واکنش‌های فیزیولوژیکی اکوتیپ‌های کرچک (*Ricinus communis* L.) به تنش خشکی

پژمان نیک‌نشان و علی تدین*

گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۲/۰۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹٤/۰۳/۳۰)

چکیده:

کرچک معمولا در مناطق حاشیه‌ای و در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک کشت می‌شود که روغن آن کاربردهای زیادی از لحاظ صنعتی و دارویی دارد. برای بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی اکوتیپ‌های مختلف گیاه کرچک در شرایط متفاوت تنش خشکی، آزمایشی مزرعه‌ای در دو مکان اصفهان و شهرکرد در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل چهار سطح تنش خشکی (عدم تنش برابر با ۳۰ درصد تخلیه رطوبتی، ٤٥ درصد تخلیه رطوبتی، ٦۰ درصد تخلیه رطوبتی و ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی) به‌عنوان کرت اصلی و شش اکوتیپ کرچک (اصفهان، اردستان، اراک، نایین، یزد و اهواز) به‌عنوان کرت فرعی در سه تکرار در هر دو منطقه به‌طور مجزا انجام شد. نتایج حاصل از این دو آزمایش به‌صورت تجزیه مرکب آنالیز گردید. صفاتی که در این آزمایش اندازه‌گیری شد شامل زیست‌توده، کلروفیل کل، هدایت روزنه‌ای، تابش فعال فتوسنتزی جذب شده توسط تاج پوشش گیاهی، تابش جذب شده به تابش کل و ضریب استهلاک نوری بود. نتایج نشان داد بالاترین و پایین‌ترین کلروفیل به‌ترتیب در اکوتیپ یزد (SPAD۱۲۸/٦) در منطقه اصفهان در شاهد و اکوتیپ یزد (SPAD۲۵/۸) در منطقه شهرکرد در تنش شدید حاصل شد. بیش‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای و ضریب استهلاک نوری به‌ترتیب در اکوتیپ‌های اردستان (Mmol/m^{2}s٦٤۷/۵) و یزد (۱/۰۳) در منطقه شهرکرد در شرایط شاهد و کمترین هدایت روزنه‌ای (Mmol/m^{2}s ۵۳/۵) در اکوتیپ اهواز و پایین‌ترین ضریب استهلاک نوری (۰/۰۷) در اکوتیپ نایین در منطقه شهرکرد در تنش شدید به‌دست آمد. در شرایط شدید تنش، جذب تابش فعال فتوسنتزی توسط تاج گیاهی کاهش یافته، روزنه‌ها بسته شده و کلروفیل کل نیز کم شد در نتیجه میزان فتوسنتز کاهش یافته و تولید زیست‌توده به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شرایط شاهد کاهش یافته است. کرچک در منطقه اصفهان زیست‌توده بالاتری تولید کرد ولی اکوتیپ‌ها با وجود تفاوت در واکنش‌های فیزیولوژیکی، تفاوتی را از نظر زیست‌توده نشان ندادند.

واژگان کلیدی: تنش کم آبی، ضریب استهلاک نوری، کلروفیل، هدایت روزنه‌ای.

مقدمه:

کرچک (*Ricinus communis* L.) متعلق به تیره فرفیون در مناطق گرمسیری رشد می‌یابد و منشا آن از غرب آفریقاست (Anjani, 2012). این گیاه علاوه بر پتانسیل بالا در تولید بیودیزل، به خاطر ویژگی‌های پروتیینی و روغنی کاربردهای صنعتی و دارویی بسیاری دارد که از مایع و روان‌کننده‌های صنعتی سازگار با محیط زیست تا مایع عایق برای استفاده‌های الکتریکی نظیر مبدل‌ها و ماده افزودنی در آسفالت را شامل می شود (Metzger and Bornscheuer, 2006 ؛Ogunniyi, 2006).

متوسط عملکرد دانه آن در جهان ۱۲۳۵ کیلوگرم در هکتار می باشد و بیش‌ترین میزان تولید آن متعلق به کشورهای هند، چین و برزیل است (Faostat, 2013). عملکرد کرچک هنوز در

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: Tadayyon.sku@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]

مراحل ابتدایی خود قرار دارد و نمی‌تواند نیاز صنعتی را رفع کند (Li *et al*., 2010 ؛Pinheiro *et al*., 2008). توانایی کرچک برای سازگاری به شرایط رشدی نامطلوب نظیر تنش خشکی، آن را تبدیل به گیاهی بالقوه مناسب برای این مناطق می‌سازد (Weiss, 2000). برای تضمین گسترش کشت کرچک در مناطق در معرض تنش لازم است درکی عمیق‌تر از استراتژیهای به کار رفته توسط اکوتیپ‌های کرچک در سازگاری به تنش خشکی حاصل شود. تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشمیایی گیاه تأثیر دارد.

عملکرد بالقوه توسط انرژی نوری دردسترس و ویژگی‌های ژنتیکی نظیر کارآیی مصرف نور، کارآیی تبدیل نور دریافت شده به زیست توده و سهم زیست توده اختصاص داده شده به دانه تعیین می‌شود (Long *et al*, 2006). تنش خشکی رشد و عملکرد را از طریق اثر بر دریافت تششع و ضریب تبدیل تششع دریافت شده به ماده خشک محدود می‌کند و باعث تغییراتی در فتوسنتز و تنفس تاریکی می‌شود. درک اثرات تنش خشکی بر رشد گیاه بستگی به دانش ما در مورد اثرات آن بر هر یک از فرآیندهای گیاهی دارد (Jefferies, 1992). در بعضی منابع، هنگامی که ژنوتیپ‌های مختلف گونه‌های گیاهی را مقایسه می‌کنند به این نتیجه می‌رسند که میزان فتوسنتز برگ همبستگی ضعیفی با عملکرد دارد و همین امر باعث این تصور می‌شود که بهبود فتوسنتز برگ ارزش کمی برای بهبود عملکرد بالقوه دارد (Long *et al*, 2006). در عین حال، آزمایش‌های بسیاری نیز نشان داده‌اند که ارتباط نزدیکی بین فتوسنتز برگ و افزایش عملکرد وجود دارد. یکی از راههای تغییر در عملکرد، تغییر در ضریب استهلاک نوری است که بر کارآیی مصرف نور اثر دارد (Long *et al*, 2006). تولید ماده خشک گیاهی تابعی از نور جذب شده در طول دوره رشد و راندمان استفاده از نور تحت تأثیر ساختار کنوپی گیاهی است و برای عملکرد بالا پیش شرط لازم، شرایط مطلوب برای حداکثر کارآیی جذب مواد فتوسنتزی است. کارآیی مصرف نور در کرچک دامنه‌ای از ۰/۷۹ تا ۱/۱۹ گرم بر مگاژول گزارش شده است (Kumar *et al*, 1993).

بحثی طولانی مدت در این زمینه وجود دارد که آیا خشکی، جذب دی‌اکسید کربن فتوسنتزی را از طریق بستن روزنه‌ای محدود می‌کند. برای همین، از هدایت روزنه‌ای به‌عنوان عاملی برای مقایسه فرآیندهای متابولیکی در مطالعات مختلف استفاده شده است و منطقی است که ارتباطی قوی بین هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز وجود داشته باشد (Flexas and Medrano, 2002). هدایت روزنه‌ای در حالت اشباع نوری به عنوان معیاری است که نشان دهنده کمبود آبی در گیاهان است و بین تنظیم کردن بازدارندگی ناشی از زیرفرآیندهای فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای ارتباط وجود دارد(Flexas and Medrano, 2002).

با توجه به اینکه کشت کرچک به مناطق خشک و نیمه‌خشک گسترش یافته است و لاجرم تنش خشکی از عوامل معمول و تأثیرگذار در این مناطق است لذا در مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات خشکی بر روی زیست‌توده، میزان کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و ضریب استهلاک نوری اکوتیپ‌های مختلف گیاه کرچک در دو منطقه اصفهان و شهرکرد در نظر گرفته شده است.

مواد و روش‌ها:

برای ارزیابی صفات کمی و کیفی اکوتیپ‌های مختلف کرچک تحت تیمار تنش خشکی در دو منطقه اصفهان و شهرکرد دو آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت مجزا در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. آزمایش اول در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ٤۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی و ۲۰٦۰ متر ارتفاع از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه ۳۱۹ میلی‌متر اجرا و به‌طور همزمان آزمایش دوم در مرکز تحقیقات کشاورزی فزوه اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲٦ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳٦ دقیقه شمالی با ۱٦۱۲ متر ارتفاع از سطح دریا و متوسط بارندگی سالانه ۱۲۵ میلی‌متر در ۲۰ کیلومتری غرب اصفهان اجرا شد. میزان بارندگی و دمای میانگین در طی مراحل رشد گیاه و اطلاعات

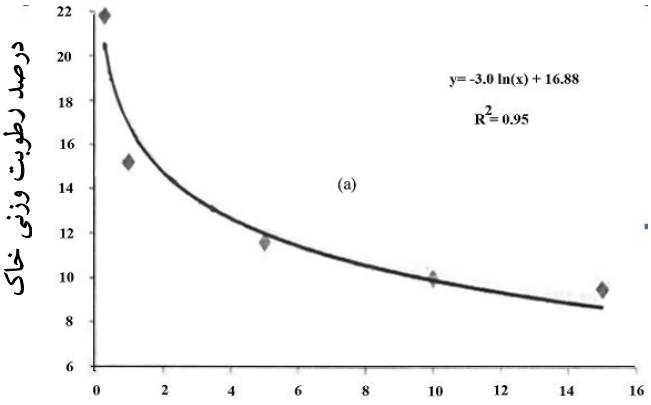
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

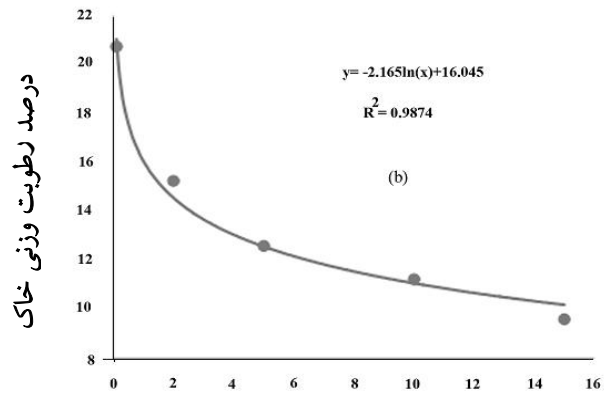
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]

جدول ۱- اطلاعات آب و هوایی و خاکی در دو منطقه شهرکرد و اصفهان

		خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
شهرکرد	میزان بارندگی (mm)	۰/۱	۰	۰	۰	۰	٤٦/٥
	دمای میانگین (°C)	۱۷/۷	۲۲/۹	۳۲/۲	۱۹	۱۳/۲	۸/۲
اصفهان	میزان بارندگی (mm)	۰	۰	۰	۰	۰/۱	۳٦
	دمای میانگین (°C)	۲۹/٦	۳۳/۲	۳۰/٥	۲٦/۸	۱۹/۲	۱۱/۷

نمونه خاک	عمق خاک (cm)	بافت خاک	EC (dS/m)	pH	کربن آلی٪	نیتروژن کل٪	P (mg/kg)	K (mg/kg)
شهرکرد	۳۰	لومی رسی	۰/۵۱	۷/۸	۰/٤۸	۰/۰٥	۲٦/٦	۳٥۰
اصفهان	۳۰	لومی رسی شنی	۳/۲	۷/٦	۰/٤۷	۰/۰٥	۲۹/۷	۳۰۰





شکل ۱- منحنی رطوبتی خاک منطقه اصفهان (a) و منطقه شهرکرد (b)

خاک در دو منطقه در جدول ۱ ارایه شده است.

این آزمایش به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو منطقه شهرکرد و اصفهان به‌صورت مستقل انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح مختلف تنش رطوبتی (عدم تنش برابر با ۳۰ درصد تخلیه رطوبتی، ٤٥ درصد تخلیه رطوبتی، ٦۰ درصد تخلیه رطوبتی و ۷٥ درصد تخلیه رطوبتی) به عنوان عامل اصلی و شش اکوتیپ اصفهان، اردستان، اراک، نایین، یزد و اهواز به‌عنوان عامل فرعی می‌باشد. برای اعمال تیمار تنش خشکی و تعیین زمان آبیاری ابتدا در دو منطقه منحنی رطوبتی خاک مشخص شد (شکل ۱) و با اندازه‌گیری‌های منظم رطوبت خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج خاک (Soil Moisture Meter) مدل GMK-S77، رطوبت خاک در منطقه نفوذ عمق ریشه تعیین شد و در زمان مورد نظر، آبیاری انجام شد. تنش خشکی در مرحله استقرار یعنی یک ماه پس از رویش گیاه کرچک در سطح خاک اعمال شد.

برای آماده‌سازی زمین، هر دو مزرعه ابتدا شخم و دیسک زده شد و سپس با ماله مسطح شدند، پس از آن با ردیف‌کن، ردیف‌هایی با فاصله ٦٥ سانتی‌متر ایجاد شد. بذور اکوتیپ‌های مختلف کرچک از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد که شامل اکوتیپ‌های اصفهان، اردستان، نایین، یزد، اراک و اهواز بود و در زمان کاشت ٥ بذر با عمق کاشت ۳ - ٤ سانتی‌متری با فاصله ٥۰ سانتی‌متر روی ردیف کشت شد. مرز بین دو کرت اصلی آبیاری ۲/۸٥ متر در نظر گرفته شد و در مرحله دو تا چهار برگی عملیات تنک کردن بوته‌ها انجام شد. کشت در شهرکرد در ۲۷ خرداد و در اصفهان در اول تیرماه انجام شد. به منظور مدیریت علف های هرز، در مراحل چهار برگی و ساقه رفتن کرچک وجین انجام شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]

میزان کلروفیل کل در برگ گیاه از طریق اندازه‌گیری در ده بوته و میانگین‌گیری با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر Hansatech مدل CL-01 محاسبه شد. مبنای کار کلروفیل‌متر بر اساس محاسبه نور انتقال یافته توسط برگ در دو طول موج جذب کلروفیل است. برای اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای از دستگاه پرومتر برگ (Leaf Promoter) ساخت دکاگون دیوایس (Decagon) مدل SC-1 استفاده شد. واحد مورد استفاده هدایت روزنه‌ای میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه است.

مقدار تابش فعال فتوسنتزی (PAR) توسط دستگاه سپتومتر PAR/LAI ceptometer مدل LP-80 در هنگام ظهر از ساعت ۱۱ صبح تا ۱ ظهر در قسمت بالا و پایین پوشش گیاهی به‌دست آمد. ابتدا مقدار تابش فعال فتوسنتزی جذب شده توسط گیاه به‌وسیله معادله ۱ به‌دست آمد که در این معادله PAR_1 بیانگر تابش فعال فتوسنتزی جذب شده به وسیله تاج پوشش گیاه، PAR_0 تابش فعال فتوسنتزی رسیده به بالای سایه‌انداز و PAR_t مقدار تابش فعال فتوسنتزی در زیر سایه‌انداز گیاه است که توسط گیاه جذب نشده است (Akmal and Janssens, 2004).

$$PAR_1 = PAR_0 - PAR_t \quad \text{معادله (۱)}$$

$$f = 1 - (PAR_t|PAR_0) \quad \text{معادله (۲)}$$

f در معادله ۲ نسبت تابش جذب شده به کل تابش است. ضریب استهلاک نوری (K) نیز طبق معادله ۳ محاسبه شد که l شاخص سطح برگ با واحد مترمربع برگ بر مترمربع زمین است (O'Connell *et al*., 2004؛ Curt *et al*., 1998).

$$\ln(1-f) = -k \times l \quad \text{معادله (۳)}$$

اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و مقدار تابش فعال فتوسنتزی در مرحله پرشدن دانه انجام شد. در زمان رسیدگی کامل و براساس کند شدن رشد گیاه و کاهش دمای منطقه، برداشت تیمارها در شهرکرد اوایل آبان ماه و در اصفهان نیمه آبان ماه انجام شد. صفت دیگر که در مرحله برداشت گیاه اندازه‌گیری شد زیست توده بود که ماده گیاهی در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به تفکیک برگ، ساقه و گل‌آذین قرار گرفت تا خشک شود و سپس وزن شد.

پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها و با استفاده از آزمون بارتلت برای بررسی یکنواختی واریانس‌ها در صفات مورد اندازه‌گیری شده، داده‌های مربوط به دو آزمایش بصورت تجزیه مرکب با استفاده از نرم افزار آماری SAS مورد آنالیز واریانس قرار گرفت. میانگین‌های معنی‌دار شده در تیمار اثرات متقابل توسط نرم افزار MSTATC با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری LSD در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث:

زیست توده: نتایج موجود در جدول آنالیز واریانس بیانگر اثر معنی‌دار عامل آزمایشی مکان و تنش بر زیست‌توده‌های برگ، ساقه، گل‌آذین و کل در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد (جدول ۲). اثر متقابل تنش و مکان بر صفات زیست توده تنها در برگ معنی‌دار نشد (جدول ۲). میزان زیست‌توده برگ در اصفهان ۱۳۱ درصد بیش‌تر از شهرکرد بود و تیمار ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی باعث کاهش زیست‌توده برگ به‌طور معنی‌داری شد (جدول ۳). میزان زیست‌توده‌های ساقه و گل‌آذین در تنش ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی در منطقه اصفهان با میزان ۳۰ و ٤٥ درصد تخلیه رطوبتی در منطقه شهرکرد در یک دسته آماری قرار می‌گرفتند (شکل ۲–a و b). بالاترین زیست‌توده کل در منطقه اصفهان در تیمارهای ۳۰ و ٤٥ درصد تخلیه رطوبتی رخ داد. منطقه شهرکرد در همه تیمارها و تیمار ۷۵ درصد تخلیه رطوبتی در منطقه اصفهان از لحاظ آماری پایین‌ترین زیست توده را نشان دادند (شکل ۲–c). تسهیم‌بندی زیست‌توده بین برگ، ساقه و گل‌آذین نسبت به زیست‌توده کل به‌طور میانگین به‌ترتیب ۲٤، ٤٤ و ۳۲ درصد بود.

در مطالعه دیگری نیز مشاهده شد که با افزایش میزان آبیاری در کرچک، زیست توده افزایش می‌یابد (رضوانی مقدم و همکاران، ۱۳۸۳). با افزایش تخلیه رطوبتی خاک در شرایط تنش متوسط و شدید، وزن خشک گیاه آفتابگردان نیز به‌ترتیب ٤۹ و ٦۰ درصد کاهش نشان داد (دانشیان و همکاران،۱۳۸٦). تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ماده خشک گیاهی در سویا (Li *et al*., 2013) نیز شد. میزان فتوسنتز در گیاه با زیست توده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]

جدول ۲- نتایج تجزیه مرکب صفات زیست توده برگ، ساقه، گل‌آذین و کل در اکوتیپ‌های مختلف تحت تاثیر تیمارهای مختلف تنش خشکی در دو مکان اصفهان و شهرکرد

منابع تغییرات	درجه آزادی	زیست‌توده برگ	زیست‌توده ساقه	زیست‌توده گل‌آذین	زیست توده کل
مکان	۱	۲۶۷۶۵۱۴۵/۱۳**	۲۱۷۸۴۸۰۱۹/۲**	۲۶۸۱۸۲۳۳/۰۱**	۶۳۰۶۰۳۰۹۸/۷**
خطای a	٤	۱۵۳۸۷۵۳/٦۷	۱٦۹۹۱۷۲۹/۵	۲۷۲٤۲۱۲/۷٤	٤۵۱٤۹۹۰۵/۵
تنش	۳	٤۵۳۹٦۷٦/٦٤**	۳٤۳۹٦۲۷۲/۰**	۹۰٤٤۹۷۱/٦۷**	۱۱۷۹۳۹۰۳۹/۲**
تنش× مکان	۳	٤۵۰۵٤۸/۳۵^{ns}	۸۳۸۸۰۳۱/۳**	۱۸۲۲٤۸۰/۰۰**	۱۸٤۲۹۳۹۱/۷**
خطای b	۱۲	۹٤٤٦۲۸/۹۷	٤۰۰۵۱٤۵/۹	۲۲٤۷۵٦٦/۳۰	۱٦۲۸۵۱۳٤/۵
اکوتیپ	۵	۲۰۲۰۳۷/۹۸^{ns}	۵٦۱٦۱۰/۷^{ns}	۳۱۰٤۷۸/۹۱^{ns}	۱۷۵۳٦۲۷/۸^{ns}
اکوتیپ× مکان	۵	۱۵۰۰۸٦/۱۹^{ns}	۳۰۷۱۲۳/۸^{ns}	۵۱۹۸۰۰/۸٤^{ns}	۱۵۷۷۰٤۹/۹^{ns}
اکوتیپ× تنش	۱۵	۱٦۷۵٤۹/۱۷^{ns}	۷۷٤۱۰۹/۹^{ns}	۳۱۲۰۲۷/۹۹^{ns}	۲۳۹۳۳۸٦/۸^{ns}
مکان× تنش× اکوتیپ	۱۵	۱۸۲۷۸۳/۵۹^{ns}	۹۸٤۵۷۳/۱^{ns}	٦٤۷۵۷٤/۰۸^{ns}	٤۱۰٤۹۷۸/۱^{ns}
خطای c	۸۰	۲۱۱٤٤۰/۲۷	٦۷۸۰۵۷/٦	٤۰۷٤۷۰/۵^{ns}	۲۳۵۱٦۷۳
ضریب تغییرات (CV)	–	٤۲/۳۵	۳٦/۰۸	٤٤/۷۱	۲۱/۹۷

^{ns} عدم وجود اختلاف معنی دار و ** اختلاف معنی دار در سطح یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی مکان و تنش بر زیست‌توده برگ برحسب کیلوگرم در هکتار

مکان		تنش (تخلیه رطوبتی)				
شهرکرد	اصفهان		۳۰ درصد	٤۵ درصد	٦۰ درصد	۷۵ درصد
٦۵٤/٤۱^{b}	۱۵۱٦/٦٦^{a}		۱٤٤۹/۵۷^{a}	۱۲۱۹/۹٤^{a}	۱۰٦۳/۸۱^{ab}	٦۰۸/۸۳^{b}

به‌طور مستقیم مرتبط است به‌طوری که در شرایط تنش روزنه ها بسته شده و کاهش تبخیر و تعرق پتانسیل کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش زیست توده را در پی دارد (رضوانی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۳). مطالعات نشان داده است که تنش خشکی می‌تواند بر رشد اندام‌های مختلف به‌طور متفاوتی تأثیر بگذارد که ممکن است نتیجه تغییر ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاهان باشد (French and Turner, 1991).

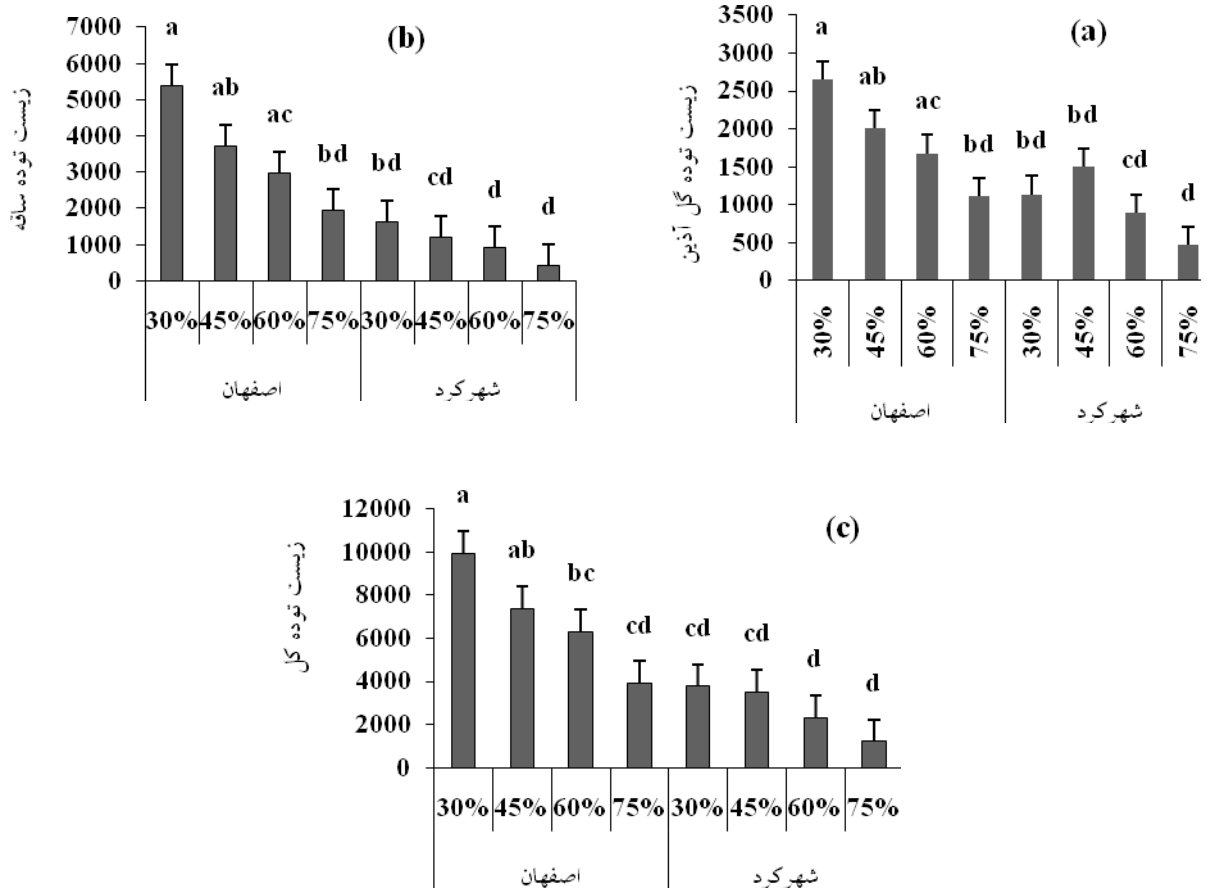
کلروفیل کل: تأثیر تیمارهای مکان، تنش خشکی، اثرات متقابل دوگانه بجز مکان و تنش و اثرمتقابل سه‌گانه آن‌ها بر صفت کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). اکوتیپ یزد در شرایط تیمار شاهد در مزرعه اصفهان با SPAD ۱۲۸/٦ بالاترین میزان کلروفیل را داشت ولی اکوتیپ های نایین، یزد و اهواز تحت ٦۰ درصد تخلیه رطوبتی و همه اکوتیپ‌ها به جز اردستان در شرایط تنش شدید در مزرعه شهرکرد جز پایین‌ترین دسته آماری از نظر میزان کلروفیل بودند (جدول ۵). تفاوت بالاترین و پایین‌ترین میزان کلروفیل تولید شده تا ۳۹۸ درصد می‌رسد.

در سطح سلولی میزان کلروفیل در کرچک تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت (Manjula *et al.*, 2003). میزان کلروفیل در کلزا تحت تنش خشکی نیز کاهش داشته است (دانشمند و همکاران، ۱۳۸٦) ولی میزان کلروفیل را در گیاه *Jatropha curcas* را کاهش نداد بلکه منجر به کم شدن نسبت کلروفیل a به b شد (Sapeta *et al.*, 2013). تنش خشکی باعث تسریع در پیری می‌شود و تجمع ماده خشک را کاهش می‌دهد و از فتوسنتز و تجمع ماده خشک جلوگیری می‌کند (Kumar *et al.*, 1996). طی این فرآیند، ابتدایی‌ترین و معنی‌دارترین تغییر در ساختار سلولی تجزیه کلروپلاست است که به جای جذب کربن، فرآیند متابولیکی اصلی تجزیه کلروفیل و ماکرومولکول-ها رخ می‌دهد (Severino and Auld, 2013).

هدایت روزنه‌ای: براساس نتایج جدول آنالیز واریانس،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]



شکل ۲- مقایسه میانگین زیست‌توده گل‌آذین (a)، ساقه (b) و کل (c) در اثر متقابل مکان در تنش بر حسب کیلوگرم در هکتار. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (LSD).

جدول ٤- نتایج تجزیه مرکب صفات کلروفیل کل، هدایت روزنه‌ای، تابش فعال فتوسنتزی جذب شده به وسیله تاج پوشش گیاهی (PAR_1)، نسبت تابش جذب شده به کل (f) و ضریب استهلاک نوری (k) در اکوتیپ‌های مختلف تحت تأثیرتیمارهای مختلف تنش خشکی در دو مکان اصفهان و شهرکرد

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل کل	هدایت روزنه‌ای	PAR_1	F	K
مکان	۱	۱۷۳۰۷۸/۸۸**	۳۳۰۲۱۳/۰٤**	۸۹۳۱۱۳۲/۲۵**	۲/۷۲**	۰/۰۰٤٦^{ns}
خطای a	٤	۲۸/۷۸	۱۲۸۰/۲۰	۱۱۳۳۸/۳۹	۰/۰۰۳	۰/۰۱۰۱
تنش	۳	۸٤۲/۷۵**	۱۵۱۸۷۱/۰۰**	۲۳۰۳٦۰۷/۷٤**	۱/۱٦**	۰/۸۱٤۲**
تنش× مکان	۳	۱۸/۸۳^{ns}	۱۲۰۹۰/٤۰**	٤۵۸۵۳/۸۸**	۰/۰٤**	۰/۰۹۳٤**
خطای b	۱۲	۳۲/٤۳	۲۳۹۲/۷٦	٤٦۷۸/۹۹	۰/۰۰۳	۰/۰۱۰۷
اکوتیپ	۵	۱۳/۱٦^{ns}	۵۱۷۷۸/٤۷**	۲۷۳٤۵۸/۲۱**	۰/۰٦٤**	۰/۰۷۰۵**
اکوتیپ× مکان	۵	۲٦۱/۰۵**	۳۸۳۰٦/٦۹**	۵۹٤۲۹/۵٦**	۰/۰٤۲**	۰/۱۲۲۰**
اکوتیپ× تنش	۱۵	۱٦۷/۰۱**	۱۷۵۱٦/۱۸**	۳٤٤۲۳/۱۵**	۰/۰۱۳**	۰/۰۵۰۸**
مکان× تنش× اکوتیپ	۱۵	۱٦۵/۸۷**	۱۸٤٦۱/۱٦**	۳۹۰۸۱/۲٦**	۰/۰۲۱**	۰/۰۸۷٦**
خطای c	۸۰	۲۸/۹٤	۱۱۱۷/۲۹	٦۰٦۳/۷٦	۰/۰۰۲٦	۰/۰۲۰٤
ضریب تغییرات (CV)	-	۷/۵۸	۲۳/٤۲	۱۰/۸٤	۸/٦۹	۲۵/٤٦

^{ns} عدم وجود اختلاف معنی‌دار و ** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه مکان، تنش خشکی و اکوتیپ در صفات کلروفیل کل، هدایت روزنه‌ای، PAR_1، f و K

مکان	درصد تنش تخلیه رطوبتی	اکوتیپ	کلروفیل کل (SPAD)	هدایت روزنه‌ای ($Mmol/m^2s$)	PAR_1 ($\mu mol/m^2s$)	F	K
شهرکرد	۳۰ درصد	اصفهان	۳۶/۷۵$^{l-r}$	۳۵۱/۹۳$^{c-d}$	۹۴۶/۳۳^{e}	۰/۷۶$^{e-h}$	۰/۹۳^{ab}
		اردستان	۴۱/۵۴$^{k-o}$	۶۴۷/۵۶^{a}	۹۱۶/۰۰^{e}	۰/۷۲$^{g-j}$	۰/۸۰$^{a-f}$
		اراک	۴۲/۹۶^{kl}	۲۹۳/۲۰$^{e-j}$	۶۶۱/۰۰$^{h-l}$	۰/۶۳$^{k-m}$	۰/۵۱$^{h-r}$
		نایین	۴۱/۰۵$^{k-o}$	۱۷۲/۹۳$^{o-q}$	۵۹۱/۶۶$^{k-n}$	۰/۶۲$^{k-m}$	۰/۶۴$^{d-m}$
		یزد	۳۸/۶۹$^{l-p}$	۲۷۹/۹۳$^{g-k}$	۷۳۸/۰۰$^{g-j}$	۰/۷۳$^{f-i}$	۱/۰۳^{a}
		اهواز	۴۲/۳۲$^{k-m}$	۳۴۶/۹۶$^{c-e}$	۵۲۴/۰۰$^{m-o}$	۰/۵۹^{lm}	۰/۷۳$^{b-i}$
	۴۵ درصد	اصفهان	۳۶/۹۰$^{l-q}$	۳۷۲/۳۰^{c}	۶۳۶/۰۰$^{j-n}$	۰/۵۹^{lm}	۰/۶۸$^{c-k}$
		اردستان	۴۷/۵۴^{k}	۴۲۹/۵۳^{b}	۶۹۴/۶۶$^{h-l}$	۰/۶۵$^{i-m}$	۰/۷۳$^{b-i}$
		اراک	۴۲/۲۶$^{k-n}$	۳۳۲/۱۳$^{c-g}$	۷۷۳/۳۳$^{f-h}$	۰/۶۷$^{i-l}$	۰/۷۶$^{b-g}$
		نایین	۳۶/۶۲$^{l-r}$	۳۳۸/۷۳$^{c-f}$	۳۳۰/۶۶^{pq}	۰/۳۱$^{s-u}$	۰/۴۲$^{m-s}$
		یزد	۳۴/۲۴$^{l-t}$	۳۷۰/۲۰^{c}	۶۸۲/۰۰$^{h-l}$	۰/۶۴$^{j-m}$	۰/۷۴$^{b-h}$
		اهواز	۳۶/۳۸$^{l-r}$	۱۶۰/۲۰^{pq}	۳۸۰/۳۳^{p}	۰/۴۶$^{o-q}$	۰/۵۷$^{f-o}$
	۶۰ درصد	اصفهان	۳۶/۵۳$^{l-r}$	۳۳۱/۰۰$^{c-g}$	۵۲۱/۶۶$^{m-o}$	۰/۴۷^{op}	۰/۷۳$^{b-i}$
		اردستان	۳۹/۰۰$^{k-p}$	۳۴۹/۴۳$^{c-d}$	۲۴۰/۳۳$^{q-s}$	۰/۲۴^{uv}	۰/۳۸$^{n-t}$
		اراک	۳۷/۸۰$^{l-q}$	۳۰۰/۷۰$^{d-i}$	۵۱۶/۰۰^{no}	۰/۴۱$^{p-r}$	۰/۵۷$^{f-o}$
		نایین	۳۳/۹۷$^{m-t}$	۱۸۴/۸۰$^{n-q}$	۴۱۵/۳۳^{op}	۰/۳۸$^{q-s}$	۰/۵۱$^{h-r}$
		یزد	۲۹/۳۴$^{q-t}$	۳۷۲/۷۶^{c}	۳۸۷/۰۰^{p}	۰/۴۰$^{p-r}$	۰/۴۶$^{k-s}$
		اهواز	۳۳/۵۷$^{n-t}$	۸۱/۱۶$^{s-t}$	۱۸۲/۶۶$^{r-t}$	۰/۲۱^{v}	۰/۳۰$^{q-u}$
	۷۵ درصد	اصفهان	۳۱/۶۰$^{p-t}$	۸۳/۴۶st	۱۶۹/۰۰st	۰/۱۷^{v}	۰/۳۳$^{p-t}$
		اردستان	۳۶/۲۱$^{l-s}$	۱۵۰/۴۶$^{p-r}$	۳۲۶/۶۶^{pq}	۰/۳۳$^{r-t}$	۰/۴۶$^{k-s}$
		اراک	۳۳/۴۲$^{o-t}$	۳۱۲/۴۰$^{d-h}$	۳۰۲/۰۰$^{p-r}$	۰/۳۱$^{s-u}$	۰/۶۶$^{c-l}$
		نایین	۲۷/۵۲st	۱۹۲/۳۶$^{m-p}$	۲۶/۳۳^{u}	۰/۰۳^{w}	۰/۰۷^{u}
		یزد	۲۵/۸۲^{t}	۲۵۶/۱۶$^{i-l}$	۲۲۶/۳۳$^{q-s}$	۰/۲۵$^{t-v}$	۰/۳۴$^{o-t}$
		اهواز	۲۸/۰۲$^{r-t}$	۵۳/۵۶^{t}	۷۳/۶۶^{tu}	۰/۰۸^{w}	۰/۱۵^{tu}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (LSD).

تیمارهای مکان، تنش خشکی، اکوتیپ و اثرات متقابل دو گانه بر صفت هدایت روزنه‌ای در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). ضمناً مطابق این جدول اثرات متقابل سه گانه مکان در تنش در اکوتیپ در این صفت نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان هدایت روزنه‌ای در اکوتیپ اردستان در شرایط تیمار شاهد (۳۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک) در شهرکرد با ٦٤٧/٥ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه و کمترین میزان آن در اکوتیپ اهواز در منطقه شهرکرد در تنش ٦٠ درصد تخلیه رطوبتی، اکوتیپ‌های یزد، اصفهان و نایین در منطقه اصفهان و اکوتیپ‌های اصفهان و اهواز در منطقه شهرکرد در شرایط تنش شدید (۷۵ درصد تخلیه رطوبتی خاک) مشاهده شد (جدول ۵).

کرچک گیاه گرمسیری سه کربنه با ظرفیت فتوسنتزی بالا در شرایط رطوبتی بالاست ولی به رطوبت کم خیلی حساس

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]

ادامه جدول ۵-

	درصد تنش رطوبتی	اکوتیپ	کلروفیل کل (SPAD)	هدایت روزنه‌ای ($Mmol/m^2s$)	PAR_1 ($\mu mol/m^2s$)	F	K
اصفهان	۳۰ درصد	اصفهان	۱۱۷/۰۱^{b}	۳۳۱/۵۰$^{c-g}$	۱۳۳۲/۰۰^{bc}	۰/۸٤$^{a-e}$	۰/۵۲$^{h-r}$
		اردستان	۹۹/۱۹$^{e-h}$	۲٤۳/۹۳$^{j-m}$	۱۳٤۵/۳۳^{ab}	۰/۸۹^{ab}	۰/۷۱$^{b-j}$
		اراک	۱۰۳/۰۰$^{d-g}$	۲۸۹/۱۰$^{f-k}$	۱٤٦۹/٦٦^{a}	۰/۹۰^{a}	۰/٦٦$^{c-l}$
		نایین	۱۱۹/۰۸^{b}	۲٤۳/٤۳$^{j-m}$	۱۳٦۱/۳۳^{ab}	۰/۸۹^{ab}	۰/۸۷$^{a-d}$
		یزد	۱۲۸/٦۰^{a}	۱۵۰/۱٦$^{p-r}$	۱۱۹٦/۳۳^{d}	۰/۸۷$^{a-d}$	۰/۵۵$^{g-p}$
		اهواز	۹٤/۹٦$^{g-j}$	۲۵٤/۸٦$^{i-l}$	۱۲۱۲/۳۳^{cd}	۰/۸۸$^{a-c}$	۰/۸۲$^{a-e}$
	٤۵ درصد	اصفهان	۹۹/۵۸$^{e-h}$	۲۳۸/۷۳$^{k-n}$	۱۱۱٦/٦٦^{d}	۰/۸۳$^{a-e}$	۰/۵۲$^{h-r}$
		اردستان	۱۰٦/۹۳$^{c-f}$	۲٦٤/۱۳$^{h-l}$	۱۰۸۹/٦٦^{d}	۰/۸۱$^{b-f}$	۰/٤۲$^{m-s}$
		اراک	۱۰۱/٤٤$^{e-g}$	۲۲۳/۲٦$^{l-o}$	۱۲۰۱/۳۳^{d}	۰/۸۳$^{a-e}$	۰/٦۲$^{e-m}$
		نایین	۱۰۷/۸۷$^{c-e}$	۱۵٤/۰٦^{pq}	۹۵۳/۳۳^{e}	۰/۷۹$^{d-g}$	۰/٦۷$^{c-l}$
		یزد	۱۱۱/۱۹$^{b-d}$	۱٦۸/۷٦^{pq}	۸۷۸/۳۳^{ef}	۰/۷۲$^{g-j}$	۰/۵۲$^{h-r}$
		اهواز	۱۱۹/۳۷^{b}	۱٦۸/٦۳^{pq}	۷٦۵/٦٦$^{f-i}$	۰/٦۷$^{i-l}$	۰/٤۹$^{j-s}$
	٦۰ درصد	اصفهان	۱۱۳/۱۲^{bc}	۱۵۳/۳٦^{pq}	۹۱۳/۳۳^{e}	۰/۷۲$^{g-j}$	۰/۵٤$^{g-p}$
		اردستان	۱۰۱/۵۰$^{e-g}$	۱۸۲/٦۰$^{o-q}$	۹۲۷/۳۳^{e}	۰/٦۹$^{h-k}$	۰/۵۳$^{g-q}$
		اراک	۱۰٦/۸۳$^{c-f}$	۱۳۰/۸۳$^{q-s}$	۱۱٦۸/٦٦^{d}	۰/۸۰$^{c-g}$	۰/۸۹$^{a-c}$
		نایین	۱۰۳/۳۹$^{d-g}$	۱٤۸/۹٦$^{p-r}$	۸۵۷/۳۳$^{e-g}$	۰/٦۹$^{h-k}$	۰/٤۷$^{k-s}$
		یزد	۱۱۳/٤۹^{bc}	۱٦۷/۷۳^{pq}	۷۱۵/۳۳$^{h-k}$	۰/٦۳$^{k-m}$	۰/٦۰$^{e-n}$
		اهواز	۹۸/۵۹$^{f-i}$	۱۷۲/۵۰$^{o-q}$	۷۱۳/٦٦$^{h-k}$	۰/٦۲$^{k-m}$	۰/٤٤$^{l-s}$
	۷۵ درصد	اصفهان	۸۹/۹۹^{ij}	۷۳/۷۰^{t}	۹۳۲/۳۳^{e}	۰/۷۲$^{g-j}$	۰/٦۸$^{c-k}$
		اردستان	۱۰۲/۸٦$^{d-g}$	۱۹٦/٤٦$^{m-p}$	٦٤٦/۳۳$^{i-m}$	۰/۵۰^{no}	۰/۲۹$^{r-u}$
		اراک	۹۲/۱٦$^{h-j}$	۱٤٤/٤۰$^{p-r}$	۵۸٤/٦٦$^{l-n}$	۰/٤٤$^{o-q}$	۰/۳۰$^{q-u}$
		نایین	۱۰۳/۲۸$^{d-g}$	۹۷/٦۳$^{r-t}$	۵۸۰/۰۰$^{l-n}$	۰/۵۰^{no}	۰/۵۰$^{i-r}$
		یزد	۸۷/۰۰^{j}	۷٤/۵۰^{t}	۵۲۵/۰۰$^{m-o}$	۰/٤٤$^{o-q}$	۰/۲٦$^{s-u}$
		اهواز	۱۱۳/۷۱^{bc}	۱۹۱/٤٦$^{m-p}$	۷۲۹/۰۰$^{h-j}$	۰/۵۸^{mn}	۰/۳۷$^{n-t}$

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (LSD).

است. اثر بازدارندگی رطوبت کم بر فتوسنتز عمدتا به دلیل جریان کمتر دی‌اکسید کربن در برگ است که توسط بسته شدن روزنه‌ها ایجاد می‌شود (Koutroubas *et al.*, 1999). کاهش فتوشیمی و فعالیت روبیسکو معمولاً در هدایت روزنه‌ای کمتر (کمتر از ۱۰۰ $mmol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$) اتفاق می‌افتد در حالی‌که بازدارندگی نوری دائمی بسته به موقعیت دارد و در هدایت روزنه‌ای بسیار کم (کمتر از ۵۰ $mmol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$) رخ می‌دهد (Flexas and Medrano, 2002). غلظت زیرروزنه‌ای دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد چون هدایت روزنه‌ای کوچکتر می‌شود اما در هدایت روزنه‌ای کوچک این میزان دوباره افزایش می‌یابد. اولین واکنش به تنش خشکی در گیاه، بستن روزنه‌هاست که علت اصلی محدودیت فتوسنتز در خشکی ملایم است. همراه با این واکنش، فرآیندهای متابولیکی تغییر می‌کنند و در تنش شدید، کاهش میزان RuBP تبدیل به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]

محدودیت اصلی می‌شود و در نتیجه از اسیمیلاسیون دی اکسیدکربن فتوسنتزی جلوگیری می‌کند (Flexas and Medrano, 2002). Kumar و همکاران (۱۹۹٦) مشاهده کردند که در کلزا، هدایت روزنه‌ای با فشار تورژسانس در شرایط خشکی رابطه دارد که کاهش محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای و ورود دی‌اکسیدکربن و در نهایت باعث کاهش فتوسنتز می‌شود. کاهش هدایت روزنه‌ای با کم شدن میزان آب برگ مرتبط نیست بلکه روزنه به عوامل دیگری نظیر هورمون‌هایی مانند اسید آبسیزیک واکنش می‌دهند که در اصل در ریشه‌های خشک تولید می‌شوند (Sapeta *et al*., 2013).

ضریب استهلاک نوری (k): در صفات تابش فعال فتوسنتزی جذب شده به وسیله تاج پوشش گیاهی (PAR_1) و نسبت تابش جذب شده به کل (f) تحت تأثیر تیمارهای مکان، تنش خشکی، اکوتیپ، تمامی اثرات متقابل دوگانه و اثرات متقابل سه گانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). ضریب استهلاک نوری نیز تحت تأثیر تیمارهای مذکور به استثنای مکان معنی‌دار شد (جدول ٤). بالاترین میزان صفات PAR_1 و f در اکوتیپ‌های اراک، نایین و اردستان تحت تیمار تخلیه رطوبتی ۳۰ درصد در منطقه اصفهان و پایین‌ترین میزان آن‌ها در اکوتیپ‌های نایین و اهواز تحت تیمار تخلیه رطوبتی ۷۵ درصد در منطقه شهرکرد مشاهده شد (جدول ۵). بیش‌ترین میزان ضریب استهلاک نوری نیز در اکوتیپ یزد، اصفهان و اردستان در شرایط شاهد در منطقه شهرکرد و کمترین میزان آن نیز در اکوتیپ نایین و اهواز در منطقه شهرکرد و اکوتیپ‌های اردستان، اراک و یزد در منطقه اصفهان در شرایط خشکی شدید دیده شد (جدول ۵).

نحوه دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده فتوسنتز سایه‌انداز و عملکرد گیاه زراعی است (پازکی و کریمی‌نژاد، ۱۳۸۹). هر چه جذب نور در جامعه گیاهی بیشتر شود عملکرد بیشتر خواهد شد و همه گیاهان در دوره رویشی خود با استفاده از نور خورشید، مواد خشک تولید می‌کنند و در خود ذخیره می‌نمایند (Ramberg *et al*., 2002). تأثیر ارقام در آفتابگردان نیز بر روی درصد جذب نور و ضریب استهلاک نوری معنی‌دار گزارش شده است (تقوی و همکاران، ۱۳۸۵). ضریب استهلاک نوری به زاویه تابش، زاویه برگ و وضعیت قرار گرفتن آنها روی گیاه بستگی دارد (سوقانی و همکاران، ۱۳۸۹). ضریب استهلاک نوری نشان-دهنده میزان کاهش نور در جامعه گیاهی است. ضریب استهلاک نوری کمتر از ۱ نشان دهنده برگ‌های عمودی‌تر و بالاتر از ۱ نشانگر برگ‌های افقی در سایه‌انداز گیاه است که کاهش ضریب استهلاک نوری نشان‌دهنده نفوذ بیشتر نور به داخل پوشش گیاهی و برخورد آن با برگ‌های بیشتر می‌باشد (سوقانی و همکاران، ۱۳۸۹). در کلزا در شرایط تنش آبی باعث کاهش ضریب استهلاک نوری شد(دانشمند و همکاران،۱۳۸٦؛ پازکی و کریمی‌نژاد، ۱۳۸۹). در بررسی اثر تنش آبی بر روی سه لگوم مشاهده شد مقادیر ضریب استهلاک نوری در شرایط نرمال نسبت به تنش آبی بالاتر بود (Tesfaye *et al*., 2006) که به‌نظر می‌رسد تنش آبی سبب پیری زودرس و ریزش برگ‌ها و در نتیجه باعث نفوذ نور بیشتر به داخل کنوپی و بدین وسیله سبب کاهش میزان ضریب استهلاک نوری شده است.

نتیجه گیری:

بالاترین میزان زیست‌توده در منطقه اصفهان در تیمار ۳۰ درصد تخلیه رطوبتی حاصل شد که تشعشع فعال فتوسنتزی بیشتری توسط تاج پوشش گیاهی جذب می‌شود و در قیاس با تیمارهای دیگر نسبت تابش جذب شده به کل تابش بالاتری هم دارد و در ضمن کلروفیل بالاتری هم تولید کرده که در نتیجه میزان فتوسنتز بیشتری رخ می‌دهد و در نهایت میزان زیست‌توده بیشتری نیز ایجاد می‌شود. با افزایش تنش خشکی از میزان نور جذب شده و ضریب استهلاک نوری کم می‌شود و هدایت روزنه‌ای نیز کاهش می‌یابد. با بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش شدید میزان دی‌اکسیدکربن کمتری برای فتوسنتز منتقل می‌شود و با توجه به اینکه میزان کلروفیل نیز در این وضعیت پایین است در نتیجه زیست‌توده کمتری نیز تولید می

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]

شود. در منطقه شهرکرد زیست‌توده کمتری در قیاس با اصفهان تولید شد گرچه هدایت روزنه‌ای بالاتری داشت ولی در اصفهان میزان کلروفیل، تابش فعال فتوسنتزی جذب شده و تابش جذب شده به کل تابش بیشتر است. ضریب استهلاک نوری برگ‌ها در تیمار ۳۰ درصد تخلیه رطوبتی در شهرکرد بالاتر است که به معنی این است که برگ‌ها افقی‌تر بوده و نور کمتری به داخل پوشش گیاهی وارد شده و با برگ‌های کمتری برخورد داشته‌اند. با وجود تفاوت‌های فیزیولوژیکی اکوتیپ‌ها، تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها از نظر تولید زیست‌توده وجود نداشت.

منابع:

پازکی، ع.ر. و کریمی‌نژاد، م. (۱۳۸۹) بررسی اثر مقادیر زئولیت و تنش کم‌آبی بر ضریب استهلاک نوری گیاه کلزا. مجله پژوهش‌های به‌زراعی ۲: ۱۷۵-۱۸۹.

تقوی، د. نورمحمدی، ق. کریمی، م. و ولدیانی ع. ر. (۱۳۸۵) مطالعه اثرات تراکم بوته بر عملکرد دانه و برخی از صفات مورفولوژیکی ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuus* L). مجله زراعت و اصلاح نباتات ایران ۲: ۱- ۱٤.

دانشمند، ع.ر. شیرانی راد، ا.ح. نورمحمدی، ق. زارعی، ق. و دانشیان، ج. (۱۳۸٦) تأثیر تنش کمبود آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک کلزا.. فصلنامه دانش کشاورزی ایران ٤: ۲۳-٤٦.

دانشیان، ج. جباری، ح. و فرخی، ا. (۱۳۸٦) واکنش عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان به تنش رطوبتی در تراکم‌های مختلف کاشت. مجله پژوهش کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی ۷: ۱۲۹-۱٤۰.

رضوانی‌مقدم، پ. نباتی، ج. نوروزپور، ق. و محمدآبادی ع. ا. (۱۳۸۳) بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد دانه و روغن کرچک در تراکم‌های مختلف گیاهی و فواصل مختلف آبیاری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۲: ۱-۱۲.

سوقانی، م. واعظی، ش. و صباغ پور س. ح. (۱۳۸۹) ارزیابی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپهای لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله علوم زراعی ایران ۱۲: ٤۳٦-٤٥۱.

Anjani, K. (2012) Castor genetic resources: A primary gene pool for exploitation. Industrial Crops and Products 35: 1–14.

Akmal, M. and Janssens, M. J. (2004) Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crop Research 88: 143-155.

Curt, M. D., Fernandez, J. and Martinez, M. (1998) Productivity and radiation use efficiency of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. Keller in central Spain. Biomass and Bioenergy. 14: 169-178.

Faostat. (2013) Available online at: http://faostat3.fao.org/home/E . Accessed 15 April 2015.

Flexas, J. and Medrano, H. (2002) Drought-inhibition of photosynthesis in C_3 plants: Stomatal and Non-stomatal limitations revisited. Annals of Botany 89: 183-189.

French, R. J., Turner, N. C. (1991) Water deficit change dry matter partitioning and seed yield in narrow-leafed lupins (*Lupinus angustifolius* L.). Australian Journal of Agriculture Research 42: 471–484.

Jefferies, R.A. (1992) Effects of drought on chlorophyll fluorescence in potato (*Solanum tuberosum* L.). I. Plant water status and the kinetics of chlorophyll fluorescence. Potato Research 35: 25- 34.

Koutroubas, S. D. Papakosta, D. K. and Doitsinis, A. (1999) Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. European Journal of Agronomy 11: 227–237.

Kumar, A. Elston, J. and Yadav, S. K. (1993) Effect of water deficit and different in tissue water statue on leaf conductance of Brassica species. Crop Research (Hisar). 6: 350-356.

Kumar, P. V. Srivastava, N. N. Victor, U. S. Gangadhar Rao, D. Subba Rao, A. V. M. Ramakrishna, Y. S. and Ramana Rao, B. V. (1996) Radiation and water use efficiencies of rainfed castor beans (*Ricinus communis* L.) in relation to different weather. Agricultural and Forest Meteorology 81: 241-253.

Long, S. P. Zhu, X. G. Naidu, S. L. and Ort, D. R. (2006) Can improvement in photosynthesis increase crop yields? Plant, Cell and Environment. 29: 315-330.

Li, D. Liu, H. Qiao, Y. Wang, Y. Cai, Z. Dong, B. Shi, C. Liu, Y. Li, X. and Liu, M. (2013) Effects of elevated CO_2 on the growth, seed yield, and water use efficiency of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought stress. Agricultural Water Management 129: 105– 112.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]

Li, G. Wan, S. Zhou, J. Yang, Z. and Qin, P. (2010) Leaf chlorophyll fluorescence, hyperspectral reflectance, pigments content, malondialdehyde and proline accumulation responses of castor bean (*Ricinus communis* L.) seedlings to salt stress levels. Industrial Crops and Products 31: 13-19.

Manjula, K. Sarma, P. S. Ramesh, T. and Rao, T. G. N. (2003) Screening of castor genotypes for drylands using PEG induced stress. Journal of Oilseeds Research 20:170–171.

Metzger, J. O. and Bornscheuer, U. (2006) Lipids as renewable resources: current state of chemical and biotechnological conversion and diversification. Applied Microbiology and Biotechnology 71: 13-22.

Ogunniyi, D. S. (2006) Castor oil: A vital industrial raw material. Bioresource Technology 97: 1086–1091.

O'Connell, M. G., O'Leary, G. J. Whitfield D. M. and Connor, D. J. (2004) Interception of photosynthetically active radiation and radiation-use efficiency of wheat, field pea and mustard in a semi-arid environment. Field Crops Research 85: 111–124.

Pinheiro, H. A. Silva, J. V. Endres, L. Ferreira, V. M. Câmara,C. D. Cabral, F. F. Oliveira, J. F. de Carvalho, L. W. T. dos Santos, J. M. and dos Santos Filho, B. G. (2008) Leaf gas exchange, chloroplastic pigments and dry matter accumulation in castor bean (*Ricinus communis* L) seedlings subjected to salt stress conditions. Industrial Crops and Products 27: 385-392.

Ramberg, H. A., Bradley, J. S. C., Olson, J. S. C., Nishio, J. N., Markwell, J. and Osterman, J. C. (2002) The Role of Methanol in Promoting Plant Growth: An Update. Review Plant Biochemistry and Biotechnology 1:113-126.

Sapeta, H. Miguel Costa, J. Lourenco, T. Maroco, J. van der Linde, P. and Margarida Oliveira, M. (2013) Drought stress response in *Jatropha curcas*: Growth and physiology. Environmental and Experimental Botany 85:76– 84.

Severino, L. S. and Auld, D. L. (2013) Seed yield and yield components of castor influenced by irrigation. Industrial Crops and Products 49: 52– 60.

Tesfaye, K. Walker, T. S. and Tsubo, M. (2006) Radiation interception and radiation use efficiency of three grazing legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. European Journal of Agronomy 25: 60-70.

Weiss, E. A. (2000) Oilseed Crops. 2th Ed. Blackwell Science, Oxford Ltd.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]

Physiological responses of castor ecotypes (*Ricinus communis* L.) to drought stress

Pejman Nikneshan and Ali Tadayyon*

Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord – Iran
(Received: 21 April 2015, Accepted: 20 June 2015)

Abstract:

Castor is normally cultivated in marginal lands, in arid and semiarid climates and its oil is commonly used in industry and medicine. To investigate physiological responses in different castor ecotypes under different water deficit conditions, a field experiment was conducted in two locations of Isfahan and Shahrekord in year 2013. The experiment was carried out in split plot arrangement in randomized complete block design (RCBD) with three replications, and included four drought stress levels of 30, 45, 60 and 75 percent moisture depletion in soil as main plot and six castor ecotypes of Esfahan, Ardesrtan, Arak, Naeen, Yazd and Ahvaz as subplot in two locations separately. The results from both experiments were analyzed by combined analysis. The measured traits included total biomass, total chlorophyll, stomata conductance, PAR absorbed by crop canopy (PAR_1), absorbed radiation to total radiation and light extinction coefficient. The results showed that the highest chlorophyll was 128.6 SPAD in Yazd ecotype in Isfahan region under control and the lowest one were 25.8 SPAD in Yazd ecotype in Shahrekord under severe stress. The highest stomata conductance and light extinction coefficient were 647.5 Mmol/m^2s in Ardestan and Yazd (1.03) in Shahrekord under control and the lowest ones were 53.5 Mmol/m^2s in Ahvaz and 0.07 in Naein in Shahrekord region under severe stress. Under severe drought condition, absorption of photosynthetically active radiation decreased by plant canopy, stomata closed and total chlorophyll also reduced, therefore, photosynthesis rate reduced and biomass production significantly reduced compared to non-stress condition. Castor in Isfahan region produced higher biomass. While ecotypes, despite the differences in physiological responses, showed no difference in biomass.

Keywords: Moisture stress, Light extinction coefficient, Stomata conductance, Chlorophyl

*corresponding author, Email: Tadayyon.sku@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.17.9.6]