

تغییرات ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه در ارقام پاییزه کلزا در شرایط تنش خشکی

Changes in the oil fatty acids composition of Rapeseed cultivars under drought stress conditions

حمید جبّاری^{۱*}، نیراعظم خوش خلق سیما^۲ و امیرحسین شیرانی راد^۱

۱. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. (نگارنده مسئول)
۲. پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۲

چکیده

جبّاری، ح.، خوش خلق سیما، ن. ا. و شیرانی راد، ا. ح. تغییرات ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه در ارقام پاییزه کلزا در شرایط تنش خشکی نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۰ - شماره ۳ - پایبند ۱۱۶ پائیز ۹۶: ۶۶-۸۱

این آزمایش به صورت کرت های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه یزد در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل شاهد (آبیاری براساس ۸۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) و تنش خشکی (قطع آبیاری از مراحل ۵۰ درصد ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی به بعد) و ارقام شامل سه رقم کلزای پاییزه (GKH2005، Opera و Okapi) بودند که به ترتیب در کرت های اصلی و فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که میزان اسید اولئیک روغن دانه کلزا در محدوده ۶۴ تا ۶۸ درصد و اسید لینولئیک در محدوده ۱۵ تا ۱۸ درصد متغیر بود. در بین سه اسید چرب اشباع (پالمیتیک، استئاریک و آراشیدیک)، اثر آبیاری بر اسید آراشیدیک و اسید استئاریک و در بین شش اسید چرب غیر اشباع (پالمیتوئیک، اولئیک، لینولئیک، گادولئیک و اروسیک)، تنها بر اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و لینولئیک معنی دار بود. قطع آبیاری از مراحل نمو سبب افزایش معنی دار اسید اولئیک در مقایسه با تیمار شاهد شد، در حالی که مقدار اسید لینولئیک کاهش چشمگیری یافت. واکنش سه رقم کلزا از نظر اسید چرب لینولئیک به سطوح آبیاری متفاوت بود و در سطوح قطع آبیاری رقم GKH2005 از بیشترین میزان اسید لینولئیک برخوردار بود. بیشترین عملکرد دانه در بین ارقام مورد بررسی در رقم GKH2005 و به میزان ۲۲۱۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و به طور کلی این رقم با بر خورداری از عملکرد دانه بیشتر و کیفیت مناسب اسیدهای چرب روغن دانه در شرایط تنش خشکی برتر از سایر ارقام بود.

واژه های کلیدی: اسید اولئیک، اسید لینولئیک، اسید لینولئیک و عملکرد دانه

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: h.jabbari@areeo.ac.ir

تنش روی داده باشد (Tohidi-Moghaddam *et al.*, 2011).

خصوصیات کیفی هر نوع روغن بستگی به ترکیب اسیدهای چرب آن دارد و کیفیت روغن دانه یکی از مهم ترین صفات برای اهداف اصلاحی جنس براسیکا در محیط های نیمه خشک می باشد (Enjalbert *et al.*, 2013). ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا شامل ۷۰٪ اسیدهای چرب اشباع، ۶۶٪ اسیدهای چرب تک غیر اشباع و ۲۷٪ اسیدهای چرب چند غیر اشباعی می باشد و ارقام کلزا از نظر ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه تفاوت معنی داری با هم دارند (Kadivar *et al.*, 2010). کیفیت روغن دانه کلزا به طور عمده براساس میزان اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و اروسیک تعیین می گردد و به میزان زیادی تحت تاثیر شرایط محیطی (Enjalbert *et al.*, 2013) و نوع رقم (Javidfar *et al.*, 2007) قرار می گیرد. در بررسی واکنش پروفیل اسیدهای چرب روغن دانه گونه های مختلف جنس براسیکا به تنش خشکی گزارش شده است که میزان اسید لینولئیک تحت شرایط تنش کاهش چشمگیری می یابد (Enjalbert *et al.*, 2013). در بررسی دیگر اعمال تنش خشکی از مرحله گل دهی به بعد سبب کاهش درصد اسیدهای چرب اشباع^۱ روغن دانه (اسید استئاریک و اسید آراشیدیک) در شش رقم کلزا شد که می توان آن را به کوتاه شدن دوره رشد گیاه در شرایط تنش نسبت داد (Tohidi-Moghaddam *et al.*, 2011). همچنین گزارش شده است که اعمال تنش خشکی در

خشکی، مهم ترین عامل محدود کننده رشد گیاه و تولیدات کشاورزی در سراسر دنیا، بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد (Sun *et al.*, 2013). از آنجایی که تقریباً ۹۰ درصد مناطق ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می باشد (Bannayan *et al.*, 2010)، انتظار می رود که تغییر اقلیم تاثیر عمیقی بر تولید پایدار محصول در این مناطق داشته باشد (Akhzari & Pessarakli, 2015).

در بین دانه های روغنی، کلزا (*Brassica napus L*) یکی از مهم ترین گونه های دانه های روغنی در جهان می باشد که این اهمیت به واسطه کیفیت بالای روغن و کنجاله آن است و تنش خشکی یکی از عوامل مهمی است که توسعه و کشت موفقیت آمیز کلزا را به مخاطره می اندازد (Rashidi *et al.*, 2012).

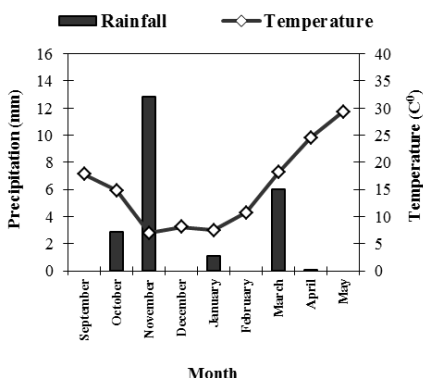
ارقام مختلف کلزا دارای ۳۷ تا ۴۷ درصد روغن دانه هستند (Kadivar *et al.*, 2010) و میزان عملکرد و درصد روغن دانه در سودآوری تولید کلزا اهمیت بسزایی دارد (Robertson & Holland, 2004). میزان روغن دانه توسط تنش خشکی (Tohidi-Moghaddam *et al.*, 2011; Aslam *et al.*, 2009) و دما (Moghaddam *et al.*, 2011) در طی دوره پرشدن دانه تحت تاثیر قرار می گیرد. کاهش درصد روغن دانه و عملکرد روغن ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی در مرحله گل دهی گزارش شده است و این امر می تواند بواسطه اکسیداسیون برخی اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه و کاهش قابلیت تبدیل هیدرات های کربن به روغن در شرایط

1- Saturated fatty acids

مراحل مختلف نمودی بر ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه و بررسی واکنش سه رقم کلزای پاییزه کلزا از نظر کیفیت روغن به تیمارهای تنش خشکی بوده است.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، در استان یزد، در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد با موقعیت طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۲۳۰ متر از سطح دریا انجام شد. یزد با متوسط بارندگی سالیانه ۶۲ میلی متر، میانگین دمای سالیانه ۲۰/۰ سانتی گراد، میانگین رطوبت نسبی ۲۷ درصد و مجموع ساعات آفتابی ۳۴۸۳ ساعت، با اقلیمی خشک در فلات مرکزی ایران واقع شده است. میزان بارندگی یزد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ برابر با ۲۲/۹ میلی متر بود که به همراه میانگین دمای ماهانه در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- میزان بارندگی و میانگین دمای

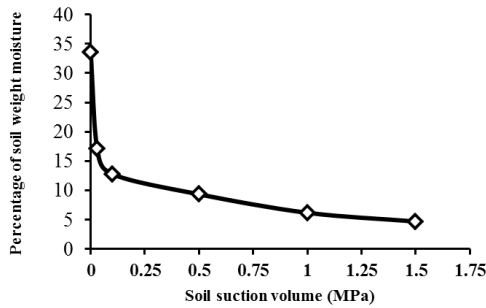
ماهانه در منطقه یزد (سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰).

Figure 1- Monthly precipitation and temperature in Yazd region (2011-2012 growing season).

مرحله گل دهی کلزا، میزان اسیدهای چرب غیر اشباع^۲ روغن دانه نظیر اسید لینولئیک، اسید لینولئیک و اسید گادولئیک را به ترتیب ۱۶، هفت و چهار درصد در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش داده است (Tohidi-Moghaddam et al., 2011). این در حالی است که افزایش ۱/۷ تا ۲ درصدی اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه^۳ مانند اسید لینولئیک و اسید اولئیک به همراه کاهش ۳/۸ درصدی اسید اولئیک در روغن دانه کلزا به واسطه تنش خشکی در شرایط آب و هوایی مدیترانه ای گزارش شده است (Aslam et al., 2009). در پژوهش دیگری میانگین درصد اسید اولئیک در روغن دانه ارقام کلزا را بین ۵۷ تا ۶۲ درصد ذکر شده است و افزایش درصد اسید اولئیک در پروفیل اسیدهای چرب روغن دانه کلزا را در ارتباط با افزایش میزان بارندگی در طول دوره رشد گیاه دانسته اند (Aslam et al., 2009). همچنین در شرایط تنش خشکی، نسبت درصد اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیر اشباع در روغن دانه ارقام کلزا افزایش می یابد زیرا اسیدهای چرب غیر اشباع از اسیدهای چرب اشباع بوجود می آیند (Tohidi-Moghaddam et al., 2011). تحت شرایط تنش خشکی، میزان اسیدهای چرب اشباع روغن دانه کاهش می یابد که با کوتاه تر شدن طول دوره رشد در ارتباط است (Shekari et al., 2015).

براساس موارد مطرح شده هدف از اجرای این طرح، ارزیابی اثر تیمارهای قطع آبیاری از

- 2- Unsaturated fatty acids
- 3- Polyunsaturated fatty acids



شکل ۲- منحنی رطوبت خاک مزرعه

Figure 2- The soil moisture curve of farm

خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی شنی، میزان هدایت الکتریکی ۳/۸۸ میلی موس بر سانتی متر و میانگین اسیدیته خاک حدود ۷/۸ بود. سایر نتایج حاصل از تجزیه فیزیکیوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ درج شده است.

به منظور تعیین درصد رطوبت وزنی، توسط دستگاه اوگر نمونه برداری از خاک انجام شد و با استفاده از دستگاه صفحه فشاری منحنی رطوبت خاک محل مورد آزمایش تهیه شد که در شکل ۱ آورده شده است.

این بررسی به صورت آزمایش کرت های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارهای آبیاری شامل شاهد (آبیاری براساس ۸۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) و تنش خشکی (قطع آبیاری از مراحل ۵۰ درصد ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی به بعد) و ارقام شامل سه رقم کلزای پاییزه (GKH2005، Opera و Okapi) بودند که به ترتیب در کرت های اصلی و فرعی قرار گرفتند. براساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) و توصیه

جدول ۱- نتایج آزمون فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

نقطه پژمردگی دائم (درصد)	ظرفیت زراعی (درصد)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	بافت خاک	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	پتاسیم قابل جذب (بسی ام)	فسفر قابل جذب (بسی ام)	ازت کل (%)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زینس بر متر)	عمق نمونه برداری (سانتی متر)
PWP (%)	FC (%)	Apparent specific gravity (g/cm ³)	Soil texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Available potassium (ppm)	Available phosphorus (ppm)	Total nitrogen (%)	pH	EC (ds/m)	Depth of sampling (cm)
7.9	17.1	1.39	لوم رسی شنی	25	10.8	64.2	107.9	5.02	0.014	7.8	3.88	0.40
			sandy - clay - loam									

رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (NMR) انجام شد و عملکرد روغن از حاصلضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه حاصل شد. تعیین ترکیب اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه طیف سنج گازی اجیلنت^۴ ۶۸۹۰ ساخت آمریکا با ستون کاپیلاری^۵ و آشکارساز یونیزاسیون شعله ای^۶ انجام شد.

در پایان تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS ورژن ۹٫۱ صورت گرفت. قبل از انجام محاسبات، آزمون نرمال بودن داده ها انجام شد. مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل داده ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد و برای مقایسه میانگین اثرات متقابل معنی دار از رویه برش دهی استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

در این آزمایش اثر تنش خشکی و اثر رقم بر عملکرد دانه در سطح آماری یک درصد معنی دار بود، در حالی که اثر متقابل تنش خشکی × رقم در سطح آماری معنی دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری نشان داد که در تیمار شاهد بیشترین عملکرد دانه به میزان ۲۸۵۶ کیلوگرم در هکتار تولید شد و با قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی، این صفت به ترتیب به میزان ۶۲، ۵۱ و ۲۷ درصد کاهش یافت (جدول ۳). رقم GKH2005 بیشترین عملکرد

کودی، اقدام به کود پاشی (کود اوره ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در سه نوبت: ۶۰ کیلوگرم به صورت پایه، ۱۲۰ کیلوگرم در مرحله ساقه دهی و ۷۰ کیلوگرم در مرحله شروع گل دهی، کود فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به ترتیب ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پایه) شد و به وسیله دیسک سبک، کود با خاک مخلوط شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط به طول پنج متر بود و فاصله خطوط کشت ۳۰ سانتی متر، فاصله بوته ها روی خطوط کاشت پنج سانتی متر و تراکم ۶۷ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. کاشت در مورخ ۱/۸/۹۰ و به صورت دستی انجام شد. آبیاری در تیمار شاهد و همچنین تیمارهای تنش خشکی تا قبل از اعمال تنش بر اساس ۸۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت و مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری ۸۰ درصد آب تبخیر شده بود. میزان آب ورودی به مزرعه با کنتور اندازه گیری شد. تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای آبیاری شاهد، قطع آبیاری از ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی به ترتیب ۱۰، ۵، ۷ و ۸ مرتبه و همچنین میزان آب مصرفی در تیمارهای مذکور به ترتیب ۶۴۰۰، ۳۲۰۰، ۴۴۸۰ و ۵۱۲۰ مترمکعب در هکتار بود.

به منظور تعیین عملکرد دانه، بوته ها از چهار خط وسطی هر کرت آزمایشی به مساحت ۲/۷ متر مربع به صورت دستی برداشت شدند و بعد از جداسازی دانه ها از خورجین، وزن دانه ها (با رطوبت ۱۲ درصد) با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. اندازه گیری درصد روغن دانه با دستگاه

4- Agilent

5- Capillary

6- Flame ionization detector (FID)

۶۰۰ و ۹۱۵ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی کاهش یافت (جدول ۳). در بین سه رقم کلزای مورد بررسی، رقم GKH2005 بیشترین عملکرد روغن را به میزان ۹۵۶ کیلوگرم در هکتار تولید کرد (جدول ۳). در یک بررسی اعمال تنش خشکی سبب کاهش عملکرد روغن از ۲۱۳۸ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به ۸۷۷، ۱۱۴۱ و ۱۲۶۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در تیمارهای قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی به بعد در کلزا شد (Soleymani *et al.*, 2011). در این آزمایش اگرچه تنش خشکی تأثیر معنی داری بر میزان روغن دانه در تیمارهای مختلف آبیاری نداشت، اما بر عملکرد روغن در واحد سطح تأثیر زیادی گذاشت (جدول ۳). به نظر می رسد که دلیل این امر ناشی از کنترل بیشتر درصد روغن دانه توسط عوامل ژنتیکی و تأثیر پذیری بالای عملکرد روغن از تغییرات عملکرد دانه نسبت به درصد روغن بوده است. در این زمینه گزارش شده است که در تعیین عملکرد روغن کلزا، تأثیر عملکرد دانه در مقایسه با درصد روغن بسیار بیشتر می باشد (Soleymani *et al.*, 2011).

اسیدهای چرب اشباع در روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس مندرج در جدول ۲ نشان می دهد که در بین سه اسید چرب اشباع (پالمیتیک، استئاریک و آراشیدیک)، اثر آبیاری بر اسید آراشیدیک و اسید استئاریک معنی دار بود. این در حالی است سه رقم کلزای مورد بررسی از نظر اسیدهای چرب پالمیتیک،

دانه را در بین ارقام مورد بررسی و به میزان ۲۲۱۱ کیلوگرم در هکتار تولید کرد و دو رقم دیگر از نظر این صفت در یک گروه آماری جداگانه قرار گرفتند (جدول ۳). کاهش عملکرد دانه کلزا در شرایط تنش خشکی توسط بسیاری از محققین دیگر نیز گزارش شده است که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد (Bitarafan & Shirani Rad, 2012; Tohidi-Moghaddam *et al.*, 2011).

درصد روغن و عملکرد روغن

اثر تنش خشکی، اثر رقم و اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر درصد روغن دانه معنی دار نبود (جدول ۲). در یک بررسی دیگر نیز قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی به بعد اثر معنی داری بر درصد روغن دانه دو رقم کلزای زرفام و اکاپی نداشت (Soleymani *et al.*, 2011). به طور کلی عوامل ژنتیکی از پارامترهای اصلی تعیین کننده درصد روغن دانه کلزا است و تأثیر عوامل محیطی بر درصد روغن دانه بسیار کم می باشد (Soleymani *et al.*, 2011).

اثر تنش خشکی و رقم بر عملکرد روغن دانه در سطح آماری یک درصد معنی دار بود، در حالی که اثر متقابل تنش خشکی × رقم بر این صفت معنی دار نبود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، عملکرد روغن تولید شده در تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارهای آبیاری بود و تیمارهای قطع آبیاری سبب کاهش معنی دار عملکرد روغن شد (جدول ۳). به طور مثال عملکرد روغن تولید شده در تیمار شاهد از ۱۲۶۶ کیلوگرم در هکتار به ترتیب به ۴۵۵،

بالاترین درصد صفت مذکور را داشت (جدول ۴). در این آزمایش، مجموع اسیدهای چرب اشباع تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت و با اعمال قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی مجموع اسیدهای چرب اشباع روغن دانه به ترتیب ۲۱/۸، ۱۲/۵ و ۷/۸ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول ۳). همچنین ارقام Opera و GKH2005 به ترتیب از بیشترین و کمترین مجموع اسیدهای چرب اشباع روغن دانه برخوردار بودند (جدول ۳). خصوصیات کیفی هر نوع روغن بستگی به ترکیب اسیدهای چرب آن دارد و یکی از اهداف اصلاحی مهم در کلزا علاوه بر کمیت روغن، افزایش کیفیت روغن می باشد (Azizi et al., 1999). کیفیت روغن دانه یکی از مهم ترین صفات برای اهداف اصلاحی جنس براسیکا در محیط های نیمه خشک می باشد (Enjalbert et al., 2013).

در این بررسی میزان سه اسید چرب اشباع یعنی اسید پالمیتیک، استئاریک و آراشیدیک در روغن دانه کلزا به ترتیب ۴/۸-۴/۰، ۲/۲-۱/۷ و ۰/۸۶-۰/۴۹ درصد بود (جدول ۳). در این زمینه گزارش شده است که در روغن دانه کلزا مقدار اسید پالمیتیک ۵/۱ تا ۵/۵ درصد و اسید استئاریک ۱/۴ تا ۱/۵ درصد متغیر بوده است (Pospisilet al., 2007). همچنین اسیدهای چرب مهم استئاریک و پالمیتیک به طور مشترک در ۱۰ رقم کلزا مشاهده شد و مقادیر آن ها به ترتیب ۲/۲-۰/۱۵ درصد و ۸-۴ درصد تعیین گردید (Nasr et al., 2006). دلیل متفاوت بودن محدوده اسیدهای چرب استئاریک و پالمیتیک

استئاریک و آراشیدیک تفاوت معنی داری با هم داشتند (جدول ۳). اثر متقابل آبیاری × رقم نیز تنها بر اسید آراشیدیک معنی دار بود (جدول ۲). همچنین اثر آبیاری و اثر رقم بر مجموع اسیدهای چرب اشباع روغن دانه در سطح یک درصد معنی دار بود، درحالی که این صفت تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری × رقم قرار نگرفت (جدول ۲). براساس نتایج مندرج در جدول کمترین مقدار اسیدهای چرب استئاریک و آراشیدیک از تیمار شاهد حاصل شد و تنش خشکی سبب افزایش معنی دار صفات مذکور شد (جدول ۳). به عنوان مثال مقدار اسید استئاریک از ۱/۷۲ درصد در تیمار شاهد به ترتیب به ۲/۱۸، ۲/۰۰ و ۱/۸۷ درصد در تیمارهای قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی افزایش یافت (جدول ۴). اسید آراشیدیک نیز از ۰/۴۹ درصد در تیمار شاهد به ترتیب به ۰/۸۶، ۰/۷۲ و ۰/۶۲ درصد در تیمارهای قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی افزایش یافت (جدول ۳). در بین سه رقم مورد بررسی، رقم Opera از نظر مقدار اسید استئاریک و رقم GKH2005 از لحاظ مقدار اسید آراشیدیک برتر بودند (جدول ۳). بررسی سطوح اثر متقابل در جدول ۴ نشان می دهد که با قطع آبیاری از مراحل نموی درصد اسید آراشیدیک در روغن دانه هر سه رقم کلزای مورد مطالعه افزایش یافت اما میزان افزایش برای ارقام متفاوت بود. به طوری که در سطوح قطع آبیاری بیشترین میزان افزایش درصد اسید آراشیدیک در مقایسه با شاهد در رقم GKH2005 مشاهده شد و رقم مذکور

یک درصد معنی دار بود، در حالی که اثر رقم و اثر متقابل آبیاری × رقم بر این صفت معنی دار نبود (جدول ۲).

در این مطالعه، قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین سبب افزایش معنی دار اسید اولئیک در مقایسه با تیمار شاهد شد، در حالی که مقدار اسیدهای لینولئیک و لینولنیک در تیمارهای مذکور کاهش چشمگیری یافتند (جدول ۳).

واکنش سه رقم کلزا از نظر اسیدهای چرب لینولئیک و لینولنیک به سطوح آبیاری متفاوت بود، به طوری که در تیمار شاهد هر سه رقم مورد مطالعه از نظر میزان اسید لینولئیک در یک گروه آماری قرار داشتند ولی در سطوح قطع آبیاری رقم GKH2005 در گروه آماری برتر قرار گرفت (جدول ۴). همچنین با وجود کاهش اسید لینولئیک در سه رقم کلزا به واسطه قطع آبیاری از مراحل نموی، میزان کاهش در ارقام متفاوت بود و رقم Opera در تیمار شاهد و قطع آبیاری از خورجین دهی و رقم GKH2005 در تیمارهای قطع آبیاری از ساقه دهی و گل دهی بیشترین میزان اسید لینولئیک را دارا بودند (جدول ۴).

نتایج بررسی حاضر نشان داد که میزان اسید اولئیک روغن دانه کلزا در محدوده ۶۴ تا ۶۸ درصد و اسید لینولئیک در محدوده ۱۵ تا ۱۸ درصد متغیر بود که بخش عمده ای از ترکیب اسیدهای چرب روغن دانه را شامل می شوند (جدول ۳). نتایج حاصل از یک بررسی نیز نشان داد که مقدار اسید اولئیک ۶۱/۸ تا ۶۲/۵ درصد و لینولئیک ۱۹/۶ تا ۲۰/۵ درصد در روغن دانه

در روغن دانه کلزا در آزمایش ها می تواند استفاده از ارقام و هیبریدهای مختلف کلزا باشد که از لحاظ ژنتیکی متفاوت هستند.

کیفیت روغن دانه کلزا به میزان زیادی تحت تاثیر شرایط محیطی (Enjalbert *et al.*, 2013) و نوع رقم (Javidfar *et al.*, 2007; Nasr *et al.*, 2006) قرار می گیرد. در یک بررسی اعمال تنش خشکی از مرحله گل دهی به بعد در شش رقم کلزا سبب افزایش درصد اسید چرب استتاریک از ۲/۱ به ۲/۵ درصد شد، در حالی که میزان اسید آراشیدیک از ۰/۹۳ در تیمار شاهد به ۰/۴۰ در قطع آبیاری از مرحله گل دهی کاهش یافت (Tohidi-Moghaddam *et al.*, 2011). نتایج این آزمایش نیز نشان داد که میزان اسید استتاریک روغن دانه کلزا به واسطه قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی افزایش معنی داری یافت (جدول ۳).

اسیدهای چرب غیر اشباع در روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس مندرج در جدول ۲ نشان می دهد که در بین شش اسید چرب غیر اشباع (پالمیتولئیک، اولئیک، لینولئیک، لینولنیک، گادولئیک و اروسیک)، اثر آبیاری تنها بر اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و لینولنیک معنی دار بود. این در حالی است که رقم کلزای مورد بررسی از نظر هر شش اسید چرب تفاوت معنی داری با هم داشتند (جدول ۲). اثر متقابل آبیاری × رقم نیز تنها بر اسیدهای چرب لینولئیک و لینولنیک معنی دار بود (جدول ۲). همچنین اثر آبیاری بر مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع روغن دانه در سطح

اسید اولئیک و کاهش چشمگیری در مقدار اسیدهای لینولئیک و لینولنیک اتفاق افتاد. همچنین قطع آبیاری از مراحل نموی بخصوص از ساقه دهی سبب تغییرات معنی دار در نسبت اسید اولئیک به لینولئیک در روغن دانه کلزا شد که بر کیفیت روغن تأثیر گذار می باشد (جدول ۳). مهمترین اسید چرب اشباع نشده از لحاظ تغذیه ای، اسید لینولئیک است چون این اسید چرب در بدن سنتز نمی شود و باید از طریق جیره غذایی تأمین گردد. اسید اولئیک از جمله اسیدهای چرب غیر اشباع با یک پیوند دوگانه می باشد که اثرات آنتی اکسیدانی آن نیز اثبات شده است (Rivlin & Berry, 1997).

در بررسی واکنش پروفیل اسیدهای چرب روغن دانه گونه های مختلف جنس براسیکا به تنش خشکی گزارش شده است که میزان اسید لینولنیک تحت شرایط تنش کاهش چشمگیری می یابد (Enjalbert *et al.*, 2013). در یک بررسی دلیل این امر کوتاه شدن دوره رشد گیاه در شرایط تنش ذکر شده است (Tohidi-Moghaddam *et al.*, 2011). همچنین گزارش شده است که اعمال تنش خشکی در مرحله گل دهی کلزا، میزان اسیدهای چرب غیر اشباع روغن دانه نظیر اسید لینولئیک و اسید لینولنیک را به ترتیب ۱۶ و هفت درصد در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش داد (Tohidi-Moghaddam *et al.*, 2011). این در حالی است که افزایش ۱/۷ تا ۲ درصدی اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه مانند اسید لینولئیک و اسید لینولنیک به همراه کاهش ۳/۸ درصدی اسید اولئیک در روغن دانه کلزا به واسطه تنش خشکی در شرایط آب و

ارقام و هیبریدهای کلزا است (Pospisil *et al.*, 2007). همچنین در پژوهش دیگری اسیدهای چرب مهم اولئیک، لینولئیک و لینولنیک به طور مشترک در ۱۰ رقم کلزا مشاهده شد و مقادیر اسید اولئیک در واریته های مختلف کلزا ۵۱-۶۲ درصد، لینولئیک اسید ۱۸-۳۲ درصد و لینولنیک اسید ۱۶-۲ درصد تعیین گردید (Nasr *et al.*, 2006).

همچنین در این آزمایش با وجود بیشتر بودن میزان اسید اروسیک در رقم GKH2005 در مقایسه با دو رقم دیگر، میزان این اسید چرب مضر زیر حد نرمال بود (بین ۰/۱۰ تا ۰/۳۱ درصد). در ارقام دو صفر و تجاری کلزا که به کانولا معروف است حاوی کمتر از دو درصد اسید اروسیک در روغن است (Canola Council of Canada, 1990). در طی ۱۵ سال گذشته، بیشترین برنامه های اصلاحی در کلزا، مربوط به اسیدهای چرب اشباع اولئیک و اروسیک و اسیدهای چرب زنجیره متوسط بوده است (Piazza & Foglia, 2001).

خصوصیات کیفی هر نوع روغن بستگی به ترکیب اسیدهای چرب آن و علی الخصوص اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و اروسیک دارد که به میزان زیادی تحت تاثیر شرایط محیطی (Enjalbert *et al.*, 2013) و نوع رقم (Javidfar *et al.*, 2007; Nasr *et al.*, 2006) قرار دارد. نتایج این بررسی نیز نشان داد که ترکیب اسیدهای چرب غیر اشباع روغن کلزا اکثراً تحت تأثیر تنش خشکی و رقم قرار گرفت و به واسطه قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین دهی افزایش معنی داری در

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه، درصد روغن دانه و کیفیت روغن دانه (ترکیب اسیدهای چرب) در سه رقم کلزا در تیمارهای مختلف آبیاری

Table 2- Analysis of variance for seed yield, seed oil percentage and seed oil quality (fatty acid composition) in three rapeseed cultivars under different irrigation treatments

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean Squares							
		عملکرد دانه Seed yield	درصد روغن دانه Seed oil percentage	عملکرد روغن Oil yield	اسید پالمیتیک Palmitic acid	اسید استئاریک Stearic acid	اسید آراشیدونیک Arachidonic acid	اسید پالمیتولئیک Palmitoleic acid	اسید اولئیک Oleic acid
تکرار Replication	2	155730**	14.34 ^{ns}	23351**	0.001 ^{ns}	0.059 ^{ns}	0.00005 ^{ns}	0.00028 ^{ns}	0.20 ^{ns}
آبیاری Irrigation	3	5555591**	11.38 ^{ns}	1167253**	0.455 ^{ns}	0.353**	0.21862**	0.00025 ^{ns}	12.11*
خطای الف Error a	6	16851	2.93	10708	0.420	0.023	0.00092	0.00079	1.88
رقم Cultivar	2	1169298**	2.70 ^{ns}	196937**	1.877**	0.245**	0.12933**	0.00287*	44.28**
اثر متقابل آبیاری×رقم Irrigation×Cultivar	6	26656 ^{ns}	0.03 ^{ns}	6307 ^{ns}	0.104 ^{ns}	0.020 ^{ns}	0.00397**	0.00001 ^{ns}	0.27 ^{ns}
خطای ب Error b	16	15584	2.52	3296	0.176	0.015	0.00014	0.00050	1.65
ضرب تغییرات (درصد)		6.7	3.6	7.1	9.3	6.3	1.8	13.3	1.9

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean Squares					
		اسید لینولئیک Linoleic acid	اسید لینولنیک Linolenic acid	اسید گادولئیک Gadoleic acid	اسید اروسیک Erucic acid	اسیدهای اشباع روغن دانه Saturated fatty acid	اسیدهای چرب غیر اشباع روغن دانه Unsaturated fatty acid
تکرار Replication	2	0.34 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.00001 ^{ns}	0.00002 ^{ns}	0.083 ^{ns}	0.005 ^{ns}
آبیاری Irrigation	3	25.31**	12.13**	0.00090 ^{ns}	0.00218 ^{ns}	3.009**	28.784**
خطای الف Error a	6	0.96	0.21	0.00069	0.00193	0.203	2.334
رقم Cultivar	2	6.52**	4.02**	0.19231**	0.13265**	1.725**	3.710 ^{ns}
اثر متقابل آبیاری×رقم Irrigation×Cultivar	6	1.70**	0.31**	0.00008 ^{ns}	0.00021 ^{ns}	0.168 ^{ns}	2.031 ^{ns}
خطای ب Error b	16	0.18	0.04	0.00041	0.00188	0.175	1.439
ضرب تغییرات (درصد)		2.6	3.2	12.0	20.5	5.9	1.3

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, **, *: non-significant, significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین های عملکرد دانه، درصد روغن دانه و کیفیت روغن (ترکیب اسیدهای چرب) در تیمارهای آبیاری و

ارقام کلزای مورد بررسی

Table 3- Mean comparison for seed yield, seed oil percentage and seed oil quality (fatty acid composition) as affected by irrigation treatments and rapeseed cultivars

تیمارها Treatments	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha ¹)	درصد روغن دانه Seed oil percentage	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg ha ¹)			
آبیاری Irrigation						
شاهد Control	2856	44.3	1266			
قطع آبیاری از ساقه دهی Irrigation termination at stem elongation	1087	41.9	455			
قطع آبیاری از گل دهی Irrigation termination at flowering	1396	43.0	600			
قطع آبیاری از خورجین دهی Irrigation termination at silique formation	2078	44.1	915			
LSD (%5)	246	3.97	112			
رقم Cultivars						
جی کی اچ ۲۰۰۵ GKH2005		2211	42.9	956		
اپرا Opera		1719	43.2	749		
اوکاپی Okapi		1632	43.8	722		
LSD (%5)		108	1.37	50		
تیمارها Treatments	اسید پالمیتیک (درصد) Palmitic acid	اسید استئاریک (درصد) Stearic acid	اسید آراشیدونیک (درصد) Arachidonic acid	اسید پالمیتولئیک (درصد) Palmitoleic acid	اسید اولئیک (درصد) Oleic acid	اسید لینولئیک (درصد) Linoleic acid
(Percentage)						
آبیاری Irrigation						
شاهد Control	4.2	1.72	0.49	0.175	65.0	17.9
قطع آبیاری از ساقه دهی Irrigation termination at stem elongation	4.7	2.18	0.86	0.162	67.8	13.9
قطع آبیاری از گل دهی Irrigation termination at flowering	4.5	2.00	0.72	0.166	65.9	15.7
قطع آبیاری از خورجین دهی Irrigation termination at silique formation	4.4	1.87	0.62	0.168	65.8	16.6
LSD (%5)	0.6	0.17	0.03	0.032	0.8	1.1

رقم Cultivars						
جی کی اچ ۲۰۰۵ GKH2005	4.03	1.95	0.76	0.17	64.3	16.8
اپرا Opera	4.69	2.08	0.70	0.18	65.9	16.0
اوکاپی Okapi	4.75	1.79	0.56	0.15	68.1	15.3
LSD (%5)	0.36	0.10	0.01	0.01	1.1	0.3
تیمارها Treatments	اسیدلینولنیک (درصد) Linolenic acid	اسید گادولئیک (درصد) Gadoleic acid	اسید اروسیک (درصد) Erucic acid	اسیدهای چرب اشباع روغن دانه (درصد) Saturated fatty acid	اسیدهای چرب غیر اشباع روغن دانه (درصد) Unsaturated fatty acid	
(Percentage)						
آبیاری Irrigation						
شاهد Control	8.1	0.180	0.23	6.4	91.7	
قطع آبیاری از ساقه‌دهی Irrigation termination	5.4	0.158	0.20	7.8	87.7	
قطع آبیاری از گل‌دهی Irrigation termination at flowering	6.4	0.164	0.21	7.2	88.7	
قطع آبیاری از خورجین‌دهی Irrigation termination at silique formation	7.4	0.175	0.22	6.9	90.5	
LSD (%5)	0.5	0.030	0.045	0.16	1.7	
رقم Cultivars						
جی کی اچ ۲۰۰۵ GKH2005	7.0	0.31	0.31	6.7	89.0	
اپرا Opera	7.3	0.10	0.22	7.5	89.8	
اوکاپی Okapi	6.2	0.08	0.10	7.1	90.1	
LSD (%5)	0.2	0.01	0.03	0.36	1.03	

دانسته اند (Aslam *et al.*, 2009). در شرایط تنش خشکی، نسبت درصد اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیر اشباع در روغن دانه ارقام کلزا افزایش می‌یابد زیرا اسیدهای چرب غیر اشباع از اسیدهای چرب اشباع بوجود می‌آیند (Tohidi-Moghaddam *et al.*, 2011). کاهش درصد روغن دانه و عملکرد روغن ارقام

هوایی مدیترانه‌ای گزارش شده است (Aslam *et al.*, 2009). میانگین درصد اسید اولئیک در روغن دانه ارقام کلزا را بین ۵۷ تا ۶۲ درصد متغیر ذکر شده است و افزایش درصد اسید اولئیک در پروفیل اسیدهای چرب روغن دانه کلزا را در ارتباط با افزایش میزان بارندگی و پائین بودن میانگین درجه حرارت در طول دوره رشد گیاه

جدول ۴- مقایسه میانگین های اثر متقابل تنش × رقم بر کیفیت روغن دانه (ترکیب اسیدهای چرب) به روش برش دهی

Table 4- Mean comparison for interaction effect of stress and cultivar on the quality of seed oil (fatty acid composition) using slicing method

اسید آراشیدونیک (درصد)				
Arachidonic acid (Percentage)				
ارقام Cultivars	شاهد Control	قطع آبیاری از ساقه دهی Irrigation termination at stem elongation	قطع آبیاری از گل دهی Irrigation termination at flowering	قطع آبیاری از خورجین - دهی Irrigation termination at silique formation
جی کی اچ ۲۰۰۵ GKH2005	0.60	0.93	0.80	0.72
اپرا Opera	0.53	0.90	0.73	0.63
اوکاپی Okapi	0.34	0.74	0.64	0.51
LSD (%5)	0.01	0.03	0.03	0.02
اسید لینولئیک (درصد)				
Linoleic acid (Percentage)				
ارقام Cultivars	شاهد Control	قطع آبیاری از ساقه دهی Irrigation termination at stem elongation	قطع آبیاری از گل دهی Irrigation termination at flowering	قطع آبیاری از خورجین - دهی Irrigation termination at silique formation
جی کی اچ ۲۰۰۵ GKH2005	17.7	15.7	16.4	17.2
اپرا Opera	18.2	13.2	15.9	17.0
اوکاپی Okapi	17.8	12.8	14.9	15.6
LSD (%5)	1.8	0.4	0.4	0.2
اسید لینولئیک (درصد)				
Linolenic acid (Percentage)				
ارقام Cultivars	شاهد Control	قطع آبیاری از ساقه دهی Irrigation termination at stem elongation	قطع آبیاری از گل دهی Irrigation termination at flowering	قطع آبیاری از خورجین - دهی Irrigation termination at silique formation
جی کی اچ ۲۰۰۵ GKH2005	7.89	5.99	6.75	7.56
اپرا Opera	8.89	5.89	6.56	7.99
اوکاپی Okapi	7.54	4.54	5.94	6.86
LSD (%5)	0.23	0.96	0.19	0.12

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که میزان اسید اولئیک روغن دانه کلزا در محدوده ۶۴ تا ۶۸ درصد و اسید لینولئیک در محدوده ۱۵ تا ۱۸ درصد متغیر بود. قطع آبیاری از مراحل ساقه دهی، گل دهی و خورجین سبب افزایش معنی دار اسید اولئیک و کاهش اسیدهای لینولئیک و

کلزا در شرایط تنش خشکی در مرحله گل دهی گزارش شده است و این امر می تواند بواسطه اکسیداسیون برخی اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه و کاهش قابلیت تبدیل هیدرات های کربن به روغن در شرایط تنش روی داده باشد (Singh & Sinha, 2005; Tohidi-Moghaddam *et al.*, 2011).

لینولنیک در مقایسه با تیمار شاهد شد. واکنش سه رقم کلزا از نظر اسیدهای چرب لینولنیک و لینولنیک به سطوح آبیاری متفاوت بود، به طوری که در تیمار شاهد هر سه رقم مورد مطالعه از نظر میزان اسید لینولنیک در یک گروه آماری قرار داشتند ولی در سطوح قطع آبیاری رقم GK2005 در گروه آماری برتر قرار گرفت. همچنین با وجود کاهش اسید لینولنیک در سه رقم کلزا به واسطه قطع آبیاری از مراحل نموی، میزان کاهش در رقم GK2005 در تیمارهای قطع آبیاری از ساقه دهی و گل دهی کمتر بود. همچنین در بین سه رقم کلزای مورد بررسی بیشترین عملکرد دانه در رقم GK2005 به میزان ۲۲۱۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. نتایج کلی این پژوهش نشان داد که رقم GK2005 با برخورداری از کیفیت مناسب اسیدهای چرب روغن دانه و عملکرد دانه بیشتر در شرایط تنش خشکی برتر از سایر ارقام بود.

References

- Akhzari, D. and Pessaraki, M. 2015. Effect of Drought Stress on Total Protein, Essential Oil Content, and Physiological Traits of *Levisticum Officinale* Koch. *Journal of Plant Nutrition*, 39 (10): 1365-1371. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/01904167.2015.1109125>
- Aslam, M. N., Nelson, M. N. Kailis, S. G. Bayliss, K. L. Speijers, J. and Cowling, W. A. 2009. Canola oil increases in polyunsaturated fatty acids and decreases in oleic acid in drought-stressed Mediterranean-type environments. *Plant Breeding*, 128 (4): 348-355. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0523.2008.01577>
- Azizi, M., Soltani, A. and Khavari Khorasani, S. 1999. Canola (Physiology, Agronomy, Breeding and Biotechnology). Jahad Daneshgahi of Mashhad, University of Ferdowsi, 230 P. (In Persian).
- Bannayan, M., Sanjani, S. Alizadeh, A. Lotfabadi, S. and Mohammadian, A. 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field Crops Research*, 118 (2): 105-114. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2010.04.011>
- Berry, E. M., and Rivlin, R. S. 1997. Dietary fatty acids in the management of diabetes mellitus. *American Journal of Clinical Nutrition*, 66 (4): 991-997.
- Bitarafan, Z., and Shirani Rad, A. H. 2012. Water stress effect on spring rapeseed cultivars yield and yield components in winter planting. *International Journal of Physical Science*, 7(19): 2755-2767. doi: <http://dx.doi.org/10.5897/IJPS12.221>
- Canola Council of Canada. 1990. Chapter 3, growth stages. <http://www.canada.council.org>. (accessed 20 November 2017).
- Enjalbert, J. N., Zheng, S. Johnson, J. J. Mullen, J. L. Byrne, P. F. and McKay, J. K. 2013. Brassicaceae germplasm diversity for agronomic and seed quality traits under drought stress. *Industrial Crops and Products*, 47: 176-185. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.037>
- Faraji, A., Lattifi, N. Solatni, A. and Shirani Rad, A. H. 2009. Seed yield and water use efficiency of canola as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. *Agricultural Water Management*, 96: 132-140. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2008.07.014>
- Javidfar, F., Reipley, F. Zeinaly, H. Abdmishani, S. Shah Nejat Boushehri, A. A. Tavakol Afshari, R. Alizadeh, B. and Jafarieh, E. 2007. Heritability of fatty acids composition in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agriculture and Science*, 17(3): 57-64. (In Persian with English Summary).
- Kadivar, S. H., Ghavami, M. Gharachorloo, M. and Delkhosh, B. 2010. Chemical

- Evaluation of Oil Extracted from Different Varieties of Colza. *Food Technology & Nutrition*, 7 (2): 19-29. (In Persian with English Summary).
- Modarres, R., and de Paulo Rodrigues da Silva, V. 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*, 70 (2), 344-355. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.12.024>
- Nasr, N., Khayami, M. Heidary, R. and Jameie, R. 2006. Genetic diversity among selected varieties of *Brassica napus* (Cruciferea) based on biochemical composition of seeds. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 32(1), 37-40. (In Persian with English Summary).
- Pospisil, M., Skevin, D. Mustapic, Z. Nakic, N. Butorac, J. and Matijevic, D. 2007. Fatty acid composition in oil of recent rapeseed hybrids and 00-cultivars. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(3): 187-193. doi: <http://dx.doi.org/hrcak.srce.hr/17086>
- Singh, S. and Sinha, S. 2005. Accumulation of metals and its effects in (*Brassica juncea* L.) Czern. (cv. Rohini) grown on various amendments of tannery waste. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62 (1): 118-127. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.12.026>
- Soleymani, A., Moradi, M. and Naranjani, L. 2011. Effects of The Irrigation Cut-off Time in Different Growth Stages on Grain and Oil Yield Components of Autumn's Canola Cultivars in Isfahan Region. *Journal of Water and Soil*, 25 (3): 426-435. (In Persian with English Summary).
- Sun, X. P., Yan, H. L. Kang, X. Y. and Ma, F. W. 2013. Growth, gas exchange, and water-use efficiency response of two young apple cultivars to drought stress in two scion-one rootstock grafting system. *Photosynthetica*, 51 (3): 404-410. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11099-013-0040-3>
- Tohidi-Moghaddam, H. R., Zahedi, H. and Ghooshchi, F. 2011. Oil quality of canola cultivars in response to water stress and super absorbent polymer application. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, 41 (4): 579-586. doi: <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i4.13366>
- Trenberth, K. E., Dai, A. Van der Schrier, G. Jones, P. D. Barichivich, J. Briffa, K. R. and Sheffield, J. 2014. Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4: 17-22. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/NCLIMATE2067>
- Zhang, X., Lu, G. Long, W. Zou, X. Li, F. Ni and shio, T. 2014. Recent progress in drought and salt tolerance studies in *Brassica* crops. *Breeding Science*, 64 (1): 60-73. doi: <http://dx.doi.org/10.1270/jsbbs.64.60>

Changes in the oil fatty acids composition of Rapeseed cultivars under drought stress conditions

H. Jabbari¹, N. A. Khosh Kholgh Sima² and A. H. Shirani Rad³

1. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.. (Corresponding author)
2. Agriculture Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Received: November 2017 Accepted: April 2018

Extended Abstract

Jabbari, H., Khosh Kholgh Sima, N. A. and Shirani Rad, A. H., Changes in the oil fatty acids composition of Rapeseed cultivars under drought stress conditions
Applied Research in Field Crops Vol 30, No. 3, 2017 Page: 13-15: 66-81(in Persian)

Introduction: Plants are exposed to various environmental stresses such as drought, salinity and high or low temperatures. Of which, drought is the most serious problem for global agriculture, approximately affecting 40% of the world's land area (Zhang *et al.*, 2014). Furthermore, climate change is likely to lead to changes in global temperature and precipitations patterns in some parts of the world, which will have a dramatic impact on crop growth and productivity (Trenberth *et al.*, 2014). Thus, there is an urgent need to develop varieties that can maintain optimum yield levels under drought conditions. It is estimated that approximately 85% of Iran is located in arid, semi-arid or hyper arid regions. Among the oilseed crops, *Brassica* species are more affected by drought, as these crops are mainly grown in arid and semiarid areas. The objective of the present study was to evaluate oil fatty acids composition of Rapeseed cultivars under drought stress conditions in different growth stages.

Materials and Methods: The experiment was conducted as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications at Yazd, Iran in 2011-2012 growing season. Irrigation treatments included control (irrigation after 80 mm evaporation from evaporation pan class A) and drought stress (irrigation termination at stem elongation, flowering and silique formation stages until

Email address of the corresponding author: alipey@ut.ac.ir

physiological maturity stages) were allocated to the main plots and three winter type rapeseed cultivars (GKH2005, Opera and Okapi) were assigned to the subplots. The measured traits included oil percentage, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, palmitic acid, gadoleic acid, stearic acid, arachidonic acid, palmitoleic acid, erucic acid, seed yield and oil yield. SAS statistical software was used for data analysis and means were compared with LSD test at 5% probability level.

Results and Discussion: The results of variance analysis indicated that seed yield was significantly affected by the individual effects drought stress and cultivar ($P \leq 0.01$), but was not affected by their interactions. The greatest seed yield from the investigated cultivars (2856 kg. ha^{-1}) was obtained from the control treatment, however, with termination of irrigation at stem elongation, flowering and silique formation stages, the trait decreased by 62, 51 and 27 %, respectively. The oleic acid content of rapeseed oil varied from 64 to 68 % and the linoleic acid concentration fluctuated from 15 to 18 %. Among the three saturated fatty acids (palmitic, stearic and arachidonic), the irrigation treatment only affected arachidonic acid and among the six unsaturated fatty acids (palmitoleic, oleic, linoleic, linolenic, gadoleic and erucic), the effect of irrigation was only significant on oleic, linoleic and linolenic fatty acids. When Irrigation was terminated at the rapeseed vegetative and reproductive stages, the oleic acid content significantly increased as compared to control treatment, while the amount of linoleic acid markedly decreased. Tohidi-Moghaddam et al. (2011) showed that the concentration of seed unsaturated fatty acids diminished in canola plant subjected to drought stress. This was more conspicuous when the stress was applied at flowering stage. They attributed the observed decrease to the reduced plant growth period induced by water-deficit conditions. The response of the three rapeseed cultivars to irrigation levels in terms of their linoleic and linolenic fatty acid contents was different. The cultivar Opera exhibited the highest amount of linoleic acid under the control treatment and irrigation termination at silique formation stage. However, the highest content of linoleic acid for the cultivar GKH2005 was associated with the irrigation termination at stem elongation and flowering stages. Under the control treatment, all the three cultivars were grouped for the content of linolenic fatty acid in the same statistical category, however, with the cessation of irrigation, cultivar GKH2005 was statistically superior to the other cultivars.

Conclusions: In general, it seems that irrigation termination resulted in the enhanced oleic acid content in the seeds of the rapeseed cultivars as compared to linoleic fatty acid. Moreover, among the rapeseed cultivars, there was a significant difference in the oil fatty acids content. Our findings indicated that GKH2005 produced higher seed yield and good quality fatty acid oils under drought stress

than the other cultivars.

Keywords: Oleic acid, Linoleic acid, Linolenic acid and Seed yield.

References

- Tohidi-Moghaddam, H. R., Zahedi, H. and Ghooshchi, F. 2011. Oil quality of canola cultivars in response to water stress and super absorbent polymer application. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, 41 (4): 579-586. doi: <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i4.13366>
- Trenberth, K. E., Dai, A. Van der Schrier, G. Jones, P. D. Barichivich, J. Briffa, K. R. and Sheffield, J. 2014. Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4, 17-22. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/NCLIMATE2067>
- Zhang, X., Lu, G. Long, W. Zou, X. Li, F. Ni and shio, T. 2014. Recent progress in drought and salt tolerance studies in *Brassica* crops. *Breeding Science*, 64(1): 60-73. doi: <http://dx.doi.org/10.1270/jsbbs.64.60>