اثر تنش آبی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه کلزا(*Brassica napus*)

علی شعبانی[۱]، علی‌اکبر کامگار حقیقی[۱*]، علیرضا سپاسخواه[۱]، یحیی امام[۲] و تورج هنر[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۰/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۰/۲۹)

چکیده

با توجه به اهمیت کشت کلزا در ایران جهت تولید روغن و روش کم آبیاری که یکی از روش‌های مدیریتی در هنگام بروز خشکسالی و کمبود آب می‌باشد تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر عوامل فیزیولوژیک گیاه کلزا، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در طی سال‌های زراعی ۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴ انجام گردید. آزمایش روی رقم لیکورد در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: تیمار شاهد یا تیمار آبیاری در کل دوره رشد، تیمار تنش آبی در مرحله رشد رویشی مجدد در بهار، تیمار تنش آبی در مرحله گل‌دهی و تشکیل غلاف، تیمار تنش آبی در مرحله رسیدن دانه و تیمار دیم با آبیاری تکمیلی در اول دوره رشد در زمان جوانه‌زنی. نتایج نشان داد کمبود آب سبب کاهش ارتفاع بوته (به خصوص در تیمار دیم)، وزن خشک گیاه (به ویژه در تیمار تنش آبی پیوسته در دوره رشد گیاه)، شاخص سطح برگ، پتانسیل آب گیاه و افزایش دمای پوشش سبز گیاه به دلیل کاهش تبخیر و تعرق گردید. شاخص سطح برگ کلزا در اثر اعمال تنش خشکی کاهش می‌یابد که این کاهش در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی در اوایل بهار به طور موقت شدیدتر می‌شود ولی با اتمام تنش افزایش می‌یابد. سرعت کاهش شاخص سطح برگ در انتهای دوره رشد در تیمار تنش در مرحله رسیدن دانه بیشتر از بقیه تیمارهاست.

واژه‌های کلیدی: کلزا، تنش آبی، دیم، شاخص سطح برگ، پتانسیل آب گیاه، دمای پوشش سبز، ارتفاع بوته

مقدمه

بر اساس تجارب ارزنده کشورهای پیشرفته جهان و موفقیت‌های چشمگیر آنها در زمینه کشت کلزا، پاییزه بودن کشت این گیاه و در نتیجه امکان استفاده از نزولات آسمانی و نیاز کمتر به آبیاری، کشت کلزا در ایران، بر خلاف سایر دانه‌های روغنی که در بهار کشت می‌شوند، توجیه پذیر به نظر می‌رسد. سازگاری مناسب با شرایط متفاوت اقلیمی و خاک به دلیل وجود تیپ‌های پاییزه و بهاره، عملکرد نسبتاً زیاد این گیاه در مقایسه با سایر محصولات زراعی و هم‌چنین نیاز کشور به تولید دانه‌های روغنی و وابستگی زیاد به واردات دانه‌های روغنی علت اصلی روی آوردن به کشت کلزا به عنوان یکی از گیاهان روغنی با درصد بالای روغن است.

بر اساس اطلاعاتی که توسط سازمان خوار بار و کشاورزی جهانی (FAO) از طریق سایت اینترنتی این

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد و استادیار مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲. استاد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: akbarkamgar@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]

سازمان(۴) برای سال ۲۰۰۳ ارائه شده، ایران دارای ۱۲۸/۵×۱۰۹متر مکعب آب‌های تجدیدپذیر در سال می‌باشد که از این مقدار بخش کشاورزی با ۹۰/۸۸٪ بیشترین مصرف آب را به خود اختصاص می‌دهد و بخش شرب با ۶/۸۰۶٪ و بخش صنعت با ۲/۳۱۹٪ به ترتیب در مکان‌های بعدی قرار دارند. متوسط بارندگی سالانه ایران برابر ۲۲۸ میلی‌متر بوده که کمتر از متوسط بارش در کل سطح زمین می‌باشد. با توجه به این‌که ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد و به دلیل محدود بودن منابع آب به خصوص آب‌های زیر زمینی توجه به مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی به عنوان مصرف کننده اصلی آب ضروری است

اثر تنش آبی بر کلزا را می‌توان به دو دوره تقسیم کرد، یک دوره قبل از مرحله زایشی و دیگری بعد از این مرحله می‌باشد. قبل از این دوره تنش بیشتر بر رشد سبزینه‌ای گیاه تأثیر می‌گذارد ولی بعد از این دوره بیشتر بر میزان گرده افشانی گل‌ها، تشکیل دانه و عملکرد اثر مستقیم دارد. شکاری و همکاران(۲) با آزمایش گلخانه‌ای روی کلزا مشاهده نمودند که کارایی مصرف آب در مرحله رشد رویشی بیشترین مقدار است و مقدار آب نسبی، پتانسیل آب برگ در گیاه و میزان کل آب مصرفی در اثر اعمال تنش کاهش می‌یابد.

نیلسن (۸) با تحقیق روی کلزا دریافت با اعمال تنش در دوره رشد رویشی مقدار شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد، ولی گیاه بعد از اتمام این دوره می‌تواند آن را بهبود بخشد و نهایتاً بیشترین سرعت کاهش شاخص سطح برگ در زمان اعمال تنش در دوره پر شدن غلاف اتفاق می‌افتد.

مندل و همکاران (۶) با اعمال تیمارهای آب و کود روی کلزا مشاهده نمودند که شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه کلزا تحت تأثیر دو عامل آب و کود قرار داشته و تیمارهای تحت تنش آبی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشته است.

شیخ و همکاران (۱۰) با انجام آزمایش تنش آبی در مراحل مختلف رشد روی کلزای بهاره مشاهده کردند که اعمال تنش آبی باعث کاهش مقدار پتانسیل آب برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک قسمت‌های هوایی گیاه کلزا می‌شود.

بوچریو و همکاران (۳) با انجام آزمایش تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در گلخانه روی سه رقم کلزای بهاره و مقایسه پتانسیل آب گیاه در آنها مشخص کردند که با شروع اعمال تنش در هر مرحله پتانسیل آب برگ کاهش می‌یابد (منفی‌تر می‌شود) و با پایان تنش مقدار آن برابر مقدار پتانسیل آب برگ در تیمار شاهد یا آبیاری کامل می‌گردد. موجنسن و جنسن (۷) با تعریف شاخص RRI (Relative Reflectance Index) (نسبت شاخص بازتابش گیاه تحت تنش به شاخص بازتابش گیاه با آبیاری کامل) نشان دادند که تحت شرایط تنش ملایم آبی، سطح برگ کلزا اندکی کاهش یافته و تحت شرایط تنش شدید آبی سطح برگ به نصف کاهش می‌یابد و RRI با افزایش تعداد روزهای تنش کاهش می‌یابد. رائو و مندهام (۹) با اندازه‌گیری پتانسیل اسمزی و فشار آماس در برگ کلزا دریافتند که با کاهش پتانسیل اسمزی، فشار آماس بالا رفته که خود مکانیسمی برای مقاومت گیاه در مقابل خشکی می‌باشد. گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی، تولید ریشه‌های عمیق می کند که در مواردی سبب افزایش محصول هم خواهد شد.

بنابراین با توجه به مسأله کمبود آب در ایران و کشت کلزا به عنوان یکی از زراعت‌های استراتژیک در تأمین روغن، در پژوهش حاضر اثر تنش رطوبتی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه کلزا(رقم لیکورد) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد بر پارامترهای فیزیولوژیک گیاه کلزا، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در فاصله ۱۶ کیلومتری شمال شرقی شیراز در دشت باجگاه در طی سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ انجام گردید. خصوصیات فیزیکی خاک این منطقه در جدول ۱ آمده است.

تحقیق حاضر در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی شامل

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق (cm)	۰–۱۰	۱۰–۳۰	۳۰–۵۰	۵۰–۷۰	۷۰–۹۰	۹۰–۱۱۰	۱۱۰–۱۳۰
FC ($cm^3\ cm^{-3}$)	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۴۰
PWP($cm^3\ cm^{-3}$)	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
ρ_b ($g\ cm^{-3}$)	۱/۲۳	۱/۴	۱/۴۶	۱/۴۶	۱/۴۶	۱/۴۶	۱/۴۶
بافت خاک	Silty clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam	Silt loam

پنج تیمار در چهار تکرار انجام شد. به جز عملیات آبیاری سایر عملیات زراعی در مورد کلیه تیمارها به طور یک‌نواخت انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: I_1: تیمار شاهد یا تیمار آبیاری در کل دوره رشد .I_2: تیمار تنش آبی در مرحله رشد رویشی. I_3: تیمار تنش آبی در مرحله گل‌دهی و تشکیل غلاف. I_4: تیمار تنش آبی در مرحله رسیدن دانه. I_5: تیمار دیم با آبیاری تکمیلی در اول رشد (مرحله کاشت و جوانه‌زنی). قبل از اعمال تنش تیمارها دارای شرایط یکسان بوده و آبیاری تا شروع رشد رویشی مجدد در اواخر اسفند و اوایل بهار در همه یکسان انجام گردید. ولی در حین اعمال تیمارها کرتی که تحت تنش بوده آبیاری نشده و بقیه به اندازه رسیدن رطوبت خاک تا عمق ریشه گیاه به حد ظرفیت زراعی آبیاری گردیدند. رطوبت خاک قبل از هر آبیاری اندازه‌گیری شده و با مشخص بودن مقدار رطوبت حالت ظرفیت زراعی، مقدار آب آبیاری جهت رساندن خاک منطقه توسعه ریشه به حد ظرفیت زراعی برای هر یک از تیمارها محاسبه گردید (مقادیر آب آبیاری در جدول ۲ آمده است). تاریخ روزهایی که در تیمارهای مختلف در دو سال انجام طرح آبیاری انجام نشده در جدول ۳ آمده است. تیمار شاهد نیز در تمام مراحل رشد به اندازه نیاز و بدون محدودیت آب دریافت نمود. کلیه مراحل مختلف رشد گیاه به صورت مشاهده‌ای و با استفاده از اطلاعات تحقیق زواره و امام (۱) مشخص گردید. در این تحقیق کرت‌های آزمایشی به طول ۱۰ متر و عرض ۳ متر و فاصله بین پشته‌ها ۵۰ سانتی‌متر انتخاب شد. جهت جلوگیری از نفوذ آب از هر کرت به کرت مجاور فاصله بین آنها به اندازه دو جویچه در نظر گرفته شد. فاصله بین دو تکرار در حدود ۱/۵ متر بوده است. به منظور جبران کمبود مواد غذایی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود ازته (به دو قسمت، ۵۰ کیلوگرم بر هکتار در هنگام کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار در هنگام شروع رشد رویشی در اوایل بهار به عنوان کود سرک) و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم در زمان شخم به طور مساوی در کل مزرعه توزیع گردید. بذر کلزای مورد استفاده از رقم لیکورد بوده که این رقم از بذرهای رایج در منطقه است و به سرما نیز مقاوم می‌باشد. کاشت بذر کلزا در همه تکرارها به صورت دستی و با تراکم ۱۵۰ بذر در یک مترمربع (۶ کیلوگرم بذر در هکتار) در تاریخ ۲۵ مهر ۱۳۸۳ و ۱ مهر ۱۳۸۴ روی پشته‌ها صورت گرفت.

برداشت در سال اول در تاریخ ۸۴/۳/۱۹ انجام شد. در سال دوم تیمار تنش مرحله رسیدن غلاف و تیمار دیم زودتر از تیمارهای دیگر در تاریخ۸۴/۳/۹ و بقیه تیمارها در تاریخ ۸۴/۳/۱۷ برداشت گردید. در طول فصل رشد در زمان‌های مختلف پارامترهایی شامل ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه، دمای پوشش سبز، پتانسیل آب برگ گیاه و شاخص سطح برگ اندازه‌گیری گردیدند. ارتفاع بوته در هر مرحله از رشد برای ۱۵ بوته در هر کرت در روز قبل از آبیاری در سه خط وسط به وسیله خط کش اندازه‌گیری شد و میانگین این ۱۵ اندازه‌گیری تعیین گردید.

در سال اول در دوره اعمال تنش و در سال دوم در طول فصل رشد از هر یک از کرت‌ها ۳ – ۴ بوته از کف بریده شد و پس از اندازه‌گیری مساحت برگ‌ها به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Windias)، آنها را داخل آون در دمای

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]

جدول ۲. مقدار آب آبیاری (میلی‌متر) در تیمارهای مختلف و بارندگی در طول دوره رشد در دو سال انجام طرح

تاریخ	بارندگی	تیمار				
		I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
۸۳-۸۴	۵۸۲	۶۸۶	۶۱۱	۵۷۹	۵۰۱	۱۹۱
۸۴-۸۵	۳۶۸/۵	۶۸۹	۶۵۸	۶۳۶	۴۲۰	۲۶۹

جدول ۳. تاریخ روزهایی که در تیمارهای مختلف در دو سال انجام طرح آبیاری انجام نشده

I_2		I_3		I_4	
سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
۸۴/۱/۹	۸۴/۱۲/۲۱	۸۴/۱/۲۷	۸۵/۱/۲۳	۸۴/۲/۲۴	۸۵/۲/۱۹
۸۴/۱/۱۸		۸۴/۲/۵	۸۵/۱/۲۹	۸۴/۳/۲	۸۵/۲/۲۷
		۸۴/۲/۱۵		۸۴/۳/۱۱	۸۵/۳/۲
					۸۵/۳/۹

ثابت ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از ۴۸ ساعت وزن خشک آنها با استفاده از ترازوی دقیق تعیین گردید.

با شروع رشد رویشی مجدد بهاره در ۵ روز مختلف از سال اول (۱۶۴، ۱۷۳، ۱۸۹، ۲۰۱ و ۲۲۷ روز بعد از کاشت) و در ۷ روز مختلف از سال دوم (۱۷۱، ۲۰۲، ۲۱۰، ۲۲۰، ۲۲۸، ۲۳۵ و ۲۴۵ روز بعد از کاشت) در مراحل مختلف فصل رشد (مرحله رشد رویشی مجدد در بهار، مرحله گل‌دهی و مرحله رسیدن دانه) دمای پوشش سبز کلزا با استفاده از دماسنج مادون قرمز قرائت گردید. جهت اندازه‌گیری دمای پوشش سبز از دماسنج مادون قرمز (فرو سرخ) مدل (Infratrace 800) ساخت (Kane- May Limited) با فیلتر عبوری برای پرتوهای با طول موج‌های ۷/۵ تا ۱۴ میکرومتر استفاده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۲ بعد از ظهر و در روزهای آفتابی انجام گردید.

در سال اول در تاریخ‌های ۸۴/۱/۲۳، ۸۴/۲/۲۳ و ۸۴/۳/۱۰ قبل از اتمام هر مرحله از اعمال تنش و در سال دوم قبل از هر آبیاری با استفاده از دستگاه محفظه فشاری پتانسیل آب برگ اندازه‌گیری شد.

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI)

تغییرات شاخص سطح برگ در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. در سال دوم افزایش شاخص سطح برگ در هفته‌های اول کند بود ولی در ادامه افزایش یافت تا زمان وقوع یخبندان زمستانه که در طی این دوره شاخص سطح برگ دارای تغییرات کمی بوده است. در تاریخ ۸۴/۸/۲۳ (۵۴ روز بعد از کاشت) به دلیل سرمای ناگهانی بعضی از برگ‌های بزرگ بوته‌ها زرد شد که در نتیجه موقتاً شاخص سطح برگ کاهش یافت. ولی با شروع رشد مجدد در بهار شاخص سطح برگ افزایش سریعی داشت که در پایان مرحله گل‌دهی به حداکثر مقدار خود رسید. سپس با تشکیل دانه و رسیدن دانه شاخص سطح برگ کاهش یافت تا این که در پایان دوره در زمان برداشت به صفر رسید. حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار شاهد به ترتیب برابر ۴/۳ و ۵/۱ در سال اول و دوم آزمایش بود.

قابل ذکر است که شاخص سطح برگ در سال اول نسبت

[Downloaded from jstmar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]

جدول ۴. مقادیر شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف در زمان‌های مختلف سال زراعی ۸۴-۸۳

روز بعد از کاشت	تیمار				
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
۱۵۹	۱/۷۵۹ a*	۱/۶۷۱ a	۱/۶۲۲ a	۱/۷۲۵ a	۱/۶۸۳ a
۱۶۸	۲/۹۴۳ a	۲/۰۳۹ b	۲/۷۸۳ a	۲/۸۰۵ a	۱/۹۹۱ b
۱۷۷	۳/۴۱۵ a	۲/۵۴۷ b	۳/۶۱۰ a	۳/۵۶۰ a	۲/۱۸۹ b
۱۸۶	۴/۰۷۵ a	۳/۳۹۴ b	۳/۸۸۰ a	۳/۹۶۵ a	۲/۴۰۴ c
۱۹۶	۴/۲۹۹ a	۳/۸۶۱ a	۴/۱۳۸ a	۴/۲۵۰ a	۲/۴۴۰ b
۲۰۵	۴/۲۲۰ a	۴/۰۳۰ a	۳/۹۴۰ a	۴/۲۱۰ a	۲/۳۱۹ b
۲۱۴	۳/۵۸۹ a	۳/۷۱۴ a	۳/۶۵۶ a	۳/۴۸۳ a	۲/۰۹۰ b
۲۲۴	۱/۹۹۹ a	۲/۱۹۹ a	۲/۰۱۸ a	۱/۶۴۴ b	۱/۳۴۷ b
۲۳۱	۰/۸۲۸ a	۰/۹۷۳ a	۰/۷۳۵ ab	۰/۴۷۰ b	۰/۴۰۳ b

*: در هر ردیف اعداد دارای حروف مختلف در سطح ۵٪ دارای اختلاف آماری هستند.

جدول ۵. مقادیر شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف در زمان‌های مختلف سال زراعی ۸۵-۸۴

روز بعد از کاشت	تیمار				
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
۱۱	۰/۰۴۷ a*	۰/۰۵۷ a	۰/۰۵۱ a	۰/۰۵۴ a	۰/۰۵۶ a
۲۱	۰/۲۹۲ a	۰/۳۳۰ a	۰/۳۱۳ a	۰/۳۴۶ a	۰/۳۵۸ a
۳۱	۰/۴۹۹ a	۰/۴۸۰ a	۰/۵۰۹ a	۰/۴۸۶ a	۰/۴۹۳ a
۴۴	۱/۲۰۰ a	۱/۱۷۳ a	۱/۱۸۶ a	۱/۱۹۰ a	۱/۲۱۰ a
۶۲	۲/۸۳۸ a	۳/۰۱۴ a	۲/۹۴۴ a	۲/۸۹۸ a	۲/۸۵۴ a
۷۵	۲/۵۴۹ a	۲/۶۲۳ a	۲/۶۰۶ a	۲/۴۷۵ a	۲/۴۷۰ a
۱۰۲	۳/۲۵۳ a	۳/۰۲۳ a	۳/۱۶۳ a	۳/۳۲۰ a	۳/۱۳۰ a
۱۶۶	۳/۷۶۳ a	۳/۷۷۰ a	۳/۵۶۳ a	۳/۸۸۸ a	۳/۸۵۰ a
۱۹۰	۳/۹۱۳ a	۳/۲۹۷ ab	۳/۷۵۹ a	۳/۶۹۰ ab	۳/۰۵۱ b
۲۰۳	۴/۴۰۰ a	۳/۶۲۷ bc	۴/۱۷۰ ab	۴/۳۶۵ a	۳/۲۳۳ c
۲۲۰	۵/۰۹۵ a	۴/۴۱۰ bc	۴/۰۷۸ c	۴/۷۶۳ ab	۳/۴۹۰ d
۲۲۹	۴/۵۵۸ a	۴/۰۴۷ ab	۳/۶۲۸ b	۲/۷۲۸ c	۲/۰۷۷ c
۲۳۶	۲/۰۵۵ a	۱/۷۲۰ ab	۱/۴۶۷ b	۰/۶۰۱ c	۰/۳۲۰ c
۲۴۴	۰/۶۵۲ a	۰/۳۵۰ abc	۰/۵۵۳ ab	۰/۱۸۹ bc	۰/۰۸۱ c
۲۵۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-----	------

*: در هر ردیف اعداد دارای حروف مختلف در سطح ۵٪ دارای اختلاف آماری هستند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]

به سال دوم کمتر بود که علت آن تفاوت تاریخ کاشت در دو سال می‌باشد. در سال اول زمان کاشت اواخر مهر ماه بود و گیاه نتوانست رشد کافی قبل از وقوع سرما داشته باشد. هم‌چنین وقوع سرما و دمای پایین در فروردین ۸۴ سبب شد تا شاخص سطح برگ در سال اول نسبت به سال دوم کمتر گردد. قبل از اعمال تنش شاخص سطح برگ در تیمارها یکسان بوده است. در تیمار تنش رویشی بعد از اتمام دوره تنش، گیاه رشد مجدد نموده و مقدار شاخص سطح برگ افزایش یافت. در تیمار تنش در دوره گل‌دهی با اعمال تنش، رشد شاخص سطح برگ کند شد. در سال اول به علت برداشت زودتر از موعد (بر خلاف سال دوم) شاخص سطح برگ در پایان فصل رشد به صفر نرسید.

قبل از اعمال تنش بین تیمارها اختلاف معنی‌داری در شاخص سطح برگ مشاهده نشد. در زمان پایان اعمال تنش رویشی در هر دو سال پژوهش بین تیمارهای تنش رشد رویشی و دیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی بین این دو تیمار و سایر تیمارها طبق آزمون آماری دانکن در سطح آماری ۵ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. هم‌چنین در پایان دوره تنش گل‌دهی در سال اول بین تیمار دیم با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. در سال دوم بین میانگین شاخص سطح برگ تیمارهای شاهد و تنش مرحله رسیدن دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی بین این تیمارها با تیمار دیم اختلاف معنی‌دار گردید. در زمان برداشت در سال اول بین تیمار شاهد و تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار با تیمار تنش در مرحله رسیدن دانه و دیم اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و در سال دوم شاخص سطح برگ در کلیه تیمارها در زمان برداشت برابر صفر بود.

ارتفاع بوته

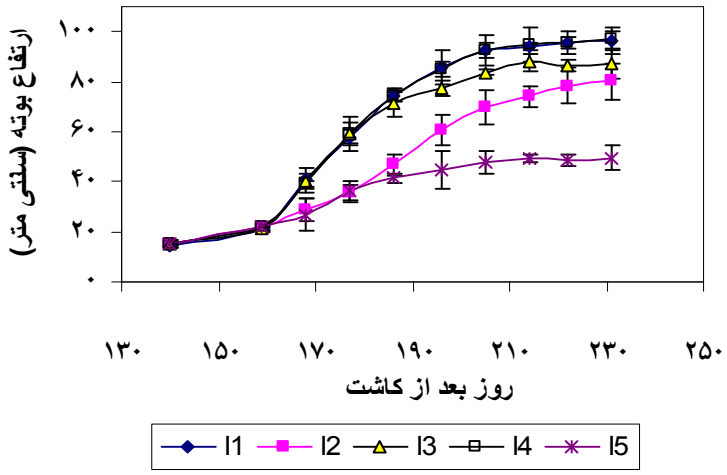
تغییرات ارتفاع بوته نسبت به روزهای بعد از کاشت برای سال اول و دوم به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است. ارتفاع بوته در تیمار شاهد با شروع بهار در سال اول از ۸۴/۱/۹ الی۸۴/۲/۱۸ و در سال دوم از تاریخ ۸۵/۱/۱۵ الی ۸۵/۲/۹ به سرعت افزایش یافت. پس از این دوره شیب افزایش ارتفاع کاهش پیدا کرد و نهایتاً بعد از اتمام دوره گل‌دهی تا زمان برداشت ارتفاع گیاه ثابت ماند.

روند تغییرات ارتفاع بوته در تیمار شاهد با تیمار تنش در مرحله رسیدن دانه یکسان بود زیرا زمان اعمال تنش مرحله رسیدن دانه زمانی بود که ارتفاع گیاه تقریبا به حداکثر رشد خود رسیده و کمتر تحت تأثیر تنش قرار گرفته بود. اما اعمال تنش در مرحله گل‌دهی موجب گردید که سرعت افزایش ارتفاع بوته کاهش یابد. در تیمار اعمال تنش در دوره رشد مجدد رویشی در اوایل بهار تنش آبی سبب کاهش ارتفاع بوته‌ها شد اما با اتمام تنش و آبیاری کرت‌ها، گیاه شروع به رشد طولی ساقه نموده و ارتفاع بوته‌ها افزایش یافت. ارتفاع بوته در تیمار دیم به علت کمبود آب در کل دوره رشد کاهش چشمگیری نسبت به سایر تیمارها داشت، تنها در اوایل دوره رشد گیاه با استفاده از ذخیره رطوبت خاک رشد کمی نمود. ارتفاع بوته در دو تیمار دیم و تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار در زمان اعمال تنش در این مرحله با همدیگر یکسان بوده است. در نهایت نتایج نشان می‌دهد که قبل از اعمال تنش بین ارتفاع بوته تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی بعد از اعمال تنش در مرحله اول، ارتفاع بوته تیمار دیم با ارتفاع بوته تیمار تنش مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار برابر بوده ولی بین این دو تیمار و بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود دارد که نشان‌دهنده تأثیر زیاد تنش در اوایل بهار بر ارتفاع بوته می‌باشد. در زمان برداشت، ارتفاع بوته در تیمار شاهد با تیمار تنش در مرحله رسیدن دانه اختلاف معنی‌داری نداشت که بیانگر تأثیر کم تنش آبی در مرحله رسیدن دانه بر ارتفاع گیاه می‌باشد ولی اعمال تنش آبی در بقیه مراحل بر ارتفاع بوته تأثیر زیادی داشته است. به طور کلی ارتفاع بوته در سال اول نسبت به سال دوم کمتر بود که دلایل آن در مبحث مربوط به شاخص سطح برگ ذکر گردید.

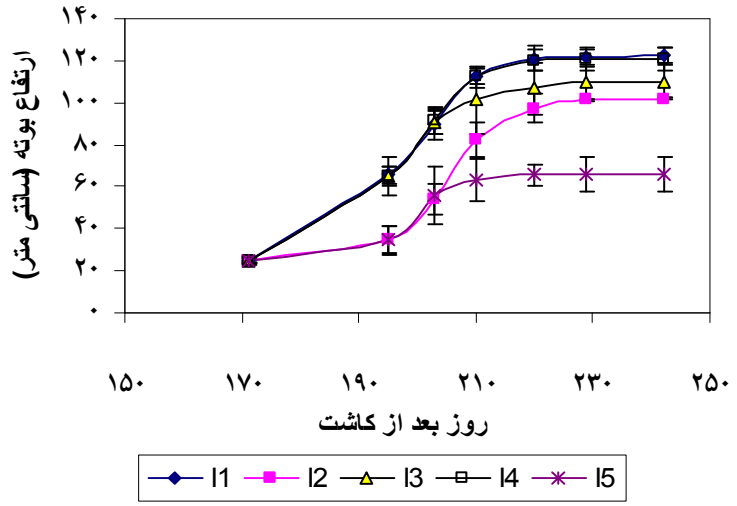
در حالت کلی نمی‌توان رابطه ریاضی خاصی بین شاخص

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]



شکل ۱. تغییرات ارتفاع بوته در تیمارهای مختلف در روزهای مختلف بعد از کاشت (سال زراعی ۸۴-۸۳)



شکل ۲. تغییرات ارتفاع بوته در تیمارهای مختلف در روزهای مختلف بعد از کاشت (سال زراعی ۸۵-۸۴)

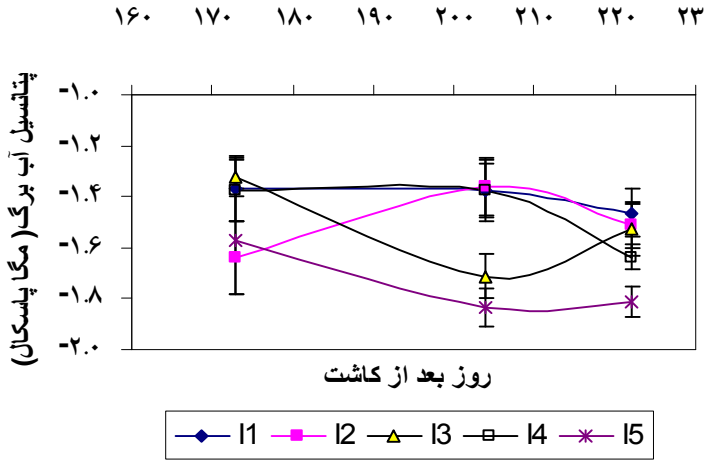
سطح برگ وارتفاع بوته پیدا کرد چون ارتفاع بوته تا انتهای دوره گل‌دهی روند افزایشی دارد و بعد از آن ثابت می‌ماند ولی شاخص سطح برگ بعد از مرحله گل‌دهی روند کاهشی خواهد داشت. ولی قبل از مرحله گل‌دهی در تیمار شاهد و تیمار دیم با افزایش ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ هم افزایش می‌یابد ولی در تیمار تنش مرحله گل‌دهی با اعمال تنش شاخص سطح برگ کاهش یافته ولی ارتفاع بوته ثابت مانده است. در تیمار تنش در مرحله رسیدن دانه با اعمال تنش ارتفاع بوته ثابت مانده ولی شاخص سطح برگ با سرعت بیشتری نسبت به تیمار شاهد کاهش داشته است.

پتانسیل آب در گیاه

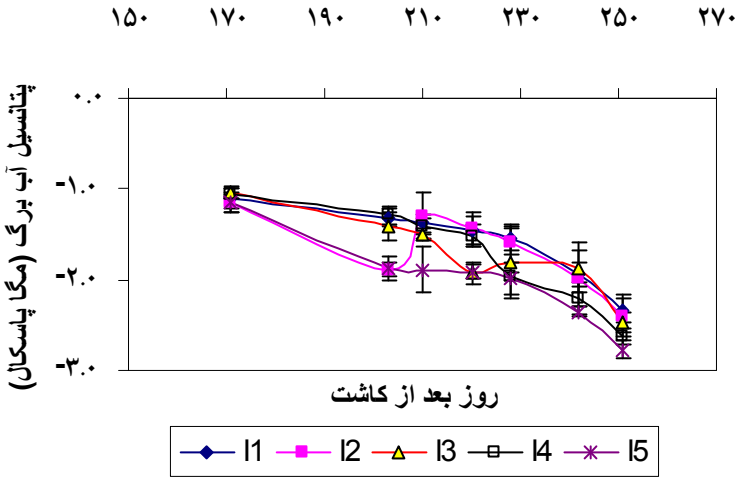
میانگین پتانسیل آب برگ و نحوه تغییرات آن در طول دوره رشد بهاره در شکل‌های ۳ و ۴ آمده است. در سال اول پتانسیل آب برگ در تیمار شاهد با گذشت زمان کاهش اندکی داشت ولی در سال دوم پتانسیل آب گیاه کاهش بیشتری را نشان داد. علت تفاوت بین پتانسیل آب برگ در سال اول نسبت به سال دوم در زمان اندازه‌گیری آن می‌باشد در سال اول اولین

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]



شکل۳. تغییرات پتانسیل آب برگ در تیمارهای مختلف در روزهای مختلف بعد از کاشت (سال زراعی ۸۴-۸۳)



شکل ۴. تغییرات پتانسیل آب برگ در تیمارهای مختلف در روزهای مختلف بعد از کاشت (سال زراعی ۸۵-۸۴)

اندازه‌گیری در زمانی صورت گرفته که تنش اعمال شده بود ولی در سال دوم اولین اندازه‌گیری قبل از اعمال تنش انجام شده و هم‌چنین وقوع بارندگی در بهار سال دوم بر مقدار پتانسیل آب برگ مؤثر بوده است. در سال اول آخرین اندازه‌گیری در ۱۳ روز مانده به تاریخ برداشت می‌باشد ولی در سال دوم آخرین اندازه‌گیری در ۷ روز مانده به تاریخ برداشت است. با توجه به این که گیاه کلزا نزدیک به زمان برداشت به تدریج خشک می‌شود بنابراین مقدار پتانسیل آب در گیاه کاهش قابل توجهی دارد. در حالت کلی پتانسیل آب برگ در تیمارهای تحت تنش نسبت به تیمارهایی که آب دریافت می‌کردند کمتر بود و با اتمام تنش آبی، پتانسیل آب برگ افزایش یافت و برابر تیمار شاهد شد. در نهایت مشاهده گردید بین میانگین پتانسیل آب برگ در تیمار تحت تنش و مابقی تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

وزن خشک گیاه

نمودار تغییرات متوسط وزن خشک برحسب تن بر هکتار در تیمارهای مختلف در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری برای سال

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]

۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴ به ترتیب در شکل‌های ۵ و ۶ آمده است. وزن خشک در طول فصل رشد همواره حالت افزایشی، اما سرعت افزایش در زمان های مختلف متفاوت می‌باشد، به طوری که بلافاصله بعد از کاشت سرعت افزایش وزن خشک نسبتا زیاد، ولی با نزدیک شدن به فصل سرما سرعت افزایش وزن خشک کاهش می‌یابد. با فرا رسیدن بهار روند افزایش وزن خشک بوته‌ها شتاب بیشتری گرفت که تا نزدیک به زمان برداشت ادامه یافت، به طوری که در یک بازه زمانی ۵۰ روزه در بهار وزن خشک گیاه ۵ برابر شد.

وزن خشک از زمان کاشت تا شروع زمان رشد ساقه در بهار بیشتر تحت تأثیر وزن برگ‌هاست اما با شروع رشد ساقه در بهار و ایجاد شاخه‌های فرعی تا زمان انتهای مرحله گل‌دهی وزن خشک بیشتر تحت تأثیر وزن ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی بود. ولی پس از طی این مرحله اگرچه برگ‌های گیاه شروع به خشک شدن کرد ولی وزن خشک کل بیشتر تحت تأثیر وزن غلاف، دانه، ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی بود، به طوری که خشک شدن تدریجی برگ‌ها تأثیر چندانی بر کاهش وزن خشک کل گیاه نداشت.

وزن خشک در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی مجدد در اوایل بهار در زمان اعمال تنش تحت تأثیر کم آبی قرار گرفته و نسبت به تیمار شاهد و بقیه تیمارها کاهش محسوسی پیدا نمود و برابر تیمار دیم گردید. اما پس از اتمام دوره تنش، گیاه رشد رویشی مجدد داشت که این رشد رویشی بیشتر به صورت افزایش تعداد شاخه فرعی بود تا رشد ساقه اصلی، به نحوی که در سال دوم در پایان فصل رشد وزن خشک کل در این تیمار حتی بیشتر از تیمار شاهد گردید. اعمال تنش در مرحله رشد رویشی مجدد در اوایل بهار تأثیر زیادی بر عملکرد دانه نداشت، چون شاخه فرعی آن هم بیشتر بود بنابراین سبب افزایش وزن خشک گردید. این موضوع توسط محققان دیگر مانند گان و همکاران (۵) و بوچریو و همکاران (۳) هم گزارش شده است. بر اساس نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین دانکن در هر دو سال تا قبل از اعمال تنش اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت به جز اندازه‌گیری ۱۰۲ روز بعد از کاشت در سال دوم که به نظر می‌رسد به دلیل خطا در اندازه‌گیری می‌باشد. ولی پس از اعمال تنش آبی، بین تیمار تحت تنش و بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری در میانگین وزن خشک گیاه مشاهده گردید.

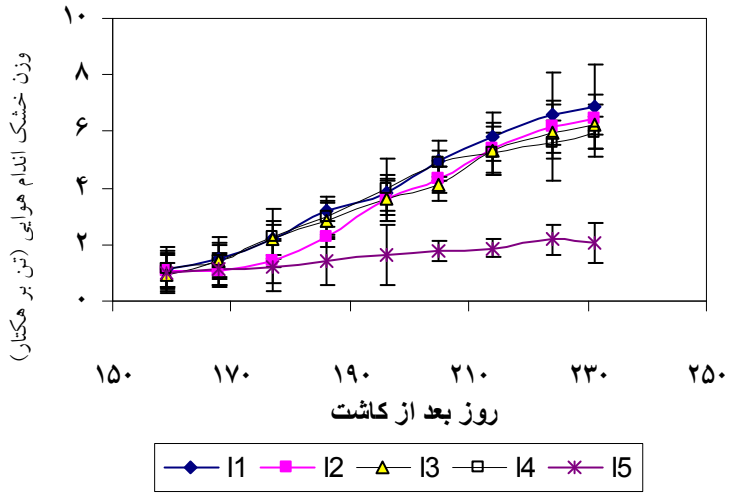
تیمار دیم که به طور پیوسته تحت تنش آبی قرار گرفته بود بجز اوایل دوره رشد در بهار که با تیمار تنش مرحله رشد رویشی از نظر وزن خشک اختلاف معنی‌داری نداشت در مراحل دیگر رشد همواره اختلافش با بقیه تیمارها معنی‌دار بود. در برداشت سال اول بین وزن خشک تیمار دیم با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار گردید. در سال دوم از نظر وزن خشک بین تیمار تنش در مرحله رشد مجدد رویشی و شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود نداشت. هم‌چنین بین تیمار تنش در مرحله گل‌دهی و تیمار تنش در مرحله رسیدن دانه اختلاف معنی‌داری در وزن خشک گیاه مشاهده نگردید. روند تغییرات وزن خشک در سال اول با سال دوم یکسان است. تفاوت شکل‌های ۵ و ۶ در شروع زمان اندازه‌گیری می‌باشد که در سال اول اندازه‌گیری‌ها در بهار و ۱۵۹ روز بعد از تاریخ کاشت می‌باشد ولی در سال دوم از زمان تاریخ کاشت انجام شده است. قابل ذکر است وزن خشک در سال اول کمتر از سال دوم بود که از دلایل آن کاشت دیر هنگام و بروز سرما زدگی دیررس در بهار و خسارت ناشی از پرندگان بود که سبب کاهش عملکرد گردید.

دمای پوشش سبز

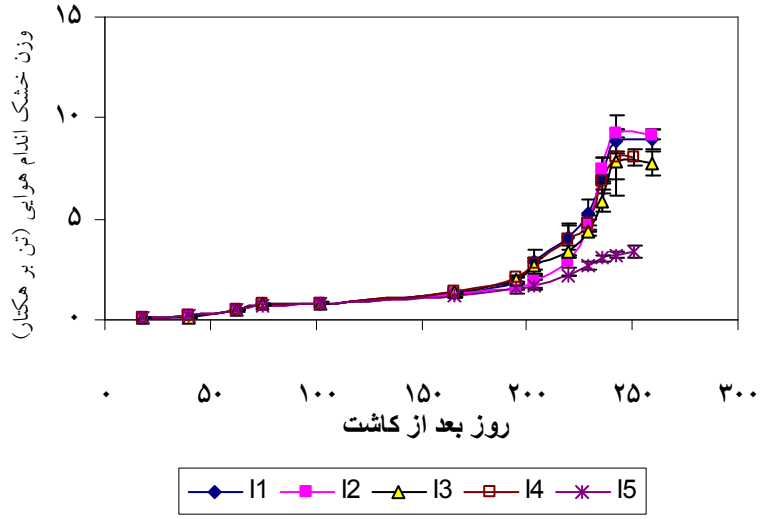
میانگین دمای پوشش سبز در تیمارهای مختلف و نتایج آزمون مقایسه آماری مربوط به دو سال انجام طرح به ترتیب در جداول ۶ و ۷ آمده است. با توجه به اینکه گیاه در اثر عمل تعرق خنک می‌شود باید دمای پوشش سبز تیمار تحت تنش بیشتر از دمای پوشش سبز تیمار شاهد باشد. داده‌های موجود جدول ۶ نشان می‌دهد که در سال اول بین دمای پوشش سبز تیمار دیم با تیمار شاهد در سطح ۵٪ بر اساس آزمون دانکن

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]



شکل ۵. تغییرات وزن خشک در تیمارهای مختلف در روزهای مختلف بعد از کاشت(سال زراعی ۸۴-۸۳)



شکل ۶. تغییرات وزن خشک در تیمارهای مختلف در روزهای مختلف بعد از کاشت (سال زراعی ۸۵-۸۴)

جدول ۶. میانگین دمای پوشش سبز گیاه (درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف در روزهای مختلف بعد از کاشت (سال زراعی ۸۴-۸۳)

روز بعد از کاشت	تیمار				
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
۱۶۴	۳۰/۷۴ ^{b*}	۳۳/۱۵ ^{ab}	۳۲/۲۲ ^{ab}	۳۱/۵۶ ^{ab}	۳۳/۵۷ ^{a}
۱۷۳	۳۱/۳۷ ^{a}	۳۳/۰۹ ^{a}	۳۰/۲۷ ^{a}	۳۲/۱۵ ^{a}	۳۴/۳۴ ^{a}
۱۸۹	۳۰/۳۳ ^{c}	۲۹/۳۲ ^{c}	۳۳/۷۱ ^{b}	۳۱/۰۱ ^{c}	۳۵/۸۸ ^{a}
۲۰۱	۳۶/۷۵ ^{a}	۳۷/۹۲ ^{a}	۳۹/۴۲ ^{a}	۳۸/۲۵ ^{a}	۴۰/۹۲ ^{a}
۲۲۷	۴۱/۷۳ ^{ab}	۴۱/۱۰ ^{b}	۴۲/۵۹ ^{ab}	۴۵/۴۳ ^{ab}	۴۶/۴۴ ^{a}

-: در هر ردیف اعداد دارای حروف مختلف در سطح ۵٪ با آزمون دانکن دارای اختلاف آماری هستند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]

جدول ۷. میانگین دمای پوشش سبز گیاه (درجه سانتی‌گراد) در تیمارهای مختلف در روزهای مختلف بعد از کاشت (سال زراعی ۸۵-۸۴)

روز بعد از کاشت	تیمار				
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
۱۷۱	۲۳/۱۷ a*	۲۴/۴۲ a	۲۳/۳۲ a	۲۳/۳۶ a	۲۴/۵۰ a
۲۰۲	۲۴/۶۹ a	۲۵/۲۱ a	۲۴/۶۷ a	۲۴/۷۵ a	۲۵/۸۸ a
۲۱۰	۳۳/۰۴ ab	۳۲/۹۸ ab	۳۳/۹۵ ab	۳۲/۴۱ b	۳۴/۷۳ a
۲۲۰	۳۱/۶۳ a	۳۲/۲۱ a	۳۳/۱۷ a	۳۲/۶۷ a	۳۶/۱۳ b
۲۲۸	۳۹/۰۴ a	۳۹/۴۲ a	۳۹/۰۸ a	۴۲/۵۸ b	۴۶/۵۸ c
۲۳۵	۳۸/۱۳ a	۳۷/۶۷ a	۳۸/۱۳ a	۴۱/۷۵ b	۴۴/۱۳ c
۲۴۴	۳۹/۰۸ a	۳۸/۵۲ a	۳۸/۷۵ a	۴۱/۷۵ b	۴۵/۴۶ c

*: در هر ردیف اعداد دارای حروف مختلف در سطح ۵٪ با آزمون دانکن دارای اختلاف آماری هستند.

اختلاف معنی‌دار بود. دمای پوشش سبز در سال دوم در تیمارهای تحت تنش به علت کاهش عمل تعرق نسبت به تیمارهایی که آبیاری می‌شدند بیشتر بود(جدول ۷).

قبل از دوره اعمال تنش بین تیمارها در سطح آماری ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بعد از شروع اعمال تنش بین تیمار تنش دیم و تیمارهای دیگر تفاوت دما معنی‌دار گردید. در زمان اعمال تنش در مرحله رشد مجدد رویشی در اوایل بهار در سطح آماری ۵٪ بین تیمار تنش در این مرحله تنها با تیمار دیم اختلاف معنی‌داری وجود داشت. میانگین دمای پوشش سبز در این تیمار نسبت به تیمارهایی که آبیاری می‌شد، زیاد تر بود. این مورد در تیمار تنش در مرحله گل‌دهی هم رخ داد ولی در تیمار تنش در مرحله رسیدن دانه چون هوا گرم‌تر شده بود دمای اندازه‌گیری شده توسط دماسنج تفاوت بیشتری با تیمارهایی که آبیاری شده بود، را نشان داد، به گونه‌ای که در سطح آماری ۵٪ بین این تیمار و تیمار دیم با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری

آب یکی از نیازهای اساسی گیاه برای انجام عمل فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد. بنابراین در گیاهانی که با کمبود آب مواجه می‌شوند کاهش فتوسنتز و تولید ماده خشک امری اجتناب ناپذیر است. در این تحقیق با بررسی اثر تنش آبی بر کلزا در مراحل مختلف رشد مشاهده گردید که کم آبی سبب کاهش ارتفاع بوته می‌شود به ویژه اگر تنش در دوره رشد رویشی مجدد گیاه در بهار اتفاق بیفتد. به دلیل کاهش تعرق، دمای پوشش سبز در تیمار تحت تنش نسبت به تیمارهایی که آب کافی دریافت می‌کنند افزایش می‌یابد. تنش آبی اگر به صورت پیوسته در طول دوره رشد اتفاق بیفتد سبب کاهش شگرفی در وزن خشک گیاه می‌گردد و اگر در دوره رشد رویشی مجدد در بهار اتفاق افتد با اتمام دوره تنش، گیاه رشد مجدد نموده و وزن خشک آن با تولید شاخه‌های فرعی افزایش می‌یابد. شاخص سطح برگ کلزا در اثر اعمال تنش کاهش می‌یابد که این کاهش در تیمار تنش در مرحله رشد رویشی مجدد در اوایل بهار به طور موقت بیشتر می‌باشد ولی با اتمام دوره تنش افزایش می‌یابد. سرعت کاهش شاخص سطح برگ در انتهای دوره رشد در تیمار تنش در مرحله رسیدن دانه بیشتر از بقیه تیمارهاست. پتانسیل آب برگ گیاه کلزا در اثر اعمال تنش کاهش می‌یابد بنابراین، گیاه قادر خواهد بود در مقادیر پایین آب خاک هم آب را جذب نموده و فتوسنتز انجام دهد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]

منابع مورد استفاده

۱. زواره، م. و ی. امام. ۱۳۷۹. راهنمای شناسایی مراحل زندگی در کلزا . مجله علوم زراعی ایران ۲(۱):۱-۱۴.

۲. شکاری، ف.، ف. شکاری، ع. جوانشیر، م. شکیبا، م. مقدم و ه. آلیاری. ۱۳۸۳. تأثیر تنش خشکی روی فنولوژی و روند رشدی کلزا (*Brassica napus* L.). مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان.

3. Bouchereau, A., N. Clossaias, A. Besnard, L. Leport and M. Renard. 1996. Water stress effects on rapeseed quality. Eur. J. Agron. 5: 19-30.
4. FAO <http://faostat.fao org/site/336/default.aspx. >[10 September 2006]
5. Gan, Y., S. V. Angadi, H. Cutforth, D. Potts, V. V. Angadi and C. L. McDonald. 2004. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Canad. J. Plant Sci. 84: 679-704.
6. Mandal, K.G., K. M. Hati, A. K. Misra and K. K. Bandyopadhyay. 2006. Assessment of irrigation and nutrient effects on growth, yield and water use efficiency of Indian mustard (*Brassica juncea*) in central. Ind. Agric. Water Manag. 85:279-286.
7. Mojensen, V. O. C. R. Jensen. 1995. Reflectance index for early determination of water stress. ISHS (International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops) Acta Hort. 449: 44-49.
8. Nielsen, D. C. 1996. Potential of canola as a dry land crop in north eastern Colorado. PP. 281-287. *In*: Janick, J. Progress in New Crops. ASHS Press., Alexandria.
9. Rao, M. S. S. and N. J. Mendham. 1991. Soil- plant- water relations of oilseed rape (*Brassica napus* and *B. campestris*). J. Agric. Sci. 117: 197-205.
10. Shikh, F., M. Toorchi, M. Valizadeh, M. R. Shakiba and B. P. Islam. 2005. Drought resistance evaluation in spring rapeseed cultivars. Agric. Sci. 15(1):163-174.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-07-15]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.49.3.5]