

## اثر تنش قطع آبیاری بر میزان اسیدهای چرب، گلیکوزینولات و برخی صفات زراعی ارقام کلزا

(*Brassica napus L.*)

صابر سیف امیری<sup>۱</sup>، مهرداد یارنیا<sup>۲\*</sup>، بهرام میرشکاری<sup>۳</sup>، فرهاد فرحوش<sup>۴</sup> و ورهرام رشیدی<sup>۵</sup>

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

m. yarnia@yahoo.com:<sup>\*</sup>نويسنده مسئول

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۳

### چکیده

به منظور ارزیابی واکنش ارقام کلزا به قطع آبیاری آخر فصل از نظر اسیدهای چرب دانه، گلیکوزینولات و ویژگی‌های زراعی ارقام، آزمایشی به صورت کرتهای خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی مغان به مدت دو سال، طی سال‌های ۹۸-۹۶ اجرا شد. در این تحقیق دو عامل مورد بررسی قرار گرفت، آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح آبیاری معمول (شاهد) طبق نیازگیاه و عرف منطقه، تنش کم آبیاری به صورت قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی به بعد و ارقام کلزا به عنوان عامل فرعی در ۱۱ سطح شامل RGS003، Hyola ۴۰۱، Zabol-lo، Jerom، Jerry، Jacomo، Julius، Dalgan، Zafar، Sarigol، Hyola ۴۸۱۵ و Hyola ۴۰۱ بودند. در این بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا در واکنش به تنش کم آبی حاصل از قطع آبیاری پس از گل‌دهی و خورجین‌دهی قرار نگرفتند و تنها تیمار تنش بعد از گل‌دهی به میزان ۷/۴ درصد از تعداد دانه در خورجین کاست. بیوماس نیز تنها در واکنش به اعمال تنش ۹/۲ درصد کاهش یافت. علی‌رغم نتایج فوق، ویژگی‌های روغن کلزا به شدت در واکنش به کم آبی قرار گرفت. میزان پالمتیک اسید در واکنش به کم آبی تا ۶/۳۲ درصد در رقم Jerom کاهش یافت، در حالی که میزان اسیدهای لینولئیک، اروسیک و گلیکوزینولات‌ها در واکنش به کم آبی به ترتیب تا ۴/۸۴ درصد و ۷/۱۴۸ درصد (در رقم Zafar) و ۷/۱۱۸ درصد (در رقم Jerom) افزایش یافتند. در این بررسی بیش ترین عملکرد دانه با ۸۶/۲۹ و ۸۱/۲۹ کیلوگرم در هکتار در ارقام Julius و RGS003 به دست آمد. در این ارقام، هر سه جزء عملکرد یعنی تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در مقایسه با سایر ارقام بیش تر بودند. بین ارقام از نظر اسیدهای چرب پالمتیک، لینولئیک، اولئیک و میزان گلیکوزینولات اختلاف بالایی به دست آمد. در کل، با توجه به عملکرد تولیدی و هم‌چنین مقادیر بالای اولئیک و لینولئیک اسید، ارقام Zafar و Julius به عنوان ارقام برتر در نظر گرفته شدند.

**واژه‌های کلیدی:** تنش خشکی، اسیدهای چرب، گلیکوزینولات و کلزا.

## مقدمه

کلزا<sup>۱</sup> از مهمترین دانه‌های روغنی دنیا به شمار می‌رود (Zhou *et al.*, 2016). بر اساس گزارش سازمان خواروبار جهانی سطح زیر کشت این دانه روغنی در دنیا بیش از ۳۶ میلیون هکتار می‌باشد (Anonymous, 2018). کلزا سومین منبع روغن خوراکی و از منابع مهم برای تغذیه دام‌ها در سطح جهان است و در ایران از مهمترین گیاهان روغنی به حساب می‌آید. در کلزا کم آبی تعداد خورجین تولیدی، طول خورجین، اندازه دانه، تعداد دانه و درصد روغن دانه کلزا را کاهش می‌دهد. هم‌چنین، کم آبی رشد ریشه‌ها را کاهش و باعث کاهش شاخص برداشت دانه کلزا می‌شود (Rezaeizad and Shirani Rad, 2016). ارقام جدید و سازگار کلزا به انواع اقلیم‌ها می‌تواند نقش مهمی در تغذیه و تامین روغن خوراکی بر عهده داشته باشد (Bitarafan and Shirani Rad, 2012). خشکی مهمترین عامل تنفس زراعی محیطی می‌باشد که به شدت رشد، نمو و تولید گیاهان زراعی را تغییر می‌دهد (Zirgoli and Kahrizi, 2015). سالانه حدود ۲۰ درصد از تولید محصولات زراعی در سرتاسر دنیا به‌واسطه خشکی از بین می‌رود (Sun *et al.*, 2013). بنابراین محدودیت آبی از اساسی‌ترین تنفس‌های غیرزیستی بوده که موجب کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی بهویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌گردد (مجیدی و همکاران، ۱۳۹۳). زمان وقوع تنفس در مقایسه با شدت تنفس از اهمیت بیشتری برخوردار است (Zirgoli and Kahrizi, 2015). بررسی‌ها نشان داده که ژنوتیپ‌های متتحمل به تنفس خشکی تولید پایداری در شرایط نامساعد محیطی دارند (Nazari *et al.*, 2017). بسته به ژنوتیپ، شدت و مدت تنفس، گیاهان تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک متفاوتی در پاسخ به کم آبی نشان می‌دهند (نامور و سید‌شریفی، ۱۳۹۴). کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه، تعداد دانه و عملکرد دانه کلزا در واکنش به کم آبی گزارش شده است (Rezaeizad and Shirani Rad, 2016). Vatan Doost و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که عملکرد دانه کلزا در اثر قطع آبیاری در مراحل تشکیل خورجین و تشکیل دانه به ترتیب ۴۶ و ۴۰ درصد کاهش می‌یابد. البته ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی در برابر تنفس خشکی از خود نشان دادند. به صورتی که بعضی از ژنوتیپ‌ها در برابر شرایط دشوار متتحمل بوده و با بهبود Angadi (Seyed Ahmadi *et al.*, 2015) اجزای عملکرد و صفات مختلف فیزیولوژیک عملکرد قابل قبولی تولید کردند (Cut Forth و Seyed Sharifi و همکاران ۲۰۰۳) نشان دادند که بیشترین کاهش عملکرد دانه کلزا همزمان با قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی اتفاق می‌افتد. دو مرحله گل‌دهی و تشکیل خورجین حساس‌ترین مراحل به تنفس خشکی می‌باشند. (۲۰۱۵) کاهش میزان اسیدهای چرب غیراشباع کلزا را در شرایط محدودیت آبی گزارش نمودند. مجیدی و همکاران (۱۳۹۳) ضمن بررسی تأثیر کم آبی در مراحل مختلف رشدی کلزا، گزارش کردند علت اصلی کاهش تعداد دانه در

<sup>۱</sup>- *Brassica napus L.*

خورجین در مرحله گرده افشاری، عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه می‌باشد. کیفیت روغن کلزا با ترکیب اسیدهای چرب نظیر لینولئیک، اولئیک، استئاریک، اروسیک و اسید پالمتیک تعیین می‌شود (Renarid and Mc Gregor, 1976). Tohidi Moghadam و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که تنفس خشکی میزان روغن و اسید لینولئیک کلزا را کاهش می‌دهد. Ullah و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که تنفس خشکی درصد اسید اروسیک کلزا را افزایش و درصد اولئیک و لینولئیک اسید را کاهش داد. Younis و همکاران (۲۰۱۱) با انجام آزمایش‌هایی در سویا، گزارش کردند که کم آبی درصد اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک و استئاریک) را افزایش و میزان اسیدهای چرب غیراشباع را کاهش می‌دهد. این محققین دلیل این روند را افزایش پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیر اشباع ذکر کردند. با توجه به مطالب فوق، این پژوهش به منظور بررسی تاثیر تنفس خشکی بر میزان اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع، میزان گلیکوزینولات و برخی صفات زراعی ارقام کلزا در شرایط اکولوژیکی دشت مغان به اجرا درآمد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور ارزیابی واکنش ارقام بهاره کلزا به تنفس خشکی آخر فصل، به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی ۱۳۹۶-۹۸ در مزرعه مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل واقع در پارس آباد مغان به اجرا در آمد. در این تحقیق، آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل آبیاری معمول یا شاهد، قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد و ارقام بهاره کلزا به عنوان عامل فرعی شامل RGS.۰۳، Sarigol، Dalgan، Julius، Jacomo، Jerry، Jerom و Zabol-۱۰ بودند. طول جغرافیایی منطقه ۴۷ و ۱۸ درجه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۹ و ۴۰ درجه شرقی و ارتفاع ۷۸ متر از سطح دریا است. حداقل مطلق دما در محل آزمایش ۴۲ و حداقل آن ۱۶ درجه سلسیوس بوده و حداقل نزولات جوی ۷۲/۹ و حداقل آن ۳۲۳ میلی‌متر در سال می‌باشد. خاک‌های منطقه عموماً حاصلخیز و غنی از مواد آلی هستند (جدول ۱).

جدول ۱: مشخصات خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

بافت	درصد (شن)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	کربن آلی (درصد)	قابلیت هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	عمق (سانتی‌متر)
رسی	۱۰	۲۹	۶۱	۱/۰۷/۴	۰/۹۸	۲۷-۰
رسی	۱۰	۲۷	۶۳	۱/۳۸/۲	۰/۳۷	۲۰-۲۷

صفات مورد ارزیابی در این تحقیق، علاوه بر میزان اسیدهای چرب و گلیکوزینولات دانه، صفاتی نظیر تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، درصد و میزان اسیدهای چرب بوده است. هر کرت آزمایشی در این پژوهش شامل ۶ خط کاشت ۶ متری با فاصله بین ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف پنج سانتی‌متر بود. دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و چهار ردیف میانی آن برای تعیین صفات مختلف همانند تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن دانه و عملکرد روغن دانه مورد استفاده قرار گرفت. به منظور آماده سازی زمین، قبل از اجرای آزمایش زمین مورد نظر آبیاری گردید و پس از گاورو شدن، به وسیله گاوآهن برگردان دار شخم زده شد. سپس جهت خردشدن کلوخها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین مذکور دیسک و ماله زده شد. سپس اقدام به نمونه‌گیری از خاک مزرعه در دو عمق ۰-۲۷ و ۲۷-۷۰ سانتی‌متر و تمامی کود فسفره و پتاسه مورد نیاز به صورت فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم با احتساب ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از آخرین دیسک و پخش علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار به طور یکنواخت در سطح مزرعه شد و به وسیله دیسک سبک، کود و علف‌کش با خاک مخلوط گردید. به منظور استفاده بهینه از نیتروژن، بقیه کود نیتروژن موردنیاز (به شکل سولفات آمونیوم) به صورت سرک در مرحله شروع ساقه رفتن و ظهور اولین غنچه‌های گل مصرف شد. به منظور تعیین تعداد خورجین در بوته، از هر کرت آزمایشی، ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و این صفت در آن‌ها شمارش شد. برای تعیین تعداد دانه در خورجین، ۳۰ عدد خورجین از ۱۰ بوته مورد نظر به طور تصادفی انتخاب و این صفت در آنها شمارش شد. به منظور اندازه گیری وزن هزار دانه بعد از برداشت محصول، ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی از بذرهای هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آن‌ها در عدد ۱۰، وزن هزار دانه محاسبه گردید. برای اندازه گیری عملکرد دانه، پس از کف بر نمودن بوته‌های هر کرت آزمایشی، با استفاده از کمباین مخصوص آزمایش‌ها (وینتراشتاگر)، دانه‌ها از خورجین‌ها جدا و عملکرد دانه هر کرت آزمایشی تعیین شد (بزدی صمدی و همکاران، ۱۳۹۲). جهت اندازه گیری ترکیب اسیدهای چرب، استرهای متیلی اسید چرب، از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل ۶۸۹۰ استفاده شد. قبل از آنالیز توسط گاز کروماتوگراف، ابتدا با استفاده از روش بدینگ و دیجونگ نمونه تهیه گردید. مخلوط حاصل در دمای اتاق و به مدت یک دقیقه به شدت همزده شد و سپس سانتریفیوژ (۱۵۰۰ دور در دقیقه) گردید. لایه رویی توسط یک میکروسرنگ تمیز جدا سازی و توسط صافی (میکروپور، ۰/۲۲ میکرومتر) داخل میکروتیوب نگهداری شد. محلول صاف شده به دستگاه Badings GC تزریق و تعیین نمونه بر اساس روش نرمالیزاسیون و استاندارد خارجی انجام گرفت (De Jong, 1983 and).

دست آمده از اندازه‌گیری صفات موردنظر با استفاده از نرم‌افزار Mstat-c انجام شد. در پایان هر سال، تجزیه واریانس ساده صفات و پس از پایان سال دوم آزمایش، تجزیه واریانس مرکب برای صفات موردنظر انجام گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمار تنش در سال اول اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته‌های کلزا نداشت، اما در سال دوم اعمال تنش بعد از خورجین‌دهی کاهشی ۲/۵ درصدی را در ارتفاع بوته‌های کلزا باعث شد (جدول ۲). در سال دوم نیز همانند سال اول بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و رشد کلزا بعد از گل‌دهی متوقف شد (جدول ۳). اما تفاوت ارتفاع بوته در ارقام مورد تحقیق معنی‌دار بوده است، به‌طوری که بیشترین و کمترین ارتفاع بوته‌های کلزا با ۱۳۸/۲ و ۱۰۱/۹ سانتی‌متر به ترتیب در ارقام Julius و Hyola4815 به‌دست آمد. با توجه به این نتایج، اختلاف ۳۷ سانتی‌متری بین ارقام از نظر ارتفاع بوته وجود داشت (جدول ۴). بنابراین با توجه به نتایج اعمال تنش بعد از این مرحله اثری بر ارتفاع بوته نخواهد داشت (Bouchet *et al.*, 2016). با این وجود، کم آبی با کاهش رشد سلول‌های ساقه، از ارتفاع بوته می‌کاهد (Rezaeizad and Shirani Rad, 2016; Raza *et al.*, 2017) نیز در بررسی مشابهی کاهش معنی‌داری را در ارتفاع بوته و بیوماس بوته‌های کلزا در واکنش به کم آبی به‌دست آوردند.

### بیوماس

تیمارهای تنش بعد از خورجین‌دهی و تنش بعد از گل‌دهی به ترتیب ۲/۴ و ۲/۹ درصد کاهش را در بیوماس بوته‌های کلزا باعث شد (جدول ۳). بیشترین و کم ترین بیوماس به ترتیب در Sarigol و Hyola 401 گرم بود (جدول ۴). کم آبی قبل از گل‌دهی با کاهش رشد و بعد از گل‌دهی، با تشدید بیوماس به ترتیب ۱۸۴/۲ و ۱۹۵/۲ گرم بود (جدول ۴). کم آبی قبل از گل‌دهی با کاهش رشد و بعد از گل‌دهی، با تشدید ریزش برگ‌ها از بیوماس بوته‌های گیاهان می‌کاهد (Nargeseh *et al.*, 2020). و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که کم آبی پیری برگ‌ها را تسريع می‌کند و میزان فتوسنترز را در واحد سطح کاهش می‌دهد. لذا کم آبی از طریق کاهش سطح فتوسنترزی و کارایی فتوسنترزی برگ‌ها در واحد سطح برگ باعث کاهش بیوماس می‌شود. Zirgoli و Kahrizi (۲۰۱۵) کاهش معنی‌دار وزن خشک بوته‌های کلزا را در واکنش به کم آبی مشاهده نمودند. این محققین کاهش در طول دوره رشد کلزا را در واکنش به کم آبی، از عوامل مهم کاهش میزان بیوماس کلزا دانستند.

### شروع و پایان گل‌دهی

در این مطالعه تعداد روز تا آغاز گل‌دهی در ارقام مختلف در دو سال متفاوت بود (جدول ۲). علی‌رغم اینکه در هر دو

سال بیشترین تعداد روز تا آغاز گلدهی در Sarigol به دست آمد، اما سایر ارقام در دو سال به طور متفاوتی در واکنش قرار گرفتند. در سال اول کمترین تعداد روز تا آغاز گلدهی در رقم Zabol ۱۰ به دست آمد، در حالی که در سال دوم کمترین تعداد روز تا آغاز گلدهی در رقم Hyola4815 به دست آمد (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد که تغییر شرایط آب و هوایی در دو سال بررسی، باعث تغییر تعداد روز تا آغاز گلدهی شده است. مرادی اقدم و همکاران (۱۳۹۷) نیز در بررسی‌های خود در زمینه اثر قطع آبیاری بر ویژگی‌های کلزا و عملکرد آن به نتایج مشابهی دست یافتند. بررسی‌های دیگر نیز نشان داده است که شرایط آب و هوایی بر طول دوره رشدی گیاهان تاثیر می‌گذارد (Nargeseh *et al.*, 2020). نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان داد که روز تا پایان گلدهی در ارقام مختلف مورد بررسی در این تحقیق معنی‌دار بوده است، بدین ترتیب که رقم RGS003 بیشترین (۱۴۶/۳ روز) مدت زمان روز از کاشت تا پایان گلدهی و رقم Jerry کمترین (۱۳۳/۴ روز) مدت زمان روز از کاشت تا پایان گلدهی را به خود اختصاص داده بودند. فنایی و همکاران (۱۳۹۷) نیز در پژوهشی پیرامون اثر زمان آخرین آبیاری بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی ارقام کلزا در شرایط سیستان اثر ارقام و تنفس خشکی را در کلزا معنی‌دار اعلام نموده و اظهار داشتند که تنفس خشکی سبب کوتاه شدن طول دوره گلدهی در کلزا می‌گردد.

### تعداد دانه در خورجین

از نظر تعداد خورجین در بوته، بیشترین مقدار با ۱۲۵/۱ و ۱۲۳/۳ عدد در دو رقم Dalgan و RGS003 حاصل شد. تعداد دانه در خورجین در تیمار تنفس بعد از گلدهی ۲۲/۸ عدد بود که در مقایسه با شاهد بدون اعمال تنفس به میزان ۴/۷ درصد کمتر بود که نتایج این مطالعه با یافته‌های پایینده و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد (جدول ۴). کاهش تعداد دانه در خورجین با اعمال کم آبی در مرحله گلدهی، می‌تواند ناشی از عدم باروری گلچه‌ها باشد، زیرا در این مرحله گلچه‌ها تشکیل شده‌اند و کم آبی تاثیری بر تشکیل گلچه‌ها ندارد (Rezaeizad and Shirani Rad, 2016). در بررسی مشابهی Rezaei و همکاران (۲۰۱۳) کاهش معنی‌داری را در تعداد دانه در خورجین کلزا در واکنش به کم آبی به دست آورده‌اند. این پژوهشگران اظهار داشتند که با کاهش آب آبیاری در مرحله گلدهی، میزان انتقال اسمیلات‌ها به خورجین کاهش یافته و از میزان تشکیل دانه‌ها کاسته می‌شود. وقوع کم آبی در مرحله رشد زایشی کلزا موجب کاهش جذب مواد پرورده و کاهش فتوسنتر برگ می‌شود که این وضعیت موجب از بین رفتن گل‌ها و در نتیجه افزایش آسیب‌پذیری تشکیل دانه‌ها در خورجین در شرایط کم آبی می‌شود (امیری و همکاران، ۱۳۹۱؛ حیدری و همکاران، ۱۳۹۴).

### وزن هزار دانه

تیمار قطع آبیاری اثر معنی‌داری در وزن هزار دانه ارقام مورد بررسی داشته است. بیشترین وزن هزار دانه نیز با ۳/۴

گرم مربوط به دو رقم RGS003 و Dalgan بود و کمترین وزن هزاردانه را رقم Jerom با ۲/۲۳ گرم به خود اختصاص داده بود (جدول ۴). بخش قابل توجهی از وزن دانه‌ها در دوره پر شدن دانه از فتوستنتز جاری حاصل می‌شود. کاهش رطوبت ناشی از تنفس خشکی در دوره پر شدن دانه‌ها باعث کاهش فتوستنتز جاری در این دوره رشدی شده و در نتیجه وزن دانه‌ها کاهش می‌یابد. وزن هزار دانه تنها جز اجزای عملکرد است که به شرایط محیطی طی دوره پس از گل‌دهی بستگی دارد و آخرین جز اجزای عملکرد است که تعیین می‌شود (پاینده و همکاران، ۱۳۹۷). بر اساس اظهارات جمشیدی و همکاران (۱۳۹۱) تنفس خشکی از مرحله ساقه روی تا رسیدگی گیاه احتمالاً بیشتر به واسطه کاهش تولید اسیمیلات‌های فتوستنتزی در فاصله زمانی ساقه‌دهی تا آغاز پر شدن دانه و در نتیجه کاهش محسوس شیره پرورده برای پر شدن دانه‌ها و چروکیدگی و کاهش وزن دانه‌ها را موجب شده است. اثر تنفس در آزمایشات گوناگونی روی وزن هزاردانه معنی‌دار گزارش شده است. از جمله می‌توان به پژوهش‌های امیری و همکاران (۱۳۹۱)، فنایی و همکاران (۱۳۹۷) و Sun و همکاران (۱۳۹۰) اشاره نمود.

### عملکرد دانه

عملکرد دانه حاصل تعداد دانه در واحد سطح، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه می‌باشد. بیشترین عملکرد دانه با ۲۹۸۶، ۲۹۸۱ و ۲۹۴۲ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سه رقم Julius و RGS003 و Dalgan به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد سه جزء عملکرد، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه، بر تعیین عملکرد دانه در این ارقام نقش موثری داشتند. بهویژه در رقم Dalgan که این مسئله بارزتر بود، اما در رقم RGS003، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه نسبت به تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه در ارقام و شرایط تنفس و نرمال دانه داشت. پژوهشگران در تحقیقات خود به تفاوت تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه در ارقام و شرایط تنفس و نرمال اشاره نموده اند (مجیدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ پاینده و همکاران، ۱۳۹۷). در این مطالعه کمترین عملکرد دانه با ۲۷۸۹ کیلوگرم در هکتار متعلق به Zabol ۱۰ بود که با بیشترین عملکرد مشاهده شده ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف داشت که قابل ملاحظه به شمار می‌رود (جدول ۴). با بررسی اجزای عملکرد مشاهده شده می‌شود که این رقم جز ارقامی با کمترین وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که در کلزا هر سه جزء عملکرد تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه نقش مهمی را در تعیین عملکرد دانه دارند (El Sabagh et al., 2019).

## جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	اسید پالmitik	اسید لینولنیک	اسید لینولیک	اسید اروپسیک	گلوكوزینولات	ارتفاع بوته	تعداد شاخه
مکان (L)	۱	۸/۴۰۷*	۰/۹۲۰	۲۳/۵۶	۱۶/۲۹۵۰	۰/۰۰۵	۲۱/۵۳۶**	۶/۵۴۵
تکرار در مکان	۴	۲/۵۱۸	۲/۵۰۴۰	۳۵/۶۳۹*	۸۴/۷۶۲*	۰	۶/۸۰۱**	۲۵۷۷/۱۰۱**
تیمار تنش (A)	۲	۳۷/۱۸۴**	۱۰/۷/۶۸۱**	۲۵۳/۲۳۸**	۲۴۴/۰۷۱**	۰/۰۵۲**	۷۲۵/۳۹۳**	۴۶/۴۴۴*
LA	۲	۰/۶۰۹	۰/۰۴۱۰	۰/۱۸۲	۰/۰۸۶۰	۰/۰۰۱	۱/۵۶۶۰	۳۲/۷۸۸*
خطای اصلی	۸	۱/۱۳۹	۱/۱۹۹۰	۶/۴۰۸	۱۲/۵۱۵۰	۰/۰۰۳	۰/۸۸۳۰	۷/۱۲۴
(B) رقم	۱۰	۰/۲۸۵**	۱/۱۱۳**	۲/۵۵۱**	۱۷/۱۰۵**	۰/۰۰۵**	۶/۲۴۴**	۲۴۵۶/۹۰۰**
LB	۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۹۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶۰	۰	۰/۰۴۲۰	۲۷/۸۰۱
AB	۲۰	۰/۱۸۴**	۰/۰۴۵**	۱/۳۵۵	۱/۲۸۹۰	۰/۰۰۳**	۲/۹۶۱**	۵/۰۵
LAB	۲۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸۰	۰	۰/۰۲۳۰	۱۷/۶۹۳
خطای فرعی	۱۲۰	۰/۰۴	۰/۰۷۸۰	۰/۰۰۸۰	۱/۱۳۱	۰/۰۲۷۵۰	۰/۰۸۴۰	۱۸/۸۱۶
ضریب تغییرات (درصد)	ضریب تغییرات (درصد)	۴/۰۳	۵/۰۴	۵/۶۸	۳/۸۱	۴/۹۲	۸/۱۱	۳/۵۹

\*\* و \* به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

### ادامه جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد خورجین در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	تعداد روز تا آغاز گلدهی	تعداد روز تا پایان گلدهی	بیوماس
مکان (L)	۱	۹۲۷۲/۸۵۴*	۰/۰۰۶	۴۶۲۷۶/۴۰۹۰	۱۵/۲۷۸	۹۶۴/۴۹۰**	۹۶۸/۹۰۹**
تکرار در مکان	۴	۳۶۷۸۱/۹۶۰**	۸۲/۲۶۳**	۲۰/۲۶۲**	۱۲/۶۰۱	۹۳۳/۰۶۶**	۴۰۹/۱۹۱**
تیمار تنش (A)	۲	۱۵۸۲/۸۸۴	۳۰/۰۸۱*	۱۲۲۶۰/۲۴۷۰	۴۶/۶۵۲	۶۲/۷۹۲۰	۱۷۳/۹۶۰**
LA	۲	۳۸۸/۰۶۶	۴/۰۲۰	۷۲۶۷۰/۰۱۵۰	۳۷/۲۷۸	۳۳/۵۵۱۰	۱۳۳/۱۵۷**
خطای اصلی	۸	۱۰۸۸/۱۱۹	۴/۴۱۴۰	۲۹۲۷۸/۵۷۸۰	۳۸/۲۶۸	۷۳/۶۴۹۰	۱۰/۴۸
رقم (B)	۱۰	۸۸۰/۷۷۲**	۳۱/۶۱۲**	۷۶۱۴۵/۱۵۷**	۱۰۰/۱۸۱**	۲۸۰/۰۱۴**	۱۷۹/۶۳۷**
LB	۱۰	۳۳۶/۰۲	۸/۷۲۷۰	۲۴۹۰۸/۱۴۲۰	۱۸/۴۷۸*	۴۹/۴۱۲۰	۷/۸۰۹
AB	۲۰	۱۰۲/۰۸۴	۶/۹۷۰۰	۱۱۸۸۶/۵۸۱۰	۴/۲۹۶	۱۴۳۱۰۰	۲۲/۲۰۴
LAB	۲۰	۱۰۱/۱۹۹	۷/۴۴۲۰	۱۷۷۱۶/۱۴۸۰	۴/۸۱۱	۱۷/۲۵۶۰	۱۳/۹۵۸
خطای فرعی	۱۲۰	۱۹۰/۱۴۹	۸/۸۹۷۰	۲۰۱۸۸/۸۵۸۰	۸/۸۲۹	۴۳/۵۳۲۰	۱۴/۴۶۲
ضریب تغییرات (درصد)	۱۲/۲	۱۲/۶۴	۴/۳۸	۴/۹۱	۲/۵۶	۴/۷۴	۲

\*\* و \* به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

### جدول ۳: مقایسه میانگین های صفات مورد بررسی در کلزا تحت تاثیر زمان اعمال تنش در دو سال مورد بررسی

سال	تیمار تنش	ارتفاع بوته (سانتی متر)	بیوماس (گرم)
اول	شاهد بدون اعمال تنش	۱۲۱/۲۲	۱۸۷/۸۰
اول	تنش بعد از خورجین	۱۲۰/۹۲	۱۸۷/۳۰
اول	تنش بعد از گلدهی	۱۲۰/۷۲	۱۸۷/۵۰
دوم	شاهد بدون اعمال تنش	۱۲۲/۱۲	۱۹۵/۴۰
دوم	تنش بعد از خورجین	۱۱۹/۱۰	۱۹۰/۷۰
دوم	تنش بعد از گلدهی	۱۲۰/۶۲	۱۸۹/۷۰

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است.

جدول ۴: مقایسه میانگین های صفات مورد بررسی در کلزا در واکنش به رقم

رقم	لینولئیک (درصد)	اولئیک (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد شاخه	بوته	خورجین	وزن هزار دانه	تعداد خورجین در	تعداد دانه در	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد روز تا پایان گلدهی	بیomas (گرم)
۱۹۱/۲bc	۱۴۶/۳a	۲۹۸۱a	۳/۴۵۰a	۲۳/۰۰bc	۱۲۵/۱a	۳/۹۲۲a	۱۱۷/۸d	۶۰/۷۵ab	۱۸/۱۸b	RGS003		
۱۹۵/۲a	۱۴۲/۲abc	۲۸۳۲cd	۲/۳۱۱hi	۲۲/۸۹bc	۱۱۱/۲bc	۳/۹۰۶a	۱۱۸/۰d	۶۰/۷۶ab	۱۸/۱۷b	Sarigol		
۱۹۲/۴b	۱۳۹/۹bcde	۲۸۴۸bcd	۳/۳۲۸b	۲۵/۵۶a	۱۱۸/۳ab	۳/۳۱۱b	۱۱۵/۷d	۶۱/۳۲a	۱۸/۷۸ab	Zafar		
۱۸۸/۹cde	۱۳۹/۷bcdef	۲۹۴۴ab	۳/۴۱۱a	۲۵/۳۳a	۱۲۳/۳a	۳/۳۹۴b	۱۱۷/۴d	۶۰/۷۱ab	۱۸/۱۴b	Dalgan		
۱۹۲/۱b	۱۳۷/۶cdcfg	۲۹۸۶a	۳/۱۸۹c	۲۵/۰۰ab	۱۱۵/۹ab	۳/۳۴۴b	۱۳۸/۲a	۶۱/۳۷a	۱۸/۷۸ab	JJulius		
۱۹۰/۴bcd	۱۳۴/۹fg	۲۸۷۱bcd	۲/۹۶۱d	۲۳/۱۱bc	۱۱۱/۸bc	۳/۲۷۸b	۱۳۵/۰b	۶۱/۲۵a	۱۸/۶۴ab	Jacomo		
۱۹۱/۱bc	۱۳۳/۴g	۲۸۸۰abcd	۲/۶۵۶f	۲۲/۳۳c	۱۰۸/۲bc	۳/۳۷۲b	۱۳۳/۵b	۵۸/۹۲c	۱۸/۷۲ab	Jerry		
۱۸۷/۷ef	۱۴۳/۹ab	۲۸۳۷bcd	۲/۲۳۹i	۲۳/۱۱bc	۱۰۳/۸c	۳/۴۵・b	۱۲۸/۴c	۵۹/۴۸bc	۱۹/۳۴a	Jerom		
۱۸۵/۹fg	۱۴۱/۰bcd	۲۷۸۹d	۲/۳۷۸h	۲۲/۳۳c	۱۰۴/۵c	۳/۳۵・b	۱۱۶/۳d	۵۸/۹۰c	۱۸/۶۹ab	Zabol10		
۱۸۴/۲g	۱۳۶/۱efg	۲۹۳۰-abc	۲/۷۸・e	۲۴/۸۹ab	۱۱۱/۸bc	۳/۴۵・b	۱۰۶/۳e	۵۹/۵۳bc	۱۹/۳۶a	Hyola401		
۱۸۸/۱def	۱۳۶/۷defg	۲۹۳۶abc	۲/۵۳۹g	۲۲/۰・c	۱۰۹/۱bc	۳/۲۴۹b	۱۰۱/۹f	۵۹/۴۱bc	۱۹/۲۱a	Hyola4815		

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است.

### عملکرد دانه

عملکرد دانه حاصل تعداد دانه در واحد سطح، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه می‌باشد. بیشترین عملکرد دانه با ۲۹۸۶، ۲۹۸۱ و ۲۹۴۲ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سه رقم Julius و RGS003 و Dalgan به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد سه جزء عملکرد، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه، بر تعیین عملکرد دانه در این ارقام نقش موثری داشتند. بهویژه در رقم Dalgan که این مسئله بارزتر بود، اما در رقم RGS003، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه نسبت به تعداد دانه در خورجین نقش بیشتری را در افزایش عملکرد دانه داشت. پژوهشگران در تحقیقات خود به تفاوت تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه در ارقام و شرایط تنفس و نرمال اشاره نموده اند (مجیدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ پاینده و همکاران، ۱۳۹۷). در این مطالعه کمترین عملکرد دانه با ۲۷۸۹ کیلوگرم در هکتار متعلق به Zabol ۱۰ بود که با بیشترین عملکرد مشاهده شده ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف داشت که قابل ملاحظه به شمار می‌رود (جدول ۴). با بررسی اجزای عملکرد مشاهده می‌شود که این رقم جز ارقامی با کمترین وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که در کلزا هر سه جزء عملکرد تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه نقش مهمی را در تعیین عملکرد دانه دارند (El Sabagh et al., 2019).

### طول دوره رشد

پایان گلدهی معمولاً علایم طول دوره رشد در کلزا می‌باشد. در این مطالعه از نظر طول دوره رشدی بین ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین و کمترین تعداد روز تا پایان گلدهی با  $\frac{146}{3}$  و  $\frac{13}{4}$  روز در دو رقم RGS003 و Jerry به دست آمد (جدول ۴). لذا می‌توان گفت که در رقم RGS003، یکی از عوامل بالا بودن عملکرد دانه، بیشتر بودن طول دوره رشدی می‌باشد که می‌تواند بر افزایش تعداد گل تولیدی و اسمیلات‌های لازم برای پر شدن دانه‌ها تاثیر بگذارد (El Sabagh et al., 2017) و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش نمودند که ارقام با طول دوره رشد بالا، عملکرد دانه بیشتری دارند.

### ویژگی‌های کیفی روغن کلزا

#### اسید اولئیک

در این بررسی میزان اسید اولئیک در واکنش به اعمال تنفس کاهش یافت. درصد اسید اولئیک در واکنش به تنفس بعد از گلدهی نسبت به شاهد به میزان  $\frac{4}{16}$  درصد کمتر بود (جدول ۶). درصد اسید چرب اولئیک بر اساس نتایج به ترتیب در شرایط بدون تنفس، تنفس بعد از خورجین‌دهی و تنفس بعد از گل  $\frac{62}{16}$ ،  $\frac{60}{18}$  و  $\frac{58}{31}$  درصد بود (جدول ۷). Ullah

و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که تنش خشکی اولئیک اسید را کاهش داد. اولئیک اسید از جمله اسیدهای چرب غیر اشباع و مفید می‌باشد. در شرایط عدم تنش میزان این اسید چرب بالا بوده و در واقع کیفیت روغن بالا می‌باشد، اما در شرایط وجود تنش میزان این اسید کمتر است بویژه در تنش گلدهی به بعد میزان اسید اولئیک کاهش بیشتری یافته و به عبارتی کیفیت روغن تنزل پیدا می‌کند. کاهش میزان و درصد اسید چرب غیر اشباع اولئیک در شرایط تنش سبب کاهش کیفیت روغن می‌گردد، زیرا اولئیک اسید از جمله اسیدهای چرب ضروری غیر اشباع می‌باشد. Aslam و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی‌های خود اعلام کردند که میزان اسید چرب اولئیک در روغن دانه ارقام کلزا بین ۵۷ تا ۶۲ بوده 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 دانستند. در بررسی مشابهی، Rezaeizadeh و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که کم آبی میزان اسید اولئیک کلزا را کاهش می‌دهد، زیرا بررسی‌ها نشان دادند که اسیدهای چرب غیر اشباع، در واکنش به خشکی کاهش می‌باشد. علاوه بر تغییرات ویژگی‌های رشدی و عملکردی کلزا، خصوصیات کیفی کلزا نیز به طور معنی‌داری در واکنش به سطوح آبیاری قرار گرفت.

### اسید لینولئیک

تیمار قطع آبیاری میزان اسید لینولئیک را کاهش داد (جدول ۳). اما مراحل مختلف قطع آب با یک نسبت سبب کاهش این اسید چرب نشده است قطع آبیاری در مرحله شروع گل بیشترین اثر را در کاهش میزان لینولئیک اسید داشته است، به‌طوری که میزان این اسید چرب در شرایط ایده‌آل آبیاری و تیمار شاهد ۲۰/۷۱ درصد، اما در تیمارهای قطع آبیاری در مرحله گل و خورجین به ترتیب ۱۶/۸۰ و ۱۸/۶۱ بود. در تنش بعد از گلدهی کاهش بیشتری در مقایسه با تنش بعد از خورجین دهی به دست آمد (جدول ۶). نتایج این تحقیق با یافته‌های سایر پژوهشگران مطابقت دارد به‌طوری که این پژوهشگران نیز در بررسی‌های خود گزارش نمودند که تنش خشکی لینولئیک اسید را کاهش داد (نامور و سید Shiriyevi، ۱۳۹۴؛ Tohidi Moghadam et al., 2011; Ullah et al., 2012).

### اسید پالمیتیک

در این مطالعه میزان اسید پالمیتیک نیز در واکنش به کم آبی کاهش یافت. این کاهش در تمامی ارقام مشاهده شد. بیشترین میزان کاهش در واکنش به تنش بعد از خورجین دهی با ۱۳/۵ درصد متعلق به سه رقم Jerry و Hyola ۴۰۱ بود، در حالی که بیشترین کاهش در واکنش به تنش بعد از گلدهی با ۳۲/۵ و ۳۲/۶ درصد متعلق به دو رقم Zafar و Jerom بود. در مجموع نتایج نشان می‌دهد که تیمار تنش بعد از گلدهی کاهش بیشتری را در درصد اسید پالمیتیک در مقایسه با تنش بعد از خورجین دهی سبب شد (جدول ۷). در مرحله بعد از گلدهی، بذرها در حال رشد

هستند و ترکیب بذرها بهویژه در دانه‌های روغنی در این مرحله مشخص می‌شود (Rezaeizad and Shirani Rad, 2016). لذا اعمال تنفس در این مرحله بی‌شک بر ترکیب اسیدهای چرب اثر می‌گذارد، اما بعد از مرحله خورجین‌دهی، ترکیب دانه‌ها مشخص و سرعت پرشدن دانه‌ها به حدائق می‌رسد. Younis و همکاران (۲۰۱۱) با انجام آزمایش‌هایی گزارش کردند که کم آبی درصد اسیدهای چرب اشباع (پالمیتیک و استئاریک) را افزایش و میزان اسیدهای چرب غیراشباع را کاهش می‌دهد. این محققین دلیل این روند را افزایش پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع ذکر نمودند.

### گلیکوزینولات

در این مطالعه بیشترین میزان گلیکوزینولات‌ها در واکنش به کم آبی افزایش یافت. بیشترین افزایش در تنفس بعد از گل‌دهی و در رقم Zafar به دست آمد، در حالی که کمترین آن‌ها در شاهد بدون اعمال تنفس و در رقم Jerom به دست آمد. میزان گلیکوزینولات‌ها در واکنش به کم آبی افزایش یافت، بیشترین افزایش نیز مربوط به اعمال تنفس بعد از گل‌دهی بود (جدول ۷). Rezaeizadeh و همکاران (۲۰۱۹) تاثیر کم آبی را در کلزا بررسی و مشاهده کردند که میزان گلیکوزینولات‌ها در واکنش به کم آبی افزایش یافت. گلیکوزینولات‌ها گروهی از متابولیت‌های ثانویه گوگردار هستند که در همه واریته‌های براسیکا از جمله کلزا وجود دارد. این مواد یکی از اجزای طبیعی بسیاری از گیاهان تنفس نظیر خردل، کلم و ترب است. تنفس گیاهان بهدلیل روغن خردل تولید شده از گلیکوزینولات است. بیش از ۱۲۰ نوع مختلف از گلیکوزینولات‌ها شناسایی شده‌اند. در ترکیب موجود در کلم موادی حاوی گوگرد وجود دارد که به آن گلیکوزینولات گویند (Ishida *et al.*, 2014). یکی از دلایل مزه تلخ کلم وجود گلیکوزینولات در کلم می‌باشد، این مواد شیمیایی طبیعی به احتمال زیاد به دفاع گیاه در برابر آفات و بیماری‌ها کمک می‌کنند و خاصیت عطر و طعم تلخ مشخصی را به گیاهان این تیره می‌دهند.

### اسید لینولنیک و اروسیک اسید

در این بررسی کم آبی در اسید لینولنیک و اسید اروسیک اثر معنی‌داری داشت. برهمکنش ارقام در کم آبی نیز در صفات اسید لینولنیک و اسید اروسیک معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین کاهش در اسید اروسیک در رقم Jerom و در واکنش به تنفس بعد از گل‌دهی به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که بین ارقام از نظر محتوای اسید لینولنیک و اسید اروسیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت. همچنین ارقام پاسخ متفاوتی را به کم آبی نشان دادند، به‌طوری که بیشترین کاهش در اسید لینولنیک با ۷۲/۸ درصد در رقم Jerry و در واکنش به تنفس بعد از گل‌دهی به دست آمد (جدول ۷). مقایسه میانگین سطوح مختلف تنفس از نظر اسید چرب اروسیک در بررسی Tohidi Moghadam و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داد که در شرایط تنفس خشکی و در تیمار تنفس بعد از گل‌دهی این میزان حداقل و حدود ۰/۳۸۲۶ درصد و حدائق

آن ۱۹۹۸/۰ درصد مربوط به حالت بدون تنش می‌باشد، بنابراین شرایط تنش سبب افزایش اسیدهای چرب اشبع لینولنیک و اروپیک اسید می‌گردد. واکنش ترکیب اسیدهای چرب اشبع کلزا به کم آبی، بسته به رقم متفاوت است که نتایج منطبق می‌باشد (Safavi Fard *et al.*, 2018).

**جدول ۵: مقایسه تعداد روز تا آغاز گلدهی در کلزا در واکنش به رقم در دو سال مورد بررسی**

سال	ارقام	تعداد روز تا آغاز گلدهی
اول	RGS003	۱۱۴/۲defg
اول	Sarigol	۱۱۶abcdef
اول	Zafar	۱۱۴/۹cdefg
اول	dalgan	۱۱۴/۳cdefg
اول	Julius	۱۱۷/۱abcde
اول	Jacomo	۱۱۷/۴abc
اول	Jerry	۱۱۴/۹cdefg
اول	Jerom	۱۱۳/۱Fg
اول	Zabol10	۱۰/۶hi
اول	Hyola401	۱۱۲/۹fg
اول	Hyola4815	۱۱۲/۹fg
دوم	RGS003	۱۱۴efg
دوم	Sarigol	۱۱۸/۲ab
دوم	Zafar	۱۱۵/۳bcdefg
دوم	dalgan	۱۱۳/۹efg
دوم	Julius	۱۱۶/۶abcde
دوم	Jacomo	۱۱۸/۵a
دوم	Jerry	۱۱۷/۴abcd
دوم	Jerom	۱۱۵/۶abcdef
دوم	Zabol10	۱۱۲/۸fg
دوم	Hyola401	۱۱۲/۱gh
دوم	Hyola4815	۱۰/۹/i

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است.

**جدول ۶: مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در کلزا در واکنش به زمان اعمال تنش**

تیمار تنش	اسید اولنیک (درصد)	تعداد دانه در خورجین
شاهد بدون اعمال تنش	۶۲/۱۶a	۲۲/۹۴a
تنش بعد از خورجین	۱۸/۶۸b	۲۴/۰۳a
تنش بعد از گلدهی	۱۶/۸۰c	۲۲/۸۲b

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است.

### جدول ۷: مقایسه میانگین های صفات مورد بررسی در کلزا تحت تاثیر رقم و زمان اعمال تنش

تیمار تنش	رقم	پالمتیک (درصد)	لینولنیک (درصد)	اسید اروسیک (درصد)	گلیکوزینولات (درصد)
شاهد بدون اعمال تنش	RGS003	۵/۶۱۷de	۴/۶۳۳o	۰/۲۲۹۰q	۸/۹۵۰m
شاهد بدون اعمال تنش	Sarigol	۵/۷۸۳abcd	۴/۶۷۰p	۰/۲۰۱۷s	۸/۱۳۳mnop
شاهد بدون اعمال تنش	Zafar	۶/۰۰۰a	۳/۹۶۷q	۰/۱۶۶۸tu	۷/۲۱۷opq
شاهد بدون اعمال تنش	Dalgan	۵/۵۶۷de	۴/۷۱۷no	۰/۲۳۳۸q	۹/۱۵۰lm
شاهد بدون اعمال تنش	Julius	۵/۹۱۷ab	۴/۱۱۷pq	۰/۱۷۸۷t	۷/۴۶۷opq
شاهد بدون اعمال تنش	Jacomo	۵/۶۵۰cde	۴/۵۵۰o	۰/۲۲۳۰qr	۸/۸۱۷mn
شاهد بدون اعمال تنش	Jerry	۵/۶۶۷bcde	۴/۱۶۷pq	۰/۱۹۴۰s	۷/۷۳۳nopq
شاهد بدون اعمال تنش	Jerom	۵/۸۸۳abc	۳/۸۱۷q	۰/۱۶۰۳u	۶/۸۵۰q
شاهد بدون اعمال تنش	Zabol10	۵/۴۵۰efg	۴/۵۱۷o	۰/۲۲۴۳qr	۸/۶۸۳mn
شاهد بدون اعمال تنش	Hyola401	۵/۸۱۷abcd	۳/۹۳۳q	۰/۱۷۱۵tu	۷/۰۸۳pq
شاهد بدون اعمال تنش	Hyola4815	۵/۵۱۷ef	۴/۲۸۳op	۰/۲۱۴۲r	۸/۴۶۷mno
تنش بعد از خورجین	RGS003	۴/۹۳۳jkl	۰/۳۱۷jk	۰/۳۱۰.hi	۱۲/۲۵fgh
تنش بعد از خورجین	sarigol	۵/۰۰۰ijkl	۰/۳۱۲۵kl	۰/۳۱۷hij	۱۲/۱۲fgh
تنش بعد از خورجین	Zafar	۵/۳۱۷fgh	۰/۲۷۷op	۰/۲۰۰.lm	۱۰/۶.jk
تنش بعد از خورجین	Dalgan	۴/۸۵۰.kl	۰/۳۴۵۲j	۰/۰۳۳gh	۱۲/۵۸efg
تنش بعد از خورجین	Julius	۵/۱۳۲hij	۰/۳۰۰.ilm	۰/۵۸۱ijk	۱۱/۸.ghi
تنش بعد از خورجین	Jacomo	۵/۲۳۳ghi	۰/۲۹۰.8mn	۰/۴۶۷jkl	۱۱/۴۲ghij
تنش بعد از خورجین	Jerry	۴/۹۰..jkl	۰/۳۰۰.2lm	۰/۵۸۳ijk	۱۱/۵.ghij
تنش بعد از خورجین	Jerom	۵/۲۱۷ghi	۰/۲۶۲۸p	۰/۰۰۰.mn	۱۰/۰.ykl
تنش بعد از خورجین	Zabol10	۵/۲۳۳gh	۰/۳۱۲.kl	۰/۸۱۷hij	۱۱/۱۷ghi
تنش بعد از خورجین	Hyola401	۵/۰۳۳ijk	۰/۲۸۸۵mn	۰/۳۱۰.hij	۱۱/۱۸hijk
تنش بعد از خورجین	Hyola4815	۵/۱۱۷hij	۰/۲۷۹۲no	۰/۴۶۷klm	۱۰/۸۵ijk
تنش بعد از گلدهی	RGS003	۴/۲۰۰.no	۰/۳۹۵yde	۷/۰۳۳bc	۱۵/۴۷ab
تنش بعد از گلدهی	Sarigol	۴/۰۰..op	۰/۴۲۵.a	۷/۰۳۰..cd	۱۵/۹..a
تنش بعد از گلدهی	Zafar	۴/۰۰..mn	۰/۴۱۴..ab	۷/۰۳۰..cd	۱۵/۷۷a
تنش بعد از گلدهی	Dalgan	۴/۰۰..mn	۰/۳۸۵..e	۷/۰۳۰..cd	۱۵/۰..abc
تنش بعد از گلدهی	Julius	۴/۴۵۰.mn	۰/۳۶۵..fg	۷/۰۳۰..cd	۱۴/۲۵bcd
تنش بعد از گلدهی	Jacomo	۴/۵۱۷m	۰/۳۵۵..gh	۷/۰۳۰..cd	۱۳/۹۳cd
تنش بعد از گلدهی	Jerry	۴/۹۰..p	۰/۴۰..bc	۷/۰۳۰..cd	۱۵/۱۲ab
تنش بعد از گلدهی	Jerom	۴/۹۶۷op	۰/۳۹۸..cd	۷/۰۳۰..bc	۱۴/۹۸abc
تنش بعد از گلدهی	Zabol10	۴/۲۰۰.no	۰/۳۷۰..f	۷/۰۳۰..de	۱۴/۲۵bcd
تنش بعد از گلدهی	Hyola401	۴/۳۵۰.mn	۰/۳۵..ahi	۷/۰۳۰..efg	۱۲/۵۵de
تنش بعد از گلدهی	Hyola4815	۴/۴۵۰.mn	۰/۳۴۱۲i	۷/۰۲۵..fg	۱۲/۲۲def

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ است.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد اعمال تنش قطع آبیاری سبب ایجاد تغییرات قابل توجهی در میزان اسیدهای چرب اروسیک، اولئیک، لینولنیک، پالمتیک، لینولنیک گردید. ارقام کلزا از نظر اسیدهای چرب پالمتیک، لینولنیک، لینولنیک، اولئیک و میزان گلیکوزینولات با یکدیگر تفاوت داشتند. قطع آبیاری و اعمال تنش بر میزان گلیکوزینولات موجود در کلزا اولئیک و میزان گلیکوزینولات با یکدیگر تفاوت داشتند.

مؤثر بوده و با افزایش شدت تنش میزان گلیکوزینولات افزایش چشمگیری داشت. این میزان در شرایط آبیاری کامل ۸/۰۴۰ میکرومول بر گرم ولی در تنش‌های قطع آب بعد از خورجیندهی و گلدهی به ترتیب ۱۱/۴۹ و ۱۴/۶۷ میکرو مول بر گرم وزن خشک کنجاله بود. بر اساس نتایج این بررسی و با توجه به عملکرد تولیدی و همچنین مقادیر بالای اولئیک و لینولئیک اسید، ارقام zafar و Julius به عنوان ارقام برتر در منطقه مغان و شرایط مشابه آب و هوایی در نظر گرفته شدند.

#### منابع

- امیری، ا.، قنبری، ا.، توسلی، ا.، رستگاری‌پور، ف. و روشنی، ش. ۱۳۹۱. بررسی صفات کمی و کیفی ارقام کلزا تحت شرایط تنش رطوبتی و شناسایی بهترین رقم بر اساس شاخص‌های مقاومت. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۴ (۱۵): ۲۸-۱۷.
- پاینده، خ.، مجدم، م. و دروگر، ن. ۱۳۹۷. کاربرد عناصر مغذی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه کلزا در شرایط تنش خشکی. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۰ (۳۸): ۳۷-۲۲.
- جمشیدی، ن.، شیرانی‌راد، ا.ح.، تختچین، ف.، ناظری، پ. و غفاری، م. ۱۳۹۱. ارزیابی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶ (۳): ۳۳۸-۳۲۳.
- حیدری، ا.، بیژن‌زاده، ا.، نادری، ر. و امام، ی. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی پایان فصل و سال‌سیلیک اسید بر عملکرد دانه و دمای سایه انداز گیاهی در دو رقم کلزا. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۷ (۲۷): ۸۹-۷۱.
- فنایی، ح.ر.، کیخا، غ.ع.، سارانی، منصور.، اکبری مقدم، ع.ر.، شریعتی، ف. و دادکشته‌گر، م.خ. ۱۳۹۷. بررسی اثر زمان آخرین آبیاری بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی ارقام کلزا. نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱ (۱۱): ۷۷-۶۵.
- مجیدی، م.م.، جعفرزاده قهدریجانی، م.، رشیدی، ف. و میرلوحی، ا. ۱۳۹۳. تاثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک برخی از ارقام کلزا. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۳ (۹): ۵۹-۷۰.
- مرادی اقدم، ا.، سیف‌زاده، س.، شیرانی‌راد، ا.ح.، ولدآبادی، س.ع. و ذاکرین، ح.ر. ۱۳۹۷. اثر قطع آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام کلزا تحت تاریخ‌های مختلف کاشت. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۰ (۲): ۷۶-۵۹.
- نامور، ع. و سید‌شريفی، ر. ۱۳۹۴. کودهای زیستی در زراعت. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی، چاپ اول، ۲۸۰ ص.

بیزدی صمدی، ب.، رضایی، ع. و ولی زاده، م. ۱۳۹۲. طرح های آماری در پژوهش های کشاورزی. انتشارات دانشگاه

تهران، چاپ نهم، ۷۶۴ ص.

**Anonymous. 2018.** Food and Agriculture Organization of the United Nations FAOSTAT Data. www.faostat.fao.org. [MAJ] Ministry of Agriculture Jahad, 2017. Agricultural statistics, 2013-2014, volume 1. Available at: <http://www.maj.ir/Portal/Home/.pdf>

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

**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.

**Badings, H.T. and De Jong, C. 1983.** Glass capillary gas chromatography of fatty acid methyl esters. A study of conditions for the quantitative analysis of short-and long-chain fatty acids in lipids. *Journal of Chromatography. A* 279: 493-506.

**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.

**Bouchet, A., Laperche, A., Bissuel, C., Snowdon, R. and Nesi, N. 2016.** Nitrogen use efficiency in rapeseed: A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 36 (2):38-42.

**El Sabagh, A., Hossain, A., Barutçular, C., Sohidul Islam, M., Ratnasekera, D., Kumar, N., Swaroop Meena, R., Sobhy Gharib, H., Saneoka, H. and Teixeira da Silva, J. A. 2019.** Drought and salinity stress management for higher and sustainable canola (*Brassica napus* L.) production: a critical review. *Australian Journal of Crop Science*. 13(01):88-97.

**Haq, T., Ali, A., Mahmood Nadeem, S., Mudassar Maqbool, M. and Ibrahim, M. 2014.** Performance of canola cultivars under drought stress induced by withholding irrigation at different growth stages. *Soil Environment*. 33(1): 43–50.

**Ishida, M., Hara, M., Fukino, N., Kakizaki, T. and Morimitsu, Y. 2014.** Glucosinolate metabolism, functionality and breeding for the improvement of Brassicaceae vegetables. *Breeding science*. 64(1): 48-59.

**Mehrvarz, S., Reza Chaichi, M., Hashemi, M. and Parsinejad, M. 2013.** Yield and growth response of corn (*Zea mays* L.) S.C. 704 to surfactant under deficit irrigation. *Scientific Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 1(1): 41-51.

**Nargeseh, H., Aghaalikhani, M., Shirani Rad, A. H., Mokhtassi-Bidgoli, A. and Modarres Sanavy, S.A.M. 2020.** Comparison of 17 rapeseed cultivars under terminal water deficit conditions using drought tolerance indices. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 22(2): 489-503.

- Nazari, M., Mirlohi, A. and Majidi, M.M.** 2017. Effects of drought stress on oil characteristics of *Carthamus* species. Journal of the American Oil Chemists Society. 94: 247-256.
- Raza, M.A.S., Shahid, A.M., Saleem, M.F., Khan, I.H., Ahmad, S., Ali, M., and Iqbal, R.** 2017. Effects and management strategies to mitigate drought stress in oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Zemdirbyste-Agriculture. 104: 85–94.
- Renarid, S., and Mc Gregor, L.** 1976. Anti thormbogenic effects of erucic acid poor rapeseed oils in the rats. Review of Crops Cross. 23: 393-396.
- Rezaei, E., Dadnia, M. R., Allahdad, S. and Zare, S.** 2013. Evaluation of zinc and potassium effects on drought stress resistance, yield and yield components in rapeseed. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 6: 1004-1007.
- Rezaeizad, A., and Shirani Rad, A. H.** 2016. Effect of terminal drought stress on seed yield and its components of some new winter rapeseed lines. Crop Breeding Journal. 4: 33-39.
- Rezaeizadeh, M., Sayfzadeh, S., Shirani Rad, A. H., Valadabadi, S. A. and Hadidi Masouleh, E.** 2019. Influence of drought stress and chitosan on fatty acid compounds of rapeseed varieties. Iranian Journal of Plant Physiology. 9 (3): 2819-2825.
- Safavi Fard, N., Heidari Sharif Abad, H., Shirani Rad, A.H., Majidi Heravan, E. and Daneshian, J.** 2018. Effect of drought stress on qualitative characteristics of canola cultivars in winter cultivation. Industrial Crops & Products. 114: 87–92.
- Seyed Ahmadi, A., Bakhshandeh, A. and Garineh, M.H.** 2015. Evaluation physiological characteristics and grain yield canola cultivars under end seasonal drought stress in weather condition of Ahvaz. Iranian Journal of Field Crops Research. 13 (1): 71-80. (In Persian).
- 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.
- Tohidi Moghadam, H.R., Zahedi, H. and Ghooshchi, F.** 2011. Oil quality of canola cultivars response to water stress and super absorbent polymer application. Pesquisa AgropecuáriaTropical. 41(4): 579-586.
- Ullah, F., Bano, A. and Nosheen, A.** 2012. Effects of plant growth regulators on growth and oilquality of Canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. Pakistan Journal of Botany. 44(6): 1873-1880.
- Vatan Doost, H., Seyed Sharifi, R., Farzaneh, S. and Hasan Panah, D.** 2018. Grain filling and some fatty acids composition of canola (*Brassica napus* L.) with application of bio-fertilizers and irrigation withholding. Agricultural Science and Sustainable Production. 27 (4): 23-37.
- Younis, M. E., Gaber, A. M. and El-Nimr, M.** 2011. Plant growth, metabolism and adaptation of *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris* subjected to anaerobic conditions and drought. Egyptian Journal of Physiological Sciences. 23: 273-296.

- Zhou, L., Wang, H., Chen, X., Li, Y., Hussain, N., Cui, L., Wu, D. and Jiang, L.** 2016. Identification of candidate genes involved in fatty acids degradation at the late maturity stage in *Brassica napus* based on transcriptomic analysis. *Plant Growth Regulation*. 83: 385-396.
- Zirgoli, M. H. and Kahrizi, D.** 2015. Effects of end-season drought stress on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) in warm regions of Kermanshah Province. *Biharean Biologist*. 9 (2): 133-140.

## Effect of irrigation cutting stress on fatty acids, glycosinolate and some agronomic traits in Canola (*Brassica napus L.*) cultivars

S. Seyf Amiri<sup>1</sup>, M. Yarnia<sup>2\*</sup>, B. Mirshekari<sup>3</sup>, F. Farahvash and V. Rashidi<sup>5</sup>

1, 2, 3 4 & 5) Department of Agronomy, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

\*Corresponding author m.yarnia@yahoo.com

This article is taken from a doctoral dissertation.

Received date: 2020.06.23

Accepted date: 2020.10.21

### **Abstract**

To evaluate the response of different rapeseed cultivars to cut-off irrigation at the end of season on seed fatty acids, glycosinolates and agronomic characteristics of cultivars, a split plot experiment based on randomized complete block design with three replications in Moghan Research Center ,was conducted during 2017-2019 cropping season.Experimental treatments were levels of irrigation as the main factor in three levels, normal irrigation (control) according to plant needs and local customs, low irrigation stress in the form of irrigation cutting at the plowing stage and irrigation cutting at the flowering stage and Rapeseed cultivars as sub-factors in 11 levels included 003RGS, Sarigol, Zafar, Dalgan, Julius, Jacomo, Jerry, Jerom, Zabollo, 401Hyola, 4815 Hyola. In this study, the yield and yield components of rapeseed were not significantly affected by water stress after flowering and pods and only post-flowering stress reduced the number of seeds per pod by 4.7%. Biomass also decreased to 2.9% under the influence of stress. Despite the above results, the properties of rapeseed oil were strongly affected by water deficite. The amount of palmitic acid due to stress decreased to 32.6% (at Jerome cultivar), while the amount of linoleic and, erosic acids and glucosinolates under stress increased to 84.4%and 148.7% (at Zafar cultivar) and 118.7% (at Jerome cultivar). In this study, the highest grain yield sa 2986 and 2981 kg / ha was obtained in Julius and RGS003 cultivars. In these cultivars, all three components of yield as , yield of number of pods per plant, number of seeds per pod and 1000-seed weight were higher than with comparison of other cultivars.There was a high difference between cultivars for palmitic, lithinolenic, linoleic, oleic acids and glucosinolate. In general, Zafar and Julius cultivars were the best cultivars due to their high yield and oleic and linoleic acids content.

**Key words:** Drought stress, Fatty acids, Glycosinolates and *Brassica napus*.