اثر تنش قطع آبیاری بر میزان اسیدهای چرب، گلیکوزینولات و برخی صفات زراعی ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)

صابر سیف امیری[۱]، مهرداد یارنیا[۲*]، بهرام میرشکاری[۳]، فرهاد فرحوش[۴] و ورهرام رشیدی[۵]

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

نویسنده مسئول*:m. yarnia@yahoo.com

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۴/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۳۰**

چکیده

به‌منظور ارزیابی واکنش ارقام کلزا به قطع آبیاری آخر فصل از نظر اسیدهای چرب دانه، گلیکوزینولات و ویژگی‌های زراعی ارقام، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی مغان به‌مدت دو سال، طی سال‌های ۹۸- ۱۳۹۶ اجرا شد. در این تحقیق دو عامل مورد بررسی قرار گرفت، آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح آبیاری معمول (شاهد) طبق نیاز گیاه و عرف منطقه، تنش کم آبیاری به صورت قطع آبیاری در مرحله خورجین‌دهی به بعد و قطع آبیاری در مرحله گل دهی به بعد و ارقام کلزا به عنوان عامل فرعی در ۱۱ سطح شامل RGS۰۰۳، Sarigol، Zafar، Dalgan، Julius، Jacomo، Jerry، Jerom، Zabol-lo، Hyola۴۰۱ و Hyola۴۸۱۵ بودند. در این بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا در واکنش به تنش کم آبی حاصل از قطع آبیاری پس از گل دهی و خورجین دهی قرار نگرفتند و تنها تیمار تنش بعد از گل دهی به میزان ۴/۷ درصد از تعداد دانه در خورجین کاست. بیوماس نیز تنها در واکنش به اعمال تنش ۲/۹ 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 ۳۲/۶ درصد در رقم Jerom کاهش یافت، در حالی که میزان اسیدهای لینولئیک، اروسیک و گلیکوزینولات‌ها در واکنش به کم آبی به‌ترتیب تا ۸۴/۴ درصد و۱۴۸/۷ درصد (در رقم Zafar) و ۱۱۸/۷ درصد (در رقم Jerom) افزایش یافتند. در این بررسی بیش ترین عملکرد دانه با ۲۹۸۶ و ۲۹۸۱ کیلوگرم در هکتار در ارقام Julius و RGS003 به‌دست 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، لینولنیک، 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، ارقامZafar و Julius به عنوان ارقام برتر در نظر گرفته شدند.

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

مقدمه

کلزا[1] 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 تنش‌زای 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 تنش‌های 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 تنش در مقایسه با شدت تنش از اهمیت بیشتری برخوردار است (Zirgoli and Kahrizi, 2015). بررسی‌ها نشان داده که ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی تولید پایداری در شرایط نامساعد محیطی دارند (Nazari *et al*., 2017). بسته به ژنوتیپ، شدت و مدت تنش، 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 تنش خشکی از خود نشان دادند. به صورتی که بعضی از ژنوتیپ‌ها در برابر شرایط دشوار متحمل بوده و با بهبود اجزای عملکرد و صفات مختلف فیزیولوژیک عملکرد قابل قبولی تولید کردند (Seyed Ahmadi *et al*., 2015). Angadi و Cut Forth (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 تنش خشکی می‌باشند. Seyed Sharifi و همکاران (۲۰۱۵) کاهش میزان اسیدهای چرب غیراشباع کلزا را در شرایط محدودیت آبی گزارش نمودند. مجیدی و همکاران (۱۳۹۳) ضمن بررسی تاثیر کم آبی در مراحل مختلف رشدی کلزا، گزارش کردند علت اصلی کاهش تعداد دانه در

[1]- *Brassica napus* L.

خورجین در مرحله گرده افشانی، 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، لینولنیک، اولئیک، استئاریک، اروسیک و اسید پالمتیک تعیین می‌شود (Renarid and Mc Gregor, 1976). Tohidi Moghadam و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که تنش خشکی میزان روغن و اسید لینولئیک کلزا را کاهش می‌دهد. Ullah و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که تنش 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 به‌منظور بررسی تاثیر تنش 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 به‌منظور ارزیابی واکنش ارقام بهاره کلزا به تنش خشکی آخر فصل، به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۶ 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 RGS۰۳، Sarigol، Zafar، Dalgan، Julius، Jacomo، Jerry، Jerom، Zabol-lo، Hyola۴۰۱ و Hyola۴۸۱۵ بودند. طول جغرافیایی منطقه ۴۷ و ۱۸ درجه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۹ و ۳۹ شرقی و ارتفاع ۷۸ متر از سطح دریا است. حداکثر مطلق دما در محل آزمایش ۴۲ و حداقل آن ۱۶- درجه سلسیوس بوده و حداقل نزولات جوی ۷۲/۹ و حداکثر 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	۷۰-۲۷

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، عملکرد 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. به‌منظور آماده سازی زمین، قبل از اجرای آزمایش زمین مورد نظر آبیاری گردید و پس از گاورو شدن، به وسیله گاوآهن برگردان‌دار 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 ۲۷-۰ سانتی‌متر و ۷۰-۲۷ سانتی‌متر گردید. بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه کودی، اقدام به کودپاشی (قسمتی از کود نیتروژن‌دار به شکل اوره و تمامی کود فسفره و پتاسه مورد نیاز به‌صورت 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 به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه شد و به‌وسیله دیسک سبک، کود و علف‌کش با خاک مخلوط گردید. به‌منظور استفاده بهینه از نیتروژن، بقیه کود نیتروژنه موردنیاز (به شکل سولفات آمونیوم) به‌صورت سرک در مرحله شروع ساقه رفتن و ظهور اولین غنچه‌های گل مصرف شد. به‌منظور تعیین تعداد خورجین در بوته، از هر کرت آزمایشی، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و این صفت در آن‌ها شمارش شد. برای تعیین تعداد دانه در خورجین، ۳۰ عدد خورجین از ۱۰ بوته مورد نظر به‌طور تصادفی انتخاب و این صفت در آنها شمارش شد. به‌منظور اندازه گیری وزن هزار دانه بعد از برداشت محصول، ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی از بذرهای هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آن‌ها در عدد ۱۰، وزن هزار دانه محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه ،پس از کف بر نمودن بوته‌های هر کرت آزمایشی، با استفاده از کمباین مخصوص آزمایش‌ها (وینتراشتایگر)، دانه‌ها از خورجین‌ها جدا و عملکرد دانه هر کرت آزمایشی تعیین شد (یزدی صمدی و همکاران، ۱۳۹۲). جهت اندازه‌گیری 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 سانتریفوژ (۱۵۰۰ دور در دقیقه) گردید. لایه رویی توسط یک میکروسرنگ تمیز جدا سازی و توسط صافی (میکروپور، ۰/۲۲ میکرومتر) داخل میکروتیوپ نگهداری شد. محلول صاف شده به دستگاه استرهای متیلی ماده GC تزریق و تعیین نمونه بر اساس روش نرمالیزاسیون و استاندارد خارجی انجام گرفت (Badings and De Jong, 1983). قبل از تجزیه آماری، تست نرمال بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به-

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 مورد نظر 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). Haq و همکاران (۲۰۱۶) 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 به‌دست آمد. در این دو رقم بیوماس به‌ترتیب ۱۹۵/۲ و ۱۸۴/۲ 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). Mehrvarz و همکاران (۲۰۱۳) گزارش نمودند که کم آبی پیری برگ‌ها را تسریع می‌کند و میزان فتوسنتز را در واحد سطح کاهش می‌دهد. لذا کم آبی از طریق کاهش سطح فتوسنتزی و کارایی فتوسنتزی 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 Jacomo و پس از آن Sarigol به‌دست آمد، اما سایر ارقام در دو سال به‌طور متفاوتی در واکنش قرار گرفتند. در سال اول کم‌ترین تعداد روز تا آغاز گل‌دهی در رقم Zabol lo به‌دست آمد، در حالی که در سال دوم کم‌ترین تعداد روز تا آغاز گل‌دهی در رقم Hyola4815 به‌دست 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 تنش خشکی را در کلزا معنی‌دار اعلام نموده و اظهار داشتند که تنش 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 RGS003 و Dalgan حاصل شد تعداد دانه در خورجین در تیمار تنش بعد از گل‌دهی ۲۲/۸ عدد بود که در مقایسه با شاهد بدون اعمال تنش به میزان ۴/۷ درصد کمتر بود که نتایج این مطالعه با یافته‌های پاینده 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 به‌دست آوردند. 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 فتوسنتز 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 هزاردانه

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 (جدول۴). بخش قابل توجهی از وزن دانه‌ها در دوره پر شدن دانه از فتوسنتز جاری حاصل می‌شود. کاهش رطوبت ناشی از تنش خشکی در دوره پر شدن دانه‌ها باعث کاهش فتوسنتز جاری در این دوره رشدی شده و در نتیجه وزن دانه ها کاهش می‌یابد. وزن هزار دانه تنها جز از اجزای عملکرد است که به شرایط محیطی طی دوره پس از گل‌دهی بستگی دارد و آخرین جز از اجزای عملکرد است که تعیین می‌شود (پاینده و همکاران، ۱۳۹۷). بر اساس اظهارات جمشیدی و همکاران (۱۳۹۱) تنش خشکی از مرحله ساقه روی تا رسیدگی گیاه احتمالا بیشتر به واسطه کاهش تولید اسیمیلات های فتوسنتزی در فاصله زمانی ساقه‌دهی تا آغاز پر شدن دانه و در نتیجه کاهش محسوس شیره پرورده برای پر شدن دانه ها و چروکیدگی و کاهش وزن دانه‌ها را موجب شده است. اثر تنش 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 (۲۰۱۳) 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، 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 تنش 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 lo 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).

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	اسید پالمتیک	اسید لینولنیک	اسید لینولئیک	اسید اولئیک	اسید اروسیک	گلوکوزینولات	ارتفاع بوته	تعداد شاخه
مکان (L)	۱	۸/۴۰۷*	۰/۹۲۰۰	۲۳/۵۶	۱۶/۲۹۵۰	۰/۰۰۵	۲۱/۵۳۶**	۶/۵۴۵	۰/۰۰۰۰
تکرار در مکان	۴	۲/۵۱۸	۲/۵۰۴۰	۳۵/۶۳۹*	۸۴/۷۶۲*	۰	۶/۸۰۱**	۲۵۷۷/۱۰۱**	۴۳/۰۳۲**
تیمار تنش (A)	۲	۳۷/۱۸۴**	۱۰۷/۶۸۱**	۲۵۳/۲۳۸**	۲۴۴/۰۷۱**	۰/۵۵۲**	۷۲۵/۳۹۳**	۴۶/۴۴۴*	۰/۳۱۹۰
LA	۲	۰/۶۰۹	۰/۰۴۱۰	۰/۱۸۲	۰/۵۸۶۰	۰/۰۰۱	۱/۵۶۶۰	۳۲/۷۸۸*	۰/۱۶۲۰
خطای اصلی	۸	۱/۱۳۹	۱/۱۹۹۰	۶/۴۰۸	۱۲/۵۱۵۰	۰/۰۰۳	۰/۸۸۳۰	۷/۱۲۴	۰/۱۹۷۰
رقم (B)	۱۰	۰/۲۸۵**	۱/۱۱۳**	۲/۵۵۱**	۱۷/۱۰۵**	۰/۰۰۵**	۶/۲۴۴**	۲۴۵۶/۹۰۰**	۰/۹۰۶**
LB	۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۹۰	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶۰	۰	۰/۰۴۲۰	۲۷/۸۰۱	۰/۰۷۸۰
AB	۲۰	۰/۱۸۴**	۰/۵۴۵**	۱/۳۵۵	۱/۲۸۹۰	۰/۰۰۳**	۲/۹۶۱**	۵/۰۵	۰/۰۷۳۰
LAB	۲۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸۰	۰	۰/۰۲۳۰	۱۷/۶۹۳	۰/۰۸۲۰
خطای فرعی	۱۲۰	۰/۰۴	۰/۰۷۸۰	۱/۱۳۱	۵/۲۷۵۰	۰	۰/۸۵۴۰	۱۸/۸۱۶	۰/۱۱۲۰
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۰۳	۵/۰۴	۵/۶۸	۳/۸۱	۴/۹۲	۸/۱۱	۳/۵۹	۹/۶۵

** 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	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	تعداد روز تا آغاز گلدهی	تعداد روز تا پایان گلدهی	بیوماس
مکان (L)	۱	۹۲۷۲/۸۵۴*	۱۵/۸۳۸۰	۰/۰۰۶	۴۶۲۷۶/۴۰۹۰	۱۵/۲۷۸	۹۶۴/۴۹۰**	۹۶۸/۹۰۹**
تکرار در مکان	۴	۳۶۷۸۱/۹۶۰**	۸۲/۲۶۳**	۲۰/۲۶۲**	۱۱۳۸۹۷۱۴/۹۳۴**	۱۲/۶۰۱	۹۳۳/۰۶۶**	۴۰۹/۱۹۲**
تیمار تنش (A)	۲	۱۵۸۲/۸۸۴	۳۰/۰۸۱*	۰/۰۱۵	۱۲۲۶۰/۲۴۷۰	۴۶/۶۵۲	۶۲/۷۹۳۰	۱۷۳/۹۶۰**
LA	۲	۳۸۸/۰۶۶	۴/۰۲۰۰	۰/۰۰۱	۷۲۶۷/۰۱۵۰	۳۷/۲۷۸	۳۳/۵۵۱۰	۱۳۳/۱۵۲**
خطای اصلی	۸	۱۰۸۸/۱۱۹	۴/۴۱۴۰	۰/۰۰۵	۲۹۲۷۸/۵۷۸۰	۳۸/۲۶۸	۷۳/۶۴۹۰	۱۰/۴۸
رقم (B)	۱۰	۸۸۰/۷۷۲**	۳۱/۶۱۲**	۳/۶۹۸**	۷۶۱۴۵/۱۵۷**	۱۰۰/۱۸۱**	۲۸۰/۰۱۴**	۱۷۹/۶۳۷**
LB	۱۰	۳۳۶/۰۲	۸/۷۲۷۰	۰/۰۱	۲۴۹۰۸/۱۴۲۰	۱۸/۴۷۸*	۴۹/۴۱۲۰	۷/۸۰۹
AB	۲۰	۱۰۲/۰۸۴	۶/۹۷۰۰	۰/۰۰۸	۱۱۸۸۶/۵۸۱۰	۴/۲۹۶	۱۴/۳۱۰۰	۲۲/۲۰۴
LAB	۲۰	۱۰۱/۱۹۹	۷/۴۴۲۰	۰/۰۰۸	۱۷۷۱۶/۱۴۸۰	۴/۸۱۱	۱۷/۲۵۶۰	۱۳/۹۵۸
خطای فرعی	۱۲۰	۱۹۰/۱۴۹	۸/۸۹۷۰	۰/۰۱۵	۲۰۱۸۸/۸۵۸۰	۸/۶۲۹	۴۳/۵۳۲۰	۱۴/۳۶۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۲	۱۲/۶۴	۴/۳۸	۴/۹۱	۲/۵۶	۴/۷۴	۲

** و * به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری 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	۱۲۱/۲a	۱۸۷/۸c
اول	تنش بعد از خورجین	۱۲۰/۹a	۱۸۷/۳c
اول	تنش بعد از گلدهی	۱۲۰/۷a	۱۸۷/۵c
دوم	شاهد بدون اعمال تنش	۱۲۲/۱a	۱۹۵/۴a
دوم	تنش بعد از خورجین	۱۱۹/۱b	۱۹۰/۷b
دوم	تنش بعد از گلدهی	۱۲۰/۶a	۱۸۹/۷b

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	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد روز تا پایان گلدهی	بیوماس (گرم)
RGS003	۱۸/۱۸b	۶۰/۷۵ab	۱۱۷/۸d	۳/۹۲۲a	۱۲۵/۱a	۲۳/۰۰bc	۳/۴۵۰a	۲۹۸۱a	۱۴۶/۳a	۱۹۱/۲bc
Sarigol	۱۸/۱۷b	۶۰/۷۶ab	۱۱۸/۰d	۳/۹۰۶a	۱۱۱/۲bc	۲۲/۸۹bc	۲/۳۱۱hi	۲۸۳۲cd	۱۴۲/۲abc	۱۹۵/۲a
Zafar	۱۸/۷۸ab	۶۱/۳۲a	۱۱۵/۷d	۳/۳۱۱b	۱۱۸/۳ab	۲۵/۵۶a	۳/۳۲۸b	۲۸۴۸bcd	۱۳۹/۹bcde	۱۹۲/۴b
Dalgan	۱۸/۱۴b	۶۰/۷۱ab	۱۱۷/۴d	۳/۳۹۴b	۱۲۳/۳a	۲۵/۳۳a	۳/۴۱۱a	۲۹۴۲ab	۱۳۹/۲bcdef	۱۸۸/۹cde
Jjulius	۱۸/۷۸ab	۶۱/۳۷a	۱۳۸/۲a	۳/۳۴۴b	۱۱۵/۹ab	۲۵/۰۰ab	۳/۱۸۹c	۲۹۸۶a	۱۳۷/۶cdefg	۱۹۲/۱b
Jacomo	۱۸/۶۴ab	۶۱/۲۵a	۱۳۵/۰b	۳/۲۷۸b	۱۱۱/۸ bc	۲۳/۱۱bc	۲/۹۶۱d	۲۸۷۱bcd	۱۳۴/۹fg	۱۹۰/۴bcd
Jerry	۱۸/۷۲ab	۵۸/۹۲c	۱۳۳/۵b	۳/۳۷۲b	۱۰۸/۲bc	۲۲/۳۳c	۲/۶۵۶f	۲۸۸۰abcd	۱۳۳/۴g	۱۹۱/۱bc
Jerom	۱۹/۳۴a	۵۹/۴۸bc	۱۲۸/۴c	۳/۴۵۰b	۱۰۳/۸c	۲۳/۱۱bc	۲/۲۳۹i	۲۸۳۷bcd	۱۴۳/۹ab	۱۸۷/۷ef
Zabol10	۱۸/۶۹ab	۵۸/۹۰c	۱۱۶/۳d	۳/۳۵۰b	۱۰۴/۵c	۲۲/۳۳c	۲/۳۷۸h	۲۷۸۹d	۱۴۱/۰bcd	۱۸۵/۹fg
Hyola401	۱۹/۳۶a	۵۹/۵۳bc	۱۰۶/۳e	۳/۴۵۰b	۱۱۱/۸bc	۲۴/۸۹ab	۲/۷۸۰e	۲۹۳۰abc	۱۳۶/۱efg	۱۸۴/۲g
Hyola4815	۱۹/۲۱a	۵۹/۴۱bc	۱۰۱/۹f	۳/۳۴۹b	۱۰۹/۱bc	۲۲/۰۰c	۲/۵۳۹g	۲۹۳۶abc	۱۳۶/۷defg	۱۸۸/۱def

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار 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، 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 تنش 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 lo 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 معمولا 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 ۱۴۶/۳ و ۱۳/۴ روز در دو رقم RGS003 و Jerry به‌دست 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 (Raza *et al*., 2017). El Sabagh 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 تنش کاهش یافت. درصد اسید اولئیک در واکنش به تنش بعد از گل‌دهی نسبت به شاهد به میزان ۴/۱۶ درصد کمتر بود (جدول ۶). درصد اسید چرب اولئیک بر اساس نتایج به‌ترتیب در شرایط بدون تنش، تنش بعد از خورجین‌دهی و تنش بعد از گل ۶۲/۱۶، ۶۰/۱۸ و ۵۸/۳۱ 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 می‌یابند. علاوه بر تغییرات ویژگی‌های رشدی و عملکردی کلزا، خصوصیات کیفی کلزا نیز به‌طور 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 خورجین‌دهی به دست آمد (جدول ۶). نتایج این تحقیق با یافته‌های سایر پژوهشگران مطابقت دارد به‌طوری که این پژوهشگران نیز در بررسی های خود گزارش نمودند که تنش خشکی لینولئیک اسید را کاهش داد (نامور و سیدشریفی، 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 خورجین‌دهی با ۱۳/۵ درصد متعلق به سه رقم Sarigol، Jerry و Hyola۴۰۱ 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 خورجین‌دهی 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 تنش در این مرحله بی‌شک بر ترکیب اسید های چرب اثر می‌گذارد، اما بعد از مرحله خورجین‌دهی، ترکیب دانه‌ها مشخص و سرعت پر شدن دانه‌ها به حداقل 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 غیر اشباع ذکر نمودند.

گلیکوزینولات

در این مطالعه بیش‌ترین میزان گلوکوزینولات‌ها در واکنش به کم آبی افزایش یافت. بیش ترین افزایش در تنش بعد از گل‌دهی و در رقم Zafar به دست آمد، در حالی که کم‌ترین آن‌ها در شاهد بدون اعمال تنش و در رقم Jerom به‌دست آمد. میزان گلیکوزینولات‌ها در واکنش به کم آبی افزایش یافت، بیش‌ترین افزایش نیز مربوط به اعمال تنش بعد از گل‌دهی بود (جدول ۷). Rezaeizadeh و همکاران (۲۰۱۹) تاثیر کم آبی را در کلزا بررسی و مشاهده کردند که میزان گلوکوزینولات ها در واکنش به کم آبی افزایش یافت. گلوکوزینولات‌ها گروهی از متابولیت‌های ثانویه گوگرددار هستند که در همه واریته‌های براسیکا از جمله کلزا وجود دارد. این مواد یکی از اجزای طبیعی بسیاری از گیاهان تند نظیر خردل، کلم و ترب است. تندی گیاهان به‌دلیل روغن خردل تولید شده از گلوکوزینولات است. بیش از ۱۲۰ نوع مختلف از گلوکوزینولات‌ها شناسایی شده‌اند. در ترکیب موجود در کلم موادی حاوی گوگرد وجود دارد که به آن گلوکوزینولات گویند (Ishida *et al*., 2014). یکی از دلایل مزه تلخ کلم وجود گلوکوزینولات در کلم می باشد، 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 تنش بعد از گل‌دهی به‌دست 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، به‌طوری‌که بیش‌ترین کاهش در اسید لینولنیک با ۷۲/۸ درصد در رقم Jerry و در واکنش به تنش بعد از گل‌دهی به دست آمد (جدول ۷). مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش از نظر اسید چرب اروسیک در بررسی Tohidi Moghadam و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان داد که در شرایط تنش خشکی و در تیمار تنش بعد از گل‌دهی این میزان حداکثر و حدود ۰/۳۸۲۶ درصد و حداقل

آن ۰/۱۹۹۸ درصد مربوط به حالت بدون تنش می‌باشد، بنابراین شرایط تنش سبب افزایش اسیدهای چرب اشباع لینولنیک و اروسیک اسید می‌گردد. واکنش ترکیب اسیدهای چرب اشباع کلزا به کم آبی، بسته به رقم متفاوت است که با 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	۱۱۷/۶abc
اول	Jerry	۱۱۴/۹cdefg
اول	Jerom	۱۱۳/۱Fg
اول	Zabol10	۱۰۹/۶ hi
اول	Hyola401	۱۱۲/۹fg
اول	Hyola4815	۱۱۲/۹fg
دوم	RGS003	۱۱۴efg
دوم	Sarigol	۱۱۸/۲ab
دوم	Zafar	۱۱۵/۳ bcdefg
دوم	dalgan	۱۱۳/۹efg
دوم	Julius	۱۱۶/۶abcde
دوم	Jacomo	۱۱۸/۶a
دوم	Jerry	۱۱۷/۴abcd
دوم	Jerom	۱۱۵/۶abcdef
دوم	Zabol10	۱۱۲/۸fg
دوم	Hyola401	۱۱۲/۱gh
دوم	Hyola4815	۱۰۹/۱i

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 لینولئیک (درصد)	اسید اولئیک (درصد)	تعداد دانه در خورجین
شاهد بدون اعمال تنش	۲۰/۷۱a	۶۲/۱۶a	۲۳/۹۴a
تنش بعد از خورجین	۱۸/۶۸b	۶۰/۱۸b	۲۴/۰۳a
تنش بعد از گلدهی	۱۶/۸۰c	۵۸/۳۲c	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)	گلوگوزینولات (درصد)
شاهد بدون اعمال تنش	RGS003	۵/۶۱۷de	۴/۶۳۳o	۰/۲۲۹۰q	۸/۹۵۰m
شاهد بدون اعمال تنش	Sarigol	۵/۷۸۳abcd	۴/۳۶۷op	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	۴/۳۸۳op	۰/۲۱۴۲r	۸/۳۶۷mno
تنش بعد از خورجین	RGS003	۴/۹۳۳jkl	۵/۹۰۰hi	۰/۳۱۷۳jk	۱۲/۲۵fgh
تنش بعد از خورجین	sarigol	۵/۰۰۰ijkl	۵/۸۱۷hij	۰/۳۱۲۵kl	۱۲/۱۲fgh
تنش بعد از خورجین	Zafar	۵/۳۱۷fgh	۵/۲۰۰lm	۰/۲۷۳۷op	۱۰/۶۰jk
تنش بعد از خورجین	Dalgan	۴/۸۵۰kl	۶/۰۳۳gh	۰/۳۲۵۲j	۱۲/۵۸efg
تنش بعد از خورجین	Julius	۵/۱۳۳hij	۵/۵۸۳ijk	۰/۳۰۰۵lm	۱۱/۸۰ghi
تنش بعد از خورجین	Jacomo	۵/۲۳۳ghi	۵/۴۶۷jkl	۰/۲۹۰۸mn	۱۱/۴۲ghij
تنش بعد از خورجین	Jerry	۴/۹۰۰jkl	۵/۵۸۳ijk	۰/۳۰۰۲lm	۱۱/۵۰ghij
تنش بعد از خورجین	Jerom	۵/۲۱۷ghi	۵/۰۰۰mn	۰/۲۶۲۸p	۱۰/۰۷kl
تنش بعد از خورجین	Zabol10	۴/۷۵۰l	۵/۸۱۷hij	۰/۳۱۲۰kl	۱۱/۹۷ghi
تنش بعد از خورجین	Hyola401	۵/۰۳۳ijk	۵/۳۶۷kl	۰/۲۸۸۵mn	۱۱/۱۸hijk
تنش بعد از خورجین	Hyola4815	۵/۱۱۷hij	۵/۲۵۰klm	۰/۲۷۹۲no	۱۰/۸۵ijk
تنش بعد از گلدهی	RGS003	۴/۲۰۰no	۷/۰۳۳bc	۰/۳۹۵۷de	۱۵/۳۷ab
تنش بعد از گلدهی	Sarigol	۴/۰۰۰op	۷/۵۰۰a	۰/۴۲۵۰a	۱۵/۹۰a
تنش بعد از گلدهی	Zafar	۴/۰۵۰op	۷/۳۱۷ab	۰/۴۱۴۸ab	۱۵/۷۷a
تنش بعد از گلدهی	Dalgan	۴/۳۰۰mn	۶/۹۰۰cd	۰/۳۸۵۳e	۱۵/۰۰abc
تنش بعد از گلدهی	Julius	۴/۴۵۰mn	۶/۶۱۷de	۰/۳۶۵۰fg	۱۴/۲۵bcd
تنش بعد از گلدهی	Jacomo	۴/۵۱۷m	۶/۴۸۳ef	۰/۳۵۵۳gh	۱۳/۹۳cd
تنش بعد از گلدهی	Jerry	۳/۹۰۰p	۷/۲۰۰abc	۰/۴۰۸۰bc	۱۵/۱۳ab
تنش بعد از گلدهی	Jerom	۳/۹۶۷op	۷/۰۰۰bc	۰/۳۹۸۲cd	۱۴/۹۸abc
تنش بعد از گلدهی	Zabol10	۴/۲۰۰no	۶/۶۳۳de	۰/۳۷۰۰f	۱۴/۲۵bcd
تنش بعد از گلدهی	Hyola401	۴/۳۵۰mn	۶/۳۳۳efg	۰/۳۵۰۵hi	۱۳/۵۵de
تنش بعد از گلدهی	Hyola4815	۴/۴۵۰mn	۶/۲۵۰fg	۰/۳۴۱۲i	۱۳/۲۳def

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار 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، لینولئیک گردید. ارقام کلزا از نظر اسیدهای چرب پالمتیک، لینولنیک، لینولئیک، اولئیک و میزان گلیکوزینولات با یکدیگر تفاوت داشتند. قطع آبیاری و اعمال تنش بر میزان گلیکوزینولات موجود درکلزا

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 ازخورجین‌دهی و گل‌دهی به‌ترتیب 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 به‌عنوان 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 شاخص های 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): ۳۷-۲۳.

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.، بیژن زاده، 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 تاریخ های مختلف کاشت. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۰ (۲): ۷۶-۵۹.

نامور، ع. و سیدشریفی، ر. ۱۳۹۴. کودهای زیستی در زراعت. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی، چاپ اول، ۲۸۰ ص.

یزدی 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.