اثر تنش خشکی بر کارآیی مصرف آب و عملکرد ارقام کلزا

جواد وفابخش[۱]، مهدی نصیری محلاتی[۲]، علیرضا کوچکی[۲]، مهدی عزیزی[۱]

چکیده

خشکی و شوری دو تنش محیطی مهم در محدود کردن عملکرد گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک است. تنش خشکی یکی از عوامل کاهش عملکرد و درصد دانه و روغن در کلزاست.کارآیی مصرف آب ارقام کلزا در پاسخ به محدودیت آبی در دو سال زراعی ۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴ مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور آزمایشی در قالب طرح کرت های خرد شده بر پایه بلوک های کامل تصادفی و در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق (طول و عرض جغرافیایی E ۵۹° ۳۸′ ۱۴″ و N ۳۶° ۱۳′ ۱۲″) مشهد در استان خراسان رضوی اجرا شد. که در آن چهار سطح تامین نیاز آبی شامل ۱۰۰ (شاهد) ، ۸۰، ۶۵، ۵۰ درصد نیاز آبی کلزا در کرت های اصلی و چهار رقم کلزا (زرفام ، اکاپی ، اس ال ام ۰۴۶و لیکورد) در کرت های فرعی قرار گرفتند. میانگین کارآیی مصرف آب به ازای ماده خشک در شرایط شاهد در همه ارقام ، ۲/۷۸ گرم بر کیلو گرم با مصرف ۳۵۰۰ متر مکعب در هکتار آب مورد نیازگیاه مشاهده شد. در تیمار تنش شدید (۵۰ درصد تامین نیاز آبی) این کارآیی به میزان ۶/۱۳ گرم بر کیلو گرم و در شرایط نیاز آبی ۱۷۵۰ متر مکعب در هکتار تامین آب مورد نیاز گیاه بود. بیشترین کارآیی مصرف آب مربوط به رقم اس ال ام ۰۴۶ در تیمار ۵۰ درصد تامین نیاز آبی و به میزان ۸/۲۰ گرم بر کیلو گرم بود. کمترین کارآیی مربوط به رقم اس ال ام ۰۴۶ و درتیمار ۱۰۰ درصد تامین نیازآبی (شاهد) به میزان ۱/۵۳ گرم برکیلوگرم بدست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی، کارآیی مصرف آب در تولید ماده خشک کلزا به طور معنی داری بیشتر شد. کارآیی مصرف آب در تولید روغن کلزا در تیمار ۶۵ درصد تامین نیازآبی ودر رقم زرفام بیشترین مقدار و در تیمار ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی و رقم لیکورد کمترین مقدار را داشت. بنابراین، کارآیی مصرف آب برای تولید ماده خشک در شرایط محدودیت آبی افزایش یافت اما این کارآیی برای تولید روغن دچار کاهش گردید. این موضوع نشان داد که ارقام کلزا هر چند که درشرایط تنش خشکی می توانند از کارآیی مصرف آب بالاتری برای تولید ماده خشک برخوردار باشند اما این توانایی درتبدیل ماده خشک تولیدی به روغن کاهش می یابد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رقم، روغن، ماده خشک، کلزا.

مقدمه

به طور کلی رفتار گیاه در برابر تنش خشکی را می‌توان با سه مکانیزم اجتناب از کمبودآب، تطابق رشد (فرار از خشکی) و تحمل کمبود آب تقسیم کرد(۲). همچنین اثرات تنش خشکی بر گیاه را می‌توان به دو گروه کلی مولفه‌های روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای تقسیم کرد(۴). مولفه‌های روزنه‌ای با جریان ورود CO_2و خروج آب مرتبط هستند و مطالعه آن‌ها نیازمند بررسی در شرایط کنترل شده می‌باشد. پدیده‌های غیر روزنه‌ای ناشی از تاثیر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیکی گیاه مانند سطح برگ، دوام سطح برگ، وزن ویژه برگ و کارآیی‌های مصرف منابع می‌شود (۲، ۱۴).

کارآیی مصرف آب نسبت ماده خشک تولید شده درگیاه به تبخیر و تعرق است که برحسب گرم ماده خشک به کیلو گرم یا میلیمتر آب بیان می‌شود (۲). درمحیط‌های خشک، نیاز اتمسفری تبخیر و تعرق بیشتر بوده و برای تولید یک واحد ماده خشک، گیاه نیازمند ازدست دادن آب بیشتری است. حدود ۲۵ درصد ازمواد فتوسنتزی در فرآیند تنفس مصرف شده و حدود ۳۰ درصد ماده خشک خالص

۱ - اعضای هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ۲- اعضای هیأت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

به عنوان محصول تولید می‌شود(۱۰). عملکرد گیاهان زراعی درطی پنجاه سال گذشته افزایش قابل توجهی داشته است (۱۱،۱۵)، درحالی که میزان تبخیر و تعرق فصلی ثابت مانده است. دلیل این افزایش، بهبود کارآیی مصرف آب است. البته کارآیی مصرف آب بالا، لزوما به معنای مقاومت به خشکی یا تحمل بیشتر در برابر خشکی نیست(۱۱).

عواملی که بر کارآیی مصرف آب تاثیر می‌گذارند توسط استانهیل(۲۳) معرفی شده است. وی این عوامل راآب، دی اکسیدکربن، دمای هوا، گونه گیاهی، مسیر فتوسنتزی گیاه، رفتارروزنه‌ای گیاه، اندازه و ساختمان و آرایش برگ‌ها، خصوصیات خاک و عوامل اقتصادی تولید می‌داند.

طول دوره رشد کلزا درکارآیی مصرف آب موثر است. ارقام دیررس کلزا نسبت به ارقام زودرس، آب بیشتری مصرف کرده و لذا کارآیی مصرف آب پایین تری دارند. دراین ارقام هر چند که به دلیل افزایش طول دوره رشد ماده خشک بیشتری در آن‌ها تجمع یافته باشد ولی میزان ازدست رفتن آب نیز در طی همین دوره به مراتب بیشتر بوده و نقش مهمتری پیدا می‌کند(۲۲).

کوان و جونز (به نقل از منبع ۱۲) در سال های۱۹۷۷ و ۱۹۸۰ روش‌های پاسخ گیاهان به کمبود آب را در رفتار روزنه‌ای آنها مدل سازی و ارائه کرده‌اند. مدل کوان پیش بینی می‌کند که در شرایط کاملا مرطوب، گیاهان می‌توانند در مصرف آب زیاده روی نموده و هدایت‌های روزنه‌ای بالا را در تمام روز حفظ کنند. در شرایط خشکی، روزنه‌ها در وسط روز بسته و در صبح و بعدازظهر که نور کافی باشد باز شوند . این رفتار روزنه‌ها در اکوسیستم‌های مناطق خشک مشاهده شده است(۲۴).

گزارشاتی که در مورد اثر تنش خشکی بر میزان روغن و پروتئین دانه وجود دارد عمدتاً موید اثر منفی تنش خشکی بر محتوای روغن و پروتئین دانه می‌باشد(۲۰). داونی(۱۳) گزارش کرد که تنش خشکی و درجه حرارت بالا باعث کاهش اسیدهای چرب اشباع نشده در روغن کلزا شد . در گزارش دیگری از رائو و مندهام(۲۱) اثر آبیاری تکمیلی (که شاخصی از بهبود شرایط تنش خشکی است) بر روی افزایش مقدار روغن از ۴۶/۳ به ۴۸/۹ درصد و از ۴۷/۴ به ۵۱ درصد به ترتیب در گونه‌های *B. rapa* و *B. napus* نشان داده شده است.

اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژی گیاه کلزا اثرات متفاوتی در میزان روغن و پروتئین آن دارد و گزارشات موجود حاکی از تفاوت پاسخ گیاه به خشکی در رابطه با تولید روغن در دانه است(۹، ۱۶، ۱۸، ۲۴). در بسیاری ازمناطق دنیا یکی از مشکلات توسعه کشت کلزا تنش‌های محیطی و از جمله تنش خشکی بوده است(۲۰). در ایران نیز در سال‌های اخیر توجه زیادی به توسعه دانه‌های روغنی و از جمله کلزا شده است. اما هنوز اطلاعات اندکی از کارآیی این گیاه در شرایط متغیر محیطی در ایران منتشر شده است. بنظر می‌رسد مطالعه کارآیی مصرف منابع و نهاده‌ها در شرایط تنش‌های محیطی که همواره در شرایط خشک و نیمه خشک کشور حاکم است از ضرورت برخوردار می‌باشد. هدف از این تحقیق ارزیابی کارآیی مصرف آب در تولید ماده خشک و روغن ارقام کلزا و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بود.

مواد و روش ها

آزمایش مزرعه‌ای درقالب طرح کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با فاکتور تنش آبی درکرت اصلی و فاکتور رقم در کرت فرعی و در سه تکرار در دوسال زراعی متوالی ۸۴-۸۳ و ۸۵-۸۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق مشهد (طول و عرض جغرافیایی ″۱۴ ′۳۸ °۵۹ و N ″۱۲ ′۱۳ °۳۶) دراستان خراسان رضوی اجرا شد.

ارقام کلزای مورد استفاده شامل چهار رقم زرفام، اکاپی، اس ال ام ۰۴۶ و لیکورد بودند. انتخاب ارقام براساس میزان تحمل آن‌ها به تنش خشکی از تحمل به حساس بر اساس نتایج ارزیابی عملکرد مقدماتی انجام شد.در نتایج مذکور رقم زرفام، اکاپی، اس ال ام ۰۴۶ و لیکورد به ترتیب در ردیف ارقام متحمل تر تا حساس تر قرار گرفته بودند(۱،۶).

تیمارهای تنش آبی بر اساس ۸۰، ۶۵ و ۵۰ درصد نیازآبی کلزا درشرایط مشهد به همراه تیمار شاهد (۱۰۰ درصد تامین نیازآبی) انتخاب شدند. ضریب گیاهی کلزا درشرایط مشهد با استفاده از نرم افزار Optiwat تعیین شد(۷) . نیازآبی کلزا درشرایط مشهد با استفاده از محاسبات فرشی و همکاران(۸) و علیزاده و کمالی(۷) تعیین گردید. سیستم

آبیاری به صورت قطره‌ای تحت فشار با کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۰۱ متر مکعب و مستقل برای هر کدام از تیمارها بود. برای جلوگیری از تاثیر بارندگی بر تیمارهای تنش، روی هر کرت توسط حفاظ هایی از جنس برزنت شفاف که قابلیت عبور نور را داشت پوشانده شد. قبل از شروع بارندگی و بر اساس پیش بینی هوا شناسی، این پوشش‌ها روی کرت‌ها را می‌پوشاندند وپس از پایان بارندگی، پوشش برزنتی حول محور لوله‌ای که روی چهار پایه بدین منظور تعبیه شده بود، جمع می‌شد. بدین ترتیب، آب باران بدون رسیدن به گیاهان و کرت آزمایشی به بیرون از محل آزمایش هدایت می‌شد. قبل از کاشت و براساس نتایج تجزیه خاک و توصیه کودی کلزا(۱)، به ترتیب میزان ۵۰، ۵۰ و. ۱۰۰کیلوگرم اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به خاک داده شد. کشت به روش جوی و پشته‌ای با فواصل ردیف ۳۰ سانتی متر و تراکم ۸۰ بوته در متر مربع درتاریخ ۱۵ مهر ماه درهر دو سال آزمایش انجام شد. هر کرت فرعی دارای ۸ ردیف کاشت به طول ۶ متر بود. آبیاری اول مزرعه به روش سیفونی انجام شد. سپس سیستم آبیاری قطره‌ای از نوع نوار مرطوب نصب گردید و تیمارهای تنش آبی از اول اسفند ماه اعمال شد. کنترل علفهای هرز به روش وجین دستی درسه مرحله صورت گرفت. وزن خشک گیاه همزمان با اندازه‌گیری‌های سطح برگ و در سه بوته از هر کرت انجام شد. برگ‌ها، ساقه‌ها و غلاف‌ها جداگانه در پاکت قرار گرفته و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و توزین گردیدند.

عملکرد دانه از برداشت نهایی کل بوته‌های یک متر مربع وسط هر کرت (که نمونه برداری‌های تخریبی فصل رشد در آن انجام نشده بود) بدست آمد. تعداد غلاف در بوته به وسیله شمارش غلاف‌های حاوی دانه و باز نشده در سه بوته از هر کرت تعیین شد. تعداد دانه در غلاف در مرحله رشد زایشی نیز به همین صورت و در سه بوته از هر کرت ودر ۳۰ غلاف که به صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف گل آذین برداشت شده بودند صورت گرفت. وزن هزار دانه در انتهای فصل رشد و از دانه‌های حاصل از برداشت نهایی به صورت ۱۰ نمونه ۱۰۰ دانه‌ای از هر کرت اندازه‌گیری و وزن هزار دانه بر اساس میانگین این نمونه‌ها تعیین گردید. در انتهای دوره رشد، درصد روغن دانه‌های برداشت شده از هر کرت اندازه گیری شد. استخراج روغن به روش سوکسله انجام شد. کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف آزمایش، با محاسبه نسبت میزان ماده خشک تولید شده به آب مصرفی خالص گیاه تعیین شد(معادله ۱).

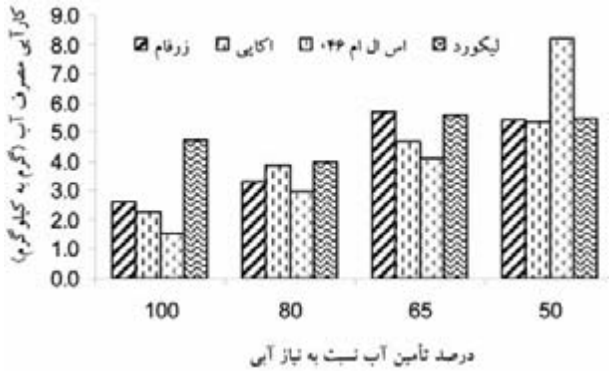
$$WUE = DM / WU \qquad \text{(معادله ۱)}$$

در این معادله DM میزان ماده خشک تولید شده یا عملکرد دانه و WU میزان آب مصرفی در تیمار شاهد و تیمارهای تنش است. کمیت WU شامل تبخیراز سطح خاک، تعرق گیاه، رواناب و زهکشی است. مقادیر رواناب و زهکشی در این آزمایش بدلیل استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای ناچیز و لذا در محاسبات صفر منظور گردید. برای محاسبه تبخیر از سطح خاک از داده‌های تشت تبخیر کلاس A استفاده شد. سازماندهی داده‌ها در برنامه Excel انجام و محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس ساده و مرکب داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار های9.1 SAS و MSTATC انجام شد.

نتایج و بحث

کارآیی مصرف آب در تولید ماده خشک

نتایج آزمایش نشان داد که کارآیی مصرف آب ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی از شرایط بدون تنش (شاهد)به طور معنی داری بیشتر بود(جدول ۱). میانگین کارآیی مصرف آب درشرایط شاهد در همه ارقام، ۲/۷۸ گرم ماده خشک بر کیلوگرم به ازای مصرف ۳۵۰۰ متر مکعب آب



شکل ۱: تفاوت کارآیی مصرف آب به ازای ماده خشک بین ارقام کلزای مورد آزمایش

جدول ۱: میانگین کارآیی مصرف آب و میزان آب مصرف شده در تیمارهای تنش و شاهد

سطوح تنش خشکی	کارآیی مصرف آب (گرم بر کیلوگرم)	میزان آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)
۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه (شاهد)	۲/۷۸	۳۵۰۰
۸۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه	۳/۵۴	۲۸۰۰
۶۵ درصد تامین نیاز آبی گیاه	۵/۰۱	۲۲۷۵
۵۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه	۶/۱۳	۱۷۵۰
LSD(P = 0.05)	۲/۸۴۱	

مورد نیاز گیاه بود. این کارآیی درتیمار تنش شدید (۵۰ درصد تامین آب) به میزان ۶/۱۳ گرم بر کیلوگرم و مصرف آب ۱۷۵۰ متر مکعب درهکتار بدست آمد.

درمقایسه بین ارقام بیشترین کارآیی مصرف آب دررقم اس ال ام ۰۴۶و تیمار ۵۰ درصد تامین نیازآبی به میزان ۸/۲۳ گرم بر کیلوگرم بدست آمد.کمترین کارآیی نیز مربوط به همین رقم درتیمار ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی حاصل شد. این موضوع نشان دهنده عدم ثبات دراین رقم دربهره برداری از آب بود وسایر ارقام نسبت به این رقم از ثبات رفتار بیشتری درشرایط تنش برخوردار بودند. لذا نقش رقم در بهره‌وری آب در مدیریت مزرعه در زراعت کلزا درشرایط تنش مهم به نظر می‌رسد. تغییرات درصد کارآیی مصرف آب در هر رقم در تیمارهای تنش نسبت به شاهد متفاوت بود به طوری که در رقم زرفام حدود ۲/۷ برابر، در رقم اکاپی حدود ۲/۴ برابر، در رقم اس ال ام ۰۴۶ حدود ۵/۳۸ برابر و در رقم لیکورد حدود ۰/۱۵ برابر بود (جدول ۲). بر اساس این نتایج با افزایش تنش خشکی، کارآیی مصرف آب درکلزا بیشتر شد(جدول ۲). جانسون و فلر(۱۹) گزارش کردند که کارآیی بالای مصرف آب لزوما توام با سرعت کم رشد برگ‌هاست و سرعت رشد برگ‌ها موثرترین عامل در حصول این کارآیی دانستند.

کارآیی مصرف آب در تولید روغن

مقایسه کارآیی مصرف آب در تولید ماده خشک و تولید روغن نشان داد که توان ارقام کلزا در تبدیل ماده خشک به روغن درشرایط تنش متفاوت است. میانگین کارآیی مصرف آب به ازای روغن در رقم زرفام با سایر ارقام اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۳). تنش خشکی

جدول ۲: اثرات متقابل تغییرات کارآیی مصرف آب و رقم نسبت به شاهد بر حسب درصد نسبت به شاهد

رقم	درصد تأمین نیازآبی	کارآیی مصرف آب (گرم بر کیلوگرم)	درصد نسبت به شاهد	تغییرات کارآیی مصرف آب در هر رقم نسبت به شاهد
زرفام	۱۰۰	۲/۶۲bcd	۱۰۰	۲/۷ برابر
	۸۰	۳/۳۲bcd	۱۲۶/۶	
	۶۵	ab۵/۷۰	۲۱۷/۳	
	۵۰	abc۵/۴۳	۲۷۰	
اکاپی	۱۰۰	cd۲/۲۷	۱۰۰	۲/۴ برابر
	۸۰	bcd۳/۸۸	۱۷۱	
	۶۵	bcd۴/۶۸	۲۰۶/۴	
	۵۰	abc۵/۳۶	۲۳۶/۴	
اس ال ام ۰۴۶	۱۰۰	d۱/۵۳	۱۰۰	۵/۳۸ برابر
	۸۰	bcd۲/۹۸	۱۹۴/۷	
	۶۵	bcd۴/۰۹	۲۶۷/۲	
	۵۰	a۸/۲۳	۵۳۷/۹	
لیکورد	۱۰۰	bcd۴/۷۰	۱۰۰	۰/۱۵ برابر
	۸۰	bcd۳/۹۹	۸۵	
	۶۵	abc۵/۵۷	۱۱۸/۴	
	۵۰	abc۵/۵۰	۱۱۶/۹	

شدید (تامین ۵۰٪ نیاز آبی) کارآیی مصرف آب درتولید روغن را بطورمعنی داری کاهش داد (جدول ۴) .

مقایسه کارآیی مصرف آب به ازای تولید ماده خشک با تولید روغن نشان داد که اثر تنش خشکی در کارآیی تولید ماده خشک افزایش و در تولید روغن کاهشی است . این نتایج نشان دهنده کمتر شدن تبدیل ماده خشک تولید

جدول ۳: کارآیی مصرف آب ارقام کلزا در تولید روغن

رقم	میانگین کارآیی مصرف آب در دو سال (گرم روغن به کیلوگرم آب)
زرفام	۰/۳۵۰۵ a
اکاپی	۰/۳۰۳۶ b
اس ال ام ۰۴۶	۰/۲۹۴۷ b
لیکورد	۰/۲۸۳۷ b

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری ندارند (P<0.05)

جدول ۴: کارآیی مصرف آب کلزا در تیمارهای تأمین نیاز آبی برای تولید روغن

درصد تأمین نیاز آبی	کارآیی مصرف آب (گرم روغن به کیلوگرم آب)
۱۰۰	۰/۳۴۰۵ a
۸۰	۰/۳۱۳۸ a
۶۵	۰/۳۰۹۴ a
۵۰	۰/۲۶۸۶ b

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری ندارند(P<0.05)

جدول ۵: مقایسه عملکرد ارقام کلزا در دو سال آزمایش

رقم	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
	سال اول	سال دوم
زرفام	۱۹۹۴/۳a	۲۵۳۵/۶a
اکاپی	۱۷۶۴/۶a	۲۲۵۵/۴b
اس.ال.ام۰۴۶	۱۹۷۹/۹a	۱۹۳۵/۹c
لیکورد	۲۰۲۲/۹a	۲۰۲۳/۸bc

درهرستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری ندارند (P<0.05).

جدول ۶: اثر تیمار تنش آبی روی عملکرد دانه کلزا

تیمار آبی(تنش خشکی)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)			
	سال اول	درصد ازشاهد	سال دوم	درصد ازشاهد
۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی(شاهد)	۲۴۲۲/۲a	۱۰۰	۲۳۲۰/۹ab	۱۰۰
۸۰ درصد تأمین نیاز آبی	۲۱۲۶/۲ab	۸۷/۸	۲۵۱۸/۴a	۱۰۸/۵
۶۵ درصد تأمین نیاز آبی	۱۷۳۰/۶bc	۷۱/۴	۲۰۹۴/۹b	۹۰/۳
۵۰ درصد تأمین نیاز آبی	۱۴۸۲/۶c	۶۱/۲	۱۸۰۶/۵c	۷۷/۸

درهرستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری ندارند (P<0.05).

شده به روغن در شرایط تنش خشکی و محدودیت آبی است. بعلاوه نسبت این کاهش هم در بین ارقام مورد آزمایش متفاوت بود. رقم زرفام دارای بیشترین کارآیی و رقم لیکورد کمترین کارآیی را در تولید روغن داشت. از آن جائی که در مدیریت تنش خشکی پاسخ به این سوال که تا چه سطحی از تنش و در چه ارقامی تولید روغن آسیب نمی‌بیند مهم می‌باشد، لذا داده‌های این تحقیق نشان داد که تا سطح ۶۵٪ تامین نیاز آبی کاهش روغن معنی‌دار نبود و دربین ارقام نیز زرفام توانایی بیشترین در تولید روغن در شرایط محدودیت تامین آب داشت (جداول ۳ و ۴).

مقایسه میانگین عملکرد دانه بین ارقام (جدول ۵ و ۶)، تفاوت عملکرد را در سال اول اندک و در سال دوم بین رقم زرفام با سایر ارقام و رقم اکاپی با اس . ال . ام ۰۴۶، معنی‌دار نشان داد . این نتایج گویای رفتار متغیر ارقام در دو سال آزمایش بود . به طور کلی عملکرد دانه ارقام لیکورد و اس . ال. ام. ۰۴۶ بین دو سال آزمایش اختلاف قابل توجهی نداشت در حالی که عملکرد ارقام زرفام و اکاپی بین دو سال در حدود ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت نشان داد (جدول۵). به نظر می‌رسد که عملکرد ارقام زرفام و اکاپی در مقایسه با دو رقم دیگر در مقابل نوسانات آب و هوایی سالانه از ثبات کمتری برخوردار می‌باشد . معنی‌دار بودن اثر سال و رقم در جدول تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه (جدول ۷) این موضوع را تأیید می کند.

بررسی داده‌های هواشناسی نشان داد که میزان نزولات در فروردین ماه (دوره گل دهی کلزا) و تاثیر آن بر رطوبت نسبی هوا در هر دو سال تقریبا یکسان بوده اما میزان بارندگی در اردیبهشت ماه (دوره پر شدن دانه‌ها) در سال اول بیشتر (۴۱/۱ میلیمتر) و در سال دوم کمتر (۳۱/۷ میلیمتر) بود(شکل ۲). در این آزمایش چون آب باران از روی کرت‌ها به وسیله باران‌گیر حذف می‌شد لذا اثر بارندگی به صورت غیر مستقیم ودر تغییر رطوبت نسبی هوا بروز می‌کرد. همچنین مقایسه وضعیت تبخیر از سطح آزاد آب نشان داد که در فروردین سال اول (۱۳۸۴) میزان تبخیر بعلت سردتر بودن هوا کمتر از میزان تبخیر در سال دوم بود (شکل ۲).

بررسی درجه حرارت حداکثر و حداقل در طول دوره رشد و در مقایسه دو سال نشان داد که در فروردین ماه سال اول آزمایش (۱۳۸۴) حداقل درجه حرارت به حدود ۵- درجه سانتی گراد رسید. در سال دوم آزمایش، درجه حرارت نسبت به سال اول از ثبات بیشتری برخوردار بود و نوسانات حرارتی کمتری بروز کرد(شکل ۲).

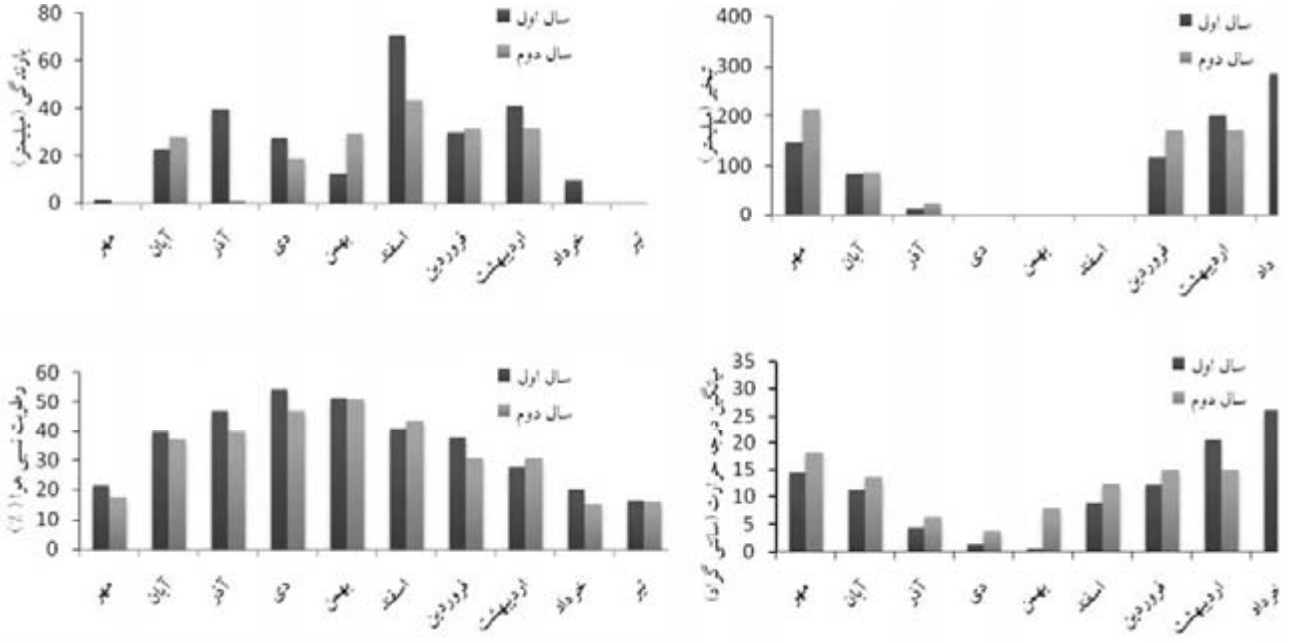
جدول ۷: نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در دو سال

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	Pr > F
سال	۱	۱۵۴۱۶۱۴/۱۶۹ **	۰/۰۰۳۹
خطا (تکرار در سال)	۴	۱۹۲۲۲۳/۲۵	۰/۱۵۶۷
تنش خشکی	۳	۲۸۱۰۹۴۸/۳۴ **	<۰/۰۰۰۱
سال*تنش خشکی	۳	۳۴۶۲۶۴/۷۶	۰/۱۱۷۸
خطا (تکرار*تنش خشکی)	۱۲	۲۳۴۱۰۶/۷۱	۰/۲۰۱۸
رقم	۳	۴۰۴۲۳۴/۵۷	۰/۰۷۸۷
تنش خشکی * رقم	۹	۲۰۹۱۸۲/۴۹	۰/۲۹۰۹
سال * رقم	۳	۶۳۷۳۰۴/۸۶ **	۰/۰۱۶۰
سال* تنش خشکی*رقم	۹	۳۳۲۳۱۶/۹۶	۰/۰۶۲۸

*معنی‌دار در سطح ۵٪، **معنی‌دار در سطح ۱٪

اثر تنش خشکی بر ماده خشک کلزا

نتایج تجزیه واریانس مرکب ماده خشک تجمعی در پایان دوره رشد و ابتدای رسیدگی فیزیولوژیکی کلزا در جدول ۷ نشان داده شده است. ماده خشک تولید شده در دو سال آزمایش با هم اختلاف معنی‌دار داشت. این نتیجه نشان می‌دهد که تنش خشکی در دو سال مختلف اثرات متفاوتی بر تجمع ماده خشک گذاشته است. علاوه بر این بین میزان ماده خشک تجمع یافته در زمان شروع گل دهی با عملکرد نهایی کلزا همبستگی وجود ندارد، به طوری که از این شاخص نمی‌توان برای پیش گویی عملکرد نهایی در کلزا استفاده کرد. سلیمان زاده و همکاران (۳) نیز در بررسی ارتباط فنولوژی و صفات فیزیولوژیک با عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا وجود چنین رابطه‌ای بین عملکرد بیولوژیک زمان گل دهی و تغییرات عملکرد دانه مشاهده نکردند.



شکل ۲: میزان بارندگی، حداقل رطوبت نسبی، تبخیر نسبی و میانگین درجه حرارت دوره آزمایش (سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵)

منابع

۱- احمدی، م.، ا. خواجه عطاری، ف. جاویدفر، ب. علیزاده، ح. امیری اوغان، م. عالم خومرام و ش. عزیزی نیا. ۱۳۸۵. نتایج تحقیقات به نژادی کلزا در سال زراعی ۱۳۸۳-۱۳۸۴. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

۲- حکمت شعار، ح. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار (ترجمه). انتشارات نیکنام. ص ۱۹-۶۲.

۳- سلیمان زاده، ح.، ن. لطیفی و ا. سلطانی. ۱۳۸۶. ارتباط فنولوژی وصفات فیزیولوژیک باعملکرد دانه درارقام مختلف کلزا (*Brassica napus* L.) تحت شرایط دیم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ج ۱۴. ش ۵.

۴- سی و سه مرده، ا.، ا. احمدی، ک. پوستینی و ح. ابراهیم زاده. ۱۳۸۴. محدودیت های روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای فتوسنتز و ارتباط آن ها با مقاومت به خشکی ارقام گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. ج ۳۵، ش ۱، ص ۹۳-۱۰۶.

۵- شریعتی، ش. و پ. قاضی شهنی زاده. ۱۳۷۹. کلزا. نشر آموزش کشاورزی. ص ۲۰.

۶- عزیزی،م. و ع. فلاح طوسی.۱۳۸۰. نتایج طرح های به نژادی و به زراعی کلزا در استان خراسان. مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان. نشریه شماره ۸۰/۲۲۱/۵۳۲ . ص. ۱۱-۱۳.

۷- علیزاده، ا. و غ. کمالی. ۱۳۸۶. نیازآبی گیاهان درایران. انتشارات آستان قدس رضوی. ص ۱۳۵-۱۶۱.

۸- فرشی، ع.، م. شریعتی، ر. جارالهی، م. قائمی، م. شهابی فر، و م. م. تولائی .۱۳۷۶. برآورد آب موردنیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور(جلد اول:گیاهان زراعی). موسسه تحقیقات خاک وآب. نشرآموزش کشاورزی. ص۱۱۴.

۹- لطیفی، ن. ۱۳۷۴. اثر کمبود رطوبت بر ویژگی‌های مرفولوژیکی، تولید ماده خشک و شاخص برداشت در مراحل قبل و بعد از گلدهی گیاه کلزا (*Brassica napus*). مجله علوم و صنایع کشاورزی. جلد ۹. شماره ۲. ص ۷۱-۸۳.

10-Boyer J. S. 1982. Plant productivity and environment. Science. 218: 443-448.

11-Boyer, J. S. 1996. Advances in drought tolerance in plants. Adv. Agron. 86:187-218.

12-Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus L.*). A review. Field Crops Res. 67:35-49.

13-Downey, R. K. 1983. Origin and description of the Brassica oilseed In: Kramer, J. K. G., F. D. Sauer and W. J. Pigden, (eds). High and low erucic acid rapeseed oils production, usage, chemistry and toxicological evaluation. Academic press. Toronto. Canada. pp. 1-20.

14-Earl, H. J., and R. F. Davis. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of Maize. Agron. J. 95:688-696.

15-Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. Crop production statistics, http://www.fao.org/docrep/010/ah864e/ah864e00.htm.

16-Foroud, N., H. H. Mundel, G. Saindon, and T. Entz. 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield, protein, and oil responses. Field Crops Res. 31:195-209.

17-Howell. T. A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated Agriculture. Agron. J. 93:281-289.

18-Jensen, C. R., V. O. Mogensen, G. Mortensen, J. K. Fildsend, , G. F. J. Milford, M.N. Andersen, and J.H. Thage. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field- grown rape (*Brassica napus* L) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Res. 47: 93-105.

19-Johnston, A. M., and D. B. Fowler. 1992. Response of no-till winter wheat to nitrogen fertilization and drought stress. Can. J. Plant Sci. 72:1075-1089.

20-Mendham, N.J., and P.A. Salisbury. 1995. Physiology, crop development, growth and yield of Brassica oilseeds. CAB International. pp.11-64.

21-Roa, M. S., and N. J. Mendham. 1991. Soil- plant - water relations of oilseed rape *(Brassica napus and B. compestris).* J. Agric. Sci. Cambridge. 117 : 197-205.

22-Schott, J.J., A. Bar-Hen, H. Monod, and F. Blout. 1994. Competition between winter rape cultivars under experimental conditions. Cahiers d'Etudes Rech. France. Agric. 3:377-383.

23-Stanhill, G. 1986. Water use efficiency. Adv. Agron. 39:53-85.

24-Struike P.C., M. Dooregeest, and J.G. Boonman. 1986. Environmental effects on flowering characteristics and kernel set of Maize (*Zea mays* L.). Netherlands J. Agric. Sci. 34:469-484.

Effects of water deficit on water use efficiency and yield of Canola cultivars (*Brassica napus* L.)

J. Vafabakhsh[1], M. Nassiri Mahallati[2], A. Koocheki[2], M. Azizi[1]

Abstract

Water deficit is a major factor influencing yield and Canola seed oil content. A two years field experiment was conducted during 2005 and 2006 growing seasons in the Agriculture Research Station of Torogh, Mashhad to evaluate response of Canola cultivars to limited water. Experimental design was a split plot with three replications in which irrigation regimes were allocated to main plots and cultivars to subplots. Irrigation treatments included 100 (R1), 80 (R2), 65 (R3) and 50 (R4) percent of water requirement based on previously determined water requirement of Canola in Mashhad. Cultivars were Zarfam, Okapi, SLM046 and Licord. The results showed that yield and yield components were significantly affected by drought stress in two years. In R3 seed yield was decreased at first year however, at R4 decreased seed yield was observed in both years. Water use efficiency in all stress treatments was higher than control. Average of WUE at all cultivars in control treatment was 2.78 g per kilogram by 3500 m^3 watered requirement and 6.13 g per kilogram by 1750 m^3 watered requirement in severe stress. The highest and lowest WUE observed in SLM046 in R4 and R1 treatments by 8.20 and 1.52 g per kilogram. These results showed considerable differences between Canola cultivars regarding to WUE and yield analysis. In addition the ability of oil production by canola cultivars under drought stress is not followed by seed yield. This ability to produce seed yield is so less than oil content.

Keyword: Canola, drought, yield, water use efficiency, harvest index, leaf area index.

1. Contribution from Agricultural and Natural Resources Research Center of Khorasan and College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.