

اثر تنش کم آبی در مراحل انتهایی رشد بر عملکرد و کیفیت روغن دانه ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)

علی اکبر صادقی نژاد^۱، سید علی محمد مدرس ثانوی^۲، سید علی طباطبایی^۳ و کمال السادات اسپلان^۴
۱، دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران، ۳، استادیار مرکز
تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، ۴، استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه پیام نور کرج
(تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۱۷ - تاریخ تصویب: ۹۱/۵/۳)

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش کم آبی در مراحل انتهایی رشد بر عملکرد و کیفیت روغن دانه ارقام کلزا، آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی بهمن شهرستان ابرکوه انجام گرفت. در این آزمایش تیمار آبیاری بعنوان عامل اصلی در ۴ سطح شامل، (I₁) آبیاری معمول بر اساس تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده، (I₂) آبیاری بر اساس تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده از مرحله ساقه‌دهی تا رسیدگی، (I₃) آبیاری بر اساس تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده از مرحله گلدهی تا رسیدگی، (I₄) آبیاری بر اساس تخلیه ۵ درصد سطح شامل، هایولا ۴۰۱، زرفام، مدنا، ساریگل و آپشن ۵۰۰ مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ارقام و سطوح آبیاری برای عملکرد دانه، درصد روغن، درصد پروتئین و میزان گلوکوزینولات کنجاله و اسیدهای چرب وجود داشت (۰/۰۱ < P). تنش کم آبی سبب کاهش عملکرد دانه (I₁:۱۰٪، I₂:۲۶٪، I₃:۲۸٪، I₄:۴/۳٪)، درصد روغن (I₁:۶/۲٪، I₂:۵/۶٪، I₃:۵/۷٪، I₄:۶/۷٪)، اسید اولئیک (I₁:۱٪، I₂:۱۱٪، I₃:۱۱٪، I₄:۶/۷٪) و اسید لینولئیک (I₁:۳٪، I₂:۱/۶٪، I₃:۱/۲٪، I₄:۰/۲٪) شد در حالی که درصد پروتئین (I₁:۱۷۱٪، I₂:۱۰۹٪، I₃:۱۵۵٪، I₄:۶/۳٪) را افزایش داد. بیشترین میزان پروتئین کنجاله (۵۰/۲٪) و اسید لینولئیک (۱۹/۴٪) در سطح I₄ رقم زرفام و بیشترین میزان اسید اولئیک (۷۰/۷٪) در سطح I₁ رقم مدنا بدست آمد. همچنین در بین ارقام هایولا ۴۰۱ کمترین میزان گلوکوزینولات (۱۹/۹ میکرومول بر گرم) را داشت. در این بررسی ارقام زرفام و هایولا ۴۰۱ (به ترتیب با ۴۰۰۶ و ۳۹۹۱ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد دانه را داشتند. با توجه به نتایج ارقام هایولا ۴۰۱ و زرفام به لحاظ عملکرد دانه، روغن و پروتئین بالا در منطقه مورد مطالعه و در بین تیمارهای بررسی شده برتر بودند ولی بهترین کیفیت روغن (به لحاظ کمترین میزان اسید چرب اشباع (۰/۶٪)) از ارقام مدنا و ساریگل بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش کم آبی، رقم، عملکرد دانه و روغن، اسیدهای چرب، گلوکوزینولات.

نمو را در گیاهان کاهش می‌دهند (Cheong et al., 2003). تنش خشکی مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات در سیستم های کشاورزی در مناطق خشک

مقدمه

گیاهان پیوسته توسط عوامل تنش‌زا تحت تأثیر قرار گرفته و بعضی از این تنش‌ها مانند تنش خشکی رشد و

تأثیر را بر روغن و اسیدهای چرب کلزا دارد (Bouchereau et al., 1996). حفظ شرایط رطوبت مناسب خاک باعث خواهد شد که زمان گلدهی طولانی شده و در نتیجه تعداد دانه، خورجین، وزن دانه و در نتیجه عملکرد افزایش یابد و در بعضی موارد سبب افزایش کمیت و کیفیت روغن شود (Asadi & Faraji, 2009). نتایج تحقیقات حاکی از یک همبستگی منفی بین درصد روغن و پروتئین در نباتات روغنی است (Jensen et al., 1996). تنش رطوبتی باعث کاهش اسیدهای چرب لینولئیک و لینولئیک و افزایش اسید چرب اولئیک می‌شود (Alyari et al., 2000). Flagella (2002) گزارش کردند که آبیاری با تأثیر بر میزان دو اسید چرب اولئیک و لینولئیک، کیفیت روغن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با عنایت به این که همه ساله سهم قابل توجهی از بودجه کشور سهم خرید روغن و همچنین محصولات جانبی دانه‌های روغنی مانند کنجاله می‌گردد و از طرفی کلزا به عنوان یکی از مهمترین گیاهان روغنی در سطح جهان مطرح می‌باشد و با توجه به این که کشور ایران دارای منابع آب محدود است و خشکی و کم آبی در ایران همواره از مهمترین مسائل و مشکلات کشاورزی است این تحقیق با اهداف، بررسی اثر تنش کمبود آب بر عملکرد و کیفیت روغن ارقام گیاه کلزا و مقایسه ارقام کلزای مورد آزمایش از نظر عملکرد و کیفیت روغن در شرایط تنش کمبود آب انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی مرکز جهاد کشاورزی بهمن شهرستان ابرکوه واقع در ۱۴۰ کیلومتری یزد انجام گرفت. براساس آمار آب وهوایی و با توجه به منحنی آمبروترمیک، منطقه مورد نظر جزء مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ و خصوصیات آب وهوایی محل اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. این آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمار آبیاری بعنوان عامل اصلی شامل، (I₁) آبیاری معمول بر اساس تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده، (I₂) آبیاری بر اساس تخلیه ۸۰ درصد آب قابل

و نیمه خشک به حساب می‌آید (Debaeke & Abdallah, 2004). بر اساس تحقیقات انجام شده مشاهده می‌شود که کاهش عملکرد به علت خشکی در جهان تا ۷۰ درصد قابل افزایش است (Chark, 1991). دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی مورد نیاز جوامع انسانی به شمار می‌روند. کلزا (*Brassica napus* L.)، یکی از مهمترین گیاهان زراعی است که در سطح دنیا جهت استخراج روغن کشت می‌شود و از بیشترین میزان رشد سالانه سطح زیر کشت در بین گیاهان روغنی مهم جهان برخوردار می‌باشد و پس از سویا و نخل روغنی در جایگاه سوم تولید قرار دارد (AL-Barrak, 2006). روغن با ارزش‌ترین جز دانه کلزا است و اگرچه میزان و ترکیب آن عمدتاً به صورت ژنتیکی تعیین می‌شود، (Fieldsend et al., 1991) ولی به مقدار قابل توجهی نیز تحت تأثیر شرایط محیطی مانند دما و رطوبت قرار می‌گیرد (Gunasekera et al., 2006). خصوصیات کیفی هر نوع روغن بستگی به ترکیب اسیدهای چرب آن دارد و یکی از اهداف اصلاحی در کلزا علاوه بر کمیت روغن، افزایش کیفیت روغن می‌باشد (Azizi et al., 1999). روغن کلزا به سبب داشتن کمترین اسیدهای چرب اشباع، میزان متعادلی از اسیدهای چرب غیراشباع و فقدان کلسترول، از کیفیت غذایی بالایی برخوردار است (Starnner et al., 2002). از طرفی وجود مقدار نسبتاً زیادی پروتئین در کنجاله کلزا، توأم با ترکیب متوازن اسیدهای آمینه در آن، باعث می‌شود کنجاله کلزا به عنوان یک منبع با ارزش پروتئین در جیره غذایی غیرنشخوار کننده، مطرح باشد (Azizi et al., 1999). میزان عملکرد و درصد روغن دانه در سودآوری تولید کلزا اهمیت بسزایی دارند (Robertson Holland, 2004). میزان روغن دانه توسط دما (Pritchard et al., 2000) و کمبود آب (Merrien, 1996) در طی دوره پر شدن دانه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. آبیاری می‌تواند موجب افزایش مقدار روغن کلزا شود (Krogman & Hobbs, 1975) در صورتی که تنش خشکی (Mailer & Cornish, 1987) موجب کاهش آن می‌شود. اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژی گیاه کلزا اثرات متفاوتی در میزان روغن آن دارد. تنش در مرحله گل‌دهی بیشترین

استفاده از مرحله ساقه‌دهی (کد ۲/۰۱) تا رسیدگی (کد ۶/۹)، (I_۲) آبیاری بر اساس تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده از مرحله گل‌دهی (کد ۴) تا رسیدگی (کد ۶/۹)، (I_۳) آبیاری بر اساس تخلیه ۸۰ درصد آب قابل استفاده از مرحله دانه‌بندی (کد ۶/۱) تا رسیدگی (کد ۶/۹) بر اساس "کدبندی سیلویستر برادلی و میکپیس (Sylvester-Bradley & Makepeace, 1984)" و ارقام کلزا به عنوان فاکتور فرعی شامل، (V_۱) هایولا ۴۰۱-، (V_۲) زرفام، (V_۳) مدنا، (V_۴) ساریگل و (V_۵) آپشن ۵۰۰ مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی

عمق نمونه برداری (cm)		۰-۳۰	۳۰-۶۰
بافت	لومی	لومی	لومی
اسیدیته گل اشباع (pH)	۷/۵۳	۷/۳۸	
هدایت الکتریکی (EC×10 ³)	۴/۰۷	۳/۱۱	
کربن آلی (%)	۰/۶۶	۰/۵۴	
نیترژن کل (%)	۰/۰۵	۰/۰۴	
فسفر قابل جذب (ppm)	۵/۴۲	۲/۱۱	
پتاس قابل جذب (ppm)	۲۷۲	۲۳۱	

جدول ۲- میانگین ماهیانه دما، رطوبت نسبی و بارندگی در سال اجرای آزمایش

ماه های سال	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
میانگین دما (°C)	۲۰/۳	۱۵/۳	۶/۹۵	۷/۹	۹/۱	۱۵/۵	۱۷/۳	۲۲/۲	۲۷
میانگین رطوبت نسبی (%)	۲۰	۳۴/۵	۵۸/۵	۴۶	۴۱	۲۸	۳۴	۳۰	۱۶
بارندگی (mm)	۰	۲	۲۲/۹	۰/۲	۳/۴	۰/۹	۱۶	۱۶/۱	۰

هر واحد آزمایشی شامل ۴ خط کاشت به طول ۶ متر و به فاصله ۳۰ سانتی‌متر بود. کاشت روی خطوط کاشت و در عمق ۲-۱ سانتی‌متری، فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف ۴ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌های فرعی ۱ متر و کرت‌های اصلی ۲ متر و بین تکرارها نیز ۳ متر در نظر گرفته شد. مصرف کود بر اساس آزمایش تجزیه خاک صورت گرفت. عملیات کاشت بصورت دستی و در ۱۵ مهرماه انجام شد. برای تراکم مناسب در هر کرت، در مرحله ۴ تا ۶ برگی اقدام به تنک گیاهان گردید تا تراکم مطلوب (حدود ۸۰ بوته در متر مربع) حاصل آید. اعمال تنش با اندازه‌گیری رطوبت خاک قبل از آبیاری انجام گرفت. جهت تعیین دقیق زمان آبیاری، در فاصله بین دو آبیاری و با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری، روزانه از هر پلات اصلی، یک پلات فرعی بطور تصادفی انتخاب و توسط آگر نمونه‌هایی از خاک مزرعه در منطقه مؤثر ریشه که تابعی از مرحله رشد گیاه است نمونه‌برداری شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از رسیدن درصد رطوبت وزنی خاک به میزان تعیین شده جهت اعمال تیمار آبیاری از رابطه زیر حجم آب آبیاری (Vw) بر

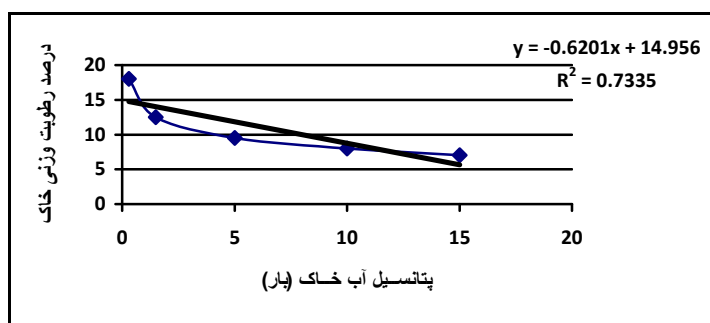
حسب متر مکعب برای هر سطح آبیاری محاسبه شد (Alizadeh, 1999). (رابطه ۱): $Vw = [(FC - \theta) \cdot BD \cdot D \cdot A] / ea$ در این رابطه FC درصد وزنی رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی، θ درصد وزنی رطوبت خاک هنگام نمونه برداری، BD وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، D عمق مؤثر توسعه ریشه گیاه بر حسب متر، A مساحت کرت بر حسب متر مربع و ea راندمان مصرف آب آبیاری در مزرعه بر حسب درصد است.

پس از محاسبه مقدار آب لازم بر اساس تیمارهای تنش کمبود آب، کرت‌ها با استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن و به صورت آبیاری سطحی آبیاری گردید و دبی آب عبوری توسط کنتور اندازه‌گیری شد. حجم آب آبیاری در تیمار I_۱ ۶۴۶۷ متر مکعب در هکتار، I_۲ ۵۳۴۳ متر مکعب در هکتار، I_۳ ۵۶۵۴ متر مکعب در هکتار و I_۴ ۶۰۵۵ متر مکعب در هکتار بود. عملکرد دانه پس از رسیدن فیزیولوژیک در هر تیمار بر حسب کیلوگرم در هکتار برای هر کرت ثبت گردید. درصد روغن و پروتئین کنجاله کلزا با استفاده از دستگاه اینفراماتیک

بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل واریان، ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد. تمام آزمایش‌ها در آزمایشگاه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد.

در این تحقیق از نرم‌افزار SAS برای تجزیه واریانس داده‌ها استفاده گردید و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار MSTATC ($P < 0.05$) استفاده شد. همچنین رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

Inframatic (8620). ساخت کشور سوئد که بر اساس طیف سنجی نور مادون قرمز عمل می‌کند) اندازه‌گیری شد. عملکرد روغن و پروتئین به ترتیب از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن و درصد پروتئین بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. میزان اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه گازکروماتوگرافی (نوع سیستم Unicam 4600، ساخت کشور انگلیس، با ستون کاپیلاری، دمای تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و نوع گاز مورد استفاده هلیوم) و میزان گلوکوزینولات کنجاله



شکل ۱- منحنی رطوبتی خاک محل آزمایش

کاهش عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۲۸/۲۶، ۲۶/۰۴ و ۹/۸۸ درصد گردیدند. تیمار I₁ با ۴۱۰۳/۶ کیلوگرم در هکتار و تیمار I₂ با ۲۹۴۳/۶ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳).

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اثرات سطوح آبیاری و رقم برای این صفت معنی‌دار بودند ($P < 0.01$) (جدول ۴). تیمارهای I₂ و I₃ و I₄ باعث

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد در ارقام کلزا در سطوح مختلف اثر اصلی آبیاری و رقم

تیمار	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه ($kg \cdot h^{-1}$)
I ₁	۱۸۰/۶۰a	۲۱/۱۶a	۳/۹۴a	۴۱۰۳/۶a
I ₂	۱۲۸/۶b	۱۷/۲۸c	۳/۳۲b	۲۹۴۳/۶c
I ₃	۱۲۴/۱b	۱۷/۵۷c	۳/۳۲b	۳۰۳۴/۸c
I ₄	۱۷۶/۸۶a	۱۹/۷۸b	۳/۳۴b	۳۶۹۷/۸b
هایولا ۴۰۱	۱۸۳/۳a	۲۰/۵۹b	۳/۹۱a	۳۹۹۱/۸a
زرغام	۱۶۰/۴b	۲۲/۳۵a	۳/۲۸c	۴۰۰۶/۱a
مدنا	۱۲۵c	۱۸/۲c	۲/۷۷d	۳۴۸۸/۲b
ساریگل	۱۹۲a	۱۷/۹۶c	۳/۳۲c	۳۲۲۲/۹b
آپشن ۵۰۰	۱۰۱/۸d	۱۵/۶۳d	۳/۵۹b	۲۵۱۵/۹c

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر حسب آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ می‌باشند.

دانه شده و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافته است. گزارش شده که خشکی از طریق اثر روی ظرفیت‌های بیوشیمیایی در جذب کربن، می‌تواند بر عملکرد تأثیر

علت عملکرد بیشتر دانه در تیمار I₁ وجود آب کافی در دسترس گیاه می‌باشد که باعث افزایش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار

ثبات عملکرد نسبتاً بیشتری در مناطق دارای خشکی دیر هنگام می‌باشند (Fukai, 1999)، که در نتایج به دست آمده، عملکرد رقم هایولا ۴۰۱ کمتر کاهش یافته که یکی از دلایل این موضوع زودرسی این رقم می‌باشد.
درصد روغن
 اثرات آبیاری و رقم برای این صفت معنی‌دار بودند (جدول ۴) ($P < 0.01$).

بگذارد (Tezara et al., 1999; Parry et al., 2002). ارقام زرفام و هایولا ۴۰۱ بیشترین و رقم آپشن ۵۰۰ کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). علت عملکرد بالاتر ارقام هایولا ۴۰۱ و زرفام در این بررسی تولید بالاتر اجزای عملکرد این دو رقم نسبت به ارقام دیگر می‌باشد. اصولاً وقوع تنش در اواخر فصل رشد عملکرد گیاهان دیررس را بیشتر از گیاهان زودرس کاهش می‌دهد (Jerakongman et al., 1995) و ارقام زودرس دارای

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین، عملکرد روغن و میزان گلوکوزینولات ارقام کلزا

منابع تغییر	درجه	عملکرد دانه	روغن دانه	پروتئین	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین	گلوکوزینولات
آزاد	ی			کنجاله			ت کنجاله
تکرار	۲	۸۹۰۴۵/۲۴	۱/۶۱	۹/۳۰۷	۱۱۶۴۵/۵۷	۱۲۱۸۸/۴۱	۱۵۵/۶۷
آبیاری	۳	۴۵۸۶۴۶۲/۴۴ ^{**}	۲۲/۴۵ ^{**}	۵/۶۳۵ ^{**}	۱۱۱۵۳۵۳/۱۲ ^{**}	۲۳۲۲۶/۱۲ ^{**}	۱۷۳۷/۰۹ ^{**}
خطای اصلی	۶	۸۰۳۱۸/۲۶	۰/۳۹	۰/۴۸۴۸	۱۲۸۲۰/۶۵	۵۳۰۴/۴۲	۵۵/۷۰
رقم	۴	۴۵۸۴۹۲۵/۱۵ ^{**}	۲۰/۹۱ ^{**}	۱۳۲/۰۰۲ ^{**}	۷۸۸۵۳۲/۵۱ ^{**}	۴۱۴۸۰۶/۰۸ ^{**}	۶۹۲/۴۸ ^{**}
آبیاری × رقم	۱۲	۵۳۰۴۸/۳۹	۰/۴۶	۶/۲۱۸ ^{**}	۶۶۷۷/۳۷	۶۵۴۵/۴۴	۷۱/۳۹
خطای فرعی	۳۲	۱۰۲۰۱۶/۸۳	۰/۲۲	۰/۹۶۳	۱۹۰۷۰/۹۵	۷۶۶۵/۱۰	۴۹/۴۸
ضریب		۹/۲۷	۱/۱۴	۲/۲۲	۹/۶۱	۹/۸۷	۲۴/۱۸

تغییرات(%)

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۵٪ و ۱٪

تأثیر مستقیم خشکی بر سیستم فتوسنتزی کاهش داده و از مقدار هیدرات‌های کربن کاسته می‌گردد. از طرفی به دلیل اینکه در تنش کم آبی، طول دوره رشد گیاه کمتر می‌شود فرصت کافی برای سنتز پروتئین‌ها و قند-های ذخیره شده دانه وجود نخواهد داشت و بنابراین درصد روغن دانه کاهش خواهد یافت. آبیاری کامل باعث افزایش فتوسنتز ارقام شده و مقدار ذخیره هیدرات‌های کربن افزایش می‌یابد و لذا درصد روغن زیاد می‌شود (Alyari et al., 2000). ارقام مدنا و آپشن ۵۰۰ بیشترین

درصد روغن در سطوح I₂، I₃ و I₄ به ترتیب ۵/۶۷، ۶/۲۲ و ۴/۳۸ درصد کاهش یافت. بیشترین و کمترین درصد روغن به ترتیب مربوط به سطوح آبیاری I₁ و I₃ بود (جدول ۵).
 آبیاری موجب افزایش مقدار روغن کلزا شد (Krogman & Hobbs, 1975) در صورتی که تنش خشکی موجب کاهش آن می‌شود (Mailer & 1987).
 Cornish, تنش کم آبی، مقدار فتوسنتز خالص را به دلیل کاهش ورود CO₂ به واسطه بسته شدن روزنه‌ها و

و رقم هایولا ۴۰۱ کمترین میزان درصد روغن را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه و صفات کیفی ارقام کلزا در سطوح مختلف اثر اصلی آبیاری و رقم

تیماها	روغن دانه (%)	پروتئین کنجاله (%)	عملکرد روغن (kg.h ⁻¹)	عملکرد پروتئین (kg.h ⁻¹)	کلکوزینولات کنجاله (Mmol/g ⁻¹)
I ₁	۴۳/۳۵a	۴۳/۵۲c	۱۷۷۹/۹۵a	۱۰۱۲/۹۹a	۱۳/۹۲c
I _۲	۴۰/۸۹b	۴۲/۶۱bc	۱۲۰۲/۱۴c	۷۵۸/۴۲b	۲۵/۵۸ab
I _۳	۴۰/۶۵c	۴۴/۲۲ab	۱۲۳۳/۷۷c	۸۰۲/۹b	۲۹/۱b
I _۴	۴۱/۴۵b	۴۴/۸۴a	۱۵۳۱/۸۲b	۹۷۰/۴۶a	۳۷/۷۶a
هایولا ۴۰۱	۴۰/۸۵c	۴۴/۱۳c	۱۶۳۴/۷۶a	۱۰۴۰/۷۳a	۱۹/۹۳c
زرغام	۴۲/۱۸b	۴۷/۶۹a	۱۶۹۸/۰۷a	۱۱۰۲/۸۷a	۳۱/۰۷b
مدنا	۴۲/۶۵a	۴۳/۶۸c	۱۴۹۱/۲۴b	۸۶۹/۸۲b	۲۸/۱b
ساریگل	۳۹/۶۲d	۳۸/۳۸d	۱۲۸۲/۳۳c	۷۵۴/۶۸c	۴۰/۵۴a
آپشن ۵۰۰	۴۲/۶۳a	۴۵/۸۹b	۱۰۷۸/۲۲d	۶۶۲/۸۶d	۲۵/۸۱bc

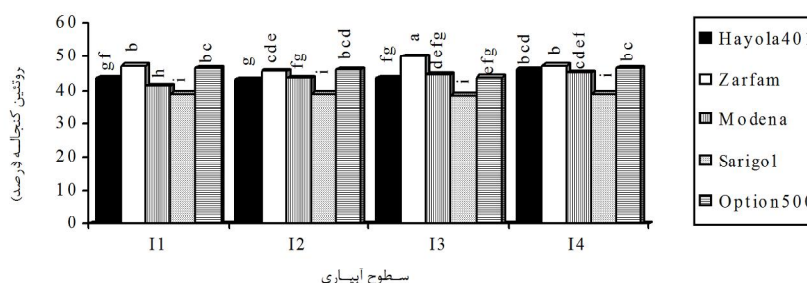
در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر حسب آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ می‌باشند.

عملکرد روغن

اثرات آبیاری و رقم بر عملکرد روغن معنی‌دار بودند (جدول ۴). آبیاری در سطوح I₂، I₃ و I₄ عملکرد روغن را کاهش داد. بیشترین و کمترین عملکرد روغن به ترتیب مربوط به تیمارهای I₁ و I₂ می‌باشد (جدول ۵). کاهش عملکرد روغن را می‌توان ناشی از کمبود رطوبت خاک، کاهش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی، کاهش تخصیص مواد به بخش‌های مختلف گیاه و در نتیجه نرسیدن عملکرد گیاه به پتانسیل ژنتیکی خود دانست (Flagella et al., 2002). تحقیقات Faraji et al. (2008) نشان داد که انجام آبیاری تکمیلی در کلزا از طریق افزایش عملکرد دانه و درصد روغن سبب افزایش عملکرد روغن کانولا شد. ارقام زرغام و هایولا ۴۰۱ بالاترین عملکرد روغن و رقم آپشن ۵۰۰ کمترین آن را داشتند (جدول ۵).

درصد پروتئین

اثرات آبیاری، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار است (جدول ۴). بر اساس نتایج موجود تنش کم آبی باعث افزایش میزان پروتئین کنجاله گردید. بیشترین میزان پروتئین کنجاله در سطح آبیاری I₄ بدست آمد (جدول ۵). تنش رطوبتی مانند درجه حرارت بالا در زمان رسیدگی، درصد روغن را کاهش و درصد پروتئین را افزایش می‌دهد (et al., 1999). افزایش پروتئین کنجاله در شرایط تنش ممکن است به دلیل انباشت پروتئین‌های شوک تنش در دانه‌های در حال رشد و رسیده باشد (Giornini & Galili, 1991). ارقام زرغام و ساریگل به ترتیب بیشترین و کمترین درصد پروتئین را داشتند (جدول ۵). در تمام سطوح آبیاری ارقام زرغام و ساریگل به ترتیب بیشترین و کمترین درصد پروتئین کنجاله را دارا بودند (شکل ۲).



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری و رقم بر درصد پروتئین کنجاله ارقام مورد مطالعه کلزا

عملکرد پروتئین را کاهش داد. بیشترین عملکرد پروتئین به تیمارهای I₁ و I₄ و کمترین آن به I₂ و I₃ تعلق داشت (جدول ۵). علت عملکرد بالای پروتئین در

عملکرد پروتئین

عملکرد پروتئین تحت تاثیر آبیاری و رقم قرار گرفت (جدول ۴). تنش کم آبی در سطوح I₂، I₃ و I₄

زمانی که در دانه‌ها در حال پر شدن هستند و با تنش کم آبی مواجه می‌شوند مقدار گلوکوزینولات بافت‌های رویشی و مخصوصاً گلوکوزینولات‌های موجود در خورجین‌ها که به گفته De March et al. (1989) محل اصلی سنتز گلوکوزینولات‌ها هستند توزیع مجدد یافته و وارد دانه‌ها می‌شوند (Booth et al., 1991). بیشترین و کمترین میزان گلوکوزینولات به ترتیب مربوط به رقم ساریگل و آپشن ۵۰۰ بود (جدول ۵).

اسید پالمیتیک

اثرات آبیاری و رقم بر میزان اسید پالمیتیک معنی‌دار بودند ($P < 0.01$) (جدول ۶).

تیمارهای I₁ و I₄، تولید عملکرد دانه بالاتر در این سطوح بود. ارقام زرفام و هایولا ۴۰۱ بیشترین و رقم آپشن ۵۰۰ کمترین عملکرد پروتئین را داشتند (جدول ۵).

گلوکوزینولات

میزان گلوکوزینولات کنجاله تحت تاثیر سطوح آبیاری و رقم قرار گرفت ($P < 0.01$) (جدول ۴). تنش کم آبی در هر سه سطح I₂، I₃ و I₄ میزان گلوکوزینولات را افزایش داد. بیشترین و کمترین میزان گلوکوزینولات مربوط به تیمارهای I₄ و I₁ می‌باشد (جدول ۵). Mailer & Cornish (1987) و Jensen et al. (1996) گزارش کردند که مقدار گلوکوزینولات در تنش خشکی افزایش می‌یابد.

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات درصد اسیدهای چرب، میزان کل اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در ارقام کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	اسید پالمیتیک	اسید استئاریک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک	کل اسیدهای چرب اشباع	کل اسیدهای چرب غیراشباع
تکرار	۲	۰/۲۴	۰/۶۳	۰/۷۶	۰/۳۶	۰/۴۸	۰/۹۳**	۰/۸۶**
آبیاری	۳	۰/۱۲**	۰/۰۲	۱/۶۹**	۳/۶۸**	۱/۱۸**	۰/۲۰	۰/۲۲
خطای اصلی	۶	۰/۰۱۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴
رقم	۴	۱۵/۸۹**	۴/۰۱**	۲۵/۸۱**	۶/۷۴**	۱۳/۱۸**	۱۰/۸۵**	۱۰/۹۳**
آبیاری×رقم	۱۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۳/۴۱**	۳/۵۲**	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
خطای فرعی	۳۲	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۱۱
ضریب تغییرات (%)		۵/۲۹	۱۰/۹۴	۰/۴۹	۲/۰۶	۳/۳۵	۴/۳۵	۰/۳۷

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح آماری ۵٪ و ۱٪.

تنش کم آبی تأثیری روی اسید استئاریک ندارد. رقم ساریگل دارای بیشترین و ارقام مدنا و زرفام کمترین میزان این اسید چرب را دارا می‌باشند (جدول ۷).

اسید اولئیک

اثرات آبیاری، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار بودند ($P < 0.01$) (جدول ۶). تنش کم آبی در هر سه سطح I₂، I₃ و I₄ میزان اسید اولئیک را کاهش داد (جدول ۷). Unger & Paul (1982) نیز بین میزان آب در دسترس و میزان اسید اولئیک، همبستگی مثبت مشاهده کردند. یکی از عمده‌ترین اسیدهای چرب غیر اشباع در کلزا اسید اولئیک می‌باشد. بر اساس نتایج

تنش کم آبی این صفت را افزایش داد (جدول ۷). Stefanoudaki et al. (2001) نیز گزارش کردند تنش رطوبتی باعث افزایش اسیدهای چرب اشباع، به ویژه اسید پالمیتیک می‌شود. ارقام آپشن ۵۰۰ و ساریگل به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان اسید پالمیتیک بودند (جدول ۷).

اسید استئاریک

اثر رقم بر این صفت معنی‌دار بود ($P < 0.01$) (جدول ۶). تنش کم آبی و آبیاری نرمال واکنش‌های یکسانی را برای این صفت داشتند (جدول ۷). گزارش‌های Baldini et al. (2002) نیز نشان داد که

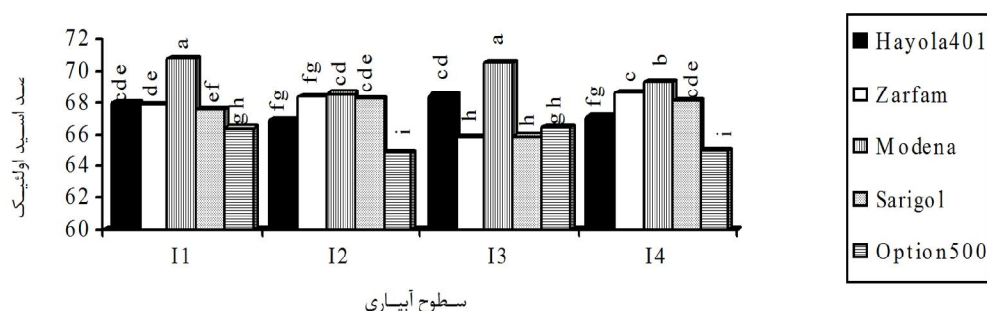
می‌گردد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (2010 Movahhedi dehnavi et al., همچنین در مطالعه دیگری تنش کم آبی باعث کاهش ۱۵ درصدی در میزان اسید اولئیک آفتابگردان گردید (Baldini et al., 2002). محققان گزارش کردند که کاهش اسید اولئیک می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت آنزیم دی‌سچوراز (9-□ desaturase) باشد که پیش ماده سازنده اسید اولئیک توسط اسید استئاریک می‌باشد (Stymme & Appelqvist, 1980). ارقام مدنا و آپشن ۵۰۰ به ترتیب بیشترین و کمترین این صفت را داشتند (جدول ۷). همچنین در تمام سطوح آبیاری، رقم مدنا بیشترین میزان اسید اولئیک را داشت (شکل ۳).

(شکل ۳) با افزایش تنش کم آبی مقدار اسید اولئیک کاهش پیدا کرد دلیل کاهش درصد اسید اولئیک با افزایش شدت تنش ممکن است در نتیجه افزایش درصد اسید چرب لینولئیک باشد. با تنش خشکی طول دوره رشد و ظرفیت مخزن کاهش یافته، در نتیجه زمان کافی برای تولید اسیدهای چرب غیر اشباع کاهش می‌یابد (Tohidi Moghadam et al., 2011). نتایج متفاوتی در مورد اثر تنش کم آبی بر میزان اسید اولئیک در گیاهان متفاوت بدست آمده به طوری که نتایج مطالعه‌ای نشان داد که تنش آبیاری بر این اسید در ارقام مختلف گیاه کلزا تاثیر معنی‌داری ندارد (Zarei et al., 2010)، اما در آزمایش دیگری روی گیاه کتان مشاهده شد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌داری در میزان اسید اولئیک

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات درصد اسیدهای چرب، درصد کل اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع ارقام کلزا در سطوح مختلف آبیاری و رقم

تیمارها	اسید پالمیتیک	اسید استئاریک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولئیک	کل اسیدهای چرب اشباع	کل اسیدهای چرب غیر اشباع
I ₁	۵/۴۲b	۲/۱۱a	۶۸/۱a	۱۶/۴۸b	۷/۸۲a	۷/۵۴b	۹۲/۴۱a
I ₂	۵/۶۲a	۲/۱۲a	۶۷/۳۷c	۱۷/۵۹a	۷/۲۴b	۷/۷۵a	۹۲/۲۱ab
I ₃	۵/۶۱a	۲/۲۱a	۶۷/۴۲c	۱۷/۴۲a	۷/۲۹b	۷/۸۲a	۹۲/۱۴b
I ₄	۵/۶a	۲/۱۴a	۶۷/۶۳b	۱۷/۳۵a	۷/۲۳b	۷/۷۴a	۹۲/۲۲ab
هایولا ۴۰۱	۵/۶۹c	۲/۵۴b	۶۷/۶۱b	۱۶/۰۶d	۸/۰۳b	۸/۲۴b	۹۱/۷۱c
زرغام	۶/۱۲b	۱/۵۴d	۶۷/۶۶b	۱۷/۴۷b	۷/۱۶c	۷/۶۶c	۹۲/۲۹b
مدنا	۵/۰۷d	۱/۷d	۶۹/۸a	۱۷/۵۱b	۵/۸۷d	۶/۷۷d	۹۳/۱۸a
ساریگل	۳/۹۳e	۲/۹۲a	۶۷/۴۱b	۱۶/۹۶c	۸/۷۳a	۶/۸۵d	۹۳/۱۱a
آپشن ۵۰۰	۷/۰۰a	۲/۰۳c	۶۵/۶۶c	۱۸/۰۶a	۷/۲۱c	۹/۰۳a	۹۰/۹۳d

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر حسب آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰.۰۵٪ می‌باشند.



شکل ۳- اثر متقابل آبیاری و رقم بر درصد اولئیک اسید ارقام مورد مطالعه کلزا

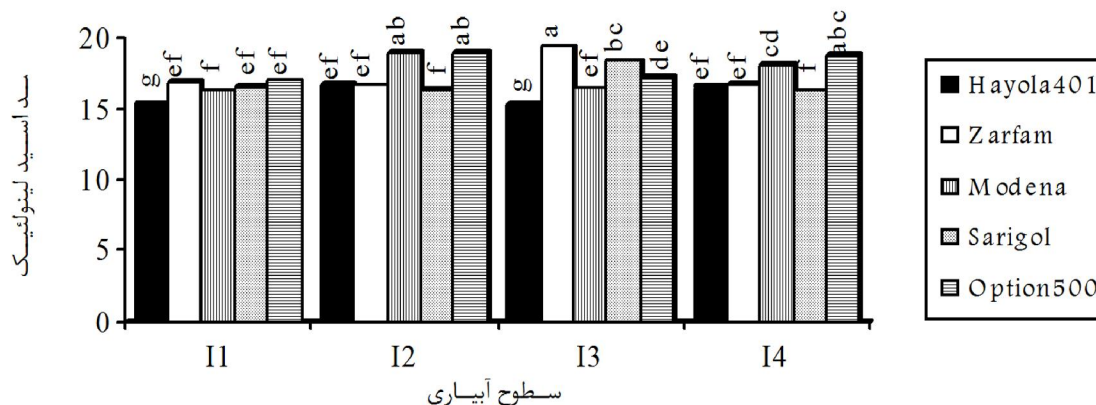
I₂, I₃ و I₄ صفت مذکور به ترتیب ۶/۳۱، ۵/۳۹ و ۵/۰۱ درصد افزایش یافت. در تیمار I₂ بیشترین و در تیمار I₁ کمترین میزان این اسید چرب بدست آمد (جدول ۷).

اسید لینولئیک

اثرات آبیاری و رقم و اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار بودند ($P < 0.01$) (جدول ۶). در سطوح آبیاری

(جدول ۷). بیشترین درصد اسید لینولئیک از اثر متقابل I_3V_2 و کمترین آن از اثر متقابل I_1V_1 و I_3V_1 بدست آمد (شکل ۴).

Santonoceto et al. (2003) گزارش کردند تنش کم آبی میزان اسید اولئیک را کاهش و میزان اسید لینولئیک را افزایش می‌دهد. رقم آپشن ۵۰۰ بیشترین و رقم هایولا ۴۰۱ کمترین میزان این صفت را دارا بودند



شکل ۴- اثر متقابل آبیاری و رقم بر درصد لینولئیک اسید ارقام مورد مطالعه کلزا

اسید چرب تأثیر گذار باشد (Baldini et al., 2002). رقم آپشن ۵۰۰ بیشترین و ارقام ساریگل و مدنا کمترین میزان کل اسیدهای چرب اشباع را به خود اختصاص دادند. (جدول ۷).

نتیجه گیری کلی

در این بررسی تنش کم آبی با کاهش اجزای عملکرد، عملکرد دانه را کاهش و با تغییرات اسیدهای چرب، پروتئین و گلوکوزینولات کنجاله کیفیت روغن و کنجاله را تحت تأثیر قرار داد. اسید لینولئیک (امگا۶) و اسید لینولئیک (امگا۳) دو اسید چرب ضروری موجود در روغن کلزا هستند. نقش اسیدهای چرب امگا۳ در پیشگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی و امگا۶ در پیشگیری از بیماری تصلب شرائین و سکتته قلبی به اثبات رسیده است. وجود مقادیر قابل توجهی اسید اولئیک (امگا۹) در روغن کلزا سبب شده است این روغن مقاومت خوبی در فرآیندهای حرارتی از جمله سرخ کردن از خود نشان دهد. در اثر تنش کم آبی امگا۶ افزایش و امگا۳ و امگا۹ کاهش یافت. بیشترین میزان امگا۶، امگا۳ و امگا۹ به ترتیب مربوط به ارقام آپشن ۵۰۰، ساریگل و مدنا بود. بیشترین میزان اسید اولئیک در شرایط عدم تنش رقم مدنا و بیشترین درصد اسید لینولئیک در سطح I_3 رقم زرفام بدست آمد.

اسید لینولئیک

اثرات آبیاری و رقم برای این صفت معنی‌دار بودند ($P < 0.01$) (جدول ۶). تنش کم آبی میزان این صفت را کاهش داد. بیشترین میزان این صفت در I_1 بدست آمد (جدول ۷). Berenguer et al. (2006) نیز کاهش میزان اسید لینولئیک در اثر تنش رطوبتی را گزارش کردند. بیشترین و کمترین میزان این صفت در بین ارقام، به ساریگل و مدنا تعلق داشت (جدول ۷).

میزان کل اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع

اثر رقم برای هر دو صفت معنی‌دار بود ($P < 0.01$) (جدول ۶). در شرایط تنش کم آبی، کل اسیدهای چرب اشباع به میزان جزئی افزایش و کل اسیدهای چرب غیراشباع به میزان بسیار جزئی کاهش یافت. تشکیل روغن و اسیدهای چرب در درجه نخست تابع ژن‌های کنترل کننده و در درجه دوم تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Alyari et al., 2000). نوع خاک، تغییرات دمایی، میزان رطوبت خاک و نور آفتاب به خصوص از زمان گلدهی تا رسیدگی، از عوامل اصلی تعیین کننده تجمع روغن و اسیدهای چرب می‌باشند (Hassan et al., 2005). تنش آب، باعث کوتاه‌تر شدن فعالیت آنزیم Δ -desaturase 12 شده و سرعت مراحل تکامل جنین و تجمع چربی را افزایش می‌دهد و این می‌تواند در ترکیب

سیاسگزاری

بودجه اجرای این طرح از محل اعتبارات گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران تامین شده که بدینوسیله سیاسگزاری می‌شود.

همچنین تنش کم آبی با افزایش گلوکوزینولات کنجاله کیفیت کنجاله را کاهش داد. بنابراین برای داشتن عملکرد بالا و کیفیت روغن و کنجاله مطلوب باید در مراحل حساس رشد و نمو گیاه رطوبت مورد نیاز گیاه فراهم گردد.

REFERENCES

1. AL-Barrak, K. M. (2006). Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of canola (*Brassica napus* L.) *Scientific Journal of King Faisal University*, 7(1), 87-102.
2. Alizadeh, A. (1999). *Relations of water and soil and plant*. Imam Reza University publication, pp. 460 (In Farsi)
3. Alyari, H., Shekari, F. & Shekari, F. (2000). *Oilseed crops (Cultivation and Physiology)*. Amidi Publication Tabriz. Iran. pp. 182 (In Farsi)
4. Asadi, M. A. & Faraji, A. (2009). *Applied Principles of oilseeds farming*. Iranian Agricultural Science Publishing Publication. pp. 84 (In Farsi)
5. Azizi, M., Soltani, A., & Khavari, S. (1999). *Brassica oilseeds*. Jahad Daneshgahi Mashhad Publication. pp. 230 (In Farsi)
6. Baldini, M., Giovanardi, R., Tahmasbi-Enferadi, S. & Vannozzi, G. P. (2002). Effects of water regime on fatty acid accumulation and final fatty acid composition in the oil of standard and high oleic sunflower hybrids. *Italian Journal of Agronomy*, 6(2), 119-126.
7. Berenguer, M. J., Vossen, P. M., Grattan, S. R., Connell, J. H. & Polito, V. S. (2006). Tree irrigation levels for optimum chemical and sensory properties of olive oil. *Hort Science*, 41(2), 427-432.
8. Booth, E. J., Walker, K. C. & Griffiths, D. W. (1991). A time course study of the effect of sulphur on Glucosinolates in oilseed rape. From the vegetative stage to maturity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 56, 479-493.
9. Bouchereau, A., Clossais, B. N., Bensaoud, A., Beport, L. & Renard, M. (1996). Water stress effects on rapeseed quality. *European Journal of Agronomy*, 43, 19-30.
10. Champolivier, L. & Merrien, A. (1996). Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. oleifera on yield, yield components and quality. *European Journal of Agronomy*, 5, 153-160.
11. Chark, J. M. (1991). Effect of drought stress on transpiration and its relationship. *Plant Science*, 71, 659-702.
12. Cheong, Y. H., Kim, K. N. Pandey, G. K. Gupta, R. Grant, J. J. & Luan, S. (2003). CBL1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 15, 1833-1845.
13. De March, G., McGregor, D. I. & Seguin, G. (1989). Glucosinolate content of maturing pods and seeds of high and low Glucosinolate summer rape. *Canadian Journal of Plant Science*, 69, 929-932.
14. Debaeke, P., & Abdellah, A. (2004). Adaptation of crop management to water limited environments. *European Journal of Agronomy*, 21, 433-446.
15. Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A., Shiranirad, A. H. & Shariati, F. (2008). Effects of Different Temperature and Moisture Regimes on Oil Contents of Two Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars. *Seed and Plant Improvement Journal*, 24(4), 707-720.
16. Fieldsend, J. K., Murray, F. E., Bilsborrow, P. E., Milford, G. F. J., & Evans, E. J. (1991). Glucosinolate accumulation during seed development in winter sown oilseed rape (*Brassica napus* L.) In: Proceedings of the 8th International Rapeseed Congress, Saskatoon, pp. 686-694.
17. Flagella, Z., Rotunno, T., Tarantino, E., Di Caterina, R., & De Caro, A. (2002). Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower hybrids in relation to the sowing date and the water regime. *European Journal of Agronomy*, 17, 221-230.
18. Fukai, S. (1999). Phenology in rainfed lowland rice. *Field Crop Research*, 64, 51-60.
19. Giornini, S. & Galili, G. (1991). Characterization of HSP-70 cognate proteins from wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 82, 615-620.
20. Gunasekera, C. P., Martin, L. D., Siddique, K. H. M., & Walton, G. H. (2006). Genotype environment interactions of Indian mustard (*B. juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in by Mediterranean-type environments: II. Oil and protein percents in seed. *European Journal of Agronomy*, 25, 13-21.
21. Hassan, F. U., Manaf, A. Ejaz, M. (2005). Determinants of Oil and Fatty Acid Accumulation in Peanut Int. *Journal of Agriculture and Biology*, 7, 895-899.

22. Jensen, C. R., Mogensen, V. O., Mortensen, G. & Fieldsen, J. K. (1996). Seed glucosinolate, oil and protein contents of field- grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. *Field Crops Research*, 47, 93-105.
23. Jerakongman, S., Rajatasereekul, S., Naklang, K., Romyen, P., Fukai., S., Skulkha, E. Jumpake, B. & Nathabuter, K. (1995). Growth and grain yield of contrasting rice cultivars grown under different conditions of water availability. *Field Crops Research*, 44, 139-150.
24. Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Sharifi, H., & Goldani, H. (1999). *Plant physiology*. Mashhad Jihad Daneshgahi Publication. Second Edition. pp. 379 (In Farsi)
25. Krogman, K.K. & Hobbs, E.H. (1975). Yield and morphological response of rape (*Brassica campestris* L.) to irrigation and fertilizer treatment. *Canadian Journal of Plant Science*, 55, 903-909.
26. Mailer, R. J. & Cornish, P. S. (1987). Effects of water stress on glucosinolate and oil concentration in the seeds of rape (*Brassica napus* L.) and turnip rape (*Brassica rapa* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 70, 399-407.
27. Movahhedi dehnavi, M., Ranjbar, M., yadavi, A.R., & Kavusi, B.2010. Effect of cycocel on proline, soluble sugars, protein, oil and fatty acids of flax (*linum usitatissimum* l.) plants under drought stress in a pot trial. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 3(2), 129-138.
28. Parry, M. A. J., Andralojic, P. J., Khan, S., Lea, P. J. & Keys, A. J. (2002). Rubisco activity: effects of drought. *Annals of Botany*, 89, 833-839.
29. Pritchard, F. M., Eagels, A., Norton, R. M., Salisbury, P. A. & Nicolas, M. (2000). Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 40(5), 679-685.
30. Robertson, M. J. & Holland, J. F. (2004). Production risk of canola in semiarid subtropics of Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55, 525-538.
31. Santonoceto, C., Anastasi, U., Riggi, E. and Abbate, V. (2003). Accumulation dynamics of dry matter, oil, major fatty acids in sunflower seeds in relation to genotype and water regime. *Italian Journal of Agronomy*, 7(1), 3-14.
32. Starner, D. E., Hamama, A. A. & Bhardwaj, H. L. (2002). Prospects of canola as an alternative winter crop in Virginia. In: *Trends in new crops and new uses*, Jonick, J. and A. Whiskey, (Eds.). Ash's Press, Alexandria, VA., pp: 127-130.
33. Stefanoudaki, E., Chartzoulakis, K., Koutsaftakis, A. & Kotsifaki, F. (2001). Effect of drought stress on qualitative characteristics of olive oil of cv Koroneili. *Grasas y Aceites*, 52(3), 202-206.
34. Sylvester-Bradley, R. & Makepeace, R. J. (1984). A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aspects of Applied Biology*, 6, 399-419.
35. Stymme, S. & Appelqvist, L.A. (1980). The biosynthesis of linoleate and linolenate in homogenate from developing soya bean cotyledons. *Plant Science Letters*, 17: 287 – 297.
36. Tezara, W., Mitchell, V.J., Driscoll, S.D. & Lawlor, D.W. (1999). Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. *Nature*. 1401, 914-917.
37. Tohidi Moghadam, H. Zahedi, H, Ghooshchi, F.2011. Oil quality of canola cultivars in response to water stress and super absorbent polymer application. *Pesq. Agropec. Trop., Goiânia*. 41, 4, 579-586.
38. Unger, E. & Paul, W. (1982). Time and frequency of irrigation effects on sunflower production and water use. *Soil Science Society of America Journal*, 46, 1072-1076.
39. Zarei, G. Shamsi, H. & Dehghani, S.M. (2010). The effect of drought stress on yield, yield components and seed oil content of three autumnal rapeseed cultivars (*brassica napus* l.). *Journal of Research in Agricultural Science*. 6, 29-37.