ارزیابی ویژگی‌های فتوسنتزی در مراحل فنولوژی ارقام گیاه عدس (*Lens culinaris* Medik.) در پاسخ به تنش کمبود آب

راهله احمدپور[۱]*، سعیدرضا حسین زاده[۲]، نظام آرمند[۱] و سمیه چاشیانی[۳]

[۱]*گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، ایران

[۲] دانش آموخته دکتری گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، ایران

[۳] گروه ریاضی و آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۰۵، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۳/۳۱)

چکیده

آزمایشی با هدف بررسی ویژگی‌های فتوسنتزی ارقام گیاه عدس در شرایط تنش کم‌آبی با ٤ رقم شامل گچساران، کیمیا، زیبا، رباط و ٤ سطح تنش شامل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلدانی انجام شد. نتایج نشان داد که در هر ۳ مرحله فنولوژی (گیاهچه‌ای، گلدهی و غلاف‌دهی) افزایش سطوح تنش آب (۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) منجر به کاهش معنی‌دار شاخص کلروفیل، CO_2 زیر روزنه، فتوسنتز خالص، کارایی فتوسیستم II و تعرق در ارقام گیاه عدس مورد بررسی شد. در سطوح تنش ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، ارقام رباط و گچساران در کلیه مراحل فنولوژیک نسبت به ارقام کیمیا و زیبا بیشترین میزان ویژگی‌های فتوسنتزی مورد بررسی را داشتند. در سطوح تنش ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، رقم رباط در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا به ویژه در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی افزایش معنی‌داری در خصوصیات فتوسنتزی داشت اما در مرحله غلاف‌دهی در بیشتر صفات اختلاف معنی‌داری بین ارقام مورد بررسی وجود نداشت. در بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک نظیر محتوای آب نسبی، پایداری غشاء سلول، غلظت پتاسیم و کلسیم در برگ و ریشه مشاهده شد که در تمامی سطوح تنش کم‌آبی، ارقام رباط و گچساران برتری محسوسی نسبت به ارقام کیمیا و زیبا داشتند. رقم کیمیا در کلیه سطوح تنش مورد بررسی، کمترین میزان شاخص کلروفیل، CO_2 زیر روزنه، فتوسنتز خالص، کارایی فتوسیستم II، تعرق، محتوای آب نسبی، پایداری غشاء سلول، غلظت پتاسیم و کلسیم در برگ و ریشه را داشت اما در مقایسه با رقم زیبا تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیک و فتوسنتزی در شرایط کشت گلدانی، نتایج این مطالعه نشان داد که ارقام رباط و گچساران در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا از تحمل بیشتری نسبت به تنش کم‌آبی برخوردارند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، حبوبات، فتوسنتز، فلورسانس کلروفیل

مقدمه

گیاه عدس (*Lens culinaris* Medik) از مهمترین حبوبات و به عنوان یک منبع غذایی مهم برای انسان به شمار می‌رود (Mashair, 2006). گزارش‌های متعدد نشان داده است که ترکیب مناسبی از پروتئین حبوبات با غلات می‌تواند سوء تغذیه و کمبود اسیدهای آمینه را برطرف کند. در کشورهای در حال

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Ahmadpour@bkatu.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

توسعه تقریبا یک چهارم نیاز پروتئینی توسط حبوبات تامین می شود و عدس با دارا بودن حدود ۲۸ درصد پروتئین نقش مهمی را در تغذیه مردم ایفا می‌کند (Ahmadpour *et al.*, 2016). از جمله مهمترین دلایل پایین بودن پتانسیل عملکرد عدس در ایران، می‌توان به عملکرد پایین ارقام رایج، اتخاذ روش‌های نامناسب تولید و وقوع تنش‌های زیستی و غیرزیستی طی فصل رشد این گیاه اشاره کرد (Ahmadpour *et al.*, 2016).

تنش کمبود آب از مهم ترین عوامل محدودکننده تولید محصول در اکثر نقاط دنیا و از جمله کشور ایران به شمار می آید (Rahbarian *et al.*, 2011; Amiri *et al.*, 2017). یکی از مهمترین پاسخ‌های گیاهان به تنش کمبود آب در خاک، تغییرات در خصوصیات فتوسنتزی است و با توجه به ارتباط مستقیم فتوسنتز با عملکرد و اجزای عملکرد گیاه، بررسی این خصوصیات به منظور گزینش ارقام متحمل به تنش کم‌آبی ضروری است. گیاهان با بستن روزنه‌های برگی در جهت کاهش تعرق و حفظ آب به عنوان اولین مکانیسم به تنش کمبود آب پاسخ می‌دهند (Hamdi *et al.*, 1992; Johnson *et al.*, 2002; Hosseinzadeh *et al.*, 2016). با توجه به اینکه در گیاهان C_3 تأمین دی‌اکسیدکربن (CO_2) به منظور انجام فرآیند آسیمیلاسیون توسط روزنه‌ها فراهم می‌شود، با بسته شدن روزنه‌ها ورود CO_2 به داخل سلول‌های مزوفیل برگی کاهش می‌یابد (Dutta and Mondal, 1998; Amiri *et al.*, 2017). به دنبال کاهش غلظت CO_2 درون سلولی، نسبت CO_2/O_2 در برگ کاهش یافته و در نتیجه میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد (Rahbarian *et al.*, 2011). کاهش فتوسنتز در شرایط تنش آبی می‌تواند به دلیل کاهش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a، b و کاروتنوئید نیز باشد (Jaleel *et al.*, 2008; Ganjeali *et al.*, 2011).

امروزه از روش ارزیابی فلورسانس کلروفیل در جهت ارزیابی فعالیت فتوسنتزی و و میزان آسیب وارده به آن استفاده می‌شود (Hossienzadeh *et al.*, 2016). از مهمترین پارامترهای فلورسانس کلروفیل که در تشخیص مدت تنش‌های محیطی کاربرد دارد، کارایی فتوسیستم II می‌باشد. کارایی فتوسیستم II در گیاهان از طریق تعیین نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (F_v/F_m) اندازه‌گیری می‌شود (Kiani *et al.*, 2008; Ahmadpour and Hosseinzadeh, 2017). کارایی عملکرد فتوشیمیایی فتوسیستم II به عنوان یک شاخص مهم در سنجش میزان تحمل ژنوتیپ‌ها به تنش کم‌آبی معرفی شده است و افزایش این ویژگی در یک گیاه در شرایط تنش کم‌آبی نشان دهندهٔ مقاوم بودن آن نسبت به خشکی است (Lu *et al.*, 2002; Hosseinzadeh *et al.*, 2016; Amiri *et al.*, 2017). در یک مطالعه بر روی ارقام گیاه نخود متحمل و حساس به تنش خشکی مشاهده شد که در ارقام مقاوم نسبت F_v/F_m در مقایسه با ارقام حساس افزایش معنی‌داری داشت (Rahbarian *et al.*, 2011).

محتوای آب نسبی (RWC) برگ به عنوان یک شاخص مهم در سنجش میزان تحمل ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی معرفی شده و مطالعات متعدد نشان داده است که محتوای نسبی آب زیاد در یک گیاه در شرایط تنش کم‌آبی نشان دهندهٔ مقاومت بیشتر آن گیاه نسبت به شرایط تنش است (Rahbarian *et al.*, 2011; Yordanov *et al.*, 2003). در شرایط تنش آبی، گیاهان با تجمع مواد محلول در سلول، پتانسیل آبی خود را کاهش می‌دهند. قندهای محلول، سوربیتول، بتائین، اسیدهای آلی، اسید های‌آمینه، پرولین وگلایسین و یون‌هایی مانند پتاسیم و کلسیم از مهمترین این ترکیبات هستند (Hu and Schmidhalter, 2005). کمبود جذب عناصر مغذی نظیر پتاسیم و کلسیم در شرایط کمبود آب بسیار شایع است و منجر به کاهش فعالیت روبیسکو، پایداری غشاء سلول، محتوای آب نسبی، هدایت‌روزنه‌ای و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن شده که در نهایت باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (Cakmak, 2005). از دیگر پیامدهای تنش‌های محیطی نظیر تنش کمبود آب این است که با تغییر ساختمان غشا از نظر کمیت و کیفیت اسیدهای چرب و پروتئین‌ها می‌تواند رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. تنش کم‌آبی از طریق ایجاد تنش اکسیداتیو، یکپارچگی غشای سلول را تحت تأثیر قرار می دهد (Bayoumi *et al.*, 2008). کاهش ضریب پایداری غشاء سلول‌های برگی در شرایط تنش کم‌آبی در سایر گیاهان مانند

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

گندم و زیتون نیز گزارش شده است (Guerfel *et al.*, 2008).

هدف از انجام این آزمایش بررسی اثرات تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و فتوسنتزی چهار رقم پرکاربرد از گیاه عدس است، تا علاوه بر استفاده از این صفات به عنوان معیارهایی برای گزینش ارقام متحمل به تنش کم‌آبی، در بین ارقام مورد مطالعه مناسب‌ترین جهت کشت گلدانی معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹٤ در آزمایشگاه تحقیقاتی فیزیولوژی گیاهی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان و در شرایط غیرکنترل شده (با درجه حرارت روز و شب به ترتیب حدوداً ۵±۲۵ و ۵±۲۰ درجه سانتی گراد) انجام شد. هر گلدان ۲ کیلوگرمی به عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. اولین تیمار مورد بررسی چهار رقم پرکاربرد از گیاه عدس (گچساران، کیمیا، زیبا و رباط) بود، که بذرهای آن از پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد و ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران تهیه شد. تیمار تنش کم‌آبی با چهار سطح ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به عنوان دومین عامل مورد بررسی در نظر گرفته شد. بذرهای ارقام عدس در ابتدا به مدت ۲٤ ساعت در آب خیسانده شد و پس از جوانه‌زنی اولیه، چهار بذر در هر گلدان کشت شدند و در نهایت پس از سبز شدن به ۳ عدد گیاهچه در هر گلدان کاهش یافتند. به منظور ایجاد شرایط یکنواخت و استقرار مناسب گیاهچه‌ها در گلدان، تنش خشکی ۱۲ روز پس از کاشت اعمال شد. برای اعمال تنش آبی، خاک موجود در یک واحد آزمایشی در داخل آون با درجه حرارت ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از ٤۸ ساعت وزن خاک خشک تعیین شد. به خاک خشک موجود در گلدان، به آرامی و تا حد اشباع، آب اضافه گردید و پس از خارج شدن کامل آب ثقلی، گلدان توزین شد و 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 (Rahbarian *et al.*, 2011; Hosseinzadeh *et al.*, 2016).

پارامترهای فتوسنتزی: سنجش میزان کلروفیل کل در برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (CCM-200 plus, Opti-Sciences Inc, NH., USA) انجام شد. تعیین محتوای کلروفیل کل برگ بر اساس میانگین ۱۰ تکرار در هر تیمار بود. با استفاده از دستگاه سنجش تبادلات گازی (KR8700 system, Korea Tech Inc. Suwon., Korea). در برگ برخی صفات فتوسنتزی نظیر فتوسنتز خالص، تعرق و CO_2 درون برگی تعیین شد. اندازه‌گیری‌ها بر روی برگ‌های جوان و توسعه‌یافته صورت گرفت، که به منظور رعایت شرایط یکنواخت از برگ-های دوم و سوم هر تیمار استفاده شد. برای تعیین کارایی فتوسیستم II (F_v/F_m)، در ابتدا با استفاده از گیره‌های مخصوص دستگاه، سطح برگ مورد نظر به مدت ۲۰ دقیقه در شرایط تاریکی قرار گرفت، سپس نسبت F_v/F_m، بوسیله دستگاه کلروفیل فلوریمتر (Pocket PEA, Hansatech, Instruments Ltd., King's Lynn, Norfolk, England) تعیین شد. ٦ بار شاخص‌های ذکر شده اندازه‌گیری شد و میانگین کل به عنوان عدد موردنظر یادداشت شد. اندازه‌گیری پارامترهای فتوسنتزی سه بار در طی فصل رشد گیاه ۲۵ روز پس از کاشت، همزمان با ظهور گل (حدوداً ٤۰ روز پس از کاشت) و همزمان با ظهور غلاف (حدوداً ۵۵ روز پس از کاشت) انجام شد. تمامی سنجش‌ها در محیط آزمایشگاه (درجه حرارت ۵±۲۵، رطوبت حدوداً ٤۰ درصد) و در حدود ساعت ۹-۱۱ صبح انجام شد.

محتوای آب نسبی: به منظور سنجش محتوای آب نسبی از معادله (۱) این شاخص محاسبه گردید:

$$RWC = (FW-DW/TW-DW) \times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، RWC محتوای آب نسبی، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت تورژسانس کامل است (Bian and Jiang, 2008).

پایداری غشاء سلول: به منظور تعیین شاخص پایداری غشاء، ۰/۱گرم از برگ دوم در مرحله غلاف‌دهی گیاهان برداشت‌شده و داخل دو گروه لوله آزمایش، حاوی ۱۰میلی‌لیتر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

آب‌مقطر گذاشته شدند. یک گروه از لوله‌ها، به‌مدت ۳۰ دقیقه در بن‌ماری ۴۰ درجه سانتی‌گراد و گروه دیگر به‌مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از کاهش دمای لوله‌ها تا حد دمای محیط، هدایت‌الکتریکی نمونه‌ها به‌وسیله دستگاه سنجش هدایت‌الکتریکی (Model RS232, AZ Instrument Corp, Taiwan) اندازه‌گیری و سپس شاخص پایداری غشاء از معادله (۲) مطابق روش (Sairam and Saxena, 2001) به‌دست آمد:

معادله (۲):

(هدایت‌الکتریکی آب در دمای ۱۰۰°C/هدایت‌الکتریکی آب در دمای ۴۰°C) − ۱= شاخص پایداری غشاء

غلظت عناصر برگ و ریشه: اندازه‌گیری میزان عناصر پتاسیم، کلسیم و سدیم در بافت برگ و ریشه، بوسیله دستگاه فلیم‌فتومتر (SherwoodScientific, Cambridge, United Kingdom) انجام شد (Guerfel *et al.*, 2008). بدین صورت که در یک ارلن به حجم ۱۰۰ میلی لیتر، ۰/۰۵ گرم پودر حاصل از بافت برگ و ریشه خشک شده هر تیمار در مرحله غلاف‌دهی، به طور جداگانه با سه میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ مخلوط شدند. سپس به مدت ۷۲-۴۸ ساعت در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند و در نهایت ارلن‌ها در زیر هود و در کوره دمایی به آرامی حرارت داده شد. تصاعد دود سفید و بی رنگ شدن محلول اسیدی، نشانه پایان عمل هضم بود. حجم محلول باقی مانده با آب مقطر به ۵۰ میلی‌لیتر رسید. سپس غلظت سدیم، پتاسیم و کلسیم با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب گرم در صد گرم وزن خشک بافت برگ محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. به منظور تعیین سطح معنی‌داری از تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن ($P\leq 0.05$) انجام شد.

نتایج

ویژگی‌های فتوسنتزی: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل ارقام نخود و تنش کم‌آبی در هر سه مرحله گیاهچه‌ای، گلدهی و غلاف‌دهی بر محتوای کلروفیل برگی تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش، شاخص کلروفیل در ارقام گچساران و رباط در مقایسه با ارقام دیگر افزایش معنی‌داری داشت، اما در سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی رقم رباط دارای بیشترین شاخص کلروفیل بود که در مقایسه با رقم زیبا این افزایش معنی‌دار بود. در سطح تنش ۲۵ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری بین ارقام عدس مشاهده نشد (جدول ۲). در مرحله گلدهی نتایج نشان داد که ارقام رباط و گچساران در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا در شرایط تنش کم‌آبی ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش معنی‌داری در شاخص کلروفیل داشتند. در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در بین تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در مرحله غلاف‌دهی، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، شاخص کروفیل به صورت معنی‌داری در ارقام گچسارن و رباط افزایش داشت، اما در سطوح تنش‌های کم‌آبی شدیدتر نظیر ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

برهم‌کنش تنش کم‌آبی و ارقام عدس در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی تأثیر معنی‌داری بر کارایی فتوسیستم II داشت، اما در مرحله غلاف‌دهی معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها در مرحله گیاهچه‌ای نشان داد که در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی رقم رباط بیشترین کارایی فتوسیستم II (نسبت F_v/F_m) را داشت که در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی افزایش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)، ارقام رباط و گچساران نسبت به ارقام زیبا و کیمیا افزایش معنی‌داری در این صفت داشتند، اما در سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با اینکه ارقام رباط و گچساران نسبت F_v/F_m بیشتری داشتند اما این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که در تمامی سطوح تنش کم‌آبی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) نسبت F_v/F_m در ارقام گچساران و رباط افزایش معنی‌داری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

جدول ۱- تجزیه واریانس ویژگی‌های فتوسنتزی ارقام گیاه عدس در مراحل گیاهچه‌ای، گلدهی و غلاف‌دهی در واکنش به تنش کم‌آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	نسبت F_v/F_m	CO_2 زیر روزنه	فتوسنتز خالص	تعرق
			میانگین مربعات			
ارقام عدس	۳	۱/۰۷۹ **	۰/۰۰۱ **	۲۶۹٤/٦٥۹ **	۲/۳۳٦ **	٤٦۲/۰٤۸ **
تنش کم‌آبی	۳	٦/۹۰۸ **	۰/۰۰٤ **	۸۷۷۲/۲۱۹ **	۱۱/۹۱٤ **	۲۱۸۸٤/۳٥۹ **
رقم×تنش	۹	۰/۱۷۹ **	۰/۰۰۰۲*	۱۷۸/۲٤۸ **	۰/۱٤۲ **	٤٦/٥۰۸*
خطای آزمایش	۳۲	۰/۰٦۲	۰/۰۰۰۱	٦۲/٥٦٤	۰/۰٥۳	٤۲/۰۸۹
ضریب تغییرات	-	۱۱/۷۷	۰/۸۱	۲/۲۷	۳/۰۳	٤/٥۸

*، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۱-

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	نسبت F_v/F_m	CO_2 زیر روزنه	فتوسنتز خالص	تعرق
			میانگین مربعات			
ارقام عدس	۳	۰/۷۸۳ **	۰/۰۰۳ **	۳۸۹٥/۳٥۹ **	٥/۹۹۳ **	۱۱۱۸/٦٥۱ **
تنش کم‌آبی	۳	٥/۲٤۹ **	۰/۰۰٥ **	٤٤۳۸۷/٥۲۸ **	٤۳/۹۲٤ **	۱۱٦۳٤/۷۲۱ **
رقم×تنش	۹	۰/۰۲۱ *	۰/۰۰۰٤*	۷۲/۳۳٦*	۰/٤۸۰*	٥٥/۸٦٦*
خطای آزمایش	۳۲	۰/۰۳۸	۰/۰۰۰۱	٤۸۰/٤۱۳	۰/۱۳٥	٤۳/۰۷۹
ضریب تغییرات	-	۷/٦٥	۰/۸۳	۳/۸۹	٤/٥٤	٤/۹۰

*، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۱-

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	نسبت F_v/F_m	CO_2 زیر روزنه	فتوسنتز خالص	تعرق
			میانگین مربعات			
ارقام عدس	۳	۱/۹۷٦ **	۰/۰۰۱ ns	۲٦۰/۳۹۲ *	۲/۳٦۷ **	۳٤۸/٤۸۲ **
تنش کم‌آبی	۳	٥/۱٦۹ **	۰/۰۹۷ **	۷٦٦۳۰/۰۲۳ **	۲۹/۷۳۸ **	۱۰۰۲۲/٥۱۰ **
رقم×تنش	۹	۰/۱٥٥ *	۰/۰۰۰۱ ns	۷٥/۳٦۱ *	۰/۸٦۲ **	۱۳/٦۲۱ *
خطای آزمایش	۳۲	۰/۰۹۲	۰/۰۰۱	۱۳٦/۷٤٥	۰/۱۰٤	٥٥/۰٥۷
ضریب تغییرات	-	٤/۰۷	۲/۸۷	۱/۹۲	۳/٥٦	٥/٥۹

*، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

نسبت به ارقام زیبا و کیمیا داشت، به‌طوریکه ارقام گچساران و رباط در مقایسه با دیگر ارقام دارای کارایی فتوسیستم II بیشتری بودند. تنش کم‌آبی در سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی(تنش کم‌آبی شدید) منجر به کاهش معنی‌دار این شاخص در مقایسه با دیگر سطوح تنش شد. در مقایسه بین دو رقم کیمیا و زیبا در تمامی سطوح تنش آبی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل رقم و تنش در مرحلهغلاف‌دهی بر کارایی فتوسیستم II معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در هر سه نوبت اندازه‌گیری‌ها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های فتوسنتزی ارقام گیاه عدس در مرحله گیاهچه‌ای در واکنش به تنش کم‌آبی

تیمارها/ ارقام عدس	شاخص کلروفیل	نسبت F_v/F_m	CO_2 زیر روزنه (میلی‌مول CO_2 بر میلی‌مول هوا)	فتوسنتز خالص ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$)	تعرق ($mmol\ m^{-2}s^{-1}$)
بدون تنش رطوبتی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)					
گچساران	۳/٤۰ a	۰/۷۲۵ b	۳۹۱/۲ b	۸/۹۸ b	۱۹۸/٤ a
کیمیا	۲/۵۳ bc	۰/۷۱۵ bcd	۳٦۸/۲ cd	۸/۱۷ c	۱۸۵/۳ b
زیبا	۲/٤۳ bcd	۰/۷۱۵ bcd	۳۵٦/۷ de	۸/۳۰ c	۱۸٤/٦ b
رباط	۳/٦٦ a	۰/۷٤۳ a	٤۱۱/۳ a	۹/۵۲ a	۲۰۸/۱ a
۷۵ درصد ظرفیت زراعی					
گچساران	۲/۵۳ bc	۰/۷۱۲ bcd	۳۵۸/۹ de	۸/۱۸ c	۱۷۸/۵ b
کیمیا	۲/۱۳ cde	۰/۷۰٤ cde	۳۵۸ de	۷/٤٦ d	۱۵۰/۲ c
زیبا	۲/۱۳ cde	۰/۷۰۱ cde	۳۳۹ fg	۷/٤۸ d	۱۵٤ c
رباط	۲/۷۰ b	۰/۷٤۲ a	۳۷٤ c	۸/٦۹ b	۱۸۲/٦ b
۵۰ درصد ظرفیت زراعی					
گچساران	۱/۹٦ e	۰/۷۰۵ cde	۳٤۵/۹ ef	۷/۱۲ de	۱۲۱/٦ d
کیمیا	۱/۸۳ ef	۰/۷۰۰ cde	۳۳۰/۲ gh	٦/۹۷ ef	۱۱۲ de
زیبا	۱/۵۰ fg	۰/٦۸۸ ef	۳۲۳/٤ hi	۷/۱۳ de	۱۱٤/٦ de
رباط	۲ de	۰/۷۰۵ cde	۳۵۵/۷ de	۷/٤۹ d	۱۲۱/۲ d
۲۵ درصد ظرفیت زراعی					
گچساران	۱/۲۰ g	۰/٦۹۵ de	۳۱۹/۲ hi	٦/٦۲ f	۹٦/۷۳ f
کیمیا	۱/۲۳ g	۰/٦۷۷ f	۳۱۲/۷ i	٦/۱۱ g	۹۵/۷۰ f
زیبا	۱/۰٦ g	۰/٦۷۵ f	۳۱۲/٤ i	٦/۱٦ g	۹٤/۸۳ f
رباط	۱/٤۳ fg	۰/٦۹٦ de	۳۲۹/۳ gh	٦/۸۳ ef	۱۰٤/۷ ef

میانگین‌هایی که در یک ستون با حداقل یک حرف مشترک مشخص شده‌اند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

نشان داد که اثرات متقابل ارقام گیاه عدس و تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر غلظت CO_2 درون برگی دارد (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مرحله گیاهچه‌ای، در سطوح تنش ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، رقم رباط به ترتیب با ۳۷٤ و ٤۱۱/۳ (میلی‌مول CO_2 بر میلی‌مول هوا) نسبت به دیگر ارقام مورد بررسی افزایش معنی‌داری از لحاظ CO_2 درون برگی داشت. در سطوح تنش ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نیز رقم رباط با ۳۲۹/۳ و ۳۵۵/۷ (میلی‌مول CO_2 بر میلی‌مول هوا) بیشترین میزان غلظت CO_2 درون برگی را داشت که نسبت به ارقام کیمیا و زیبا این افزایش معنی‌دار بود. در مرحله گلدهی، نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش کم‌آبی، غلظت CO_2 درون برگی در ارقام رباط (٦۲۷/۱ میلی مول CO_2 بر میلی‌مول هوا) و گچساران (٦۲۵ میلی‌مول CO_2 بر میلی‌مول هوا) به صورت معنی‌داری نسبت به ارقام کیمیا و زیبا افزایش داشت اما در مقایسه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در سطوح تنش ۲۵ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، غلظت CO_2 درون برگی در رقم رباط با ٤۹۵/۷ و ٦۱۸/۸ (میلی‌مول CO_2 بر میلی‌مول هوا) افزایش معنی‌داری در مقایسه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

ادامه جدول ۲- **مقایسه میانگین ویژگی‌های فتوسنتزی ارقام گیاه عدس در مرحله گلدهی در واکنش به تنش کم‌آبی**

تیمارها/ ارقام عدس	شاخص کلروفیل	نسبت F_v/F_m	CO_2 زیر روزنه (میلی‌مول CO_2 بر میلی‌مول هوا)	فتوسنتز خالص ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$)	تعرق ($mmol\ m^{-2}s^{-1}$)
بدون تنش رطوبتی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)					
گچساران	۳/٤٦ a	۰/۸۱۰ ab	٦۲٥ a	۱۰/٥۱ b	۱۸۱/٥ a
کیمیا	۳/۰۳ b	۰/۷۸۸ cd	٥۷۷/٦ bcd	۹/۱۲ cd	۱٥۹/۳ b
زیبا	۳/۰۳ b	۰/۷۹۰ cd	٥۷۹/۱ bcd	۸/٦٤ cde	۱٥٦/٤ b
رباط	۳/۷٦ a	۰/۸۲۰ a	٦۲۷/۱ a	۱۱/٤۰ a	۱۸۰/٦ a
۷۵ درصد ظرفیت زراعی					
گچساران	۲/۹٦ b	۰/۷۹۲ cd	٥۹۱/۲ abc	۹/۲۱ c	۱٥۲/۸ b
کیمیا	۲/٦۳ c	۰/۷۷۳ de	٥۷۲/۹ bcd	۸/٤۸ de	۱۳۷/۹ cd
زیبا	۲/٥٦ c	۰/۷۷۷ de	٥۷۰/۹ bcd	۸/٤۷ de	۱٤۱/۲ c
رباط	۳/۱۳ b	۰/۸۰۲ bc	٦۱۸/۸ a	۹/۹۰ b	۱٥٥/۲ b
۵۰ درصد ظرفیت زراعی					
گچساران	۲/۳۰ cde	۰/۷۸۰ de	٥٤۸/۸ de	۸/۰۷ ef	۱۲۷/۲ d
کیمیا	۲/۰۳ de	۰/۷٤٥ g	٥۲۳/۷ ef	۷/٦۷ fg	۱۱۲/۸ e
زیبا	۲/۰۳ de	۰/۷٤۷ g	٥۱۸/٦ ef	۷/۳۸ g	۱۱۲/٤ e
رباط	۲/۳٦ cd	۰/۷۷۷ de	٥٥٦/۳ cde	۸/۳۹ e	۱۳۷/٦ cd
۲۵ درصد ظرفیت زراعی					
گچساران	۲ e	۰/۷۷٥ de	٤۸۹/٦ fg	٥/٥٤ hi	۹۸/۹۷ f
کیمیا	۱/٦٦ f	۰/۷٥۰ fg	٤٥٤ g	٥/۱٦ i	۹۳/۰۷ f
زیبا	۱/٦۳ f	۰/۷٥۰ fg	٤٥۱/٥ g	٥/۱٤ i	۹۲/۸۳ f
رباط	۲/۰٦ de	۰/۷۷۳ de	٤۹٥/۷ f	٦/۱۳ h	۱۰۳/۸ ef

میانگین‌هایی که در یک ستون با حداقل یک حرف مشترک مشخص شده‌اند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

با ارقام کیمیا و زیبا داشت اما در سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۲). در سومین مرحله از مراحل فنولوژیک گیاه عدس (غلاف دهی) نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سطوح ۷۵ و ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی ارقام رباط و گچساران افزایش معنی‌داری از لحاظ CO_2 درون برگی نسبت به ارقام کیمیا و زیبا داشتند. در سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، رقم رباط با ٥٦٥ (میلی‌مول CO_2 بر میلی‌مول هوا) بیشترین میزان CO_2 درون برگی را داشت که نسبت به سایر ارقام این افزایش معنی‌دار بود اما در سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی رقم کیمیا با ٥۲۱/٤ (میلی‌مول CO_2 بر میلی‌مول هوا) کمترین میزان CO_2 درون برگی را داشت که در مقایسه با دیگر ارقام این کاهش معنی‌دار بود (جدول ۲).

در نتایج تجزیه واریانس مرتبط با فتوسنتز خالص مشاهده شد که اثرات متقابل ارقام گیاه عدس و سطوح تنش کم‌آبی اثر معنی‌داری بر این ویژگی در هر ۳ مرحله گیاهچه‌ای، گلدهی و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

ادامه جدول ۲ -**مقایسه میانگین ویژگی‌های فتوسنتزی ارقام گیاه عدس در مرحله غلاف‌دهی در واکنش به تنش کم‌آبی**

تیمارها/ ارقام عدس	شاخص کلروفیل	نسبت F_v/F_m	CO_2 زیر روزنه (میلی‌مول CO_2 بر میلی‌مول هوا)	فتوسنتز خالص ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$)	تعرق ($mmol\ m^{-2}s^{-1}$)
بدون تنش رطوبتی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)					
گچساران	۳/٤۰ a	۰/۸۹۸ a	۷۰۰/۷ a	۱۱/۵۷ a	۱٦۷/٦ ab
کیمیا	۲/۳۰ bcde	۰/۸۸۳ a	٦٦۷/۳ bc	۱۰ bc	۱۵۸/۸ bc
زیبا	۲/۲۳ cdef	۰/۸۸٦ a	٦۷۰/۱ bc	۱۰/۰۳ bc	۱۵۵/۲ bcd
رباط	۳/۵۳ a	۰/۸۹۷ a	٦۹۷ a	۱۱/۸٦ a	۱۷۱/۸ a
۷۵ درصد ظرفیت زراعی					
گچساران	۲/٦٦ bc	۰/۸۷۷ a	٦۸۱/۳ ab	۹/۸۳ c	۱٤٦/۲ cde
کیمیا	۲/۰۳ def	۰/۸٦٦ a	٦۵۵/۲ c	۸/۹٦ d	۱۳۲/۸ fgh
زیبا	۲/۰٤ def	۰/۸٦۷ a	٦۵٦/۳ c	۸/۹۹ d	۱۲۹/۷ fgh
رباط	۲/۸۳ b	۰/۸۷۹ a	٦۸۳/۲ ab	۱۰/۵۱ b	۱٤۸/٦ cde
۵۰ درصد ظرفیت زراعی					
گچساران	۲/۲٦ cdef	۰/۷۵۱ b	۵٦٤/٦ d	۸/۷۷ d	۱۳۰ fgh
کیمیا	۱/۷٦ efg	۰/۷٤۳ b	۵۲۱/٤ e	۸/٦۸ d	۱۲٦/۵ gh
زیبا	۱/۷۰ fgh	۰/۷٤۱ b	۵٦٦/٦ d	۸/٦۸ d	۱۲٤/۵ h
رباط	۲/٤۳ bcd	۰/۷۵۵ b	۵٦٦/٦ d	۸/۷٦ d	۱٤۲/٤ def
۲۵ درصد ظرفیت زراعی					
گچساران	۱/٤۰ gh	۰/۷۰۹ c	۵۲۱/٤ e	۷/۲۵ f	۹٦/۸۰ ij
کیمیا	۱/۲۰ h	۰/۷۰۵ c	۵۱۳/۳ e	۷/۰۳ f	۸۹/۷۳ j
زیبا	۱/۱٦ h	۰/۷۰۳ c	۵۲۳/۵ e	۷/۰٤ f	۹۰/۳۳ j
رباط	۱/٤٦ gh	۰/۷۲۱ c	۵٦۵ d	۷/۲۵ f	۱۰۳/٤ i

میانگین‌هایی که در یک ستون با حداقل یک حرف مشترک مشخص شده‌اند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

غلاف‌دهی دارد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با فتوسنتز خالص در مرحله گیاهچه‌ای نشان داد که ارقام رباط و گچساران در سطوح تنش ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا برتری محسوس و معنی‌داری داشتند. در سطح تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی نیز چنین برتری در فتوسنتز خالص مشاهده شد اما معنی‌دار نبود (جدول ۲). در اثرات متقابل رقم و تنش در مرحله گلدهی مشاهده شد که در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، فتوسنتز خالص در ارقام رباط و گچساران افزایش معنی‌داری نسبت به ارقام کیمیا و زیبا داشت. در سطوح تنش ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، رقم رباط بالاترین میزان این صفت را داشت که در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا این افزایش معنی‌دار بود (جدول ۲). در مرحله غلاف‌دهی نیز نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارقام رباط و گچساران افزایش معنی‌داری در فتوسنتز خالص نسبت به ارقام کیمیا و زیبا در سطوح تنش ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی داشتند اما در شرایط تنش ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری بین ارقام مورد بررسی وجود نداشت (جدول ۲).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

آنالیز واریانس داده‌ها (جدول ۱) در مراحل گیاهچه‌ای، گلدهی و غلاف‌دهی نشان داد که اثرات متقابل رقم و تنش بر میزان تعرق برگ معنی‌دار است. در مرحله گیاهچه‌ای ارقام رباط و گچساران در سطوح ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در مقایسه با دیگر ارقام مورد بررسی (کیمیا و زیبا) افزایش معنی‌داری در میزان تعرق داشتند اما در سطوح تنش‌های شدیدتر (۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) تفاوت معنی‌داری بین ارقام گیاه عدس وجود نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها از داده‌های تعرق برگ در مرحله گلدهی نشان داد که ارقام رباط و گچساران بیشترین میزان تعرق را در سطوح تنش ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی داشتند، بطوریکه در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا این افزایش در تیمارهای تنش مورد نظر معنی‌دار بود. در شرایط تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) اختلاف معنی‌داری بین ارقام عدس مشاهده نشد (جدول ۲). نتایج جدول ۲ در مرحله غلاف‌دهی نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش کم‌آبی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش متوسط (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) و تنش کم آبی شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی)، رقم رباط در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا افزایش معنی‌داری در میزان تعرق برگ داشت اما در شرایط تنش کم‌آبی ملایم (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) ارقام رباط و گچساران برتری محسوس و معنی‌داری نسبت به ارقام کیمیا و زیبا داشتند (جدول ۲).

محتوای آب نسبی و پایداری غشاء سلول: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش رقم و تنش بر محتوای آب نسبی برگ معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل نشان داد که در تیمارهای تنش ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، ارقام رباط و گچساران در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا افزایش معنی‌داری در محتوای نسبی آب داشتند اما در سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، رقم رباط بیشترین میزان محتوای آب نسبی را داشت که به جز رقم کیمیا با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ٤). نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که ارقام گیاه عدس و تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر پایداری غشاء سلول در برگ‌های گیاه عدس دارد. نتایج نشان داد که در تمامی سطوح تنش (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، پایداری غشاء سلول در ارقام رباط و گچساران افزایش معنی‌داری نسبت به ارقام کیمیا و زیبا داشت. در مقایسه بین دو رقم کیمیا و زیبا نتایج نشان داد که در سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، این شاخص در رقم زیبا نسبت به رقم کیمیا افزایش معنی‌داری داشت اما در سایر سطوح تنش بین این دو رقم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤).

غلظت عناصر برگ و ریشه: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل رقم و تنش بر غلظت کلسیم و پتاسیم برگ معنی‌دار بود اما بر میزان سدیم برگ معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج جدول ٤ در ارتباط با غلظت پتاسیم در برگ نشان می‌دهد که در سطوح تنش ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، ارقام رباط و گچساران در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا افزایش معنی‌داری داشتند اما در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش پتاسیم برگی در ارقام رباط و گچساران وجود داشت اما در مقایسه با رقم زیبا معنی‌دار بود (جدول ٤). مقایسه میانگین داده‌ها در ارتباط با غلظت کلسیم برگ نشان داد که در سطوح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی در ارقام رباط و گچساران میزان غلظت کلسیم در برگ افزایش معنی‌داری نسبت به سایر ارقام (کیمیا و زیبا) داشت اما در شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، رقم رباط افزایش معنی‌داری در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا داشت (جدول ٤). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل ارقام عدس و تنش کم‌آبی بر غلظت عناصر ریشه (پتاسیم، سدیم و کلسیم) معنی-دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (بدون تنش کم‌آبی)، بیشترین غلظت پتاسیم در رقم رباط بود که به جز رقم گچساران در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی (کیمیا و زیبا) این افزایش معنی‌دار بود. در تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، غلظت پتاسیم ریشه در ارقام گچساران و رباط افزایش معنی داری نسبت به ارقام کیمیا و زیبا داشت. در مقایسه بین ارقام مورد بررسی در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

جدول ۳- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیک ارقام گیاه عدس در واکنش به تنش کم‌آبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	محتوای آب نسبی	پایداری غشاء سلولی	سدیم برگ	پتاسیم برگ	کلسیم برگ	سدیم ریشه	پتاسیم ریشه	کلسیم ریشه
		میانگین مربعات							
ارقام عدس	۳	۰/۰۰۳ **	۰/۰۰۶ **	۰/۰۰۰٤ ns	۰/۵٤۵ **	۰/۲۱۷ **	۰/۰۲۱ ns	۰/۵۰۸ **	۰/۲٦۵ **
تنش کم‌آبی	۳	۰/۰۳٦ **	۰/۰۱۲ **	۰/۰۰۳ ns	۲/۳۹۱ **	۱/٦۸۷ **	۲/۰۵۹ **	۳/٦۷۷ **	۷/۹۷۳ **
رقم×تنش	۹	۰/۰۰۰۲ *	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۱۸ **	۰/۰۱۵ **	۰/۰۰۳ *	۰/۰۱۷ *	۰/۲۰۱ *
خطای آزمایش	۳۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۰/۰۲۸	۰/۰۲۲	۰/۲۰۸
ضریب تغییرات	-	۱/٤۳	۱/۷۹	۱/۱۹	۲/۲۳	۳/۸۱	۸/۹٤	٦/۹٦	۲/۳۹

ns ، * ، ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ٤- **مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیولوژیک ارقام گیاه عدس در واکنش به تنش کم‌آبی**

تیمارها/ ارقام عدس	محتوای آب نسبی (%)	پایداری غشاء سلولی	سدیم برگ	پتاسیم برگ	کلسیم برگ	سدیم ریشه	پتاسیم ریشه	کلسیم ریشه
			(g/100g root DW)					
بدون تنش رطوبتی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)								
گچساران	۰/۷۵٦ a	۰/۵٦۹ ab	۰/۸۵۷ a	۳/۹٦ a	۱/۷۵۹ b	۱/۳٤c	۲/۹۰ bc	٤/۱٦ a
کیمیا	۰/۷۲۱ b	۰/۵٤۰ cde	۰/۸۵۷ a	۳/٤۹ bcd	۱/۵٦٤ c	۱/٤٤c	۲/۵۳ c	۳/۱۷ bcd
زیبا	۰/۷۲٤ b	۰/۵٤٤ cd	۰/۸۵۸ a	۳/۵۳ bc	۱/٦۲۵ c	۱/٤۲c	۲/۵۱ c	۳/۲۸ bcd
رباط	۰/۷٦۷ a	۰/۵۷۸ a	۰/۸۹۱ a	٤/۱۰ a	۱/۸۵٤ a	۱/۳۳c	۳ a	٤/۱٦ a
۷۵ درصد ظرفیت زراعی								
گچساران	۰/۷۲۲ b	۰/۵۵۱ cd	۰/۸۵۹ a	۳/٦٤ b	۱/٦۰٤ c	۱/۹۰b	۲/۵۰c	۳/۸۹ abc
کیمیا	۰/۷۰۰ cd	۰/۵۱٦ gh	۰/۸۵۸ a	۳/۲٦ de	۱/۲٤۲ d	۱/۹۷b	۲/۱۰d	۳/۱۹ d
زیبا	۰/۷۰۳ c	۰/۵۲۲ fgh	۰/۸۵۹ a	۳/۲۹ cde	۱/۲٦۷ d	۱/۹۸b	۲/۱٦d	۳ d
رباط	۰/۷۲۸ b	۰/۵۵۷ bc	۰/۸۷۸ a	۳/۷۰ b	۱/٦۱۳ c	۱/۸۵b	۲/٦۰c	۳/٦٦ abc
۵۰ درصد ظرفیت زراعی								
گچساران	۰/٦۸٤ d	۰/۵۲٤ efg	۰/۸۷٦ a	۲/۱۷ ef	۱/۲۵۵ d	۱/۷۸b	۱/۹۰de	۳/۷۱ abc
کیمیا	۰/٦٦٤ e	۰/٤۸٤ i	۰/۸۷۸ a	۳ fg	۱/۰۱۸ e	۱/۷۸b	۱/۵٦f	۲/۸۷ d
زیبا	۰/٦٦۵ e	۰/٤۸۷ i	۰/۸٦۹ a	۲/۹۰ g	۰/۹۹۲ e	۱/۷۷b	۱/٦۳f	۲/۹۳ d
رباط	۰/۷۰۰ cd	۰/۵۳٦ def	۰/۸۵۹ a	۳/۲۰ ef	۱/۳۰۰ d	۱/۷٦b	۲/۱۳d	۳/٦۵abc
۲۵ درصد ظرفیت زراعی								
گچساران	۰/٦۲۲ fg	۰/۵۰٤ h	۰/۸۸۳ a	۲/۹۰ g	۰/۸۳۹ fg	۲/۳۵a	۱/۵٦f	۲/۹٦ d
کیمیا	۰/٦۰۵ g	۰/٤۵٤ j	۰/۸۵٤ a	۲/٦۰ h	۰/۷۹۷ g	۲/٤٤a	۱/٤۰f	۲/۹۰ d
زیبا	۰/٦۱۰ fg	۰/٤۷۱ i	۰/۸۸۰ a	۲/۵۹ h	۰/۷۸۱ g	۲/٤۲a	۱/۵٦f	۲/۹۵ d
رباط	۰/٦۲٤ f	۰/۵۱۳ gh	۰/۸۵۷ a	۲/۹۳ g	۰/۹۰۰ f	۲/۳۳a	۱/٦٦f	۳ d

میانگین‌هایی که در یک ستون با حداقل یک حرف مشترک مشخص شده‌اند، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

داری مشاهده نشد (جدول ٤). مقایسه میانگین داده‌ها در ارتباط با غلظت سدیم ریشه نشان داد که با افزایش شدت تنش از ۷۵ به ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، غلظت سدیم ریشه در هر ٤ رقم مورد مطالعه نسبت به شرایط بدون تنش افزایش معنی داری دارد اما در مقایسه بین ارقام عدس در هر سطح تنش تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٤). در شرایط بدون تنش و تنش‌های ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، در ارقام گچساران و رباط نسبت به ارقام کیمیا و زیبا غلظت کلسیم ریشه به صورت معنی‌داری افزایش یافت اما در شرایط تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) اختلاف معنی‌داری بین ارقام مورد مطالعه وجود نداشت (جدول ٤).

بحث

صفات فتوسنتزی: تنش کم‌آبی عموماً با کاهش آب قابل دسترس در خاک رخ می‌دهد و در نهایت منجر به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان نسبت به شرایط کمبود آب می‌گردد (Johnson *et al.*, 2002; Ganjeali *et al.*, 2011). در این میان تغییرات فیزیولوژیک در برگ‌ها و سیستم فتوسنتزی گیاهان در شرایط تنش کمبود آب نقش مهمی در تحمل به تنش ایفا می‌کند (Singh *et al.*, 2005; Piper *et al.*, 2007). کاهش فتوسنتز خالص و CO_2 زیر روزنه در پژوهش‌های مختلف به عنوان مهمترین اثر منفی ناشی از تنش کم‌آبی بیان شده است (Flexas and Medrano, 2008; Jaleel *et al.*, 2008). در این زمینه مطالعات مختلف نشان داده است که گیاهان با مکانیسم-های کارآمد در ارتباط با تنظیم عملکرد روزنه‌های برگی قادر به تحمل بهتر شرایط تنش کم‌آبی خواهند بود، بطوریکه با حفظ بیشتر آب درون برگی و اختلال کمتر در انتقال فعال و غیرفعال، امکان رشد و انجام فرایندهای سلولی را بهتر فراهم می‌نمایند (Pagter *et al.*, 2005; Bender Ozenç, 2008; Guerfel *et al.*, 2008). در مطالعه بر روی شناسایی ارقام متحمل و حساس گیاه لوبیا به تنش کم‌آبی مشاهده شد که ارقام مقاوم در تنش‌های ملایم (۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی) دارای محتوای کلروفیل، میزان تعرق، غلظت CO_2 زیر روزنه و فتوسنتز خالص بیشتری بودند (Rasti Sani *et al.*, 2014). نتایج این مطالعه نشان داد که ارقام رباط و گچساران در ارزیابی مراحل فنولوژیک (گیاهچه‌ای، گلدهی و غلاف دهی) نسبت به ارقام کیمیا و زیبا در میزان فتوسنتز خالص، غلظت CO_2 زیر روزنه، شاخص کلروفیل، کارایی فتوسیستم II و تعرق افزایش معنی‌داری در شرایط تنش ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی داشتند. در شرایط تنش‌های کمبود آب شدید وضعیت متفاوت است، بطوریکه علاوه بر اثرات ذکر شده با ایجاد تنش اکسیداتیو و تولید گونه‌های واکنشگر اکسیژن، فتوسنتز خالص به دلیل تخریب و تجزیه اجزای سیستم فتوسنتزی نظیر کلروفیل‌ها، پروتئین D_1، پروتئین‌های دخیل در کمپلکس تجزیه کننده آب، آنزیم‌های فتوسنتزی وسیتوکروم‌ها کاهش شدید دارد (Pagter *et al.*, 2005; Rahbarian *et al.*, 2011). در چنین شرایطی از یک سو با کاهش اختلاف پتانسیل فشاری منفی ناشی از مکش تعرق و انتقال غیرفعال در آوند چوب، جذب آب و سایر عناصر مغذی و مورد نیاز گیاه بوسیله ریشه مختل شده (Zlatev and Yordanov, 2004; Hosseinzadeh *et al.*, 2016) و از سوی دیگر با کاهش تولید ترکیبات فتوسنتزی روند انتقال شیره پرورده به ترتیب در آوند آبکش دچار اختلال شده و در نهایت تأثیر شدید بر خصوصیات رشدی و عملکردی گیاهان دارد (Hussain *et al.*, 2000; Ahmadpour *et al.*, 2016). در یک مطالعه بر روی ارقام گیاه نخود مشاهده شد که تنش کم‌آبی شدید در سطح ۲۵ درصد ظرفیت زراعی موجب کاهش شدید فتوسنتز، کارایی فتوسیستم II و تجزیه رنگدانه‌های فتوسنتزی شد و این پژوهشگران دلیل اصلی این موارد را افزایش تنش اکسیداتیو و تخریب سیستم فتوسنتزی بیان کردند (Rahbarian *et al.*, 2011). در این مطالعه مشاهده شد که رقم رباط در شرایط تنش شدید (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا در میزان فتوسنتز خالص، غلظت CO_2 زیر روزنه و کارایی فتوسیستم II به‌ویژه در مرحله گیاهچه‌ای و گلدهی برتری محسوسی داشت.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

گیاهان به منظور مقابله با تنش اکسیداتیو و کاهش اثرات تخریبی آن‌ها دارای سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی هستند که از تجمع گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن جلوگیری کند. این سیستم ها در گیاهان به صورت آنزیمی (گلوتاتیون ردوکتاز، کاتالاز، گلایکول پراکسیداز، آسکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز) و غیرآنزیمی (پرولین، گلایسین بتائین، ترکیبات فنلی، آنتوسیانین‌ها) فعال هستند و نقش مهمی در تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی دارند (Abrishamchi *et al.*, 2012) . در بررسی بر روی ارقام متحمل و حساس نخود و لوبیا به تنش خشکی دلیل افزایش شاخص کلروفیل با دستگاه SPAD در ارقام متحمل فعالیت بیشتر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گزارش شد (Rahbarian *et al.*, 2011; Abrishamchi *et al.*, 2012; Rasti Sani *et al.*, 2014). مطالعات متعدد نشان داد که کاهش کلروفیل در شرایط تنش کم‌آبی می‌تواند به دلیل اختلال در جذب منیزیم از خاک باشد که نتیجه آن کاهش میزان سنتز کلروفیل است (Keles and Onsel, 2004; Flexas and Medrano, 2008).

نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام رباط و گچساران در مراحل گیاهچه‌ای و گلدهی در تمامی سطوح تنش کم‌آبی افزایش معنی‌داری در شاخص F_v/F_m نسبت به ارقام کیمیا و زیبا داشتند. مطالعات متعدد در ارتباط با کارایی فتوسیستم II (F_v/F_m) نشان داده است که تنش خشکی منجر به بازدارندگی انتقال الکترون و کاهش کارایی PSII می‌شود (Lu *et al.*, 2002; Ahmadpour *et al.*, 2016). شاخص F_v/F_m نشان دهنده ظرفیت انتقال الکترون فتوسیستم II است که با عملکرد کوانتوم فتوسنتز خالص همبستگی بالایی دارد (Zlatev and Yordanov, 2004). تخریب پروتئین‌های غشاء تیلاکوئید مانع انتقال الکترون از جایگاه پذیرنده فتوسیستم II می‌گردد و این امر موجب کاهش سرعت انتقال الکترون، افزایش فلورسانس کلروفیل و کاهش عملکرد فتوسیستم II می‌شود (Tilahun and Sven, 2003; Rasti Sani *et al.*, 2014). در حالت کلی کاهش نسبت F_v/F_m منجر به کاهش میزان حفاظت نوری شده و دلیلی است بر اینکه تنش کم‌آبی بر کارایی فتوسنتز اثر منفی معنی داری گذاشته است (Ali-Dib *et al.*, 1994). در یک مطالعه، تنش کم‌آبی شاخص F_v/F_m ژنوتیپهای نخود را به صورت معنی‌داری کاهش داد، بدین صورت که ژنوتیپ‌های نخود حساس به خشکی شاخص F_v/F_m کمتری در مقایسه با ژنوتیپ-های مقاوم به خشکی داشتند که این محققین علت را تخریب مراکز واکنش فتوسیستم II و پروتئین‌های غشاء تیلاکوئید تحت تأثیر تنش بیان کردند (Rahbarian *et al.*, 2011).

محتوای آب نسبی و پایداری غشاء سلول‌های برگی: نتایج این مطالعه نشان داد که تنش کم‌آبی در سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی منجر به کاهش معنی‌دار محتوای آب نسبی در تمامی ارقام مورد بررسی شد. در این ارتباط مطالعات متعدد نشان داده است که قدرت حفظ آب موجود در برگ در شرایط تنش کمبود آب، در ارقام حساس کاهش می‌یابد (Beck *et al.*, 2007). ارقام مقاوم به تنش کمبود آب مکانیسم‌هایی برای حفظ آب برگ و جلوگیری از هدررفتن آن دارند، یکی از این مکانیسم‌ها کاهش سطح برگ، در جهت کاهش میزان تبخیر سطحی و تعرق و همچنین تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها در این شرایط است (Hosseinzadeh *et al.*, 2016). تفاوت ارقام مختلف از نظر میزان نسبی آب برگ به تفاوت آنها در میزان جذب آب از خاک، کارایی سیستم ریشه‌ای و قدرت کنترل هدرروی آب از طریق روزنه‌ها مربوط می‌شود (Galle *et al.*, 2002). در گیاهان ذرت، لوبیا، نخود و گندم، میزان نسبی آب برگ به عنوان نشانگر جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی معرفی شده است (Galle *et al.*, 2002; Helal and Samir, 2008; Hosseinzadeh *et al.*, 2014; Rasti Sani *et al.*, 2014).

نتایج این پژوهش در ارتباط با شاخص پایداری غشاء سلول‌های برگ در ارقام گیاه عدس نشان داد که تنش کم‌آبی تأثیر منفی معنی‌داری بر این صفت داشت، بطوریکه در تمامی ارقام مورد بررسی پایداری غشاء سلول در شرایط تنش ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی کاهش معنی‌داری داشت. تنش کم‌آبی از طریق افزایش تولید مواد تخریب کننده غشاء از جمله پراکسید هیدروژن، سبب تخریب غشاء سلولی گشته و در نتیجه ضریب پایداری غشاء، در شرایط تنش کمبود آب کاهش می‌یابد. گیاهان مقاوم به تنش کم‌آبی مکانیسم‌هایی برای مقابله

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

با تخریب غشاء دارند که یکی از این مکانیسم‌ها تجزیه پراکسید هیدروژن توسط آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز است. بنابراین میزان تخریب غشاء در شرایط تنش کم‌آبی در ارقام متحمل به تنش کمتر از ارقام حساس است (Bayoumi *et al.*, 2008; Rahbarian *et al.*, 2011). کاهش ضریب پایداری غشاء در شرایط تنش خشکی در گیاهان دیگر از جمله گندم، زیتون و *Medicago truncatula* نیز گزارش شده است (Guerfel *et al.*, 2008; Nunes *et al.*, 2008; Bayoumi *et al.*, 2008).

غلظت عناصر برگ و ریشه: یکی از علائم تنش حاصل از خشکی یا شوری در گیاهان، پژمرده شدن آنها به دلیل کمبود عناصر مغذی است (Cakmak, 2005). تنش خشکی جذب مواد غذایی بوسیله ریشه‌ها و انتقال این مواد به ساقه را کاهش می‌دهد که این کاهش به دلیل محدود شدن سرعت تعرق، آسیب رساندن به انتقال فعال و کاهش قابلیت نفوذ غشایی است. جذب مواد غذایی از خاک با وضعیت آب موجود در خاک ارتباط مستقیم دارد، بطوریکه با کاهش رطوبت خاک جریان انتشاری مواد غذایی از خاک به سطح ریشه‌ها کاهش می‌یابد (Arndt *et al.*, 2001; Hosseinzadeh *et al.*, 2016). در این مطالعه کمبود آب در خاک محیط اطراف ریشه غلظت پتاسیم وکلسیم را در برگ و ریشه کاهش داد. علت کاهش پتاسیم در شرایط تنش کم‌آبی، کاهش میزان حلالیت پتاسیم و متعاقباً کاهش جذب آن توسط ریشه‌های گیاه است (Osuagwu *et al.*, 2010). از طرف دیگر کلوئیدهای خاک با قدرت بیشتری پتاسیم را جذب می‌کنند و مانع جذب آن توسط ریشه می‌شوند (Osuagwu *et al.*, 2010). با کاهش رطوبت خاک، حرکت کلسیم از خاک به سطح ریشه‌ها کاهش می‌یابد (Cakmak, 2005). در یک مطالعه علت کاهش یون‌های کلسیم و پتاسیم در برگ و ریشه، حرکت این عناصر از برگ‌ها به ریشه گزارش شد، زیرا که در این شرایط این دو عنصر به عنوان محافظت کننده‌های اسمزی عمل می‌کنند (Osuagwu *et al.*, 2010; Amiri *et al.*, 2017). افزایش سدیم در اندام‌های گیاه (ساقه و برگ) منجر به مشکلات اسمزی و متابولیک را در گیاه شده و سمیت ناشی از تجمع این عنصر موجب کاهش شدید در فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌گردد (Tester and Davenport, 2003). مطالعات نشان می‌دهد که در هنگام تنش خشکی، میزان سدیم در ریشه افزایش می‌یابد و برای جلوگیری از سمیت آن، گیاه سعی در خروج و یا به واکوئل فرستادن آن دارد (Tester and Davenport, 2003). در مطالعه بر روی گیاه نخود مشاهده شد که در شرایط تنش کمبود آب، میزان غلظت سدیم در ریشه‌های این گیاه نسبت به شرایط فراهمی رطوبت کاهش معنی‌داری دارد (Amiri *et al.*, 2017).

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه رقم کیمیا نسبت به سایر ارقام مورد بررسی در تمامی سطوح تنش، کمترین خصوصیات فتوسنتزی و فیزیولوژیک را داشت اما در بیشتر صفات با رقم زیبا تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج این پژوهش در ارزیابی صفات فتوسنتزی در ۳ مرحله رویشی نظیر فتوسنتز خالص، غلظت CO_2 زیر روزنه، شاخص کلروفیل، کارایی فتوسیستم II و تعرق نشان داد که ارقام رباط و گچساران در مقایسه با ارقام کیمیا و زیبا با افزایش معنی‌دار در تمامی صفات فیزیولوژیک و فتوسنتزی از ارقام مقاوم به تنش کم‌آبی محسوب شده و به منظور کشت در شرایط گلدانی پیشنهاد می‌شود.

منابع

Abrishamchi, P., Ganjeali, A. and Sakeni, H. (2012) Evaluation of morphological traits, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Resarch 3: 17-30.

Ahmadpour, R. and Hosseinzadeh, S. R. (2017) Change in growth and photosynthetic parameters of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) in response to methanol foliar application and drought stress. International Journal of Agriculture and Biosciences 6: 7-12.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S. R. and Armand, N. (2016) Evaluation of methanol role in reducing the negative effects of water deficit stress in lentil (*Lens culinaris* Medik.). Iranian Journal of Plant Process and Function 5 : 1-13.

Ali-Dib, T., Monneveux, P. H., Acevedo, J. and Nachil, M. M. (1994) Evaluation of praline analysis and chlorophyll fluorescence quenching measurements as drough tolerance indicators in durum wheat (*Triticum turgidum* L. Var. *durum*). Euphytica 79: 65-73.

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

Arndt, S. K. K., Clifford, S. C., Wanek, W., Jones, H.G. and Popp, M. (2001) Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. Tree Physiology 21: 705-715.

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. African Journal of Biotechnology 7: 2341-2352.

Beck, E., Fettig, S., Knake, C., Hartig, K. and Bhattarai, T. (2007) Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress Journal of Bioscience 32: 501-510.

Bender Ozenç, D. (2008) Growth and transpiration of tomato seedlings grown in Hazelnut Husk compost under water-deficit stress. Compost Science & Utilization 16: 125-13.

Bian, Sh. and Jiang Y. (2008) Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. Scientia Horticulturae 120: 264-270.

Cakmak, I. (2005) The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 168: 521-530.

Chapman, H. D. and Pratt, P. F. (1982). Method of Analysis for soil, plants and water. Chapman Publisher: Riverside, CA.

Dutta., R. K. and Mondal, M. M. A. (1998) Evaluation of lentil genotypes in relation to growth characteristics, assimilate distribution and yield potential. Lens Newsletter 25: 51-55.

Flexas, J. and Medrano H. (2008) Drought-inhibition of photosynthesis in C_3- plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annals of Botany 183: 183-189.

Galle, A., Csiszar, J., Tari, I. and Erdei, L. (2002) Changes in water and chlorophyll fluorescence parameters under osmotic stress in wheat cultivars. Acta Biologica Szegedieniensis 46: 85-86.

Ganjeali, A., Porsa, H. and Bagheri, A. (2011) Assessment of Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms for drought tolerance. Agriculture Water Management 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. Scientia Horticulturae 1: 1-7.

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

Helal, R. M. and Samir, M. A. (2008) Comprative response of drought tolorant and drought sensitive maize genotypes to water stress, Austeralian Journal of Crop Science 1: 31-36.

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.

Hosseinzadeh, S. R., Salimi, A., Ganjeali, A. and Ahmadpour, R. (2014) Effects of foliar application of methanol on photosynthetic characteristics chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Plant Biology 5: 115-132.

Hu, Y. C. and Schmidhalter, U. (2005) Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 168: 541-549.

Hussain, M. M., Reid, J. B., Othman, H. and Gallagher, Y. N. (2000) Growth and water use of faba beans (*Vicia faba*) in a sub-humid climate root and shoot adaptation to drought stress. Field Crop Research 23: 1-17.

Jaleel, C. A., Gopi R. and Panneerselvam, R. (2008) Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment. Comptes Rendus Biology 331: 272-277.

Johnson, J. D., Tognetti, T. and Paris, P. (2002) Water relations and gas exchange in poplar and willow under water stress and elevated atmospheric CO_2. Physiologia Plantarum 115: 93-100.

Keles, Y. and Oncel, I. (2004) Growth and solute composition on two wheat species experiencing combined influence of stress conditions. Russian Journal of Plant Physiology 51: 203-208.

Kiani, S. P., Maury, P., Sarrafi, A. and Grieu, P. (2008) QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. Plant Science 175: 565-573.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]

Lu, Q., Lu, C., Zhang, J. and Kuang, T. (2002) Photosynthesis and chlorophyll fluorescence during flag leaf senescence of field-grown wheat plants. Journal of Plant Physiology 159: 1173-1178.

Mashair, A. S., Abdullahi, H., Tinay, E., Elmoneim, A., Elkhalifa, O., Babiker, E. E. and Elkhalil, E. A. I. (2006) Solubility as Influenced by pH and NaCl Concentaration and Functional Properties of Lentil Proteins Isolate. Pakistan Journal of Nutrition 5: 589-593.

Nunes, C., Ara ujo, S., da Silva, J. M., Salema Fevereiro, M. and da Silva, A. (2008) Physiological responses of the legume model *Medicago truncatula* cv. Jem along to water deficit. Environmental and Experimental Botany 63: 289-296.

Osuagwu, G. G. E., Edeoga, H. O. and Osuagwu, A. N. (2010) The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves of *Ocimum gratissimum* L. Recent Research in Science and Technology 2: 27-33.

Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. (2005) Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. Aquatic Botany 81: 285-299.

Piper, F. I., Corcuera, L. J., Alberdi, M. and Lusk, C. (2007) Differential photosynthetic and survival responses to soil drought in two evergreen nothofagus species. Annals of Forest Science 64: 447-452.

Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri A. R. and Najafi, F. (2011) Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*cicer arietinum* L.) genotypes. Acta Biologica Cracoviensia 53: 47-56.

Rasti Sani, M., Lahouti, M. and Ganjeali, A. (2014) Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Resarch 5:103-116.

Sairam, R. K. and Saxena, D. C. (2001) Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science 184: 55-61.

Singh, G., Sekhon, H. S. and Kolar, J. S. (2005) Pulses. Agrotech Publishing Academy, Udaipur, India.

Tester, M. and Davenport, R. (2003) Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Annals of Botany 91: 503-518.

Tilahun, A. and Sven, S. (2003) Mechanisms of drought resistance in grain: PSII Stomatal regulation and root growth. Ethiopian Journal of Science 26: 137-144.

Yordanov, I., Velikova, V. and Tsonev, T. (2003) Plant responses to drought and stress tolerance. Bulgharestan Journal of Plant Physiology 2: 187-206.

Zlatev, Z. S. and Yordanov, I. T. (2004) Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. Bulgharestan Journal of Plant Physiology 30: 3-18.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1397.7.27.9.0]