263 bcd	7.54 ef	0.320 cd
50% field capacity / ۵۰ درصد ظرفیت زراعی					
Gachsaran/ گچساران	3.40 bc	1.87 b	0.289 a	7.92 cd	0.344 bc
Kimia/ کیمیا	3.18 cde	1.68 d	0.258 cd	7.47 efgh	0.344 bc
Ziba/ زیبا	3.25 cd	1.68 d	0.264 bcd	7.70 de	0.343 bc
Robat/ رباط	3.61 b	1.86 b	0.285 a	8.01 bc	0.353 b
25% field capacity / ۲۵ درصد ظرفیت زراعی					
Gachsaran/ گچساران	3.91 a	1.98 a	0.292 a	8.74 a	0.416 a
Kimia/ کیمیا	3.54 b	1.81 bc	0.263 bcd	8.04 bc	0.394 a
Ziba/ زیبا	3.57 b	1.78 c	0.265 bcd	8.27 b	0.391 a
Robat/ رباط	4.05 a	2.04 a	0.291 a	8.76 a	0.411 a

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک است مطابق آزمون چند دامنه ای دانکن $p\leq 0.05$ اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means with one same letter in each column are not significantly differences at $p\leq 0.05$ according to Duncan's test.

تنش آب در اندامک‌ها از قبیل سیتوزول، میتوکندری، کلروپلاست و پراکسیزوم نشان دهنده شکل‌گیری بخش زیادی H_2O_2 در طول تنش آبی است (Rahbarian *et al*., 2012). ارقام مقاوم به تنش‌های محیطی، سازوکار هایی برای مقابله با افزایش شدید ROSها دارند که یکی از این راه‌کارها تجزیه و پاک‌سازی سریع گونه‌های واکنش‌دهندهٔ اکسیژن در سلول‌ها است (Hosseinzadeh *et al*., 2016). در مطالعات تحمل به تنش خشکی دربارهٔ ارقام ذرت و نخود گزارش شد که افزایش فعالیت آنزیم‌های سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز سبب افزایش پتانسیل دفاعی گیاه در مقابل کمبود آب می‌شود و میزان تحمل آن را به تنش خشکی بهبود می‌بخشد (Rahbarian *et al*., 2012).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این مطالعه در زمینهٔ ویژگی‌های ریخت شناختی نشان داد که در رقم رباط تمامی صفات ریخت شناختی تحت بررسی در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا افزایش معنی‌داری دارد اما در مقایسه با رقم گچساران این افزایش معنی‌دار نبود. در بررسی رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی مشاهده شد که در وضعیت بدون تنش (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، ارقام رباط و گچساران نسبت به ارقام کیمیا و زیبا افزایش معنی‌داری در میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل و محتوای کاروتنوئید داشتند، اما در سطوح تنش بالا (۲۵ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) تفاوت معنی‌داری از لحاظ رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی بین ارقام تحت بررسی مشاهده نشد. در بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی نظیر پرولین، پروتئین محلول برگی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در سطوح پایین تنش کم‌آبی (۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) تفاوت معنی‌داری بین ارقام عدس وجود نداشت اما با افزایش شدت تنش آبی در حدود ۵۰ درصد ظرفیت زراعی رقم رباط در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا، برتری محسوسی در میزان پرولین، پروتئین محلول برگی، فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز داشت. در سطح تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) در تمامی شاخص‌های بیوشیمیایی تحت بررسی، به‌جز فعالیت آنزیم پراکسیداز، افزایش معنی‌داری در ارقام رباط و

گچساران مشاهده شد. در این مطالعه، رقم کیمیا در تمامی صفات ریخت شناختی، رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و بیوشیمیایی کاهش داشت که در مقایسه با ارقام رباط و گچساران در بیشتر سطوح تنش آبی این کاهش معنی‌دار بود. در حالت کلی، می‌توان نتیجه گرفت که ارقام رباط و گچساران با استفاده از سازوکارهای مرتبط با تحمل به تنش کم‌آبی، نظیر فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی-اکسیدان، محتوای بیشتر پرولین و پروتئین برگی، افزایش ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، تعداد غلاف و غلظت بیشتر رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی نسبت به ارقام کیمیا و زیبا از مقاومت بیشتری در برابر تنش کم‌آبی برخوردار بودند. با توجه به اینکه عدس از محصولات باارزش و اقتصادی در استان خوزستان به‌شمار می‌رود و کشت این گیاه معمولاً به شکل دیم صو رت می-گیرد، بر مبنای نتایج این پژوهش، استفاده از ارقام رباط و گچساران به‌منزلهٔ ارقام مقاوم به تنش کم‌آبی به منظور کشت دیم توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نگارندگان از دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا به‌خاطر پشتیبانی‌های مالی در اجرای این پروژه تشکر می‌نمایند. همچنین از آقای مهدی رژه برای مساعدت‌هایشان در انجام این پروژه سپاسگزاری می-گردد.

REFERENCES

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R. and Chashiani, S. 2016. Study of root morpho-physiological and biochemical characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in response to moisture stress. – J. Plant Echophysiol. Res. 11: 39-51.

Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y. and Sakuratani, T. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to water logging. – Plant Sci. 163: 117-123.

Amiri, H., Ismaili, A & Hosseinzadeh, S.R. 2017. Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Karaj). – Compost Sci. Util. 26: 1-14.

Bates, L.S., Waldern, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. – Plant Soil Environ. 39: 205–207.

Bayoumi, T.Y., Eid, M. and Metwali, E.M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. – Afr. J. Biotechnol. 7: 2341-2352.

Beauchamp, C. and Fridovich, I. 1971. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acryl amide gels. – Annu. Rev. Biochem. 44: 276-287.

Chandlee, J.M. and Scandalios, J.G. 1984. Analysis of variants affecting the catalase development program in maize scutellum. – J. Appl. Genet. 69: 71–77.

Eraslan, F., Inal, A., Savasturk, O. and Gunes, A. 2007. Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity. – Sci. Hortic. 114: 5-10.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. – Agron. Sustain. Dev. 29: 185–212.

Flexas, J. and Medrano, H. 2008. Drought-inhibition of photosynthesis in C3-plants: Stomatal and non-stomatal limitation revisited. – Ann. Bot. 183: 183-189.

Gamze, O., Mehmet Demir, K.A. and Mehmet A.T. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). – Turk. J. Agric. For. 29: 237-242.

Ganjeali, A., Porsa, H. and Bagheri, A. 2011. Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. – Agric. Water Manag. 98: 1477-1484.

Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Cha, W. and Zarrouk, M. 2008. Impacts of water stress on gas exchange, water elations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. – Sci. Hortic. 1: 1-7.

Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E. and Guzelordu, T. 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post an thesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. – Plant Soil Environ. 52: 868-876.

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-02-21]
[DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.3.2.7]
[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.4.3.226]

[Downloaded from nbr.khu.ac.ir on 2025-02-21]

[DOR: 20.1001.1.24236330.1396.4.3.2.7]

[DOI: 10.21859/acadpub.nbr.4.3.226]

Hamdi A., Erskine W. and Gates P. 1992. Adaptation of lentil seed yield to varying moisture supply. – Crop Sci. 32: 987-990.

Hassanpour, H., Khavari-Nejad, R.A., Niknam, V., Najafi, F. and Razavi, K. 2012. Effects of penconazole and water deficit stress on physiological and antioxidative responses in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.). – Acta Physiol. Plant. 34: 1537-1549.

Holy, M.C. 1972. Indole acetic acid oxidase: a dual catalytic enzyme. – Plant Physiol. 50: 15-18.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. – Photosynthetica. 54: 87-92.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. – Int. J. Agric. Biol. 11:100-105.

Kumar, B., Mehra, K. L., and Sprata, R. L. 1983. An investigation on correlation patterns among yield components in lentil. – Lens Newsletter. 10: 10-12.

Lichtenthaler, H.K. and Wellburn, A.R. 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. – Biochem. Soc. Trans. 11: 591-592.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randapp, R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. – J. Biol. Chem. 193: 265-275.

Najaphy, A., Niari khamssi, N., Mostafaie, A. and Mirzaee, H. 2010. Effect of progressive water deficit stress on praline accumulation and protein profiles of leaves in chickpea. – Afri. J. Biotech. 9: 7033-7036.

Nazari, M.R, Habibpour Mehraban, F. and Maali Amiri, R. 2012. Change in antioxidant responses against oxidative damage in black chickpea following cold acclimation. – Russ. J. Plant Physiol. 59: 183-89.

Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. – Aquat. Bot. 81: 285-299.

Parsa, M. and Bagheri, A. 2008. Legumes. Mashhad University. – Jahad Press. pp 522.

Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A., Najafi, F. and Roshanfekr, M. 2012. Use of biochemical indices and antioxidant enzymes as a screening technique for drought tolerance in Chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). – Afr. J. Agric. Res. 7: 5372-5380.

Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R. and Najafi, F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. – Acta Biol. Crac. Ser. Bot. 53: 47-56.

Reddy, T.Y., Reddy, V.R. and Anbumozhi, V. 2003. Physiological responses of groundnut (*Arachis hypogea* L.) to drought stress and its amelioration: a critical review. – Plant Growth Regul. 41: 75-88.

Sairam, R.K. and Saxena, D.C. 2001. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. – J. Agron. Crop Sci. 184: 55-61.

Sikder, S., Foulkes, J. and West, H. 2015. Evaluation of photosynthetic potential of wheat genotypes under drought condition. – Photosynthetica 53: 47-54.

*****

How to cite this article:

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R., Armand, N. and Chashiani, S. 2017. Evaluation of growth features, photosynthetic pigments and antioxidant enzyme activity of lentils cultivars in response to water stress. – Nova Biologica Rep. 4: 226-235.

احمدپور، ر.، حسین‌زاده، س.ر، آرمند، ن. و چاشیانی، س. ۱۳۹۶. ارزیابی خصوصیات رشدی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ارقام عدس در پاسخ به تنش آبی. – یافته‌های نوین در علوم زیستی ۴: ۲۳۵-۲۲۶.