نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۳۰ شماره ۲ / سال ۱۳۹۹

تأثیر کاربرد آمونیوم سولفات و پتاسیم سولفات بر عملکرد دانه و روغن کاملینا (*Camelina sativa* L.) تحت شرایط تنش خشکی

ندا امیری دربان[۱]، قربان نورمحمدی[۲]، امیرحسین شیرانی راد[۳*]، سید محمدجواد میرهادی[۴]، اسلام مجیدی هروان[۴]

تاریخ دریافت: ۹۸/۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۰

۱- دانشجوی دکتری، گروه امور باغبانی و زراعی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استاد، گروه امور باغبانی و زراعی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
٤- دانشیار و استاد گروه امور باغبانی و زراعی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: shiranirad.amirhossein@gmail

چکیده

اهداف: به‌منظور بررسی تأثیر کودهای سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم بر صفات زراعی، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن کاملینا تحت تنش خشکی، یک آزمایش دو ساله در کرج انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش بصورت کرت خرد شده-فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به انجام رسید و رژیم‌های آبیاری شامل آبیاری کامل، قطع آبیاری از مراحل کپسول‌دهی و مرحله گلدهی در کرت‌های اصلی و ترکیب کودهای سولفات آمونیوم (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

یافته‌ها: تعداد کپسول در بوته، طول کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد روغن تحت تأثیر برهمکنش آبیاری × سولفات پتاسیم × سولفات آمونیوم قرار گرفتند. نتایج نشان داد عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن دانه در شرایط قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی به ترتیب ٤٦، ۸/۵ و ۵۱/۲ درصد، و از مرحله گلدهی ۵۱، ۱۸/۷ و ۷۸/۷ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافتند. در بین تیمارهای کودی بیشترین عملکرد دانه، محتوای روغن و عملکرد روغن به ترتیب با میانگین ۱۹۵۰ کیلوگرم در هکتار، ۳۱/۸ درصد و ٦٤۳ کیلوگرم در هکتار متعلق به کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم بود.

نتیجه‌گیری: بطور کلی، برای دستیابی به بیشترین عملکرد دانه و روغن کاملینا، بهتر است کشت در شرایط آبیاری کامل با کاربرد سولفات پتاسیم (۷۵ کیلوگرم در هکتار) بعلاوه سولفات آمونیوم (۷۵ کیلوگرم در هکتار) انجام شود.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، دانه روغنی، قطع آبیاری، کوددهی، گوگرد

Investigating the Effect of Ammonium Sulfate and Potassium Sulfate Application on seed and Oil Yields of Camelina (*Camelina sativa* L.*)* under Late-Season Drought Stress

Neda Amiri-Darban[1], Ghorban Nourmohammadi[2], Amir Hosein Shirani Rad[3*], Seyed Mohammad Javad Mirhadi[4], Islam Majidi Heravan[4]

Received: November 13, 2019 Accepted: February 29, 2020

1- PhD. Candidate, Dept. of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2- Prof., Dept. of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3- Prof., Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
4- Assoc. Prof., and Prof., Dept. of Horticultural Science and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
*Corresponding Author Email: shiranirad.amirhossein@gmail

Abstract

Background & Objective: A two-year experiment was carried out in Karaj to investigate the effect of potassium sulfate and ammonium sulfate fertilizers on agronomic traits, seed yield, oil content and yield of camelina under drought stress conditions.

Materials & Methods: The experimental design was split plot-factorial in an RCBD with three replications. Irrigation regimes as full irrigation, irrigation interruptions from silicle formation and flowering stages in the main plots and combine of potassium sulfate (0, 25, 50, and 75 $kg.ha^{-1}$) and ammonium sulfate (0, 25, 50, and 75 $kg.ha^{-1}$) fertilizers in the sub plots.

Results: The number of silicle/plant, silicle length, number of seed/silicle, 1000-seed weight, biological yield, seed yield, harvest index, and oil content and yield were affected by a three-way interaction between irrigation regime × potassium sulfate × ammonium sulfate. When compared with full irrigation regime, the seed yield, oil content, and oil yield were decreased by 46, 8.5, and 51.2% in the irrigation interruption from the silicle formation stage, and by 51, 7.18, and 78.7% in the irrigation interruption from the flowering stage, respectively. The highest seed yield, oil content, and oil yield among the fertilizer treatments belonged to the application of 75 $kg.ha^{-1}$ potassium sulfate+75 $kg.ha^{-1}$ ammonium sulfate fertilizer treatment with an average of 1950 $kg.ha^{-1}$, 31.8%, and 643 $kg.ha^{-1}$, respectively.

Conclusion: In general, camelina should be cultivated in the full irrigation conditions and treated with the potassium sulfate (75 $kg.ha^{-1}$) + ammonium sulfate (75 $kg.ha^{-1}$) fertilizers for achieving the maximum seed and oil yields.

Keywords: Fertilization, Irrigation Interruption, Oilseed, Sulfate, Yield Components

مقدمه

کاملینا با نام علمی *Camelina sativa* L. Crantz گیاهی کمتر شناخته شده و متعلق به خانواده *Brassicaceae* (*Cruciferae*) است (ریقینی و همکاران ۲۰۱۹) که در آسیا و اروپا رایج می‌باشد (بلاینه و همکاران ۲۰۱۵). کاملینا یک نمونه از روغن‌های تجدیدپذیر گیاهی است که می‌تواند در صنایع مختلف برای تولیدات مفیدی مورد استفاده قرار بگیرد. این گیاه همچنین یک منبع پایدار انرژی محسوب می‌شود (چاتورودی و همکاران ۲۰۱۸). کاملینا قادر است در اقلیم‌ها و خاک‌های مختلف رشد کرده و در مقایسه با سایر گیاهان دانه روغنی نیاز کمی به آب، کود و آفت‌کش دارد (موزر و همکاران ۲۰۱۰). این گیاه دارویی–روغنی یک منبع غنی از روغن (۲۸ تا ٤٠ درصد) و اسیدهای چرب امگا–۳ است (آبراموویچ و همکاران ۲۰۰۷) که در رژیم‌های غذایی انسان قابلیت استفاده دارد (گبور و همکاران ۲۰۰٦). از طرفی حدود ۹۰ درصد از اسیدهای چرب روغن کاملینا از نوع اشباع نشده هستند که باعث می‌شود روغن آن منحصر به فرد باشد (لو و کانگ ۲۰۰۸). کپسول‌های کاملینا که غلاف نیز نامیده می‌شوند معمولا ٥ تا ١٤ میلی‌متر طول دارند و حاوی ۸ تا ۱۵ بذر طلایی تا قهوه‌ای رنگ هستند. بذرهای این گیاه خیلی ریز بوده (۰/۷×۱/۵ میلی‌متر) و وزن هزار دانه آن از ۰/۸ تا ۱/۸ گرم متغیر است و به شرایط رشدی در طول دوره رشد بستگی دارد (میرک ۱۹۸۱ و آنجلینی و همکاران ۱۹۹۷ و زوبر ۲۰۰۳ و ولمان و همکاران ۲۰۰۷).

خشکی یکی از تنش‌های محیطی غیر زنده است که کمیت و کیفیت عملکرد گیاهان را (مختصی بیدگلی و همکاران ۲۰۱۳ و عینی نرگسه و همکاران ۲۰۲۰) از طریق تغییر رشد و فعالیت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی تحت تأثیر قرار می‌دهد (ایسلام و همکاران ۲۰۱۱). زمانی که تنش خشکی کوتاه / بلند مدت در دوره پر شدن محصولات زراعی رخ دهد، می‌تواند عملکرد و کیفیت گیاه زراعی را به‌طور منفی تحت تأثیر قرار دهد (صباغ و همکاران ۲۰۱۹). در همین زمینه مرادی اقدم و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر تنش خشکی و کشت تأخیری را بر برخی صفات کمی و کیفی ارقام مختلف کلزا بررسی کرده و گزارش کردند که میانگین درصد روغن در تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد ٤٣ درصد کاهش یافت. نتایج واراش و همکاران (۲۰۱۷) در ارزیابی رشد و عملکرد کاملینا در تیمارهای مختلف تاریخ کشت و آبیاری نشان داد که شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی، دوام سطح برگ، سرعت اسیمیلاسیون خالص و اجزای عملکرد هنگامی که تنش خشکی در طول دوره رشد اعمال شد کاهش یافتند.

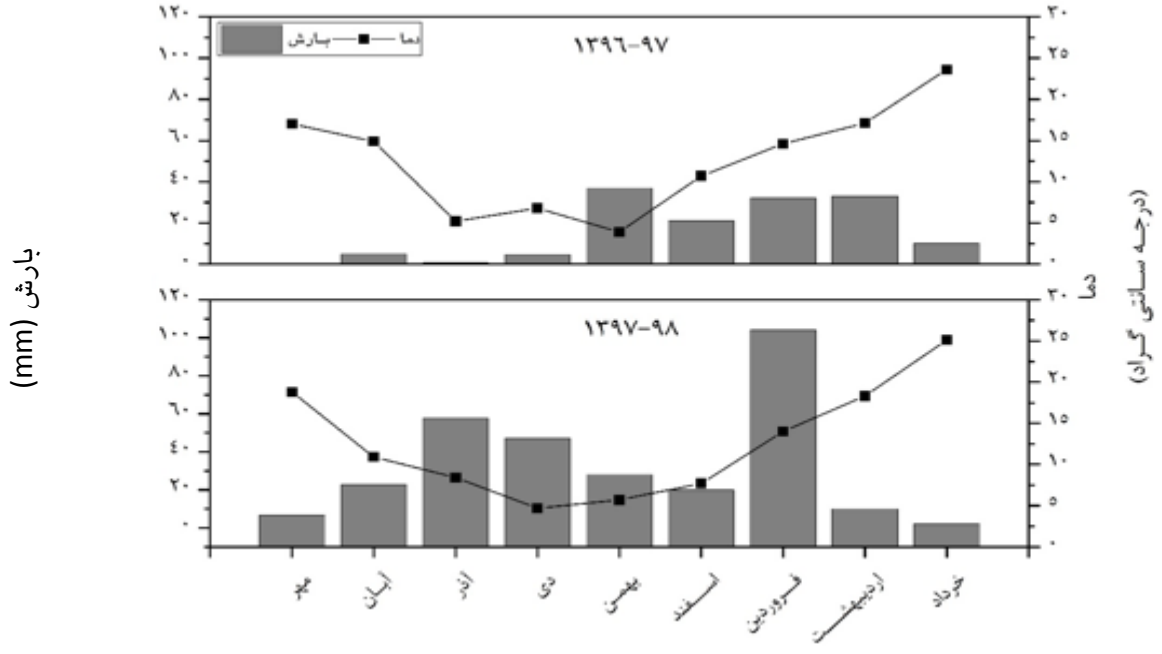
عناصر معدنی نقش مهمی در مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی مانند خشکی و شوری ایفا می‌کنند و پتاسیم به عنوان یکی از عناصر مهم مورد نیاز گیاه نقش مهمی در نگهداری فشار تورگر در هر دو شرایط خشکی و شوری ایفا می‌کند (یانکای و شمیدهالتر ۲۰۰۵). اهمیت کود پتاسیم برای تشکیل عملکرد و کیفیت آن بخوبی شناخته شده است (وانگ و همکاران ۲۰۱۳). گیاهان در هنگام مواجه شدن با تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی نیاز بیشتری به کابرد پتاسیم دارند که می‌تواند به ضرورت پتاسیم برای حفظ تثبیت دی اکسیدکربن در فرآیند فتوسنتز نسبت داده شود (کاکمک ۲۰۰۵). گوگرد نیز یکی از عناصر ضروری برای رشد و نمو گیاهان است. به نظر می‌رسد کودهای حاوی گوگرد در تغذیه و در نتیجه در افزایش کمیت و کیفیت روغن کاملینا مفید باشند (جوشی و همکاران، ۲۰۱۷). نقش و اهمیت گوگرد و ترکیبات حاوی گوگرد در جلوگیری از تنش‌های زنده نیز شناخته شده است (چان و همکاران ۲۰۱۳ و آبولسود و همکاران ۲۰۱٦). همچنین کاربرد گوگرد می‌تواند محتوای روغن گیاهان دانه روغنی را افزایش می‌دهد. زیرا این عنصر یکی از اجزاء مهم اسیدهای چرب است و برای سنتز متابولیت‌های مختلف مانند کوآنزیم A، ویتامین B، بیوتین، لیپوئیک اسید و سولفولیپیدها دارای اهمیت فراوان است (مالیک و همکاران ۲۰۰٤ و ایمران و

خان ۲۰۱۷). در تحقیقی سیپالوا و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که محتوای روغن و ترکیبات موجود در روغن کلزا به طور معنی‌داری تحت تأثیر کودهای نیتروژن و گوگرد قرار گرفت. جانکوسکی و همکاران (۲۰۱۹) پاسخ کمی و کیفی کاملینا را به کودهای نیتروژن و گوگرد بررسی کرده و گزارش کردند که عملکرد دانه با کاربرد گوگرد تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار ٤ تا ٥ درصد افزایش یافت.

درصورتی‌که کمیت و کیفیت روغن کاملینا از طریق شناسایی بهترین راهکار مدیریتی بهبود یابد سطح زیر کشت کاملینا می‌تواند افزایش یابد. با توجه به اهمیت کاملینا به عنوان یک گیاه دانه روغنی و محصول صنعتی، مطالعه حاضر با هدف بررسی پاسخ کمی و کیفی کاملینا به کاربرد کودهای سولفتا پتاسیم و سولفات آمونیوم تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد کودهای سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم بر صفات زراعی، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن کاملینا (رقم سهیل) تحت شرایط قطع آبیاری در مراحل پایانی فصل رشد یک آزمایش دو ساله در سال‌های ۹۷-۱۳۹٦ و ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۱ متر، طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۷۵ دقیقه طول شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی به انجام رسید. رقم سهیل با منشا ایران دارای خصوصیاتی شامل طول دوره رشد ۲٤۰ تا ۲۵۰ روز، تیپ رشد زمستانه، وزن هزار دانه ۱/۵ تا ۲ گرم، آزاد گرده‌افشان، ارتفاع بوته ۱۱۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر و میزان روغن دانه ۳۰ تا ۳۵ درصد می باشد. بر اساس آمار بلند مدت ۳۰ ساله سازمان هواشناسی، میانگین بارش سالانه منطقه مورد بررسی ۲٤۳ میلی‌متر است که بارش‌ها عمدتا در اواخر پاییز و اوایل بهار هستند. داده‌های آب و هوایی ماهانه محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد کاملینا در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- بارش و میانگین دمای منطقه مورد مطالعه در طول دوره رشد کاملینا

آزمایش بصورت کرت خرد شده-فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به انجام رسید و رژیم‌های آبیاری به عنوان عامل اصلی در کرت‌های اصلی و ترکیب کودهای سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به عنوان عامل فرعی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در مطالعه حاضر رژیم‌های آبیاری در سه سطح شامل آبیاری کامل در طول دوره رشد (شاهد)، قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی به بعد، و قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد در نظر گرفته شدند. تیمارهای کودی سولفات پتاسیم در چهار سطح شامل ۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله چهار برگی و تیمارهای کودی سولفات آمونیوم در چهار سطح شامل ۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله غنچه‌دهی به کار برده شدند. شایان ذکر است که کود سولفات آمونیوم حاوی ۲۱ درصد نیتروژن به شکل یون آمونیوم و ۲۴ درصد گوگرد محلول در آب به شکل سولفات است و کود سولفات پتاسیم ۵۰ درصد به شکل اکسید پتاسیم و ۱۷/۵ درصد گوگرد محلول در آب به شکل سولفات دارد.

در تحقیق حاضر، کرت‌های آزمایشی شامل شش خط شش متری با فواصل ۳۰ سانتی‌متری بین خطوط بودند، که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. فاصله بوته‌ها در روی هر خط آزمایشی نیز پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش در مهرماه سال اول و دوم زمین مزرعه آزمایشی به وسیله گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس به‌منظور خردشدن کلوخ‌ها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین مذکور دیسک و ماله زده شد. قبل از کاشت و به منظور تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (جدول ۱)، نمونه‌های خاک در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر به صورت تصادفی از سطح مزرعه گرفته شد. خاک مزرعه آزمایشی لومی رسی تشخیص داده شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

سال	عمق (Cm)	شوری ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته	کربن آلی (%)	نیتروژن ($mg.Kg^{-1}$)	فسفر ($mg.Kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg.Kg^{-1}$)	گوگرد ($mg.Kg^{-1}$)	شن (%)	لای (%)	رس (%)
۱۳۹۶-۹۷	۰-۳۰	۳/۹۷	۷/۳	۰/۵٤	۰/۰۷	۱۱/۷	۲۵۵	۱٤/۷	۲٤	٤۵	۳۱
	۳۰-٦۰	۱/۲۲	۷/٦	۰/۵۸	۰/۰۸	۸/۹	۱۸۹	۱۵/۵	۲۵	٤۷	۲۸
۱۳۹۷-۹۸	۰-۳۰	۳/۸۱	۷/۱	۰/٦۱	۰/۰۸	۱۲/۵	۲۳٦	۱۲/۸	۲۳	٤۷	۳۰
	۳۰-٦۰	۱/۷۵	۷/٤	۰/۷۲	۰/۰۹	۱۰/۱	۲۱۲	۱۳/٦	۲٤	٤۸	۲۸

کودهای مصرفی بر اساس نتایج آزمایش خاک و توصیه کودی مرکز تحقیقات شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل بصورت پیش کاشت و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در دو مرحله (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله دو برگی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله ساقه‌دهی) بودند. با استفاده از دیسک سبک کودهای پیش کاشت و علف‌کش ترفلان (۲/۵ لیتر در هکتار) به طور کامل در خاک مخلوط گردید. در این تحقیق تمامی فعالیت‌های مدیریتی در طول دوره رشد کاملینا بجز آبیاری و کوددهی بصورت یکنواخت انجام شد. آبیاری بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. میزان آب ورودی به مزرعه توسط کنتور اندازه‌گیری شد. تعداد دفعات آبیاری در رژیم‌های آبیاری نرمال، قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی به ترتیب برابر ۸، ٦ و ۵ مرتبه بود. بر همین اساس معادل ۵۱۲۰، ۳۸٤۰ و ۳۲۰۰ متر مکعب آب در هکتار برای رژیم‌های آبیاری نرمال، قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی و قطع آبیاری از مرحله

گلدهی وارد مزرعه شد. در هر دو سال زراعی کشت در تاریخ ۱۵ مهر به صورت مستقیم انجام شد. پس از اجرای آزمایش مطابق نقشه کاشت و سبز شدن و استقرار گیاهچه، عملیات داشت شامل کنترل آفات به ویژه شته مومی با استفاده از سموم متاسیستوکس (۱/۵ لیتر در هکتار) انجام شد.

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۱۰ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی از چهار خط میانی انتخاب و صفات تعداد کپسول در بوته، طول کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه آن‌ها اندازه گیری شد. شاخص برداشت از طریق تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. به منظور تعیین درصد روغن دانه، ۵۰ گرم از دانه‌های برداشت شده هر کرت آزمایشی به آزمایشگاه منتقل و استخراج روغن توسط دستگاه NMR مدل mq20 صورت گرفت. پس از تعیین درصد روغن هر تیمار آزمایشی، عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن به دست آمد.

در پایان پس از اطمینان از مفروضات آزمایشی، داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۲) تجزیه واریانس مرکب شدند. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم شکل از نرم افزار OriginPro استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از آزمایش نشان داد که اثر اصلی سال برای صفات تعداد کپسول در بوته، طول کپسول، تعداد دانه در کپسول و درصد روغن از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین تعداد کپسول در بوته، طول کپسول، تعداد دانه در کپسول و درصد روغن در سال اول به ترتیب ٤٢٨/٠٢ عدد، ١٠/٤٣ سانتی‌متر، ١٣/٢١ عدد و ٣٠/٨٩ درصد بود در حالی که در سال دوم مقدار این صفات برابر ٤١٠/٦٩ عدد، ١٠/٠٤ سانتی‌متر، ١٢/٥٤ عدد و ٣٠/٤٥ درصد بود. تفاوت دو سال از نظر صفات مذکور می‌تواند به شرایط آب و هوایی (دمای طول دوره رشد و همچنین مقدار و توزیع بارش) بخصوص ماه‌های پایانی فصل رشد (فروردین، اردیبهشت و خرداد) نسبت داده شود (شکل ۱).

تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری و سولفات آمونیوم قرار گرفتند اما سولفات پتاسیم صفات تعداد کپسول در بوته، طول کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد روغن و عملکرد روغن را تحت تأثیر قرار داد و تأثیر آماری معنی‌داری بر عملکرد دانه و شاخص برداشت نداشت (جدول ۲). بر همکنش سه گانه آبیاری × سولفات پتاسیم × سولفات آمونیوم بر تمامی صفات مورد مطالعه از نظر آماری معنی‌داری بود و بر همین اساس مقایسه میانگین‌ها برای این صفات بصورت برش‌دهی اثرات متقابل انجام شد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی کاملینا تحت تأثیر آبیاری، سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم (برای سهولت ارزیابی نتایج فقط نتیجه آزمون F برای میانگین مربعات نشان داده شده است)

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد کپسول در بوته	طول کپسول	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	درصد روغن دانه	ملکرد روغن دانه
سال	۱	**	**	**	ns	ns	ns	ns	**	ns
تکرار× سال	٤	-	-	-	-	-	-	-	-	-
آبیاری	۲	**	**	**	**	**	**	**	**	**
سال× آبیاری	۲	٤٥٨/٢٣ ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
خطای اول	۸	-	-	-	-	-	-	-	-	-
سولفات پتاسیم	۳	**	**	**	**	**	ns	ns	**	**
سولفات آمونیوم	۳	**	**	**	**	**	**	**	**	**
سال× سولفات پتاسیم	۳	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
سال× سولفات آمونیوم	۳	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
آبیاری× سولفات پتاسیم	٦	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
آبیاری× سولفات آمونیوم	٦	**	ns	ns	**	ns	**	*	*	**
سولفات پتاسیم× سولفات آمونیوم	۹	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns
سال× آبیاری × سولفات پتاسیم	٦	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
سال× آبیاری × سولفات آمونیوم	٦	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
سال× سولفات پتاسیم × سولفات	۹	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
آبیاری× سولفات پتاسیم× سولفات	۱۸	**	**	**	**	**	**	**	**	**
سال× آبیاری× سولفات پتاسیم× سولفات	۱۸	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
خطای دوم	۱۸۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (%)		۱/۸۰	٥/٧١	۳/۲۹	۸/۰۱	۷/۸۲	۲۷/٤۳	۲٥/۲٦	۱/۳۱	۲۷/۷٦

ns: غیر معنی دار، * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که عملکرد دانه کاملینا در هر سطح از تیمارهای کودی سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم تحت شرایط قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش یافت (جدول ۳). در شرایط آبیاری نرمال عملکرد دانه کاملینا به دلیل برتری در سایر صفات بیشتر از رژیم‌های قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی و گلدهی بود (جدول ٤). همان گونه که نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد، در شرایط آبیاری نرمال (میانگین تیمارهای کودی سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم) تعداد کپسول در بوته، طول کسپول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب برابر ٥۲۷/۷ عدد، ۱۳ سانتی‌متر، ۱٥/۹ عدد، ۱/٦ گرم و ۱۰۷۷٦/٦ کیلوگرم در هکتار بودند در حالی که مقدار این صفات در تیمار قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی برابر ٤۲۲/۷ عدد، ۱۰/۲ سانتی‌متر، ۱۲/۷ عدد، ۱/۱ گرم و ۷٥۹۹/٤ کیلوگرم در هکتار و در تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی برابر ۳۰۷/٥ عدد، ۷/٤ سانتی‌متر، ۹/۹ گرم، ۰/۷ گرم و ٤٦٥۸/۹ کیلوگرم در هکتار بودند (جدول ٤).

جدول ۳- برخی صفات مختلف گیاه کاملینا تحت تأثیر آبیاری، سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم

آبیاری	سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	سولفات آمونیوم ($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($Kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)	محتوای روغن (%)	عملکرد روغن ($Kg.ha^{-1}$)
نرمال	۰	۰	۱۸٦۸ c	۱۹/۹ a	۳۲/۷ b	٦۱۳ c
		۲۵	۲۱۳۷ bc	۲۱/۲ a	۳۲/۸ b	۷۰۲ bc
		۵۰	۲۳۵۰ b	۲۱/۸ a	۳۳/۱ ab	۷۷۹ b
		۷۵	۲۸۵۱ a	۲٤/۵ a	۳۳/۲ a	۹٤۷ a
	۲۵	۰	۱۹۳۸ c	۱۹/٦ b	۳۲/۹ c	٦۳۸ c
		۲۵	۲۲۲۱ bc	۲۱/۰ b	۳۳/٦ b	۷٤۵ bc
		۵۰	۲۵۵٤ b	۲۳/۵ ab	۳۳/۷ b	۸٦۲ b
		۷۵	۳۰٤۲ a	۲۵/۵ a	۳٤/۳ a	۱۰٤٤ a
	۵۰	۰	۲۰٤۵ c	۲۰/۳ b	۳۳/٤ b	٦۸۵ c
		۲۵	۲۲٦٦ bc	۲۱/۵ ab	۳۳/۸ b	۷٦٦ bc
		۵۰	۲٦۹٦ ab	۲٤/۵ ab	۳۳/۸ b	۹۱۱ ab
		۷۵	۳۱۲۲ a	۲٦/٤ a	۳٤/۵ a	۱۰۷۸ a
	۷۵	۰	۲۰٦٤ c	۲۰/۸ a	۳۳/٤ c	٦۹۱ c
		۲۵	۲۳۱۹ bc	۲۱/۳ a	۳٤/۰ bc	۷۹۰ bc
		۵۰	۲۸۳۹ ab	۲٤/۹ a	۳٤/۲ ab	۹۷۲ ab
		۷۵	۳۲۰۹ a	۲٦/۸ a	۳٤/٦ a	۱۱۱۱ a
قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی	۰	۰	۹۹۱ b	۱۵/٤ a	۲۹/۷ b	۲۹٦ b
		۲۵	۱۱۵۹ ab	۱٦/۳ a	۲۹/۸ ab	۳٤۷ ab
		۵۰	۱۲٦٤ ab	۱٦/۵ a	۳۰/۰ ab	۳۷۸ ab
		۷۵	۱۵۷۷ a	۱۹/٤ a	۳۰/۲ a	٤۷۸ a
	۲۵	۰	۱۰٤٦ b	۱۵/۸ a	۲۹/۹ c	۳۱۳ b
		۲۵	۱۱۸۷ b	۱۷/۰ a	۳۰/۸ b	۳٦٦ b
		۵۰	۱۲۸۳ b	۱٦/۳ a	۳۱/۰ b	۳۹۸ b
		۷۵	۱٦٤۱ a	۱۹/۵ a	۳۱/۷ a	۵۲۱ a
	۵۰	۰	۱۰٦٦ c	۱۵/۱ a	۳۰/۳ b	۳۲۳ c
		۲۵	۱۱۹۹ bc	۱٦/۹ a	۳۱/۲ a	۳۷٤ bc
		۵۰	۱٤٤۱ ab	۱۸/٦ a	۳۱/۳ a	٤۵۲ ab
		۷۵	۱٦۷٦ a	۱۹/۵ a	۳۱/۸ a	۵۳٤ a
	۷۵	۰	۱۰۸۸ b	۱۵/۰ a	۳۰/۵ c	۳۳۲ b
		۲۵	۱۲۵۵ b	۱۷/۰ a	۳۱/۳ b	۳۹٤ b
		۵۰	۱٤۷۹ ab	۱۸/۳ a	۳۱/٦ ab	٤٦۸ ab
		۷۵	۱۷٦۵ a	۱۹/۹ a	۳۱/۹ a	۵٦٤ a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند.

جدول ۳- ادامه

آبیاری	سولفات پتاسیم ($Kg.ha^{-1}$)	سولفات آمونیوم ($Kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($Kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)	محتوای روغن (%)	عملکرد روغن ($Kg.ha^{-1}$)
قطع آبیاری از مرحله گلدهی	۰	۰	٤٤١ d	١٤/٩ a	٢٥/٩ b	١١٥ d
		٢٥	٥٥٨ c	١٤/٠ a	٢٦/١ b	١٤٦ c
		٥٠	٦٦١ b	١٣/٤ a	٢٦/٦ a	١٧٦ b
		٧٥	٧٥٧ a	١٣/٨ a	٢٧/٠ a	٢٠٥ a
	٢٥	٠	٤٧٦ d	١٤/٧ a	٢٦/٣ c	١٢٥ d
		٢٥	٥٨١ c	١٤/٠ ab	٢٧/٤ b	١٥٩ c
		٥٠	٦٧٣ b	١٣/٣ b	٢٧/٥ b	١٨٥ b
		٧٥	٧٧٣ a	١٣/٤ b	٢٨/٤ a	٢٢٠ a
	٥٠	٠	٥١٠ d	١٤/٤ a	٢٧/١ c	١٣٩ d
		٢٥	٦١٣ c	١٤/١ a	٢٧/٨ b	١٧١ c
		٥٠	٦٨٨ b	١٣/٤ a	٢٧/٩ b	١٩٢ b
		٧٥	٨٠٥ a	١٣/٩ a	٢٨/٨ a	٢٣٢ a
	٧٥	٠	٥٣٥ d	١٤/٠ ab	٢٧/٣ c	١٤٦ d
		٢٥	٦٣٦ c	١٣/٧ ab	٢٨/٠ b	١٧٨ c
		٥٠	٧٠٧ b	١٣/٠ b	٢٨/٢ b	٢٠٠ b
		٧٥	٨٧٧ a	١٤/٧ a	٢٨/٩ a	٢٥٤ a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند.

جدول ۴- اجزای عملکرد و عملکرد بیولوژیک کاملینا تحت تأثیر آبیاری، سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم

آبیاری	سولفات پتاسیم ($Kg.ha^{-1}$)	سولفات آمونیوم ($Kg.ha^{-1}$)	تعداد کپسول در بوته	طول کپسول (Cm)	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بیولوژیک ($Kg.ha^{-1}$)
نرمال	۰	۰	٤٨٥/٧ d	١١/٦ c	١٤/٣ b	١/٢٩ c	٩٣٨٢ c
		٢٥	٥٠٧/٢ c	١٢/٣ bc	١٤/٥ ab	١/٤٠ c	١٠١٤٦ b
		٥٠	٥٣٠/٨ b	١٢/٩ b	١٤/٩ ab	١/٦٢ b	١٠٨٣٨ b
		٧٥	٥٥٥/٤ a	١٣/٩ a	١٥/٢ a	١/٨١ a	١١٦٧٠ a
	٢٥	٠	٤٩١/٨ d	١١/٩ d	١٤/٧ c	١/٣٢ b	٩٧٠٥ d
		٢٥	٥١٤/٧ c	١٢/٥ c	١٥/٧ b	١/٤٣ b	١٠٣٦٥ c
		٥٠	٥٣٦/٢ b	١٣/٣ b	١٦/٠ b	١/٧٠ a	١٠٩٣٥ b
		٧٥	٥٥٧/٥ a	١٤/١ a	١٧/٢ a	١/٨٢ a	١١٨١٢ a
	٥٠	٠	٤٩٦/٦ c	١٢/٠ d	١٥/٤ c	١/٣٥ d	٩٩٢٠ d
		٢٥	٥٢٠/١ b	١٢/٧ c	١٦/٢ b	١/٤٦ c	١٠٥٧٥ c
		٥٠	٥٤٢/٣ a	١٣/٥ b	١٦/٤ b	١/٧٥ b	١١٢٢٧ b
		٧٥	٥٥٩/٨ a	١٤/٣ a	١٧/٣ a	١/٨٥ a	١١٨٣٩ a

جدول ۴- ادامه

آبیاری	سولفات پتاسیم ($Kg.ha^{-1}$)	سولفات آمونیوم ($Kg.ha^{-1}$)	تعداد کپسول در بوته	طول کپسول (Cm)	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بیولوژیک ($Kg.ha^{-1}$)
قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی	۰	۰	۵۰۵/۱d	۱۲/۱d	۱۵/۷b	۱/۳۶d	۹۹۵۲c
		۲۵	۵۲۸/۳c	۱۲/۸c	۱۶/۷a	۱/۵۷c	۱۰۷۶۴b
		۵۰	۵۴۶/۱b	۱۳/۷b	۱۶/۹a	۱/۷۹b	۱۱۳۴۸b
		۷۵	۵۶۶/۷a	۱۴/۵a	۱۷/۴a	۱/۹۱a	۱۱۹۴۸a
	۲۵	۰	۳۷۱/۵d	۸/۸d	۱۱/۴b	۰/۹۲d	۶۴۳۴d
		۲۵	۳۹۹/۲c	۹/۵c	۱۱/۶ab	۱/۰۳c	۷۰۴۴c
		۵۰	۴۳۰/۷b	۱۰/۲b	۱۱/۹a	۱/۱۰b	۷۷۲۹b
		۷۵	۴۵۲/۵a	۱۱/۰a	۱۲/۰a	۱/۱۹a	۸۱۶۸a
	۵۰	۰	۳۷۶/۲d	۹/۱d	۱۱/۷c	۰/۹۶d	۶۷۴۲b
		۲۵	۴۰۸/۳c	۹/۹c	۱۲/۶b	۱/۰۶c	۷۱۲۶b
		۵۰	۴۳۷/۱b	۱۰/۶b	۱۲/۸b	۱/۱۳b	۷۸۳۹a
		۷۵	۴۵۷/۴a	۱۱/۲a	۱۳/۸a	۱/۲۲a	۸۳۸۰a
	۷۵	۰	۳۸۵/۳d	۹/۱d	۱۲/۲c	۰/۹۶d	۶۸۹۹c
		۲۵	۴۱۷/۷c	۹/۹c	۱۳/۰b	۱/۰۷c	۷۳۱۹c
		۵۰	۴۴۱/۷b	۱۰/۶b	۱۳/۲b	۱/۱۶b	۷۸۹۰b
		۷۵	۴۶۰/۰a	۱۱/۳a	۱۳/۹a	۱/۲۵a	۸۶۱۰a
قطع آبیاری از مرحله گلدهی	۰	۰	۳۹۰/۲d	۹/۴d	۱۲/۴c	۱/۰۰d	۶۹۴۳c
		۲۵	۴۲۱/۰c	۱۰/۱c	۱۳/۳b	۱/۰۹c	۷۵۲۹bc
		۵۰	۴۴۵/۸b	۱۰/۸b	۱۳/۶ab	۱/۱۷b	۸۱۱۸ab
		۷۵	۴۶۸/۳a	۱۱/۶a	۱۴/۰a	۱/۲۶a	۸۸۲۰a
	۲۵	۰	۲۴۱/۱d	۵/۷d	۸/۶c	۰/۵۰d	۲۹۵۶d
		۲۵	۲۹۲/۲c	۶/۸c	۸/۸bc	۰/۶۳c	۳۹۷۴c
		۵۰	۳۱۵/۰b	۷/۴b	۹/۱ab	۰/۷۶b	۴۹۳۹b
		۷۵	۳۴۰/۴a	۸/۲a	۹/۳a	۰/۸۲a	۵۵۳۷a
	۲۵	۰	۲۵۱/۹d	۶/۳d	۸/۹c	۰/۵۴d	۳۲۵۴d
		۲۵	۲۹۴/۲c	۷/۱c	۹/۷b	۰/۶۷c	۴۲۵۲c
		۵۰	۳۲۰/۴b	۷/۷b	۱۰/۰b	۰/۷۸b	۵۰۹۷b
		۷۵	۳۴۷/۶a	۸/۵a	۱۰/۸a	۰/۸۴a	۵۷۶۹a
	۵۰	۰	۲۶۱/۳d	۶/۵d	۹/۵c	۰/۵۶c	۳۵۵۸d
		۲۵	۳۰۴/۰c	۷/۲c	۱۰/۱b	۰/۷۰b	۴۳۵۱c
		۵۰	۳۲۹/۰b	۷/۹b	۱۰/۴b	۰/۸۰a	۵۱۳۱b
		۷۵	۳۴۹/۸a	۸/۶a	۱۱/۰a	۰/۸۶a	۵۸۱۳a
	۷۵	۰	۲۷۵/۳d	۶/۶d	۹/۷c	۰/۶۰c	۳۸۲۰d
		۲۵	۳۰۷/۵c	۷/۳c	۱۰/۵b	۰/۷۳b	۴۶۷۹c
		۵۰	۳۳۶/۷b	۸/۰b	۱۰/۶ab	۰/۸۱ab	۵۴۴۵b
		۷۵	۳۵۳/۷a	۸/۷a	۱۱/۲a	۰/۸۷a	۵۹۶۹a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد هستند.

آگگنهو و هونرمیر (۱۹۹۷) گزارش کردند که تعداد دانه در غلاف، وزن دانه، تعداد غلاف در بوته یا واحد سطح عوامل مهم و تعیین کننده تولید دانه کاملینا هستند (آگگنهو و هونرمیر ۱۹۹۷ و برتی و همکاران ۲۰۱۱ و جیانگ و کالدول ۲۰۱٦). تعداد غلاف در بوته با دارا بودن پوسته سبز خود فتوسنتز انجام داده و درصدی از مواد لازم برای پر شدن دانه را فراهم می‌کند (شیرانی‌راد و همکاران ۲۰۱۳). از طرفی، سطح غلاف به عنوان یک سطح فتوسنتزی فعال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و کاهش طول غلاف عملکرد دانه را به طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد (قره‌چائی و همکاران، ۲۰۱۹). کاهش فتوسنتز و ارسال فرآورده‌های فتوسنتزی به غلاف‌ها در اثر تنش خشکی مهم‌ترین عامل کاهش طول غلاف و در نتیجه عملکرد دانه است (سید احمدی و همکاران ۲۰۱۵). تعداد دانه در غلاف نیز تأثیر بسزایی بر عملکرد نهایی دانه دارد (ناظری و همکاران ۲۰۱۸)، هر چند این صفت دارای محدودیت است و تأثیر عوامل ژنتیکی بیشتر از عوامل محیطی است (سید احمدی و همکاران ۲۰۱۵). اعمال تنش خشکی در طول دوره رشد گیاه از طریق محدودیت در فراهمی مواد فتوسنتزی بر گرده‌افشانی و باروری گلچه‌های تأثیر گذاشته و باعث سقط گلچه‌ها و در نهایت کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود (مروجی و همکاران ۲۰۱٦). وزن تک دانه آخرین جزء عملکرد است که در طی مراحل نمو حاصل می‌شود (دیپنبراک ۲۰۰۰). وزن دانه به سرعت و طول دوره پر شدن دانه وابسته بوده و از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای تأمین می‌شود. نتایج عینی نرگسه و همکاران (۲۰۱۹a) از بررسی تأثیر قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا حاکی از کاهش معنی‌دار اجزای عملکرد (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین و وزن هزار دانه) در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری کامل بود. در تحقیق حاضر نتایج تجزیه همستگی صفات مورد بررسی نشان داد که عملکرد دانه با تعداد کپسول در بوته، طول کسپول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، و شاخص برداشت رابطه مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ٥). در توافق با یافته‌های این تحقیق، عینی نرگسه و همکاران (۲۰۱۹b) در پژوهشی پاسخ ژنوتیپ‌های جدید کلزا را به قطع آبیاری انتهای فصل مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک داشت و ژنوتیپ‌هایی که اجزای عملکرد بالاتری داشتند، از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند.

از سوی دیگر شاخص برداشت کاملینا در رژیم آبیاری نرمال (میانگین تیمارهای کودی) برابر ۲۲/۷ درصد بود و با قطع آبیاری در مرحله کپسول‌دهی و گلدهی به ترتیب به ۱۷/۳ و ۱۳/۹ درصد رسید. شاخص برداشت مشخص کننده چگونگی تسهیم مواد پرورده بین بخش‌های رویشی و زایشی گیاه می‌باشد (حسینی و حسیبی ۲۰۱۱). کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی مشروط به کاهش بیشتر عملکرد اقتصادی در مقایسه با عملکرد بیولوژیک است. به طور کلی به نظر می‌رسد که تنش خشکی در گلدهی اختلال ایجاد می‌کند و احتمال نمو و تبدیل گل‌ها به غلاف را کاهش می‌دهد (کیمبر و مک گرگور ۱۹۹٥). علاوه بر این وقوع تنش خشکی در مراحل زایشی گیاه فراهمی منبع را برای تولید عملکرد از طریق افزایش ریز برگ‌ها و زودرسی تحت تأثیر قرار می‌دهد (گان و همکاران ۲۰۰٤). در توافق با یافته‌های این تحقیق کاهش عملکرد دانه در کاملینا (وارایش و همکاران ۲۰۱۷)، گلرنگ (سهیلی موحد و همکاران ۲۰۱۹) و کلزا (عینی نرگسه و همکاران ۲۰۲۰) تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است.

جدول ۵- نتایج تجزیه همبستگی بین صفات مختلف کاملینا

	تعداد کپسول در بوته	طول کپسول	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	محتوای روغن	عملکرد روغن
طول کپسول	۰/۹۷**							
تعداد دانه در کپسول	۰/۹۶**	۰/۹٤**						
وزن هزار دانه	۰/۹٦**	۰/۹٤**	۰/۹۳**					
عملکرد بیولوژیک	۰/۹٦**	۰/۹٤**	۰/۹٤**	۰/۹٦**				
عملکرد دانه	۰/۸۸**	۰/۸۹**	۰/۸۸**	۰/۹۰**	۰/۸۹**			
محتوای روغن	۰/۹٦**	۰/۹٤**	۰/۹۷**	۰/۹۲**	۰/۹٤**	۰/۸۵**		
عملکرد روغن	۰/۸۹**	۰/۸۹**	۰/۸۹**	۰/۹۱**	۰/۹۰**	۰/۹۹**	۰/۸۷**	
شاخص برداشت	۰/٦۸**	۰/٦۹**	۰/٦۹*	۰/٦۹**	۰/٦٤**	۰/۹۰**	۰/٦٦**	۰/۸۹**

*: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

کاربرد مقادیر مختلف سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم در همه رژیم‌های آبیاری مورد مطالعه به طور معنی‌داری عملکرد دانه کاملینا را افزایش داد (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه (میانگین همه رژیم‌های آبیاری) متعلق به تیمار کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم در مراحل چهار برگی و غنچه‌دهی بود. بر همین اساس عملکرد دانه در رژیم‌های آبیاری نرمال، قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم به ترتیب برابر ۳۲۰۹، ۱۷۵٦ و ۸۷۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). در تمامی رژیم‌های آبیاری، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که صفات مورد بررسی در شرایط کاربرد تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم برتر از سایر تیمارهای کودی بودند و همین برتری موجب دستیابی به عملکرد دانه بیشتر کاملینا شد. بر همین اساس در تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم (میانگین رژیم‌های آبیاری) تعداد کپسول در بوته، طول کسپول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب برابر ٤٦۲/۹ عدد، ۱۱/٦ سانتی‌متر، ۱٤/۲ عدد، ۱/۳٤ گرم و ۸۹۱۲/۳ کیلوگرم در هکتار بودند (جدول ٤). شایان ذکر است که تیمار کودی عدم مصرف سولفات پتاسیم+سولفات آمونیوم ۲٦/٤، ۳۳/۳، ۲٤/۲، ٤۹/۱ و ٤۲/٤ درصد تعداد کپسول در بوته، طول کسپول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک کمتری نسبت به تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم به خود اختصاص داد (جدول ٤). از سوی دیگر شاخص برداشت کاملینا در شرایط عدم کاربرد سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم برابر ۱٦/۷ درصد بود و کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم شاخص برداشت را تا ۲۰/۵ درصد افزایش داد (جدول ۳). افزایش شاخص برداشت در شرایط کاربرد تیمار کودی مذکور بیانگر این مطلب است که علی رغم افزایش عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک، سهم افزایش عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه) بیشتر از عملکرد بیولوژیک بوده است. این امر می‌تواند به افزایش ظرفیت مخزن در شرایط کاربرد این تیمار کودی نسبت داده شود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین و تحت شرایط

آبیاری نرمال، کاربرد تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم عملکرد دانه را تا ۷۱/۸ درصد در مقایسه با عدم کاربرد کود افزایش داد. علاوه بر این، تیمار کودی مذکور در رژیم‌های قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی منجر به افزایش ۷۸/۱ و ۹۸/۹ درصدی عملکرد دانه کاملینا در مقایسه با عدم کاربرد کود شد (جدول ۳). نتایج این تحقیق به وضوح نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، اثر مفید کودهای سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم برای تولید عملکرد دانه افزایش یافت. هنگامی که مقدار آب برای رشد گیاه کاهش می‌یابد، حفظ و تعادل مواد مغذی بسیار حیاتی است زیرا این عناصر در کنترل تلفات آب از گیاه دارای اهمیت هستند (سردانز و یولاس ۲۰۰۸). سطوح بالاتر پتاسیم مقاومت گیاه را در برابر شرایط محیطی نامساعد افزایش می‌دهد (ویاس و همکاران ۲۰۰۱ و کاکمک ۲۰۰۵). از سوی دیگر کمبود گوگرد تأثیر منفی بر کارایی مصرف نیتروژن گیاه دارد (شناگ و همکاران ۱۹۹۳) که منجر به افزایش تلفات نیتروژن می‌شود. اگر گوگرد به اندازه کافی در دسترس گیاه نباشد، افزایش میزان نیتروژن باعث افزایش این کمبود می‌شود (جانزن و بتانی ۱۹۸٤) و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. فراهانی و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی با بررسی کاربرد سولفات پتاسیم بر عملکرد کمی و کیفی ارقام کلزا تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل (قطع آبیاری از مراحل گلدهی و خورجین‌دهی به بعد) گزارش کردند که عملکرد دانه کلزا به‌طور معنی‌داری تحت شرایط کاربرد سولفات پتاسیم افزایش یافت. در تحقیقی دیگر ایمران و خان (۲۰۱۷) نتیجه گرفتند که عملکرد دانه کلزا به کاربرد گوگرد پاسخ مثبت نشان داد.

درصد و عملکرد روغن

نتایج نشان داد که محتوای روغن بذر در گیاه کاملینا در شرایط قطع آبیاری از مراحل کپسول‌دهی و گلدهی در مقایسه با آبیاری نرمال به ترتیب ۸/۵ و ۱۸/۷ درصد کاهش یافت (جدول ۳). همان گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در رژیم‌های آبیاری نرمال، قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم به ترتیب با میانگین‌های ۳٤/٦، ۳۱/۹ و ۲۸/۹ درصد بیشترین محتوای روغن را نسبت به سایر تیمارهای کودی تولید کرد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد روغن کاملینا پاسخ متفاوتی به رژیم‌های آبیاری و مقادیر کود سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم نشان داد (جدول ۳). بیشترین مقدار عملکرد روغن در بین رژیم‌های آبیاری متعلق به آبیاری نرمال با میانگین ۸۳۳/٤ کیلوگرم در هکتار بود و ۵۱/۲ و ۷۸/۷ درصد تحت شرایط قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی کاهش یافت (جدول ۳). تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم در هر سه رژیم آبیاری به عنوان تیمار کودی برتر از نظر عملکرد روغن شناخته شد (٦٤۳ کیلوگرم در هکتار) در حالی که کمترین عملکرد روغن بذر در تمامی رژیم‌های آبیاری در تیمار عدم مصرف سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم مشاهده شد (۳۳۲/٤ کیلوگرم در هکتار) (جدول ۳). در رژیم‌های آبیاری نرمال، قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی، عملکرد روغن در تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیم در مقایسه با عدم مصرف این کودها به ترتیب ۸۱/۲، ۱۰۹/۷ و ۱۲۰/۹ درصد افزایش یافت که نشان‌دهنده تأثیر مثبت این تیمار کودی در کنترل تلفات آب از گیاه است (جدول ۳). عملکرد روغن به طور مستقیم با عملکرد دانه و محتوای روغن بذر همبستگی دارد. نتایج همبستگی نیز نشان داد که عملکرد روغن با عملکرد دانه و محتوای روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (به ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۹۹ و ۰/۸۷۰ درصد) (جدول ۵). به همین دلیل نیز در شرایط قطع آبیاری با کاهش عملکرد دانه و

محتوای روغن، عملکرد روغن کاهش یافت. همچنین در شرایط کاربرد تیمارهای کودی که عملکرد دانه و محتوای روغن افزایش یافتند، عملکرد روغن نیز افزایش نشان داد.

روغن باارزش‌ترین ترکیب گیاهان دانه روغنی است و اگرچه مقدار و ترکیبات آن بصورت ژنتیکی تعیین می‌شود (فیلدسند و همکاران ۱۹۹۱)، شرایط محیطی مانند دما و مقدار رطوبت خاک به‌طور معنی‌داری بر آن تأثیر دارد (مک کارتنی و همکاران ۲۰۰٤). در این مطالعه محتوا و عملکرد روغن کاملینا در تیمارهای تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار آبیاری کامل بود. محتوای روغن در شرایط تنش خشکی عمدتا به دلیل اکسید شدن برخی اسیدهای چرب اشباع نشده کاهش می‌یابد (سینگ و سینها ۲۰۰۵). در تحقیقی که توسط عینی نرگسه و همکاران (۲۰۲۰) انجام شد محتوای روغن ژنوتیپ‌های کلزا به عنوان یک محصول دانه روغنی در تیمار قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد ۳/۰٦ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش یافت. پاولیستا و همکاران (۲۰۱٦) با بررسی رشد و عملکرد کاملینا تحت شرایط تیمارهای مختلف کم آبیاری در غرب نبراسکا گزارش کردند که محتوای روغن با کاهش دسترسی گیاه به آب آبیاری به طوری معنی‌داری کاهش یافت. پتاسیم به عنوان یکی از عناصر معدنی پرمصرف نقش مهمی در فرآیندهای آنزیمی و کنترل متابولیسم مواد فتوسنتزی و تبدیل آن‌ها به روغن دارد (آمتمن ۲۰۰۵). از طرفی کمبود گوگرد یکی از دلایل مهم کاهش در غلظت و عملکرد روغن محسوب می‌شود (جک‌سون ۲۰۰۰). کاربرد گوگرد محتوای روغن گیاهان دانه روغنی را افزایش می‌دهد. زیرا این عنصر یکی از اجزاء مهم اسیدهای چرب است و برای سنتز متابولیت‌های مختلف مانند کوآنزیم A، ویتامین B، بیوتین، لیپوئیک اسید و سولفولیپیدها دارای اهمیت فراوان است (مالیک و همکاران ۲۰۰٤ و ایمران و خان ۲۰۱۷). افزایش در محتوا و عملکرد روغن در شرایط کاربرد پتاسیم و گوگرد توسط گرانت و همکاران (۲۰۰۳) و فراهانی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری نهایی

تحقیق حاضر برخی صفات زراعی، عملکرد دانه، عملکرد و محتوای روغن کاملینا (رقم سهیل) را در شرایط کاربرد مقادیر مختلف سولفات پتاسیم و سولفات آمونیم تحت شرایط آبیاری نرمال در طول دوره رشد و قطع آبیاری از مراحل کپسول‌دهی و گلدهی مورد ارزیابی قرار داد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر برهمکنش سه گانه آبیاری × سولفات پتاسیم × سولفات آمونیوم قرار گرفتند. در بین رژیم‌های آبیاری مورد مطالعه بیشترین عملکرد دانه (۲٤۷۰ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد روغن (۸۳۳/٤ کیلوگرم در هکتار) و درصد روغن (۳۳/٦ درصد) مربوط به آبیاری کامل در طول دوره رشد بود و در رژیم قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی تا ۱۳۲۰ کیلوگرم در هکتار، ٤۰۸/٦ کیلوگرم در هکتار و ۳۰/۲ درصد، و در رژیم قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا ٦٤۳ کیلوگرم در هکتار، ۱۸۳/٤ کیلوگرم در هکتار و ۲۷/۵ درصد کاهش یافتند. مقادیر مختلف سولفات پتاسیم و سولفات آمونیوم در هر رژیم آبیاری موجب افزایش عملکرد دانه، اجزای عملکرد، محتوا و عملکرد روغن کاملینا شد و بیشترین مقدار افزایش مربوط به تیمار کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم بود. بر همین اساس عملکرد دانه، عملکرد روغن و محتوای روغن کاملینا در شرایط کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم در رژیم آبیاری کامل به ترتیب برابر ۳۲۰۹ کیلوگرم در هکتار، ۳٤/٦ درصد و ۱۱۱۱ کیلوگرم در هکتار، در رژیم قطع آبیاری از مرحله کپسول‌دهی برابر ۱۷٦۵ کیلوگرم در هکتار، ۳۱/۹ درصد و ۵٦٤ کیلوگرم در هکتار، و در رژیم قطع آبیاری از مرحله گلدهی برابر ۸۷۷ کیلوگرم در هکتار، ۲۸/۹ درصد و ۲۵٤ کیلوگرم در هکتار بودند. بر

اساس یافته‌های این تحقیق کاملینا پتانسیل تولید عملکرد دانه و روغن مناسب را در شرایط کشت در شرایط آبیاری کامل در طول دوره رشد با کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم+۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم داشت و با قطع آبیاری از مراحل کپسول‌دهی و گلدهی افت شدید عملکرد دانه و روغن مشاهده شد.

منابع مورد استفاده

Abramovic H, Butinar B, and Nikolic V, 2007. Changes occurring in phenolic content and oxidative stability of Camelina sativa oil during storage. Food Chemistry. 104: 903-909.

Abuelsoud W, Hirschmann F, and Papenbrock J, 2016. Sulfur metabolism and drought stress tolerance in plants. pp. 227-249. In: Hossain M., Wani S., Bhattacharjee S., Burritt D., Tran LS. (eds). Drought Stress Tolerance in Plants, Vol 1. Springer, Cham.

Agegnehu M, and Honermeier B, 1997. Effects of seeding rates and nitrogen fertilization on seed yield, seed quality and yield components of false flax (*Camelina sativa* Crtz.). Die Bodenkultur: 48:15-21.

Amtmann A, Hammond JP, Armengaud P, and White PJ, 2005. Nutrient sensing and signaling in plants: potassium and phosphorus. Advances in Botanical Research. 43: 209–257.

Angelini LG, Moscheni E, Colonna G, Belloni P, and Bonari E, 1997. Variation in agronomic characteristics and seed oil composition of new oilseed crops in central Italy. Industrial Crops and Products. 6: 313–323.

Belayneh HD, Wehling RL, Cahoon E, and Ciftci ON, 2015. Extraction of omega- 3-rich oil from *Camelina sativa* seed using supercritical carbon dioxide. The Journal of Supercritical Fluids. 104: 153-159.

Berti M, Wilckens R, Fischer S, Solis A, and Johnson B, 2011. Seeding date influence on camelina seed yield, yield components, and oil content in Chile. Industrial Crops Products. 34 (2), 1358–1365.

Cakmak I, 2005. K alleviates detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences. 168 (4): 521–30. doi: 10.1002/jpln.200420485.

Chan KX, Wirtz M, Phua SY, Estavillo GM, and Pogson BJ, 2013. Balancing metabolites in drought: the sulfur assimilation conundrum. Trends in Plant Science. 18(1): 18–29.

Chaturvedi S, Bhattacharya A, Khare SK, and Kaushik G, 2018. *Camelina sativa*: An Emerging Biofuel Crop. pp, 1-38. In: Hussain C. (eds). Handbook of Environmental Materials Management. Springer, Cham.

Diepenbrock W. 2000. Yield Analysis of Winter Oilseed Rape: a review. Field Crops Research. 67: 35-49.

Eyni-Nargeseh H, Aghaalikhani M, Shirani Rad AH, Mokhtassi-Bidgoli A and Modares Sanavy S.A.M. 2020. Late season deficit irrigation for water-saving: selection of rapeseed (*brassica napus*) genotypes based on quantitative and qualitative features. Archives Agronomy and Soil Science. 66(1): 126-137.

Eyni-Nargeseh H, Aghaalikhani M, Shirani Rad AH, Mokhtassi-Bidgoli A and Modares Sanavy, S.A.M, 2019a. Physiological and agronomic response of rapeseed (*brassica napus* l.) genotypes to late-season drought stress under karaj climatic condition. Sustainable Agriculture and Production Science. 29(2): 79-95. (In Persian).

Eyni-Nargeseh H, Aghaalikhani M, Shirani Rad AH, Mokhtassi-Bidgoli A and Modares Sanavy, S.A.M, 2019b. Response of new genotypes of rapeseed (*brassica napus*) to late season withholding irrigation under semi-arid climate. Journal of Plant Productions (Scientific Journal of Agriculture). 41(4): 55-68. (In Persian).

Farahani S, Majidi Heravan E, Shirani Rad AH, and Noormohammadi Gh, 2019. Effect of potassium sulfate on quantitative and qualitative characteristics of canola cultivars upon late-season drought stress conditions. Journal of Plant Nutrition. 42(13): 1543-1555.

Fieldsend JK, Murray FE, Bilsborrow PE, Milford GFL, and Evans EJ, 1991. Glucosinolate accumulation during seed development in winter sown oilseed rape (*B.* napus). pp. 686-694. In: McGregor, D.I. (eds.). Proceedings of 8th International Rapeseed Congress. Canada Saskatoon, Flanigen.

Gan Y, Angadi SV, Cutforth H, Angadi VV, and Mc Donald CL, 2004. Canola and mustard response to short periods of temperature and water stress at different developmental stages. Canadian Journal of Plant Science. 84: 697-704.

Gebauer SK, Psota TL, Harris WS, and Kris-Etherton PM, 2006. n-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. The American Journal of Clinical Nutrition. 83: 1526-1535.

Gharechaei N, Paknejad F, Shirani Rad AH, Tohidloo Gh, and Jabbari, H, 2019. Study of late season drought stress and planting date on some agronomic traits of advanced winter canola genotypes. Environmental Stresses in Crop Sciences. 12(1): 181-191. (In Persian).

Grant C, Clayton G, and Johnston A, 2003. Sulphur fertilizer and tillage effects on canola seed quality in the Black soil zone of western Canada. Canadian Journal of Plant Science. 83: 745–758.

Hosseini SM, and Hassibi P, 2011. Effects of water deficit stress on several quantitative and qualitative characteristics of canola (*brassica napus* l.) cultivars. Notulae Scientia Biologicae. 3(3): 120-125.

Imran Khan, AA, 2017. Canola yield and quality enhanced with sulphur fertilization. Russian Agricultural Sciences. 43 (2): 113-119.

Islam MS, Akhter MM, EL Sabagh A, Liu LY, Nguyen NT, Ueda A, and Saneoka H, 2011. Comparative studies on growth and physiological responses to saline and alkaline stresses of Foxtail millet (*Setaria italica* L.) and Proso millet (*Panicum miliaceum* L.). Australian Journal of Crop Science. 5(10): 1269-1277.

Jackson GD, 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy Journal. 92: 644–649.

Jankowski KJ, Sokólskia M, and Kordan B, 2019. Camelina: Yield and quality response to nitrogen and sulfur fertilization in Poland. Industrial Crops and Products. 141: 111776. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111776

Janzen HH, and Bettany JR, 1984. Sulfur nutrition of rapeseed: I. Influence of fertilizer nitrogen and sulfur rates. Soil Science Society of America Journal. 48: 100– 107.

Jiang Y, and Caldwell CD, 2016. Effect of nitrogen fertilization on camelina seed yield, yield components, and downy mildew infection. Canadian Joirnal of Plant Science. 96(1): 17-26.

Joshi SK, Ahamada Sh, Charan Mehr L, Agarwal A, and Nasim M, 2017. Growth and yield response of camelina sativa to inorganic fertilizers and farmyard manure in hot semi-arid climate of India. Advances in Plants and Agriculture Research. 7(3): 305-309.

Kimber DS, and McGregor DI, 1995. Brassica oilseeds: Production and utilization. 1st Ed. CAB International. Oxon UK. 394 p.

Lu C, and Kang J, 2008. Generation of transgenic plants of a potential oil seed crop Camelina sativa by Agrobacterium-mediated transformation. Plant Cell Reports. 27: 273–278.

Malik MA, Khan HZ, and Wahid MA, 2004. Growth, seed yield and oil content response of canola (*Brassica napus* L.) to varying levels of sulphur. International Journal of Agricultural and Biology. 6(6): 1153–1155.

McCartney CA, Scarth R, McVetty PBE, and Daun JK, 2004. Genotypic and environmental effects on saturated fatty acid concentration of canola grown in Manitoba. Canadian Journal of Plant Science. 89: 749-756.

Mirek Z, 1981. Genus Camelina in Poland: taxonomy, distribution and habitats. Fragmenta Floristica et Geobotanica. 27: 445–507.

Mokhtassi-Bidgoli A, AghaAlikhani M, Nassiri-Mahallati M, Zand E, Gonzalez-Andujar JL, and Azari A, 2013. Agronomic performance, seed quality and nitrogen uptake of *Descurainia sophia* in response to different nitrogen rates and water regimes. Industrial Crops and Products. 44: 583–592.

Moradi Aghdam A, Sayfzadeh S, Shirani Rad A.H, Valadabadi S.A, and Zakerin H.R. 2019. The assessment of water stress and delay cropping on quantitative and qualitative traits of rapeseed genotypes. Industrial Crops and Products. 131: 160-165.

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.

Moser BR, 2010. Camelina (*Camelina sativa* L.) oil as a biofuels feedstock: Golden opportunity or false hope? Lipid Technology. 22: 270-273

Nazeri P, Shirani Rad AH, ValadAbadi SA, Mirakhori M, and Hadidi Masoule E, 2018. Effect of sowing dates and late season water deficit stress on quantitative and qualitative traits of canola cultivars. Outlook on Agriculture, 47(4): 291-297.

Pavlista AD, Hergert GW, Margheim JM, and Isbell TA, 2016. Growth of spring camelina (*camelina sativa*) under deficit irrigation in western Nebraska. Industrial Crops and Products. 83: 118-123.

Righini D, Zanetti F, Martinez E, Mandrioli M, Toschi TG, and Monti A, 2019. Shifting sowing of camelina from spring to autumn enhances the oil quality for bio-based applications in response to temperature and seed carbon stock. Industrial Crops and Products. 137: 66-73.

Sabagh El, Hossain A, Barutcular C, Gormus O, Ahmad Z, Hussain S, Islam MS, Alharby H, Bamagoos A, Kumar N, Akdeniz H, Fahad S, Meena RS, Abselhamid M, Wasaya A, Hasanuzzaman M, Soroir S, and Saneoka H, 2019. Effects of drought stress on the quality of major oilseed crops: implications and possible mitigation strategies – a review. Applied Ecology and Environmental Research. 17(2): 4019-4043.

Sardanz J, and Uelas JP, 2008. Drought changes nutrient sources, content and stoichiometry in the bryophyte Hypnum cupressiforme Hedw. Growing in a Mediterranean forest. J Biology. 30: 59–65.

Schnug E, Haneklaus S, and Murphy D, 1993. Impact of sulphur fertilization on fertiliser nitrogen efficiency. Sulphur in Agriculture. 17: 8–12.

Seyed Ahmadi A, Bakhshandeh A, and Garineh MH, 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).

Shirani Rad AH, Abbasian A and Aminpanah H. 2013. Evaluation of rapeseed (*brassica napus* l.) cultivars for resistance against water deficit stress. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 19 (2): 266-273.

Sinaki J, Majidi Heravan ME, Shirani Rad AH, Noormohammadi Gh, and Zarei Gh, 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 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: 118–127. doi:10.1016/j.ecoenv.2004.12.026.

Sipalova M, Losak T, Hlusek J, Vollmann J, Hudec J, Filipcik R, Macek M, and Kracmar S, 2011. Fatty acid composition of Camelina sativa as affected by combined nitrogen and Sulphur fertilization. African Journal of Agricultural Research. 6: 3919-3923.

Soheili-Movahhed S, Khomari S, Sheikhzadeh P, and Alizadeh B, 2019. Improvement in seed quantity and quality of spring safflower through foliar application of boron and zinc under end season drought stress. Journal of Plant Nutrition. https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1584214.

Vollmann J, Moritz T, Kargl C, Baumgartner S, and Wagentristl H, 2007. Agronomic evaluation of camelina genotypes selected for seed quality characteristics. Industrial Crops and Products. 26: 270–277.

Vyas SP, Garg BK, Kathju S, and Lahiri AN, 2001. Influence of potassium on water relations, photosynthesis nitrogen metabolism and yield of cluster bean under soil moisture deficit stress. Indian Journal of Plant Physiology. 6: 30–7.

Wang M, Zheng Q, Shen Q, and Guo Sh, 2013. The critical role of potassium in plant stress response. International Journal of Molecular Sciences. 14: 7370-7390. doi:10.3390/ijms14047370

Waraich EA, Ahmed Z, Ahmad R, and Shabbir RN, 2017. Modulating the phenology and yield of *camelina sativa* L. by varying sowing dates under water deficit stress conditions. Soil Environment. 36 (1): 84-92.

Yuncai H, and Schmidhalter U, 2005. Drought and salinity: A comparison of the effects of drought and salinity. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 168: 541-549.

Zubr J, 2003. Qualitative variation of Camelina sativa seed from different locations. Industrial Crops and Products. 17: 161–169.