تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
۳۸۶-۳۷۱
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.2006.1493

*مقاله پژوهشی*

# بررسی عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی آخر فصل و کاشت تأخیری

**لعیا مرادبیگی[1*]، احمد غلامی[2]، امیرحسین شیرانی‌راد[3]، حمید عباسدخت[2]، حمیدرضا اصغری[2]**

۱. دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه صنعتی شاهرود

۲. دانشیار دانشگاه صنعتی شاهرود

۳. استاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

**تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۹**

**چکیده**

**به‌منظور بررسی اثر کاشت تأخیری و تنش خشکی آخر فصل بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد، اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع، میزان روغن و گلوکوزینولات دانه و محتوای پرولین کلزا آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا گردید. تیمارهای موردبررسی شامل تاریخ کاشت در دو سطح شامل: ۲۰ مهر (کشت معمول) و ۵ آبان (کشت تأخیری)، آبیاری در دو سطح شامل: آبیاری کامل (شاهد) و تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی) و نیز ارقام و هیبریدهای پاییزه کلزا شامل: Neptune, Elvise, Okapi, Tassilo, GKH0224, GKH2624, GKH3705 بودند. نتایج آزمایش نشان داد که تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر تمام صفات به‌غیراز اسید اکوزنوئیک معنی‌دار بود. به تأخیر انداختن تاریخ کاشت، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، میزان روغن دانه، اکوزنوئیک اسید و پرولین را کاهش ولی میزان گلوکوزینولات دانه و اسید بهنیک را افزایش داد. بیش‌ترین میزان روغن دانه (۴۵/۶ درصد) در حالت آبیاری کامل و کشت معمول و کم‌ترین آن (۴۲/۲ درصد) در شرایط قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی و کشت تأخیری به دست آمد. بالاترین میزان پرولین (۲۱/۵۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در کشت معمول و از رقم GKH3705 به دست آمد. ازنظر عملکرد و اجزای عملکرد، محتوای روغن دانه، اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع و میزان گلوکوزینولات، رقم GKH3705 مناسب‌ترین بود. با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد تاریخ کاشت ۲۰ مهر و رقم GKH3705 در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی می‌تواند به‌عنوان بهترین تیمار برای سودمندی تولید کلزا در منطقه کرج پیشنهاد گردد.**

***واژه‌های کلیدی*: اسید چرب، پرولین، تاریخ کاشت، قطع آبیاری، گلوکوزینولات.**

## مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی یک‌ساله مورد کشت در جهان است (Sun et al., 2017). در حال حاضر دانه‌های روغنی کلزا، مقام سوم را در بین دانه‌های روغنی به خود اختصاص داده‌اند و دارای کمترین میزان اسید چرب اشباع‌شده هستند (Ashraf and Mcneilly, 2004). میزان عملکرد و درصد روغن دانه در سودآوری تولید کلزا اهمیت بسزایی دارد (Robertson and Holland, 2004). در چند سال گذشته به دلیل اهمیت بسیار بالای روغن خوراکی و کنجاله برای خوراک دام، سطح زیر کشت این گیاه روغنی به‌طور چشمگیری افزایش پیدا کرده است، درحالی‌که در سال‌های اخیر به دلیل کمبود نزولات جوی و تنش خشکی، سطح زیر کشت کلزا با کاهش نیز مواجه گردیده است (Moghaddam and Pourdad, 2011). خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده غیرزنده رشد، اثر

* نگارنده پاسخگو: لعیا مرادبیگی. پست الکترونیک: laia_moradbeigi@yahoo.com

نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد. بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه کلزا همزمان با قطع آبیاری در مرحله گلدهی اتفاق می‌افتد و مرحله گلدهی و تشکیل خورجین حساس‌ترین مرحله به تنش خشکی است (Angadi and Cut Forth, 2003). افزایش در مقدار پرولین آزاد، یکی از مکانیسم‌های دفاعی گیاهان و حفاظت از آنزیم‌ها در طول مقابله با تنش خشکی است (Liu et al., 2008). افزایش میزان پرولین در شرایط تنش، یکی از معیارهای ایجاد تحمل در گیاه به شمار می‌رود و پرولین می‌تواند نقش حفاظتی برای پروتئین‌ها و آنزیم‌ها در شرایط وقوع تنش داشته باشد (Vendruscolo et al., 2007). در آزمایشی نشان داده شد که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه در پنج رقم کلزا شد (Nasri et al., 2008). در بررسی واکنش پروفیل اسیدهای چرب روغن دانه‌ی گونه‌های مختلف جنس براسیکا به تنش خشکی گزارش شده است که اعمال تنش خشکی از مرحله گل‌دهی به بعد، سبب کاهش درصد اسیدهای چرب اشباع روغن دانه (اسید استئاریک و اسید آراشیدیک) در شش رقم کلزا شد که می‌توان آن را به کوتاه شدن دوره رشد گیاه در شرایط تنش نسبت داد (Tohidi-Moghaddam et al., 2011). همچنین در شرایط تنش خشکی، نسبت درصد اسیدهای چرب اشباع به اسیدهای چرب غیراشباع در روغن دانه ارقام کلزا افزایش می‌یابد، زیرا اسیدهای چرب غیراشباع از اسیدهای چرب اشباع به وجود می‌آیند (Tohidi-Moghaddam et al., 2011). تحت شرایط تنش خشکی، میزان اسیدهای چرب اشباع روغن دانه کاهش می‌یابد که با کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد در ارتباط است (Shekari et al., 2015).

امروزه روش‌های مختلفی برای مقابله با اثر ناشی از تنش در نظر گرفته شده است. به نظر می‌رسد که با بهبود مدیریت زراعی و افزایش تولید کلزا در واحد سطح، زراعت آن برای کشاورزان منطقه مقرون‌به‌صرفه شده و سطح زیرکاشت آن افزایش یابد. یکی از روش‌های مدیریتی تولید این محصول انتخاب رقم و تاریخ کاشت مناسب است بنابراین در خصوص معرفی رقم برای یک منطقه می‌بایست رقم‌های مختلف در آن منطقه ارزیابی گردد. مشاهده شده است که رقم‌های کلزا نسبت به شرایط آب و هوایی واکنش زیادی نشان می‌دهند و به شرایط اقلیمی معین سازگار هستند (Naderi Arefi and Abedini Esfahlani, 2013). بنابراین انتخاب رقم مناسب برای موفقیت تولید، حائز اهمیت بوده و در این انتخاب بایستی به گونه، نوع و سازگاری رقم، کیفیت بذر، ویژگی‌های خاک، شرایط آب‌وهوایی، عملکرد دانه، زودرسی، مقاومت به ریزش، ورس، بیماری‌ها و سایر خصوصیات زراعی توجه نمود.

بررسی‌های مختلف نشان می‌دهند که عملکرد دانه و روغن یک ژنوتیپ به یک اندازه تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار می‌گیرند. در زمان رسیدگی و پر شدن دانه، حدود ۸۰ درصد روغن در سلول‌های لپه متمرکز می‌شوند؛ بنابراین شرایط محیطی در این زمان تأثیرات قابل‌توجهی در کیفیت و کمیت روغن و عملکرد محصول دارند (Robertson and Holland, 2004). ربیعی و همکاران (Rabiee et al., 2003) با بررسی اثر تاریخ‌های کاشت ۱۰ مهر، ۲۵ مهر، ۱۵ آبان و ۳۰ آبان نشان دادند که در بین تاریخ‌های کاشت، ۲۵ مهرماه ازنظر تمامی صفات موردمطالعه ازجمله عملکرد بیولوژیکی و دانه، برتری قابل‌ملاحظه‌ای داشت و تأخیر در کاشت سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا شد. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد اعمال تاریخ‌های کاشت زود یا دیرهنگام و رژیم‌های دمایی نامطلوب در طول دوره رشد، سبب کاهش محصول و اجزای عملکرد می‌شود و بالاترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت مناسب به دست می‌آید (Bashir, 2010). روبرتسون و هلند (Robertson and Holland, 2004) نیز گزارش نمودند تأخیر در کاشت کلزای پاییز در نتیجهٔ افزایش دمای محیط، سبب کاهش دوره گلدهی و درنتیجه برخورد گرمای پایان فصل با دوره پر شدن دانه و موجب کاهش عملکرد دانه و روغن کلزا شد.

هدف از این پژوهش بررسی اثر تنش خشکی و کشت تأخیری بر برخی از صفات فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای آن روی هفت رقم کلزای پاییزه در مزرعه و معرفی رقم متحمل در پاسخ به تنش خشکی در شرایط کشت تأخیری است که علاوه بر عملکرد و اجزای عملکرد، از درصد روغن دانه و ترکیب اسیدهای چرب مناسبی برخوردار باشد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا انجام شد. این بررسی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و

در سه تکرار اجرا گردید که در آن آبیاری و تاریخ کاشت به‌عنوان عامل اصلی و به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و رقم به‌عنوان عامل فرعی در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. فاکتورهای موردبررسی شامل تاریخ کاشت در دو سطح شامل: ۲۰ مهرماه (کشت معمول) و ۵ آبان (کشت تأخیری)، آبیاری در دو سطح شامل: آبیاری کامل (شاهد) و تنش خشکی (قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی) و نیز ارقام و هیبریدهای پاییزه کلزا شامل: Neptune، Elvise، Okapi، Tassilo، GKH0224، GKH2624 و GKH3705 بودند. دور آبیاری بر اساس ۸۰ میلی‌متر 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 اندازه‌گیری شد. تعداد دفعات آبیاری در تیمارهای آبیاری شاهد و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به ترتیب ۷ و ۵ مرتبه و همچنین میزان آب مصرفی در تیمارهای مذکور به ترتیب ۴۴۸۰ و ۳۲۰۰ مترمکعب در هکتار بود.

هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط ۶ متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خط ۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که ۲ خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. به‌منظور کاهش سبز شدن علف‌های هرز اقدام به پخش علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه شد. کنترل آفات به‌ویژه شته مومی با استفاده از سم متاسیستوکس (۱/۵ لیتر در هکتار) صورت گرفت. بر اساس اطلاعات ۳۰ ساله هواشناسی کرج متوسط بارندگی منطقه ۲۴۳ میلی‌متر در سال است. ریزش باران عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار رخ می‌دهد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورداستفاده در جدول ۱ آورده شده است.

**جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش** **Table1. Physicochemical properties of soil of Experiment**

| عمق خاک Soil depth (cm) | بافت خاک Soil texture | اسیدیته خاک Soil acidity | درصد کربن آلی Organic carbon content | هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS/m) | درصد نیتروژن کل Total Nitrogen |
|---|---|---|---|---|---|
| 0-30 | loam-Clay | 7.9 | 0.91 | 1.45 | 0.09 |
| 30-60 | loam-Clay | 7.2 | 0.99 | 1.24 | 0.07 |

**جدول ۱. ادامه** **Table 1. Continued**

| عمق خاک Soil depth (cm) | بافت خاک Soil texture | فسفر قابل‌جذب P absorbable (mg/kg) | پتاسیم قابل‌جذب K absorbable (mg/kg) | درصد شن Sand percentage | درصد رس Clay percentage | درصد سیلت Silt percentage |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-30 | loam-Clay | 14.7 | 197 | 25 | 28 | 47 |
| 30-60 | loam-Clay | 15.8 | 155 | 26 | 25 | 49 |

برای تعیین مقدار پرولین برگ‌ها، از روش بیتس و همکاران (Bates, 1973) استفاده شد. برای اندازه‌گیری درصد روغن از دستگاه NMR (mq20, Bruker, Germany) استفاده شد. اسیدهای چرب بر اساس روش (AOAC, 1990) استخراج شدند. میزان گلوکوزینولات با استفاده از دستگاه HPLC (کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا) مجهز بـه آشکارسـاز UV ، اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی تعداد ۱۰ بوته به‌ظاهر یکنواخت و مشابه از خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت کننده برداشت گردید. سپس ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، طول خورجین، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بر روی این بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفت در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کار گرفته شد. عملکرد دانه از سطحی معادل یک مترمربع از خطوط اصلی هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه‌ای برآورد گردید.

در پایان، پس از اطمینان از یکنواختی اشتباهات آزمایشی توسط آزمون بارتلت، داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Ver 9.4) تجزیه واریانس مرکب شدند و مقایسه میانگین آن‌ها با استفاده از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. در صورت معنی‌دار بودن اثرات متقابل، برش‌دهی

انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون lsmeans صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. لازم به توضیح است که به علت کوچک‌تر بودن واریانس اشتباه اصلی از واریانس اشتباه فرعی، این دو اشتباه آزمایشی باهم ادغام گردید و تجزیه بر اساس آزمایش فاکتوریل انجام پذیرفت.

## نتایج و بحث

### *ارتفاع بوته*

جدول تجزیه واریانس در صفت ارتفاع بوته نشان داد ارتفاع بوته تحت تأثیر اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و رقم و اثرات ترکیب تیماری تاریخ کاشت×رقم و سال×آبیاری×تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۲). بالاترین ارتفاع بوته (۱۵۲/۴ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت معمول و رقم GKH3705 و کمترین آن (۱۴۰ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت تأخیری و رقم GKH0224 به دست آمد (جدول ۳). همچنین بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۵۴/۹ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت معمول و آبیاری کامل در سال اول کشت به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد علاوه بر عامل ژنتیک، شکل‌گیری شاخه‌های فرعی در تاریخ کاشت معمول، آبیاری کامل و شرایط آب‌وهوایی در سال اول کاشت در افزایش ارتفاع بوته در ژنوتیپ GKH3705 تأثیر داشت. افزایش طول دوره رویش و استفاده بهتر از نهاده‌ها و عوامل محیطی چون (درجه حرارت، نور، طول روز و رطوبت) در تاریخ کاشت‌های زود نسبت به تاریخ کاشت‌های تأخیری با طول دوره رشد کوتاه‌تر و عدم فرصت کافی برای ذخیره کردن مواد غذایی عامل اصلی در ایجاد اختلاف در ارتفاع گیاه است.

**جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و برخی صفات کلزا در واکنش به تنش خشکی، تاریخ کاشت و رقم در دو سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۵**

**Table 2. Analysis of variance yield and some traits of canola as affected by drought stress, planting date and genotypes in two years, 2014–2016.**

| Source of variation | منابع تغییرات | درجه آزادی Df | ارتفاع بوته Plant height | تعداد شاخه در بوته Branches number per plant | طول خورجین Pod length | تعداد خورجین در بوته Pod number per plant | تعداد دانه در خورجین Grain number per pod |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Year (Y) | سال | 1 | 453.1$^{**}$ | 2086.8$^{**}$ | 19.54$^{**}$ | 8109.26$^{**}$ | 332.08$^{**}$ |
| (Y×Rep) | سال×تکرار | 4 | 4.31 | 2.45 | 0.35 | 134.82 | 0.92 |
| planting date (D) | تاریخ کاشت | 1 | 2857.8$^{**}$ | 287.83$^{**}$ | 309.15$^{**}$ | 211225.29$^{**}$ | 6615.10$^{**}$ |
| Irrigation (I) | آبیاری | 1 | 758.2$^{**}$ | 93.15$^{**}$ | 76.68$^{**}$ | 48940.37$^{**}$ | 1460.84$^{**}$ |
| (Y × D) | سال × تاریخ کاشت | 1 | 8.82$^{ns}$ | 0.56$^{ns}$ | 0.00005$^{ns}$ | 363.14$^{*}$ | 24.38$^{*}$ |
| (Y × I) | سال×آبیاری | 1 | 14.23$^{*}$ | 4.70$^{ns}$ | 0.021$^{ns}$ | 318.72$^{*}$ | 0.74$^{ns}$ |
| (D × I) | تاریخ کاشت×آبیاری | 1 | 82.74$^{**}$ | 0.90$^{ns}$ | 0.026$^{ns}$ | 1567.70$^{**}$ | 6.40$^{ns}$ |
| (Y × D × I) | سال×تاریخ کاشت×آبیاری | 1 | 25.53$^{**}$ | 0.08$^{ns}$ | 0.043$^{ns}$ | 1.60$^{ns}$ | 11.41$^{ns}$ |
| Error 1 | خطای اول | 12 | 2.56 | 2.87 | 0.40 | 65.25 | 3.48 |
| Genotype (G) | رقم | 6 | 35.47$^{**}$ | 2.14$^{**}$ | 3.55$^{**}$ | 2318$^{**}$ | 68.11$^{**}$ |
| (Y × G) | سال×رقم | 6 | 1.12$^{ns}$ | 0.10$^{ns}$ | 0.017$^{ns}$ | 50.77$^{ns}$ | 0.52$^{ns}$ |
| (D × G) | تاریخ کاشت×رقم | 6 | 8.46$^{*}$ | 0.79$^{ns}$ | 0.343$^{ns}$ | 330.09$^{**}$ | 6.80$^{ns}$ |
| (I × G) | آبیاری×رقم | 6 | 0.25$^{ns}$ | 0.41$^{ns}$ | 0.008$^{ns}$ | 26.94$^{ns}$ | 0.81$^{ns}$ |
| (Y × D × G) | سال×تاریخ کاشت×رقم | 6 | 1.38$^{ns}$ | 0.56$^{ns}$ | 0.024$^{ns}$ | 63.93$^{ns}$ | 2.03$^{ns}$ |
| (Y × I × G) | سال×آبیاری×رقم | 6 | 1.90$^{ns}$ | 0.29$^{ns}$ | 0.157$^{ns}$ | 32.52$^{ns}$ | 0.45$^{ns}$ |
| (D × I × G) | تاریخ کاشت×آبیاری×رقم | 6 | 2.52$^{ns}$ | 0.11$^{ns}$ | 0.016$^{ns}$ | 45.72$^{ns}$ | 0.66$^{ns}$ |
| (Y × D × I × G) | سال×تاریخ کاشت×آبیاری ×رقم | 6 | 0.95$^{ns}$ | 0.26$^{ns}$ | 0.021$^{ns}$ | 70.61$^{ns}$ | 0.86$^{ns}$ |
| Error 2 | خطای دوم | 96 | 3.36 | 0.68 | 0.29 | 74.82 | 3.19 |
| C.V (%) | درصد ضریب تغییرات | - | *1.26* | *8.02* | *8.43* | *5.82* | *10.35* |

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, * and ** are non-significant, Significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.

**Table 2. Continued**

**جدول ۲. ادامه**

| Source of variation | منابع تغییرات | درجه آزادی Df | وزن هزار دانه 1000-grain weight | عملکرد دانه Grain yield | میزان گلوکوزینولات دانه Seed glucosinolate | میزان پرولین Prolin content | میزان روغن دانه Oil content |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Year (Y) | سال | 1 | 7.11$^{**}$ | 10718626.34$^{**}$ | 91.85$^{**}$ | 280.27$^{**}$ | 6.86$^{ns}$ |
| (Y×Rep) | سال×تکرار | 4 | 0.02 | 66269.9 | 0.54 | 1.12 | 1.14 |
| planting date (D) | تاریخ کاشت | 1 | 129.27$^{**}$ | 152059217.6$^{**}$ | 3023.06$^{**}$ | 2005.40$^{**}$ | 234.04$^{**}$ |
| Irrigation (I) | آبیاری | 1 | 29.19$^{**}$ | 41981002.1$^{**}$ | 731.92$^{**}$ | 366.12$^{**}$ | 47.98$^{**}$ |
| (Y × D) | سال × تاریخ کاشت | 1 | 0.059$^{ns}$ | 322525.7$^{ns}$ | 6.39$^{*}$ | 8.17$^{**}$ | 8.366$^{**}$ |
| (Y × I) | سال×آبیاری | 1 | 0.012$^{ns}$ | 67560.5$^{ns}$ | 3.51$^{ns}$ | 0.10$^{ns}$ | 1.58$^{ns}$ |
| (D × I) | تاریخ کاشت×آبیاری | 1 | 0.32$^{*}$ | 1306101$^{ns}$ | 0.14$^{ns}$ | 29.34$^{**}$ | 3.71$^{*}$ |
| (Y × D × I) | سال×تاریخ کاشت×آبیاری | 1 | 0.92$^{**}$ | 1112477.6$^{ns}$ | 1.43$^{ns}$ | 32.74$^{**}$ | 0.12$^{ns}$ |
| Error 1 | خطای اول | 12 | 0.059 | 263180.5 | 1.29 | 0.59 | 0.53 |
| Genotype (G) | رقم | 6 | 1.36$^{**}$ | 2000798.1$^{**}$ | 33.13$^{**}$ | 21.99$^{**}$ | 2.45$^{**}$ |
| (Y × G) | سال×رقم | 6 | 0.022$^{ns}$ | 29713.4$^{ns}$ | 0.64$^{ns}$ | 0.20$^{ns}$ | 0.07$^{ns}$ |
| (D × G) | تاریخ کاشت×رقم | 6 | 0.156$^{*}$ | 293980.8$^{ns}$ | 3.35$^{**}$ | 4.18$^{**}$ | 0.44$^{ns}$ |
| (I × G) | آبیاری×رقم | 6 | 0.033$^{ns}$ | 16245.1$^{ns}$ | 0.76$^{ns}$ | 0.26$^{ns}$ | 0.06$^{ns}$ |
| (Y × D × G) | سال×تاریخ کاشت×رقم | 6 | 0.078$^{ns}$ | 52065$^{ns}$ | 1.0008$^{ns}$ | 1.20$^{ns}$ | 0.07$^{ns}$ |
| (Y × I × G) | سال×آبیاری×رقم | 6 | 0.041$^{ns}$ | 14433.5$^{ns}$ | 1.05$^{ns}$ | 0.12$^{ns}$ | 0.05$^{ns}$ |
| (D × I × G) | تاریخ کاشت×آبیاری×رقم | 6 | 0.038$^{ns}$ | 8297.1$^{ns}$ | 0.86$^{ns}$ | 0.30$^{ns}$ | 0.11$^{ns}$ |
| (Y × D × I × G) | سال×تاریخ کاشت×آبیاری ×رقم | 6 | 0.95$^{ns}$ | 6634$^{ns}$ | 0.54$^{ns}$ | 1.008$^{ns}$ | 0.13$^{ns}$ |
| Error 2 | خطای دوم | 96 | 0.061 | 445366.3 | 0.93 | 0.69 | 0.27 |
| C.V (%) | درصد ضریب تغییرات | - | *6.60* | *17.49* | *4.88* | *5.06* | *1.19* |

**Table 2. Continued**

**جدول ۲. ادامه**

| Source of variation | منابع تغییرات | درجه آزادی Df | اسید پالمیتولئیک Palmitoleic acid | اکوزنوئیک اسید Eicosenoic acid | اسید آراشیدیک Arachidonic acid | اسید استئاریک Stearic acid | اسید بهنیک Behenic acid |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Year (Y) | سال | 1 | 0.016$^{**}$ | 0.12$^{ns}$ | 0.44$^{**}$ | 0.21$^{**}$ | 20.79$^{ns}$ |
| (Y×Rep) | سال×تکرار | 4 | 0.0003 | 0.14 | 0.001 | 0.0019 | 3.62 |
| planting date (D) | تاریخ کاشت | 1 | 2.29$^{**}$ | 3.38$^{**}$ | 4.39$^{**}$ | 19.39$^{**}$ | 102.00$^{**}$ |
| Irrigation (I) | آبیاری | 1 | 0.54$^{**}$ | 0.80$^{**}$ | 0.89$^{**}$ | 4.57$^{**}$ | 17.85$^{**}$ |
| (Y × D) | سال × تاریخ کاشت | 1 | 0.0001$^{ns}$ | 0.0076$^{ns}$ | 0.01$^{*}$ | 0.001$^{ns}$ | 19.97$^{**}$ |
| (Y × I) | سال×آبیاری | 1 | 0.00032$^{ns}$ | 0.0004$^{ns}$ | 0.0077$^{ns}$ | 0. 22$^{**}$ | 1.37$^{ns}$ |
| (D × I) | تاریخ کاشت×آبیاری | 1 | 0.00039$^{ns}$ | 0.21$^{*}$ | 0.03$^{**}$ | 1.09$^{**}$ | 4.11$^{**}$ |
| (Y × D × I) | سال×تاریخ کاشت×آبیاری | 1 | 0.001$^{ns}$ | 0.0029$^{ns}$ | 0.03$^{**}$ | 0.58$^{**}$ | 0.159$^{ns}$ |
| Error 1 | خطای اول | 12 | 0.0024 | 0.02 | 0.0024 | 0.008 | 0.26 |
| Genotype (G) | رقم | 6 | 0.02$^{**}$ | 0.03$^{ns}$ | 0.03$^{**}$ | 0.19$^{**}$ | 2.01$^{ns}$ |
| (Y × G) | سال×رقم | 6 | 0.00043$^{ns}$ | 0.01$^{ns}$ | 0.0012$^{ns}$ | 0.009$^{ns}$ | 0.400$^{ns}$ |
| (D × G) | تاریخ کاشت×رقم | 6 | 0.0017$^{ns}$ | 0.02$^{ns}$ | 0.0031$^{ns}$ | 0.04$^{**}$ | 0.34$^{ns}$ |
| (I × G) | آبیاری×رقم | 6 | 0.00040$^{ns}$ | 0.0067$^{ns}$ | 0.0018$^{ns}$ | 0.005$^{ns}$ | 0.142$^{ns}$ |
| (Y × D × G) | سال×تاریخ کاشت×رقم | 6 | 0.0005$^{ns}$ | 0.0064$^{ns}$ | 0.0021$^{ns}$ | 0.01$^{*}$ | 0.33$^{ns}$ |
| (Y × I × G) | سال×آبیاری×رقم | 6 | 0.00040$^{ns}$ | 0.011$^{ns}$ | 0.0011$^{ns}$ | 0.02$^{**}$ | 0.482$^{ns}$ |
| (D × I × G) | تاریخ کاشت×آبیاری×رقم | 6 | 0.00044$^{ns}$ | 0.015$^{ns}$ | 0.0016$^{ns}$ | 0.009$^{ns}$ | 0.189$^{ns}$ |
| (Y × D × I × G) | سال×تاریخ کاشت×آبیاری ×رقم | 6 | 0.0003$^{ns}$ | 0.010$^{ns}$ | 0.0009$^{ns}$ | 0.018$^{*}$ | 0.2582$^{ns}$ |
| Error 2 | خطای دوم | 96 | 0.001 | 0.04 | 0.0025 | 0.006 | 0.55 |
| C.V (%) | درصد ضریب تغییرات | - | *8.12* | *12.27* | *11.62* | *2.62* | *25.12* |

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

ns, * and ** are non-significant, Significant at P≤0.05 and P≤0.01, respectively.

### *تعداد شاخه در بوته و طول خورجین*

با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که تنها اثرات اصلی سال، آبیاری، تاریخ کاشت و رقم برای صفات تعداد شاخه در بوته و طول خورجین معنی‌دار شدند. بیش‌ترین تعداد شاخه در بوته و طول خورجین، در سال اول کاشت (به ترتیب ۱۴ و ۸۰/۴۴ میلی‌متر)، آبیاری کامل (به ترتیب ۱۱ و ۷۹/۳۰ میلی‌متر)، تاریخ کاشت معمول (به ترتیب ۱۱ و ۸۰/۵۷ میلی‌متر) و رقم GKH3705 (به ترتیب ۱۰/۷۰ و ۷۹ میلی‌متر) به دست آمد (جداول ۵، ۶، ۷ و ۸). طول خورجین در کلزا ازجمله صفاتی است که به‌طور غیرمستقیم بر عملکرد دانه تأثیرگذار است و ارقامی از کلزا که دارای تعداد کمتری خورجین در بوته و در عوض طول خورجین بلندتری بوده‌اند، مطلوب‌تر هستند و علت آن را مربوط به افزایش ظرفیت تعداد دانه و افزایش سطح فتوسنتز کننده خورجین متناسب با افزایش طول آن دانسته‌اند (Rao and Mendham, 1991; Ozer, 2003). تعداد شاخه در بوته با تأخیر در کاشت کاهش یافته است. کشت به‌موقع کلزا در زمان مناسب، موجب رشد رویشی بیشتر و تشکیل بوته‌های بزرگ می‌گردد (Abrahimei et al., 2012).

**جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر برخی صفات کلزا به روش برش دهی.**

**Table 3. Mean comparisons of interaction effects of planting date and genotype on some traits of canola by slicing methods.**

| تاریخ کاشت Planting date | رقم Genotype | تعداد خورجین در بوته Pod number per plant | ارتفاع بوته Plant height (cm) | میزان گلوکوزینولات دانه Seed glucosinolate | میزان پرولین Proline content (mg.g.Fw) | وزن هزار دانه 1000-grain weight (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کشت معمول Normal cultivation | Neptune | 186 c | 149.8 b | 15.19c | 20.13c | 4.69c |
| | Elvise | 176 d | 148.5 c | 16.42 b | 19.07d | 4.46d |
| | Okapi | 172d | 148c | 16.77b | 18.82d | 4.40d |
| | Tassilo | 190bc | 150.1b | 14.92cd | 20.38bc | 4.77bc |
| | GKH0224 | 166 e | 147.3 c | 17.36a | 17.99e | 4.23e |
| | GKH2624 | 193 b | 150.7b | 14.60d | 20.71 b | 4.85b |
| | GKH3705 | 203 a | 152.4a | 13.49e | 21.95a | 5.07a |
| کشت تأخیری Delayed cultivation | Neptune | 109 bc | 141ab | 24.79ab | 12.54bc | 2.77c |
| | Elvise | 114ab | 141.4ab | 23.87bc | 13.07ab | 2.95abc |
| | Okapi | 109f bc | 140.8ab | 24.48 b | 12.61bc | 2.78bc |
| | Tassilo | 117 ab | 141.7a | 23.42cd | 13.24ab | 3.01ab |
| | GKH0224 | 101 c | 140b | 25.81a | 11.93c | 2.52d |
| | GKH2624 | 119 a | 142a | 23.13cd | 13.51a | 3.07a |
| | GKH3705 | 122 a | 142.1 a | 22.65d | 13.79a | 3.100a |

اعداد با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% level based on the LSD test.

### *تعداد خورجین در بوته*

نتایج نشان داد تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر سال، آبیاری، تاریخ کاشت و رقم و اثرات ترکیب تیماری آبیاری×تاریخ کاشت، سال×آبیاری، سال×تاریخ کاشت و تاریخ کاشت×رقم قرار گرفت (جدول ۲). از آنجا که تعداد خورجین در بوته، دربرگیرنده تعداد دانه و نیز تأمین‌کننده مواد فتوسنتزی موردنیاز دانه و نهایتاً وزن دانه است، بنابراین یکی از اجزای مهم عملکرد دانه است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، ترکیب تیماری تاریخ کاشت معمول در شرایط آبیاری کامل بالاترین (۲۰۴) و تاریخ کاشت تأخیری در شرایط تنش خشکی کمترین تعداد خورجین در بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۹). تیمار آبیاری کامل در سال اول دارای بیش‌ترین تعداد خورجین در بوته (۱۷۴) و تیمار تنش خشکی در سال دوم دارای کمترین تعداد خورجین در بوته بود (جدول ۱۰). تاریخ کاشت معمول در سال اول دارای بیش‌ترین تعداد خورجین (۱۹۲) و تاریخ کاشت تأخیری در

سال دوم دارای کمترین مقدار (۱۰۷) بود (جدول ۱۱). رقم GKH3705 در تاریخ کاشت معمول (۲۰۳) بالاترین و رقم GKH0224 در تاریخ کاشت تأخیری (۱۰۱/۱) کمترین تعداد خورجین در بوته را داشتند (جدول ۳). به‌این‌ترتیب می‌توان گفت پتانسیل تولید تعداد خورجین در بوته مناسب ارقام کلزا وابستگی زیادی به شرایط محیطی دارد. تأخیر در کاشت و گرمای انتهای فصل منجر به محدودیت‌های فیزیولوژیکی در طول دوره گلدهی می‌گردد که مرتبط با رشد ضعیف گیاه و توسعه محدود برگ می‌باشند، لذا عرضه مواد پرورده به انتهای گل‌آذین را محدود کرده و تعداد خورجین در بوته کاهش پیدا می‌کند (Dipenbrock, 2000). معنی‌دار شدن اثر سال در تاریخ کاشت و اثر تاریخ کاشت در رقم بر وزن هزار دانه، نشان از تأثیرپذیری تعداد خورجین در بوته از شرایط متفاوت در تاریخ‌های مختلف کاشت و همچنین عکس‌العمل متفاوت ارقام در سال‌های مختلف آزمایش می‌تواند داشته باشد. کاهش عملکرد دانه توسط دوره کوتاهی از تنش آب در موقع طویل شدن ساقه، گلدهی و رشد خورجین‌ها به علت کاهش تعداد خورجین‌ها در بوته است (Sinaki et al., 2007).

**جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل سال، تاریخ کاشت و آبیاری بر برخی صفات کلزا به روش برش دهی.**

**Table 4. Mean comparisons of interaction effects of year, planting date and irrigation on some traits of canola by slicing methods**

| سال Year | تاریخ کاشت Planting date | آبیاری Irrigation | ارتفاع بوته Plant height (cm) | وزن هزار دانه 1000-grain weight (g) | اسید آراشیدیک Arachidonic acid (%) | میزان پرولین Prolin content (mg.g.Fw) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Y1=2014 | کشت معمول Normal cultivation | آبیاری کامل Normal irrigation | 154.9 a | 5.24a | 0.1828b | 21.15a |
| | | تنش خشکی Drought stress | 147.9b | 4.49b | 0.2852a | 16.43b |
| | کشت تأخیری Delayed cultivation | آبیاری کامل Normal irrigation | 144a | 3.51a | 0.4323b | 12.08a |
| | | تنش خشکی Drought stress | 141.4b | 2.63b | 0.6488a | 10.79 b |
| Y2=2015 | کشت معمول Normal cultivation | آبیاری کامل Normal irrigation | 149.8a | 4.96a | 0.2516b | 22.36a |
| | | تنش خشکی Drought stress | 145.5b | 3.87b | 0.3872a | 19.50b |
| | کشت تأخیری Delayed cultivation | آبیاری کامل Normal irrigation | 141.4a | 3.01a | 0.5955a | 15.94a |
| | | تنش خشکی Drought stress | 138.4a | 2.39a | 0.7244a | 12.99b |

اعداد با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% level based on the LSD test.

**جدول ۵. مقایسه میانگین اثر ساده سال بر برخی صفات کلزا.**

**Table 5. Mean comparison of simple effect of year on some traits of canola.**

| تیمار Treatments | تعداد شاخه در بوته Branches number per plant | طول خورجین Pod length (mm) | عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$) | اسید پالمیتولئیک Palmitoleic acid (%) |
|---|---|---|---|---|
| Y1=2014 | 14a | 80.44a | 4067.94a | 0.379b |
| Y2=2015 | 7b | 75.28b | 3562.76b | 0.399a |

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different.

**جدول ۶. مقایسه میانگین اثر ساده آبیاری بر برخی صفات کلزا.**

**Table 6. Mean comparison of simple effect of irrigation on some traits of canola.**

| تیمار Treatments | تعداد شاخه در بوته Branches number per plant | طول خورجین Pod length (mm) | تعداد دانه در خورجین Grain number per pod | عملکرد دانه Grain yield (kg/ha$^{-1}$) | میزان گلوکوزینولات دانه Seed glucosinolate (mg/g.dw) | اسید پالمیتولئیک Palmitoleic acid (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری کامل Normal irrigation | 11$^{a}$ | 79.30$^{a}$ | 20$^{a}$ | 4315$^{a}$ | 17.69$^{b}$ | 0.3277$^{b}$ |
| تنش خشکی Drought stress | 9$^{b}$ | 76.43$^{b}$ | 14$^{b}$ | 3315$^{b}$ | 21.86$^{a}$ | 0.4464$^{a}$ |

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different

**جدول ۷. مقایسه میانگین اثر ساده تاریخ کاشت بر برخی صفات کلزا.**

**Table 7. Mean comparison of simple effect of planting date on some traits of canola.**

| Planting date | تاریخ کاشت | تعداد شاخه در بوته Branches number per plant | طول خورجین Pod length (mm) | عملکرد دانه Grain yield (kg/ha$^{-1}$) | اسید پالمیتولئیک Palmitoleic acid (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Normal cultivation | کشت معمول | 11$^{a}$ | 80.57$^{a}$ | 4766$^{a}$ | 0.2727$^{b}$ |
| Delayed cultivation | کشت تأخیری | 9$^{b}$ | 75.15$^{b}$ | 2863$^{b}$ | 0.5064$^{a}$ |

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different

**جدول ۸. مقایسه میانگین اثر ساده رقم بر برخی صفات کلزا.**

**Table 8. Mean comparison of simple effect of genotype on some traits of canola.**

| ارقام Genotype | تعداد شاخه در بوته Branches number per plant | طول خورجین Pod length (mm) | تعداد دانه در خورجین Grain number per pod | عملکرد دانه Grain yield (kg/ha$^{-1}$) | میزان روغن دانه Oil content (%) | اسید پالمیتولئیک Palmitoleic acid (%) | اسید آراشیدیک Arachidonic acid (%) | اسید بهتیک Behenic acid (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Neptune | 10.31$^{c}$ | 77.88$^{bc}$ | 16.8$^{c}$ | 3735$^{bcd}$ | 43.73$^{bc}$ | 0.3944$^{b}$ | 0.4475$^{b}$ | 3.0915$^{abc}$ |
| Elvise | 10.19$^{bc}$ | 77.60$^{cd}$ | 16.7$^{c}$ | 3707$^{bcd}$ | 43.55$^{cd}$ | 0.3995$^{b}$ | 0.4440$^{bc}$ | 3.0975$^{abc}$ |
| Okapi | 9.96$^{c}$ | 77.20$^{ed}$ | 16$^{c}$ | 3602$^{cd}$ | 43.47$^{cd}$ | 0.4121$^{b}$ | 0.47$^{b}$ | 3.2563$^{ab}$ |
| Tassilo | 10.45$^{ab}$ | 78.22$^{b}$ | 17.9$^{b}$ | 3945$^{abc}$ | 43.87$^{b}$ | 0.3751$^{c}$ | 0.4163$^{cd}$ | 2.8519$^{bcd}$ |
| GKH0224 | 9.85$^{c}$ | 76.74$^{e}$ | 14.7$^{d}$ | 3413$^{d}$ | 43.28$^{d}$ | 0.4375$^{a}$ | 0.5023$^{a}$ | 3.3019$^{a}$ |
| GKH2624 | 10.44$^{ab}$ | 78.39$^{b}$ | 18.5$^{b}$ | 4024$^{ab}$ | 43.99$^{ab}$ | 0.3654$^{c}$ | 0.4062$^{de}$ | 2.7338$^{cd}$ |
| GKH3705 | 10.70$^{a}$ | 79$^{a}$ | 19.8$^{a}$ | 4278$^{a}$ | 44.20$^{a}$ | 0.3429$^{d}$ | 0.3831$^{e}$ | 2.5108$^{d}$ |

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different

***تعداد دانه در خورجین***

نتایج تجزیه واریانس صفات موردبررسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری در اثرات ساده سال، تاریخ کاشت، آبیاری و رقم و اثرات متقابل سال × تاریخ کاشت برای صفت تعداد دانه در خورجین وجود دارد (جدول ۲). برای اثرات ساده تیمارهای مورد آزمون، باید بیان نمود که بیشترین تعداد دانه در خورجین (۲۰ عدد) در شرایط آبیاری کامل (جدول ۶) و همچنین رقم GKH3705 با ۱۹/۸، مناسب‌ترین تیمارها بودند (جدول ۸). کاشت دیرتر از موعد سبب کاهش تعداد دانه در خورجین گردید. بالاترین تعداد دانه در خورجین در ترکیب تیماری تاریخ کاشت معمول در سال اول کشت (۲۵ عدد) به دست آمد (جدول ۱۱). کاهش این جزء از عملکرد در اثر تأخیر در کاشت با نتایج برخی محققان (Jorge 2003; Rahnama, 2005) مطابقت داشت. دلیل کاهش تعداد دانه

در خورجین را تحت شرایط تنش خشکی می‌توان به کاهش تعداد گل‌هایی که به دانه تبدیل شدند، مرتبط دانست. مروجی و همکاران (Moravveji et al., 2016) گزارش کردند که ایجاد تنش در مرحله گلدهی از طریق محدودیت در فراهمی اسیمیلات فتوسنتزی در فاز رویشی بر گرده‌افشانی و باروری گلچه‌ها تأثیر گذاشته و سبب سقط گلچه و درنهایت کاهش تعداد دانه در غلاف گردیده است.

### *وزن هزار دانه*

نتایج نشان داد که تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و رقم و اثرات ترکیب تیماری تاریخ کاشت×رقم و سال×آبیاری×تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین وزن هزار دانه (۵/۰۷ گرم) در تاریخ کاشت معمول و رقم GKH3705 و کمترین آن در تاریخ کاشت تأخیری و رقم Neptune (۲/۷۷ گرم) به دست آمد (جدول ۳). همچنین تاریخ کاشت معمول در شرایط آبیاری کامل در سال اول کشت، بیش‌ترین وزن هزار دانه (۵/۲۴ گرم) را به خود اختصاص داد (جدول ۴). تأخیر در کاشت کلزا موجب کاهش تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه شد و از وزن هزار دانه در رقم GKH3705 به میزان ۳۸/۸۵ درصد کاسته شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که در کشت‌های تأخیری، دوره پر شدن دانه با درجه حرارت‌های بالای محیط همراه بوده و گرما مانع از پر شدن بهینه دانه‌ها می‌شود (Bashir, 2010). وزن هزار دانه آخرین جزء عملکرد است که در گیاه شکل می‌گیرد. طبیعی است که هرقدر که دانه زودتر تشکیل گردد و بیشتر روی بوته بماند، فرصت بیشتری برای انباشت مواد ذخیره‌ای می‌یابد؛ که در تاریخ کاشت‌های زود نسبت به دیر این اتفاق می‌افتد (Mirzaei et al., 2010). پژوهشگران معتقدند کمبود آب و مواد هیدروکربنه پس از گلدهی و در طول دوره نمو خورجین در کاهش وزن دانه مؤثر است، بااین‌حال ارقام کلزا می‌توانند واکنش متفاوتی داشته باشند (Rahnema and Bakhshande, 2006). در بررسی حاضر نیز، دلیل کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش آبی می‌تواند به این دلیل باشد که وقوع تنش موجب کاهش جذب آب و املاح و درنتیجه، کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره‌ی پرورده گردیده است.

**جدول ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت و آبیاری بر برخی صفات کلزا به روش برش دهی.**

**Table 9. Mean comparisons of interaction effects of planting date and irrigation on some traits of canola by slicing methods.**

| تاریخ کاشت Planting date | Irrigation | آبیاری | تعداد خورجین در بوته Pod number per plant | میزان روغن دانه Oil content (%) | اسید بهتیک Behenic acid (%) | اکوزنوئیک اسید Eicosenoic acid (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| کشت معمول Normal cultivation | Normal irrigation | آبیاری کامل | 204[a] | 45.59[a] | 1.62[b] | 1.395[b] |
| | Drought stress | تنش خشکی | 164[b] | 44.22[b] | 2.77[a] | 1.605[a] |
| کشت تأخیری Delayed cultivation | Normal irrigation | آبیاری کامل | 127[a] | 42.93 [a] | 3.44[b] | 1.750[b] |
| | Drought stress | تنش خشکی | 99[b] | 42.16[b] | 3.80[a] | 1.81[a] |

اعداد با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% level based on the LSD test.

### *عملکرد دانه*

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی سال، تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار شد ولی هیچ‌کدام از اثرات متقابل معنی‌دار نشد (جدول ۲). رقم GKH3705 بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه را در بین ارقام به میزان ۴۲۷۸ کیلوگرم در هکتار تولید کرد و کمترین مربوط به رقم GKH0224 به میزان ۳۴۱۳ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین میزان عملکرد دانه مربوط به سال دوم کشت بود (جدول ۵). در سال اول آزمایش به دلیل تولید زیاد شاخه در بوته و افزایش طول خورجین نسبت به سال دوم (جدول ۵) سبب گردید که عملکرد دانه بیشتر از سال دوم گردد، درحالی‌که در سال دوم این امر صادق نبوده و میانگین عملکرد دانه کاهش یافت. نتایج یک آزمایش روی کلزا نشان داد که

خشکی در مرحله گلدهی باعث کاهش عملکرد دانه و اجزای آن شد (Hasanzadeh et al., 2005). بیشترین کاهش عملکرد کلزا موقعی است که تنش آب در شروع گلدهی اتفاق می‌افتد و در زمان رشد خورجین‌ها ادامه می‌یابد (Sinaki et al., 2007) که با نتایج آزمایش ما مطابقت دارد.

**جدول ۱۰. مقایسه میانگین اثرمتقابل سال و آبیاری بر برخی صفات کلزا به روش برش دهی.**

**Table 10. Mean comparisons of interaction effects of year and irrigation on some traits of canola by slicing methods.**

| سال Year | آبیاری Irrigation | تعداد خورجین در بوته Pod number per plant |
|---|---|---|
| Y1=2014 | آبیاری کامل Normal irrigation | 174[a] |
| | تنش خشکی drought stress | 137[b] |
| Y2=2015 | آبیاری کامل Normal irrigation | 157[a] |
| | تنش خشکی drought stress | 126[b] |

اعداد با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% level based on the LSD test.

### *میزان گلوکوزینولات دانه*

نتایج تجزیه واریانس صفات موردبررسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری در اثرات ساده و اثرات متقابل سال×تاریخ کاشت و رقم×تاریخ کاشت در میزان گلیکوزینولات دانه وجود دارد (جدول ۲). تنش خشکی در مرحله گلدهی کلزا موجب افزایش ۲۳/۵۷ درصد در میزان گلوکوزینولات نسبت به آبیاری کامل گردید. تاریخ کاشت تأخیری در سال دوم دارای بیش‌ترین میزان گلیکوزینولات دانه (۲۴/۹۶) و تاریخ کاشت معمول در سال اول دارای کمترین مقدار (۱۴/۹۹) بود (جدول ۱۱). رقم GKH0224 با تاریخ کاشت تأخیری (۲۵/۸۱) بالاترین و رقم GKH3705 با تاریخ کاشت معمول (۱۳/۴۹) کمترین میزان را داشتند (جدول ۳).

با کاهش رطوبت خاک، میزان گلوکوزینولات دانه به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت که به نظر می‌رسد در سال دوم آزمایش، میزان بارندگی کمتر نسبت به سال اول، موجب افزایش مقدار گلوکوزینولات دانه شده است. افزایش گلوکوزینولات موجب کاهش کیفیت و ارزش غذایی کنجاله‌ی دانه‌ی کلزا می‌شود که تحت تأثیر عوامل ارثی و محیطی قرار دارد (Fieldsend et al., 1991; Rathke et al., 2005). در بررسی که توسط مصطفوی‌راد و همکاران (Mostafavi-Rad et al., 2011) بر صفات زراعی و عملکرد کیفی دانه ارقام پاییزه کلزا انجام شد، ارقام کلزا ازنظر عملکرد دانه، ترکیب اسیدهای چرب، تفاوت معنی‌داری داشتند.

### *میزان پرولین*

جدول تجزیه واریانس نشان داد میزان پرولین تحت تأثیر اثرات ساده سال، آبیاری، تاریخ کاشت و رقم و اثرات ترکیب تیماری تاریخ کاشت×رقم و سال×آبیاری×تاریخ کاشت قرار گرفت (جدول ۲). بالاترین میزان پرولین (۲۱/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تاریخ کاشت معمول و رقم GKH3705 و کمترین آن (۱۱/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تاریخ کاشت تأخیری و رقم GKH0224 به دست آمد (جدول ۳). بیش‌ترین میزان پرولین (۲۲/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در تاریخ کاشت معمول و تنش خشکی در سال دوم کشت به دست آمد (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط تنش خشکی میزان پرولین افزایش یافت. افزایش میزان پرولین در مطالعات بسیاری تحت تنش خشکی گزارش شده است (Ghorbanli et al., 2013)؛ بنابراین گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند مقدار زیادی از منابع کربن و نیتروژن خود را صرف سنتز تنظیم‌کننده‌های اسمزی از قبیل پرولین می‌کنند تا بتوانند فشار تورژسانس سلول‌های خود را حفظ نمایند (Aranjuelo et al., 2011). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که وجود سطوح پرولین بالا در گیاهان متحمل، در تنظیم اسمزی گیاهان نقش دارد. بااین‌حال در بسیاری از موارد، تنظیم اسمزی نتیجه تجمع پرولین نیست، بلکه پرولین در سایر مکانیسم‌هایی مانند حفاظت از تخریب تنظیم اسمزی نقش دارد. تجمع املاح سازگار حاوی پرولین به‌عنوان مشارکت در تنظیم اسمزی، حفاظت از مولکول‌های درشت سلولی از تخریب شوری، ذخیره نیتروژن و زدایش رادیکال‌های آزاد شناخته می‌شوند (Chookhampaeng et al., 2008). با تجمع پرولین به‌عنوان اسمولیت غیرسمی، پتانسیل اسمزی واکوئل‌ها کاهش می‌یابد و تحمل گیاه را در برابر تنش افزایش می‌دهد. تصور بر این است که پرولین تجمع یافته تحت تنش‌های محیطی، واکنش‌های بیوشیمیایی را محدود نمی‌کند و طی تنش اسمزی نقش یک محافظ اسمزی

را ایفا می‌کند؛ بنابراین، می‌توان بیان کرد که پتانسیل اسمزی پایین در بافت‌ها می‌تواند ناشی از تجمع پرولین باشد (Çiçek et al., 2002). به نظر می‌رسد رقم GKH3705 هم در شرایط کشت معمول و هم در شرایط کشت تأخیری با سازوکار کاراتری قادر است موجب افزایش میزان تجمع پرولین گردند و از طریق تنظیم اسمزی مقاومت خود را در شرایط نرمال و شرایط آب و هوایی نامساعد افزایش دهند.

**جدول ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و تاریخ کاشت بر برخی صفات کلزا به روش برش دهی.**

**Table 11. Mean comparisons of interaction effects of year and planting date on some traits of canola by slicing methods.**

| سال Year | تاریخ کاشت Planting date | تعداد خورجین در بوته Pod number per plant | تعداد دانه در خورجین Grain number per pod | میزان گلوکوزینولات دانه Seed glucosinolate (mg/g.dw) | اسید بهنیک Behenic acid (%) | میزان روغن دانه Oil content |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Y1=2014 | کشت معمول Normal cultivation | 192[a] | 25[a] | 14.99[b] | 2.20[b] | 44.48[a] |
| | کشت تأخیری Delayed cultivation | 118[b] | 12[b] | 23.09[a] | 4.45[a] | 42.57[b] |
| Y2=2015 | کشت معمول Normal cultivation | 175[a] | 21[a] | 16.08[b] | 2.19[b] | 45.33[a] |
| | کشت تأخیری Delayed cultivation | 107[b] | 9[b] | 24.96[a] | 3.06[a] | 42.53[b] |

اعداد با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% level based on the LSD test.

### *میزان روغن دانه*

نتایج تجزیه واریانس صفات موردبررسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری در اثرات ساده (به‌جز اثر سال) و اثرات متقابل سال×تاریخ کاشت و آبیاری×تاریخ کاشت در میزان گلیکوزینولات دانه وجود دارد (جدول ۲). تیمار آبیاری کامل در تاریخ کشت معمول دارای بیش‌ترین میزان روغن دانه (۴۵/۵۹ درصد) و تیمار تنش خشکی در کشت تأخیری دارای کمترین میزان روغن دانه (۴۲/۱۶ درصد) بود (جدول ۹). تاریخ کشت معمول در سال دوم دارای بیش‌ترین میزان روغن دانه (۴۵/۳۳ درصد) و تاریخ کشت تأخیری در همان سال دارای کمترین مقدار (۴۲/۵۳ درصد) بود (جدول ۱۱). رقم GKH3705 بالاترین میزان روغن دانه را در مقایسه با سایر ارقام به خود اختصاص داد (جدول ۸). نتایج این آزمایش با یافته‌های (Fallah Heki et al., 2010) که کاهش درصد روغن در تاریخ کاشت‌های دیر را به دلیل درجه حرارت‌های بالا در زمان پر شدن دانه گزارش نمودند، مطابقت داشت. به نظر می‌رسد میزان روغن در تاریخ‌های کاشت موردبررسی در این آزمایش به یک نسبت تحت تأثیر درجه حرارت‌های آخر فصل قرار گرفتند. (Cheema et al., 2001) عقیده دارند درصورتی‌که در مراحل آخر رشد گیاه تحت تنش نباشد درصد روغن دانه ثابت می‌ماند. سنا و همکاران (Sana et al., 2006) نشان دادند که با تغییر تاریخ کاشت در شرایطی که رسیدگی محصول تحت تنش‌هایی نظیر سرما، گرما یا خشکی انجام شود، درصد روغن می‌تواند کاهش یابد. دلیل کاهش درصد روغن دانه در اثر تنش کم‌آبی، مربوط به زمان تشکیل و ذخیره شدن نخستین قطره‌های روغن که حدوداً ۱۸ روز بعد از گرده‌افشانی است مربوط می‌شود. میزان روغن در ارقام مختلف در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی به سطح تقریباً ثابتی می‌رسد و تا زمان رسیدن کامل بذر نوسانات ناچیزی دارد، بنابراین زمان آغاز پدیده تشکیل روغن دانه منجر به کاهش درصد روغن دانه خواهد شد. نتایج حاصله با تحقیقات چامپولیور و مرین (Champoliver and Merrien, 2002) نیز مطابقت دارد.

### *ترکیب اسیدهای چرب*

در این آزمایش، اسیدهای چرب پالمیتولئیک و اکوزئونیک جزء اسیدهای چرب غیراشباع و اسید استئاریک، آراشیدیک و بهنیک جزء اسیدهای چرب اشباع می‌باشند. بخش عمده‌ی

ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا را اسیدهای چرب غیراشباع تشکیل می‌دهند. افزایش میزان اسید چرب اشباع نشده مرغوبیت روغن را بالا می‌برد. گزارش شده است که اعمال تنش خشکی در مرحله گل‌دهی کلزا، میزان اسیدهای چرب غیراشباع روغن دانه را در مقایسه با شرایط بدون تنش کاهش داد (Tohidi-Moghaddam et al., 2011). بیش‌ترین اسید چرب پالمیتولئیک (۰/۴۳۷۵ درصد) در رقم GKH0224 به دست آمد (جدول ۸). در بین ارقام موردبررسی، رقم GKH0224 ازنظر مقدار اسید پالمیتولئیک و آراشیدیک برتر بودند (جدول ۸). در تیمارهایی که تنش خشکی اعمال گردید درصد اسید چرب غیراشباع اسید پالمیتولئیک از ۰/۲۷ درصد به ۰/۵۰۶ درصد کاهش نشان داد.

**جدول ۱۲. مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر میزان اسید استئاریک دانه کلزا در دو سال زراعی ۹۵- ۱۳۹۳ به روش برش دهی.**

**Table 12. Mean comparisons of interaction effects of irrigation, planting date and genotype on some traits of canola in two years, 2014–2016 by slicing methods.**

| تاریخ کاشت Planting date | آبیاری Irrigation | ارقام Genotype | Year سال | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Y1=2014 | Y2=2015 |
| کشت معمول Normal cultivation | کامل Normal irrigation | Neptune | 2.460[b] | 2.57[b] |
| | | Elvise | 2.54[a] | 2.67[a] |
| | | Okapi | 2.55[a] | 2.7[a] |
| | | Tassilo | 2.42[bc] | 2.53[b] |
| | | GKH0224 | 2.58[a] | 2.76[a] |
| | | GKH2624 | 2.39[c] | 2.50[b] |
| | | GKH3705 | 2.29[d] | 2.37[c] |
| | تنش خشکی Water stress | Neptune | 3.19[c] | 2.87[ab] |
| | | Elvise | 3.27[b] | 2.93 [ab] |
| | | Okapi | 3.30[ab] | 2.95[ab] |
| | | Tassilo | 3.16[c] | 2.85[ab] |
| | | GKH0224 | 3.34[a] | 2.98 [a] |
| | | GKH2624 | 3.14[c] | 2.84[ab] |
| | | GKH3705 | 2.61[d] | 2.79[b] |
| کشت تأخیری Delayed cultivation | کامل Normal irrigation | Neptune | 3.47[a] | 3.38[a] |
| | | Elvise | 3.43[ab] | 3.29[a] |
| | | Okapi | 3.45[a] | 3.34[a] |
| | | Tassilo | 3.41[ab] | 3.27[a] |
| | | GKH0224 | 3.48[a] | 3.25[a] |
| | | GKH2624 | 3.40[ab] | 3.18[a] |
| | | GKH3705 | 3.35[b] | 3.19[a] |
| | تنش خشکی Water stress | Neptune | 3.59[a] | 3.43[a] |
| | | Elvise | 3.54[ab] | 3.54[a] |
| | | Okapi | 3.57[ab] | 3.57[a] |
| | | Tassilo | 3.53[ab] | 3.52[a] |
| | | GKH0224 | 3.60[a] | 3.62[a] |
| | | GKH2624 | 3.52 [ab] | 3.50[a] |
| | | GKH3705 | 3.50[b] | 3.44 [a] |

اعداد با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at the 5% level based on the LSD test.

بررسی‌های توحیدی مقدم و همکاران (Tohidi-Moghaddam et al., 2011) نیز نشان داد که در شرایط تنش، درصد اسیدهای چرب اشباع، افزایش و درصد اسیدهای چرب غیراشباع کاهش می‌یابد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیش‌ترین اسید چرب اکوزئونیک در تاریخ کاشت معمول و تأخیری در شرایط آبیاری معمولی (به ترتیب ۱/۸۱۸ و

۱/۷۵۰ درصد) به دست آمد (جدول ۹). بر اساس جدول ۱۲، کمترین مقدار اسید استئاریک از تیمار آبیاری کامل، کشت معمول و رقم GKH3705 در دو سال کشت حاصل شد و تنش خشکی موجب افزایش معنی‌دار اسید استئاریک گردید. همچنین میزان اسید آراشیدیک از ۰/۲۵ درصد در تیمار آبیاری کامل و کشت معمول به ۰/۷۲ در تیمار کشت تأخیری و تنش خشکی در سال دوم افزایش یافت (جدول ۴)؛ بنابراین تنش خشکی در مرحله گلدهی بیشترین تأثیر را بر میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب دانه کلزا دارد (Singh and Sinha, 2005; Tohidi-Moghaddam et al., 2011).

## نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج حاصل از اجرای این آزمایش، مناسب‌ترین تاریخ کاشت برای ارقام موردمطالعه کلزا در منطقه کرج ۲۰ مهر است؛ و در بین ارقام موردبررسی نیز رقم GKH3705 در کشت‌های معمول و تأخیری و همچنین در شرایط آبیاری کامل و تنش بیش‌ترین عملکرد دانه را تولید نمود و ازنظر پتانسیل تولید دانه، روغن و ترکیب اسیدهای چرب غیراشباع در سطح مطلوبی قرار دارد و در ادامه بررسی‌ها می‌توان از این رقم در منطقه موردمطالعه استفاده بیشتری نمود.

## منابع


Abrahemi, M., Akbari, Gh.A., Samadi Firozabadi, B., 2012. Effect of sowing date on seed yield and its components of canola cultivars in Varamin region in Iran. Seed and Plant. 28, 68-80. [In Persian with English summary].

Angadi, S.V., Cut Forth, H.V., 2003. Yield adjustment by canola grown at different by plant population under semiarid condition. Crop Science. 43, 1357-1366.

Aranjuelo, I., Molero, G., Erice, G., Christophe Avice, J., Nogues, S., 2011. Plant physiology and proteomics reveals the leaf response to drought in alfalfa (*Medicago sativa* L.). The Journal of Experimental Botany. 62, 111-123

Ashraf, M., Mcneilly, T., 2004. Salinity tolerance in some brassica oilseed. Critical Reviews in Plant Sciences London. 23(2), 157-174.

Bashir, M.U., Akbar, N., Iqbal, A., Zaman, H., 2010. Effect of different sowing date on yield and yield components of direct seed coarse rice. Pakistan Journal of Agricultural Science. 74(4), 361-365.

Bates, L.S., Walderen, R.D., Taere, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39, 205-207.

Bouchereau, A., Clossais, B.N., Bensaoud, A., Beport, L., Renard, M., 1996. Water stress effects on rapeseed quality. European Journal of Agronomy. 5, 19-30.

Champoliver, L., Merrien, A., 2002. Effect of water stress applied at different growth stages to *Brassical napus*, yield components and seed quality. European Journal of Agronomy. 5, 153-160.

Cheema, M.A., Malik, A., Hussain, S., Shah, R., Basra, S., 2001. Effects of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yields of canola *(Brassica napus L.)*. Journal of Agronomy and Crop Science. 186(2), 103-110.

Chookhampaeng, S., Pattanagul, W., Theerakulpisut, P., 2008. Effects of Salinity on Growth, Activity of Antioxidant Enzymes and Sucrose Content in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) at the Reproductive Stage. Science Asia. 34, 69-75.

Çiçek, N., Çakirlar, H., 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulgarian Journal of Plant Physiology. 28(1-2), 66-74.

Dipenbrock, W., 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.), a review. Field Crops Research. 67, 35- 49.

Fallah Heki, M.H., Yadavi, A.R., Movahhedi Dehnavi, M., Balouchi, H.R., 2010. Evaluation of oil, protein and grain yield of canola cultivars in different planting date in Yasouj region. Electronic Journal of Crop Production. 4(2), 207-222. [In Persian with English summary].

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 (*B. napus*). In: McGregor, D.I. (ed.), Proceedings

of 8th International Rapeseed Congress. Canada Saskatoon. 686-694.

Ghorbanli, M., Gafarabad, M., Amirkian, T., Allahverdi Mamaghani, B., 2013. Investigation of proline, total protein, chlorophyll, ascorbate and dehydro ascorbate changes under drought stress in Akria and Mobil tomato cultivars. Iranian Journal of Plant Physiology. 3(2), 651-658. [In Persian with English summary].

Hasanzadeh, M., Shirani Rad, A.H., Nadery Darbaghshahi, M.R., Majd Nasiri B., Madani. H., 2005. Effect of drought stress on yield and yield components of autumn rapeseed varieties. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 7, 17-24. [In Persian with English summary].

Herbec, J., Murdock, L., 1989. Canola production guide and research in Kentucky. Univ. Kentucky. College of Agriculture.

Jorge, AR., 2003. Determine appropriate planting on promising varieties of rapeseed and study the correlation between performances with yield components. M.Sc Thesis of Agriculture, Islamic Azad University of Dezful, 109p. [In Persian].

Liu, Y.Q., Chen, Z.X., Yang, W.Q., 2008. Effect of high temperature and drought stress on the physiological characteristics of *Eucalyptus urophylla×E. grandis* Seedlings. Acta Horticulturae Sinica. 35, 761-764.

Mirzaei, M., Dashti, SH., Absalan, M., Siadat, A., Fathi, Gh., 2010. Study the effect of planting dates on the yield, yield components and oil content of canola cultivars *(Brassica napus L.)* in Dehloran rejoin. Electronic Journal of Crop Production. 3(2), 159-176. [In Persian with English summary].

Moghaddam, M.J., Pourdad, S.S., 2011. Genotype × environment interactions and simultaneous selection for high oil yield and stability in rainfed warm areas rapeseed (*Brassica napus* L.) from Iran. Euphytica. 180, 321-335.

Moravveji S, Zamani GR, Kafi M and Alizadeh Z., 2016. Effect of different salinity levels on yield and yield components of spring canola cultivars (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*B. juncea* L.). Environmental Stresses in Agricultural Sciences, 10(3), 445-457. [In Persian with English summary].

Mostafavi-Rad, M., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Mohammad Modarres-Sanavy, S.A., Ghalavand, A., 2011. Evaluation of yield, fatty acids combination and content of micronutrients in seeds of high yielding rapeseed varieties as affected by different sulphur rates. Electronic Journal of Plant Production. 4(1), 43-60. [In Persian with English summary].

Naderi Arefi, A., Abedini Esfahlani, M., 2013. Effect of planting date on yield and yield components of spring and winter canola cultivars. Agronomy Journal. 140, 167-171.

Nasri, M., Khalatbari, M., Zahedi, H., Paknejad F., Tohidi-Moghadam H.R., 2008. Evaluation of micro and macro elements in drought stress condition in cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 3, 579-583.

Ozer, H., 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield components of two summer rapeseed cultivars. European Journal of Agronomy, 19, 453-463.

Rabiee, M., Karimi, M., Safa, F., 2003. Effect of planting date on grain yield and agronomic traits in canola cultivars as second crop after rice in Kvchsfhan. Iranian Journal of Agricultural Science, 25, 177-186. [In Persian with English summary].

Rahnama, A., Bakhshandeh, AM., 2005. Date of planting and direct sowing methods on rapeseed yield and agronomic characteristics in terms of Ahvaz. Journal of Crop Science, 8(4), 123-139. [In Persian with English summary].

Rahnema, M., Bakhshande, A.M., 2006. Determination of optimum irrigation level and compatible canola varieties in the mediterranean environment. Asian Journal of Plant Sciences. 5, 543-546.

Rao, M.S.S., Mendham, N.J., 1991. Comparison of chinoll (*B. compestris*. *B. oliefera* subsp. *Chinensis*) and *B napus* oilseed rape using different growth regulator, plant population densities and irrigation treatments. Journal of Agricultural Science. 117, 177-188.

Rathke, G. W., O. Christen and W. Diepenbrock. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crops Research. 94, 103-113.

Robertson, M.J., Holland, J.F., 2004. Production risk of canola in the semi-arid sub-tropics of Australia. Australian Journal of Agricultural Research. 55, 525-538.

Sana, M., Ali, A., Asghar Malik, M., Farrukh Saleem, M., Rafiq, M., 2006. Comparative yield potential and oil contents of different canola cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of Agronomy. 72(3), 187-193.

Sinaki, M.J., Majidi Heravan, E., Shiranirad, H., Noormohammadi, G., Zarei, G.H., 2007. The effects of water deficit during growth stages ofcanola (*Brassica napus* L.). American-Eurasin Journal of Agricultural and Environmental Science. 2, 417-422.

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. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.12.026

Shekari, F., Soltaniband, V., Javanmard, A., Abbasi, A., 2015. The impact of drought stress at different stages of development on water relations, stomatal density and quality changes of rapeseed (*Brassica napus* L.). Iran Agricultural Research. 34(2), 81-90. [In Persian with English summary].

Sun, G., Yao, T., Feng, C., Chen, L., Li, J. Wang L., 2017. Identification and biocontrol potential of antagonistic bacteria strains against *Sclerotinia sclerotiorum* and their growth-promoting effects on *Brassica napus*. Biological control. 104, 35-43.

Tohidi-Moghaddam, H. R., Zahedi, H., 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.

Vendruscolo, E.C.G., Schuster, I., Pilegg, M., Scapim, C.A., Molinari, H.B.C., Marur, C.J., Vieira, L.G.E., 2007. Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. Journal of Plant Physiology. 164, 1367-1376.

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
*Vol. 13, No. 2, pp. 371-386*
*Summer 2020*
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2019.2006.1493

***Original article***

# Study of yield and some physiological characteristics of canola cultivars under the drought stress and delayed planting

**L. Moradbeigi[1*], A. Gholami[2], A.H. Shirani-Rad[3], H.R. Asghari[4], H. Abbasdokht[5]**
*1. Ph.D. Student of Agriculture Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran*
*2. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran*
*3. Professor of Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran*

Received 06 November 2018; Accepted 09 January 2019

## Abstract

In order to study the effect of delayed planting and drought stress on grain yield, grain component, saturated and unsaturated fatty acids, oil content, seeds glucosinolate and proline content of rapeseed, a field experiment was conducted as split-plot arranged in a Randomized Complete Block Design (CRBD) with three replications in Seed and Plant Improvement Research Institute of Karaj in 2014-2016. Experimental treatments were included planting date in two levels included: 20th of October (normal cultivation) and 5th of November (delayed cultivation), Irrigation in 2 levels includes: normal Irrigation (control) and drought stress (irrigation withholding from silique formation) as well as hybrids and cultivar canola autumn included: Neptune, Elvise, Okapi, Tassilo, GKH0224, GKH2624 and GKH3705. The results showed that planting date, irrigation and cultivar were significant on all traits Except for eicosenoic acid, Results showed that delaying the planting date decreased pod number per plant, 1000-grain weight yield, oil content, eicosenoic acid proline, whereas behenic acid and seed glucosinolate were increased. The highest oil content (45.59%) was in normal irrigation and normal cultivation, and the lowest (42.16%) was observed in irrigation withholding in pod formation stage and delayed cultivation. The highest content of proline (21.59 mg.g. Fw) was observed in normal cultivation and GKH3705 cultivar. The cultivar of GKH3705 was the most appropriate in terms of yield and its components, oil content, saturated and unsaturated fatty acids and glucosinolate of seeds. According to the results, it seems that normal cultivation and GKH3705 cultivar under without stress and drought stress can be recommended as the best treatment for the benefit of rapeseed production in the Karaj region.

***Keywords*:** Fatty acid, Glucosinolate, Irrigation withholding, Proline and Sowing dates.

[*]Correspondent author: Laia Moradbeigi; E-Mail: laia_moradbeigi@yahoo.com.