به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۰ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۷
صفحه‌های ٦٤٢-٦٢٧

ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های زمستانهٔ کلزا به تنش خشکی آخر فصل در شرایط کاربرد سولفات آمونیوم

سلمان عظیمی‌سوران[1*]، حسین امیرشکاری[2]، امیرحسین شیرانی‌راد[3]، جواد مظفری[4]، محمدحسین فتوکیان[5]

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.
۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.
۳. استاد، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴. استاد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
۵. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی آخر فصل بر صفات زراعی و کیفی ژنوتیپ‌های زمستانه کلزا در شرایط کاربرد سولفات آمونیوم، آزمایشی طی دو سال ۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵ به‌صورت فاکتوریل اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به اجرا در آمد. عامل تنش در دو سطح (آبیاری معمول و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد غلاف‌دهی) و سولفات آمونیوم نیز در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله غنچه‌دهی کامل) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و عامل ژنوتیپ‌های کلزا در پنج سطح، شامل چهار لاین BAL111، BAL119، BAL121، BAL128 و رقم نیما (به‌عنوان شاهد)، در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، لاین BAL128 بیشترین عملکرد دانه (۳۹۰٤ کیلوگرم در هکتار) را داشته است که در مقایسه با تیمار شاهد ۲۸ درصد افزایش دارد. بیشترین میزان روغن دانه (٤٥/٥ درصد) در سال دوم آزمایش و در شرایط آبیاری معمول حاصل شد. کاربرد سولفات آمونیوم نسبت به شرایط عدم کاربرد آن به میزان ۲/۵ درصد بر مقدار روغن دانه افزود. لاین BAL128 بیشترین درصد روغن دانه (٤٤/۲ درصد) را به خود اختصاص داد. در شرایط آبیاری معمولی، کاربرد سولفات آمونیوم باعث کاهش ۲۲/۸ درصدی میزان گلوکوزینولات شد ولی همین میزان سولفات آمونیوم در شرایط قطع آبیاری باعث کاهش ۱۷/۲ درصدی میزان گلوکوزینولات شد. در کاربرد هر کدام از تیمارهای آبیاری و کودی این آزمایش، از میان لاین‌های مورد بررسی، لاین BAL128 برای شرایط مشابه منطقه اجرای آزمایش توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: اجزای عملکرد، تغذیه کلزا، تنش خشکی، کانولا، گلوکوزینولات.

* نویسنده مسئول
Email: azimi.sooran@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

نتایج مطالعات و بررسی‌های مؤسسه تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور حاکی از آن است که ۲۱ درصد از انرژی روزانه مردم کشور از مصرف روغن تأمین می‌شود. از طرف دیگر، تولید دانه‌های روغنی در کشور به حداقل رسیده، به‌طوری که سالانه بیش از سه میلیون تن دانه روغنی، روغن خام و کنجاله وارد و بیش از ۲/۵ میلیارد دلار ارز از کشور خارج می‌شود (Mohsennia & Jalilian, 2012). کلزا گیاهی از خانواده چلیپاییان است که پس از موفقیت‌های چشم‌گیر در جهان، مدت کوتاهی است که در کشور ما به‌عنوان یکی از امیدهای قطع وابستگی به واردات روغن، با توجه بسیار روبه‌رو شده است (Asadi & Faraji, 2009).

در چند سال گذشته به‌دلیل اهمیت بسیار بالای روغن خوراکی و کنجاله برای خوراک دام، سطح زیر کشت این گیاه روغنی به‌طور چشم‌گیری افزایش پیدا کرده است، درحالی‌که در برخی از سال‌های اخیر به‌دلیل کمبود نزولات جوی و تنش خشکی سطح زیر کشت کلزا با کاهش نیز مواجه گردیده است (Moghaddam & Pourdad, 2011). بنابراین، یکی از عوامل مهم که توسعه و کشت موفقیت‌آمیز کلزا را در کشور به مخاطره می‌اندازد، تنش خشکی است (Rashidi *et al*., 2012). با توجه به این‌که بخش وسیعی از زمین‌های زیر کشت ایران در شرایط آب‌وهوایی نیمه‌خشک قرار دارند، لزوم شناسایی ارقام مقاوم به خشکی و همچنین سازوکارهای مناسب برای انتخاب این ارقام ضروری است. شناخت بهتر سازو کارهای تحمل به تنش خشکی برای بهبود عملکرد گیاه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (Jongrungklang *et al*., 2013).

اثر تنش خشکی بر کلزا بسته به رقم، شدت و دوام تنش و شرایط آب‌وهوایی و همچنین به‌دلیل ارتباط نزدیک نیازهای غذایی و آبی، به شرایط حاصل‌خیزی خاک نیز مرتبط است. تنش خشکی علاوه بر کاهش جذب مواد غذایی بر فرآیندهای دیگری نظیر فتوسنتز، تورم سلولی و رشد سلول‌ها اثر منفی دارد. تنش خشکی به‌طور کلی باعث کاهش جذب مواد غذایی می‌شود. یک اثر مهم کمبود آب، تأثیر بر جذب مواد غذایی توسط ریشه و انتقال آن به اندام‌های فوقانی گیاه است. جذب کاسته‌شده توسط ریشه می‌تواند ناشی از تداخل در جذب مواد غذایی و سازوکارهای بارگیری مواد غذایی و کاهش جریان تعرق باشد. همچنین تأثیر خشکی بر جذب مواد غذایی ممکن است مرتبط با محدود شدن قابلیت دسترسی انرژی برای آلی‌سازی نیترات، آمونیوم، فسفات و سولفات باشد (Farooq *et al*., 2009).

گیاه کلزا هم در مرحله رشد رویشی و هم در مرحله زایشی نسبت به تنش کم آبی حساس است، ولی بیشترین حساسیت را در مرحله زایشی نشان می‌دهد (Ghobadi *et al*., 2006). کلزا همانند بسیاری از گیاهان زراعی از تنش ناشی از کمبود آب متأثر می‌شود و بروز کمبود آب در مراحل مختلف رشدی به‌ویژه دوره رشد زایشی، کمیت و کیفیت روغن تولیدشده در آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در بررسی تیمارهای تنش آبی بر روی ارقام مختلف کلزا مشاهده شد که بیشترین کاهش عملکرد دانه همزمان با قطع آبیاری در مرحله گلدهی اتفاق می‌افتد و مرحلهٔ گلدهی و تشکیل خورجین حساس‌ترین مربوطه به تنش خشکی می‌باشد (Angadi & Cutforth, 2003). طی یک تحقیق بیشترین کاهش عملکرد دانه کلزا زمانی مشاهده شد که تنش کم‌آبی در مرحلهٔ گل‌دهی یا مرحلهٔ نمو غلاف اتفاق افتاد و محققین اعلام داشتند که کاهش عملکرد دانه تحت تأثیر تنش‌های کم‌آبی کوتاه‌مدت طی مراحل طویل شدن ساقه، گل‌دهی و نمو غلاف تا حد زیادی به کاهش تعداد غلاف در گیاه و طی نمو دانه به

www.SID.ir
Archive of SID

کاهش وزن دانه مرتبط است و تعداد غلاف در بوته در بین اجزای عملکرد بیشترین حساسیت را به تنش آبی طولانی‌مدت داشت (Sinaki *et al*., 2007).

گوگرد چهارمین عنصر ضروری بعد از نیتروژن، فسفر و پتاسیم است و کار اصلی آن در گیاهان، کمک به ساخت اسیدهای آمینه گوگرددار (نظیر متیونین و سیستئین)، تشکیل کلروفیل، فعال کردن آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین، شرکت در ساختار ویتامین‌های بیوتین و فعالیت ATP سولفوریلاز است (Malakoti & Rezaei, 2001; Jamal *et al*., 2010). گوگرد همچنین از مواد تشکیل‌دهنده کوآنزیم A است که زمانی که با اسید استیک ترکیب می‌شود استیل کوآنزیم A به‌وجود می‌آید که در متابولیسم چربی‌ها اهمیت دارد (Walter Heldt & Piechulla, 2011). مصرف گوگرد مقدار اسید اولئیک در دانهٔ کلزا را افزایش می‌دهد که دلیل آن فراهمی گوگرد در زمان پر شدن دانه است که از تبدیل اسید اولئیک به اسید اروسیک و کاهش آن جلوگیری می‌کند (Jan *et al*., 2002) و (Marschner, 1995). در حال حاضر کمبود گوگرد در خاک‌های سراسر جهان به‌دلیل کشت و کار مداوم، استفاده از کودهای با درجه خلوص بالا و کاهش دی‌اکسیدگوگرد در اتمسفر به سرعت رو به افزایش است. متأسفانه اغلب تولیدکنندگان دانه‌های روغنی ۱۰ الی ٤۰ درصد از پتانسیل و بازده تولید محصول خود را به‌خاطر عدم آگاهی از اهمیت گوگرد در تولید دانه‌های روغنی از دست می‌دهند (Malakoti & Sepehr, 2003). کلزا برای تولید یک تن دانه که محتوی ۹۱٪ ماده خشک باشد به ۱٦ کیلوگرم گوگرد نیاز دارد (McGrath & Zhao, 1996). کاربرد گوگرد باعث افزایش کارایی مصرف نیتروژن در کلزا می‌شود (Fismes *et al*., 2000). در بررسی اثر منابع مختلف گوگرد بر عملکرد و کیفیت کلزا بیان شده که اثر منابع مختلف بر پارامترهای رشد، مقدار روغن و پروتئین دانه و مقدار عناصر پرمصرف و کم‌مصرف موجود در دانه معنی‌دار است، ولی در بین منابع مختلف بیش‌ترین مقدار متعلق به سولفات آمونیوم است (Kandil & Gad, 2012).

این تحقیق نیز به‌منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های زمستانهٔ کلزا به تنش خشکی آخر فصل در شرایط کاربرد سولفات آمونیوم و گزینش ژنوتیپ‌های برتر در شرایط تنش خشکی جهت توسعه کشت کلزا در مناطق معتدل سرد و نیمه‌خشک کشور می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی آخر فصل بر برخی صفات زراعی و کیفی ژنوتیپ‌های زمستانه کلزا در شرایط کاربرد سولفات آمونیوم و گزینش ژنوتیپ‌های سازگار با شرایط تنش خشکی جهت توسعه کشت کلزا در مناطق مختلف کرج، آزمایشی در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵ در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام گرفت. عرض جغرافیایی محل انجام آزمایش، ۳۵ درجه و ٤۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۱ درجه و ٦ دقیقه شرقی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۲۱ متر است. این منطقه براساس آمار آب‌وهوایی و منحنی آمبروترمیک به‌دلیل داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز خشک، جزء مناطق آب‌وهوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک محسوب می‌شود. براساس اطلاعات ۳۰ ساله هواشناسی کرج، متوسط بارندگی منطقه ۲٤۳ میلی‌متر در سال است. ریزش باران به‌طور عمده در اواخر پاییز و اوایل بهار رخ می‌دهد. میانگین حداکثر درجه حرارت سالانه در تیرماه، ۲۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل درجه حرارت، یک درجه سانتی‌گراد در دی‌ماه اتفاق می‌افتد. متوسط درجه حرارت منطقه در یک دوره ۳۰ ساله برابر ۱۳/۵ درجه سانتی‌گراد

Archive of SID
www.SID.ir

و درجه حرارت خاک، ۱٤/۵ درجه سانتی‌گراد است. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی رسی، میزان نیتروژن خاک ۰/۰۶–۰/۷۰ درصد، میزان مواد آلی ۰/۵۶–۰/۶۰ درصد، pH=۷/۷٤ و هدایت الکتریکی آن برابر ۱/۷۰ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به‌مدت دو سال زراعی (۹۵–۹٤ و ۹۶–۹۵) اجرا شد. در این تحقیق آبیاری در دو سطح شامل آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله غلاف‌دهی به بعد (رسیدن ۵۰ درصد از غلاف‌ها به ابعاد نهایی) (Moghaddam *et al.*, 2011) و سولفات آمونیوم نیز در دو سطح شامل عدم کاربرد و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار طی مرحله غنچه‌دهی کامل (Unknown, 2016)، به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و پنج ژنوتیپ (شامل چهار لاین زمستانه کلزا با نام‌های BAL 111، BAL119، BAL 121 و BAL 128 و یک رقم با نام نیما (به‌عنوان شاهد) در کرت‌های فرعی قرار گرفت.

هر کرت آزمایشی شامل شش خط شش متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصلهٔ بوته روی خط پنج سانتی‌متر بود که دو خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و چهار خط میانی آن برای تعیین صفات زراعی و کیفی مختلف مورد استفاده قرار گرفت (Delkhosh *et al.*, 2005). قبل از اجرای آزمایش، زمین موردنظر آبیاری شد و پس از گاورو شدن، به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس جهت خردشدن کلوخ‌ها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین مذکور دیسک و ماله زده شد. کاشت بذور در تاریخ ۱۰ مهرماه هر سال صورت گرفت. پس از اجرای آزمایش مطابق نقشه کاشت و سبز شدن و استقرار گیاهچه، عملیات داشت صورت گرفت.

خاک مزرعه در افق توزیع ریشه‌های گیاه (تا عمق ۹۰ سانتی‌متری) با حفر پروفیل، مورد بررسی قرار گرفت. با تعیین ظرفیت مزرعه‌ای خاک (FC) و نقطه‌ی پژمردگی دایم (PWP)، میزان آب قابل استفاده خاک (AW) به‌طور مرتب کنترل شد. برای اعمال تیمار آبیاری، با نمونه‌برداری‌های مداوم از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری خاک کرت‌ها، زمانی که ۵۰ درصد آب قابل استفاده خاک تخلیه گردید، آبیاری صورت گرفت. برای آبیاری از یک پمپ کوچک که به شیلنگ و کنتور (جهت اندازه‌گیری حجم آب مصرفی) متصل بود، استفاده شد. تیمار تنش در دوره اعمال تنش، آبی دریافت نکرد. میزان مقدار آبیاری برای تیمارهای آبیاری معمول و قطع آبیاری برای سال اول آزمایش با میانگین ٤۳۵۰ و۳۱۰۰ و سال دوم آزمایش با میانگین ٤۶۰۰ و ۳۲۲۰ متر مکعب در هکتار بود. اختلاف مقدار آبیاری بین سال اول و دوم آبیاری به‌دلیل بالاتر بودن بارندگی در سال اول زراعی (۲۲۵ میلی‌متر) نسبت به سال دوم زراعی (۱۹۰ میلی‌متر) بوده است.

در انتهای فصل رشد و به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک گیاه، به‌منظور تعیین صفاتی نظیر تعداد شاخه در بوته و تعداد غلاف در بوته، از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب ومیانگین داده‌های حاصل به‌عنوان ارزش آن صفات در نظر گرفته شد. برای تعیین تعداد دانه در غلاف، ۳۰ عدد خورجین از ۱۰ بوته مورد نظر به‌طور تصادفی انتخاب و این صفت در آنها محاسبه شدند. به‌منظور اندازه‌گیری وزن هزاردانه بعد از برداشت محصول، هشت نمونه ۱۰۰تایی از بذور هر کرت آزمایشی به‌طور، تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آنها در عدد ۱۰ وزن هزار دانه محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، پس از کف‌بر نمودن بوته‌های هر کرت آزمایشی قبل از جدا کردن دانه از غلاف، وزن کل بوته‌ها (برگ، ساقه، غلاف و دانه) تعیین شده و عملکرد بیولوژیک در هکتار تعیین شد و

Archive of SID
www.SID.ir

پس از جداکردن دانه‌ها از غلاف، عملکرد دانه محاسبه گردید. اندازه‌گیری میزان روغن دانه با استفاده از اسپکترومتر NMR[1] (mq20, Bruker, Germany) انجام شد. روش رزونانس مغناطیسی یکی از تکنیک‌های توانمند در طیف‌سنجی است که به‌خصوص در تعیین ساختار در مولکول‌ها و ترکیب تازه سنتزشده به‌کار می‌رود. مقدار گلوکوزینولات دانه با استاندارد ISO 10633 با دستگاه HPLC[2] (کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا) اندازه‌گیری شد (Afzali & Shariati, 2008).

پس از آن‌که یکنواختی آزمایش‌ها با استفاده از آزمون بارتلت مورد بررسی قرار گرفت، داده‌های حاصل از اجرای آزمایش در دو سال با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (9.1) و MSTAT-C (version 1.42) تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. تعداد شاخه در بوته

اثر سال بر تعداد شاخه در بوته کلزا در این آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۱). میزان مناسب بارندگی در زمان رشد رویشی را از عوامل افزایش تعداد شاخه در سال اول نسبت به سال دوم می‌توان ذکر کرد. اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ نشان داد که لاین BAL128 در شرایط آبیاری معمول بیشترین تعداد شاخه در بوته (۸/۳ عدد) را در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش و نیز رقم شاهد دارد، از طرفی این ژنوتیپ از نظر تعداد شاخه در بوته بیشترین حساسیت را به قطع آبیاری داشت و به میزان ۳۶/۹ درصد کاهش نشان داد. از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی کمترین تعداد شاخه در بوته (٤/۷ عدد) به لاین BAL121 مربوط بود که در شرایط قطع آبیاری حاصل شد. از میان ژنوتیپ‌ها، لاین BAL119 کمترین تأثیر را از قطع آبیاری گرفت، به‌طوری‌که این لاین در شرایط قطع آبیاری نسبت به شرایط آبیاری معمول، از نظر تعداد شاخه در بوته ۲۹/۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که تعداد مطلوب شاخه در واحد سطح، با رژیم رطوبتی خاک طی دوره رشد گیاه ارتباط نزدیکی دارد (Unknown, 2011). کلزا گیاهی با توانایی رشد نامحدود می‌باشد و به‌همین دلیل تولید و رشد شاخه‌های فرعی می‌تواند در تمام طول دوره رشد تداوم داشته باشد. ولی بیشترین تشکیل و شکل‌گیری تعداد شاخه فرعی در مراحل رشد رویشی کلزا، قبل از ساقه‌دهی است که در زمان ساقه‌دهی رشد و تکامل می‌یابند (Fernandez, 1992). محققین دیگری نیز وجود همبستگی مثبت و قوی بین ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی با عملکرد دانه در کلزا را گزارش کرده‌اند (Hasanzade *et al.*, 2006).

۳. ۲. تعداد غلاف در بوته

بین دو سال اجرای آزمایش، از نظر تعداد غلاف در بوته، در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. همچنین، اثر متقابل سال × آبیاری × سولفات‌آمونیوم در مورد این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۹٤/۵ عدد) طی سال اول آزمایش و شرایط آبیاری معمول و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم و کمترین تعداد غلاف در بوته (٤۲/٤ عدد) نیز طی همین سال و در شرایط قطع آبیاری و عدم کاربرد سولفات آمونیوم حاصل شد (جدول ٤). اثرات متقابل آبیاری × ژنوتیپ و سولفات آمونیوم × ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین تعداد غلاف در بوته هم در

1. Nuclear magnetic resonance
2. High performance liquid chromatography

www.SID.ir
Archive of SID

شرایط آبیاری معمول و هم قطع آبیاری (به‌ترتیب با ۱۸۶ و ۱۰۱/٤ غلاف در بوته) مربوط به لاین BAL128 می‌باشد که با سایر ژنوتیپ‌ها و رقم شاهد اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۳). مراحل گلدهی و نمو غلاف‌ها در کلزا از نظر نیاز به آب از مراحل بحرانی بوده و در صورت تأمین نشدن آب کافی در این مراحل، با افت معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Kumar & Singh, 1998). به‌طور کلی دریافت نکردن مواد فتوسنتزی کافی در اثر تنش، باعث ریزش گل‌ها و غلاف‌های در حال رشد می‌شود (Paseban Islam *et al.*, 2000). گزارش شده است که دوره کوتاه‌مدت تنش در مراحل ساقه‌روی، گل‌دهی و توسعه غلاف‌ها، سبب افت تعداد غلاف‌های بوته و کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Ghobadi *et al.*, 2006) و (Sinaki *et al.*, 2007). همچنین، بیشترین تعداد غلاف در بوته در شرایط کاربرد و عدم کاربرد سولفات آمونیوم (به‌ترتیب با ۱٦۹/۳ و ۱۱۸/۱ غلاف در بوته) نیز مربوط به همین لاین (BAL128) بود (جدول ۳). از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، در شرایط قطع آبیاری، لاین‌های BAL128، BAL119 و BAL111 به‌ترتیب با ۱۰۱/٤، ۸٦/۹ و ۸۵/۹ نسبت به رقم شاهد (۷۸/۹ غلاف) تعداد غلاف در بوته بیشتری داشتند (جدول ٤). در شرایط کاربرد سولفات آمونیوم نیز لاین‌های BAL128، BAL111 و BAL119 به‌ترتیب با ۱٦۹/۳، ۱۵۳/۲ و ۱۳۹/۲ نسبت به رقم شاهد (۱۳۰/۵ غلاف)، تعداد غلاف در بوته بیشتری داشتند (جدول ۳).

جدول۱. تجزیه واریانس صفات مورفولوژی و زراعی ژنوتیپ‌های کلزا در تیمارهای آبیاری و سولفات آمونیوم

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		تعداد شاخه در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	میزان روغن دانه	میزان گلوکوزینولات
سال	۱	۵۹۸/۹۸۰**	٤۳٤۲/۸۳**	۱۵۳/٤۵٤**	٤/۸۲۰**	۹۵۳۵۵٤۹*	۵۹۱۸۵۲۰/۸۳**	۳/۱۱^{ns}	۵۵/٦٦٤**
خطا ۱	٤	۱/۰٤٤	۷۳/٦۲	۱/۱۰۳	۰/۰۰۱	۹۷۷۹٦۳	٤۵۳٤۸/۵۱	۰/۷۳	۰/۱۹۳
آبیاری	۱	۱۹۳/۲۹٤**	۱٦۲۷٦٦/۵۰**	۳۵۰۰/۲۸۰**	۹۱/٦٤۷**	۱۳٤۵۷۲۸٦۷۵**	۹٤۳۰۹٤۱٦/۰۳**	۱۵۹/۳٤**	۱۷٤۹/٦۳٦**
سال × آبیاری	۱	٤/۸٤۰^{ns}	۳۵٤/٦٦**	۱۷/۸٦٤**	۰/۱۰۱*	٤۷۲٦۳۳^{ns}	۷۵۷۰۱/٦۳^{ns}	٦/٦۵**	۲/۹٤۲**
سولفات آمونیوم	۱	۸۱/۵۱۰**	۵۳۵۳۰/۷۵**	۹۹۵/۹۰٤**	۳۰/۰۱۰**	۵۲٦۲۵۱۵۱۸**	۳۸۲۷۹۸۸٤/۸۰**	۳٦/۷٦**	٤۷۳/۳٤۳**
سال × سولفات آمونیوم	۱	٤/۷٦۰^{ns}	۱۵٤/۳٦*	۰/٤٦۸^{ns}	۰/۰٤۸^{ns}	۹۱۹۲۷۵^{ns}	۸۱۳۲۸/۱۳^{ns}	۱/۸٤^{ns}	۰/۰۲۲^{ns}
آبیاری × سولفات آمونیوم	۱	۰/۵٤٦^{ns}	۱۲۸٦/٤۲**	۸/۹۱۰*	۰/۲۱۵**	۹۲۳۲٤۲۷*	۷۳۸۸٤۲/۱۳*	۱/۵۸^{ns}	۱/۳۹۷*
سال × آبیاری × سولفات آمونیوم	۱	۰/۰٦۰^{ns}	۸٦/۱۹*	۲/۰۰۲^{ns}	۰/۳۲۵**	۲۹۷۹۹^{ns}	۵۵۸۱٤۸/۸۰^{ns}	۰/٦٦^{ns}	۰/۰۵۰^{ns}
خطا ۲	۱۲	۰/۰٦۳	۱۳/۳۳	۱/٤۷۲	۰/۰۱۳	۱۱۵۶٦۵۲	۱۲٤۹۵۰/۳۳	۰/٤۳	۰/۲۲۱
ژنوتیپ	٤	۸/۵۹۰**	٤۷۳٦/۰٦**	۸۰/۳۷۲**	۳/۵٦۹**	۵۰۹۳۲٦۸۵**	۳٦۱٦۹۹٤/٤۸**	۱/۱۷**	۱٤/۷۸۹**
سال × ژنوتیپ	٤	۰/۹۰۷**	^{ns}۷/۲۳	۰/۳۹۷^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	۱٤۱٦۱^{ns}	۲۱٦۲۲/۰۲^{ns}	۰/۰٤^{ns}	۰/۰۲۸^{ns}
آبیاری × ژنوتیپ	٤	۱/۲۵٦**	۸۹۵/٦۸**	۱۸/۲۱۰**	۰/٤۸۷**	۷۹٦۷٦۹۸^{ns}	۵۷۸۷٤۹/۰۵^{ns}	۰/۳۸^{ns}	۵/٦۹٤**
سال × آبیاری× ژنوتیپ	٤	۰/۱٦۷^{ns}	^{ns}۱/۵۹	۰/۰٤۹^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۱۵۹۰۹^{ns}	۳۷۲۷۷/۱۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۵٦^{ns}
سولفات آمونیوم × ژنوتیپ	٤	۰/۵٤۱^{ns}	۲۲۹/۷۸**	۲/٤۱٦^{ns}	۰/۱۸۳**	۷۱٤۸۳۷^{ns}	٦۳۷٤۷/۳٦^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۷۳^{ns}
سال× سولفات آمونیوم× ژنوتیپ	٤	۰/۲۰٦^{ns}	^{ns}۰/۷٤	۰/۱۵۰^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	۱۰۳۵۵۳^{ns}	۲۸۸٤/۸۲^{ns}	۰/۰۰٦^{ns}	۰/۲۰۷^{ns}
آبیاری×سولفات آمونیوم× ژنوتیپ	٤	۰/۰۵۱^{ns}	^{ns}۱۸/٦۵	۰/۱۵٦^{ns}	۰/۰۱٦^{ns}	۷۵٤۹٤^{ns}	۱٤۸۰۱/۷٤^{ns}	۰/۰۲۷^{ns}	۰/۰۳۵^{ns}
سال× آبیاری×سولفات آمونیوم× ژنوتیپ	٤	۰/۰۵٤^{ns}	^{ns}۰/۸۷	۰/۰۹۵^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۷٤۵٦٦^{ns}	۷۷۹۹/۷۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۱٤۳^{ns}
خطا۳	٦٤	۰/۲۳۷	۱۱/۸۵	۱/۰٤۸	۰/۰٤۱	۸۷۸۹۵۷	۱۰٦٦۳۰/۲	۰/۲۲	۰/۲۱۷
ضریب تغییرات (درصد)	--	۷/۵۹	۳/۹٦	۹/۲۲	۵/۹۰	۷/۲٦	۱۹/۱٤	۱/۰۷	۲/۵۳

*،** و ns: به مفهوم معنی‌داری در سطح احتمال خطای یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۲. مقایسه میانگین صفات زراعی ارقام کلزا در سال‌های آزمایش

تیمار	میانگین						
سال زراعی	تعداد شاخه در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	میزان گلوکوزینولات (میلی‌گرم در گرم وزن خشک کنجاله)
(۹۴-۹۵)	۸/۶۵a	۱۲۹/۱a	۱۵/۰۵a	۳/۶۵a	۱۳۱۷۷/۸a	۳۵۵۲/۲a	۱۷/۶۹b
(۹۵-۹۶)	٤/۱۸b	۱۱۷/۱b	۱۲/۷۹b	۳/۲۵b	۱۲۶۱٤/۰b	۳۱۰۸/۰b	۱۹/۰۵a

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSDدر سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات زراعی ارقام کلزا در تیمارهای آزمایش

تیمار	تیمار ژنوتیپ	میانگین				
		تعداد شاخه در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه (گرم)	میزان گلوکوزینولات (میلی‌گرم در گرم وزن خشک کنجاله)
آبیاری	BAL111	۸/۳۲a	۱۷٤/۸b	۲۱/۳۲a	٤/۷۰a	۱۳/۷۰f
	BAL119	۷/۲۷b	۱۵۲/۲c	۱۸/٤۳b	٤/۱۱b	۱٤/۸۱e
	BAL121	٦/۷۲b	۱٤۰/۱e	۱٦/۸۵b	۳/۸۲b	۱۵/۱۲de
	BAL128	۸/٦۷a	۱۸٦/۰a	۲۲/٦۸a	٤/۹۸a	۱۳/٤٦f
	Nima	۷/٤۵b	۱٤٦/٦d	۱۷/۳۲b	۳/۹۹b	۱۵/٦٦d
قطع آبیاری	BAL111	۵/۲۵cd	۸۵/۹g	۸/۱٦d	۲/۵۵d	۲۲/۹۲a
	BAL119	۵/۱۵cd	۸٦/۹g	۸/۸۷cd	۲/٦۳d	۲۱/۵۳bc
	BAL121	٤/۷۰d	۷۸/۳h	۷/۷۰d	۲/۳۳d	۲۲/۰۸b
	BAL128	۵/۸۱c	۱۰۱/٤f	۱۰/۵۷c	۳/۰٦c	۲۱/۱۲c
	Nima	٤/۸٤d	۷۸/۹h	۷/۲۸d	۲/۳۰d	۲۳/۲۸a
عدم کاربرد	BAL111		۱۰۷/۵f		۳/۱۰ef	
	BAL119		۹۹/۹g		۲/۹۱fg	
	BAL121		۸۹/۵i		۲/٦۱g	
	BAL128		۱۱۸/۱e		۳/۳۹de	
	Nima		۹۵/۰h		۲/۷٤g	
کاربرد	BAL111		۱۵۳/۲b		٤/۱۵b	
	BAL119		۱۳۹/۲c		۳/۸۳bc	
	BAL121		۱۲۸/۹d		۳/۵٤cd	
	BAL128		۱٦۹/۳a		٤/٦٦a	
	Nima		۱۳۰/۵d		۳/۵۵cd	

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

۳. ۳. تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در غلاف یکی از صفات تعیین‌کننده عملکرد محسوب می‌شود. هرچه تعداد دانه در غلاف بیشتر باشد، مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولیدشده توسط گیاه ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. محققین دریافتند که افزایش تعداد دانه درغلاف، یک عامل کلیدی در افزایش عملکرد ارقام جدید می‌باشد (Mendham *et al.*, 1984). در این آزمایش بین دو سال

Archive of SID
www.SID.ir

زراعی اجرای آزمایش، اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد دانه در غلاف مشاهده شد (جدول ۱). بیشترین تعداد دانه در غلاف (۲۰/۸٤ عدد) طی سال اول آزمایش و در شرایط آبیاری معمول مشاهده شد (جدول ۵). که این افزایش را می‌توان به تغییرات آب و هوایی در سال اول آزمایش و میزان مناسب نزولات جوی طی این سال نسبت داد. اثر متقابل تیمار آبیاری در سولفات آمونیوم در مورد این صفت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف (۲۲/٤۷ عدد) در شرایط آبیاری معمول و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود سولفات آمونیوم و کمترین مقدار آن (۵/۹۱ عدد) در شرایط قطع آبیاری و عدم کاربرد سولفات آمونیوم حاصل شده است (جدول ٦).از طرفی کاربرد سولفات آمونیوم در شرایط آبیاری معمول باعث افزایش ۳۸/۹ درصدی تعداد دانه در غلاف شد، ولی در شرایط قطع آبیاری، کاربرد سولفات آمونیوم باعث افزایش ۸۸/۳ درصدی این صفت شد. به‌عبارتی می‌توان گفت کاربرد سولفات آمونیوم تا حدودی توانسته اثر سوء قطع آبیاری از مرحله‌ی غلاف‌دهی به بعد را در مورد این صفت تقلیل بخشد.

جدول ٤. مقایسه میانگین صفات زراعی ارقام کلزا در تیمارهای آزمایش

تیمار سال زراعی	تیمار آبیاری	تیمار سولفات آمونیوم	میانگین تعداد غلاف در بوته	میانگین وزن هزاردانه (گرم)
(۹٤-۹۵)	معمول	عدم کاربرد	۱٤۱/۲c	٤/۰۸b
		کاربرد	۱۹٤/۵a	۵/۰۲a
	قطع آبیاری	عدم کاربرد	٤۲/٤h	۲/۲٦e
		کاربرد	۱۰۸/۷e	۳/۲۳c
(۹۵-۹٦)	معمول	عدم کاربرد	۱۲۹/۸d	۳/٤۸c
		کاربرد	۱۷٤/٦b	٤/۷۱a
	قطع آبیاری	عدم کاربرد	٦٤/٤g	۱/۹۸e
		کاربرد	۹۹/۵f	۲/۸۳d

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات زراعی ارقام کلزا در تیمارهای آزمایش

تیمار سال زراعی	تیمار آبیاری	میانگین تعداد دانه در غلاف	میانگین وزن هزاردانه (گرم)	میانگین میزان روغن دانه (درصد)	میانگین میزان گلوکوزینولات (میلی‌گرم در گرم وزن خشک کنجاله)
(۹٤-۹۵)	معمول	۲۰/۸٤a	٤/۵۵a	٤٤/۷۳b	۱٤/۰۲d
	قطع آبیاری	۹/۲٦c	۲/۷٤c	٤۲/۹۰c	۲۱/۳۵b
(۹۵-۹٦)	معمول	۱۷/۸۰b	٤/۰۹b	٤۵/۵۳a	۱۵/۰۷c
	قطع آبیاری	۷/۷۷c	۲/٤۰d	٤۲/۷۵c	۲۳/۰۲a

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Archive of SID
www.SID.ir

کاهش فتوسنتز جاری و میزان دسترسی مخازن غلاف‌ها و دانه‌ها به فرآورده‌های فتوسنتزی از دیگر عوامل اصلی سقط خورجین‌ها در اثر تنش خشکی ذکر شده است. در گیاه کلزا قسمت عمده کاهش شدید تعداد خورجین در شرایط تنش، از ریزش گل و غلاف ناشی می‌شود تا کاهش در تعداد گل‌هایی که به‌وجود آمده‌اند (Shirani Rad, 2006).

اثر متقابل ژنوتیپ در آبیاری نیز در مورد تعداد دانه در غلاف درسطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین BAL128 بیشترین تعداد دانه در غلاف (۲۲/٦۸) را در شرایط آبیاری معمول و رقم شاهد (نیما) کمترین تعداد دانه در غلاف را در شرایط قطع آبیاری دارد (جدول ٤). در بررسی دیگری نیز گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی تعداد غلاف در ساقه اصلی و تعداد دانه در غلاف لاین‌های کلزای حساس به خشکی کاهش شدیدی یافت، درحالی‌که در لاین‌های متحمل به خشکی کاهش یادشده اندک بود (Daneshmand *et al*., 2008). نتایج این آزمایش در خصوص کاهش تعداد دانه در غلاف در اثر تنش خشکی با بررسی‌های محققین دیگری مطابقت دارد (Jamshidi *et al*., 2012; Hasanzade *et al*., 2006).

۳. ٤. وزن هزاردانه

وزن هزاردانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه می‌باشد. بین دو سال اجرای این آزمایش، اختلاف معنی‌داری از نظر وزن هزاردانه مشاهده شد (جدول ۱). اثر متقابل سال در آبیاری نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول۱). بیشترین وزن هزاردانه (٤/۵۵ گرم) طی سال اول آزمایش و در شرایط آبیاری معمول حاصل شد ولی با قطع آبیاری از مرحله غلاف‌دهی به بعد وزن هزاردانه به میزان ٦٦ درصد کاهش نشان داد (جدول ۵). اثر متقابل آبیاری در سولفات آمونیوم نیز در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین آن‌ها نشان داد که بیشترین وزن هزاردانه در شرایط آبیاری معمول و کابرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم حاصل شده است. در شرایط آبیاری معمول، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم باعث افزایش ۲۲/۲ درصدی وزن هزاردانه نسبت به شرایط عدم کابرد سولفات آمونیوم شد. از طرفی در شرایط قطع آبیاری، کابرد سولفات آمونیوم به میزان ۳۰ درصد وزن هزاردانه را نسبت به شرایط عدم کاربرد سولفات آمونیوم افزایش داد (جدول ٦). اثرات متقابل آبیاری در ژنوتیپ و همچنین سولفات آمونیوم در ژنوتیپ، اختلاف معنی‌داری از نظر وزن هزاردانه نشان دادند (جدول ۱). با مقایسه میانگین وزن هزاردانه تیمارهای آبیاری در ژنوتیپ، در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش و در شرایط آبیاری معمول، لاین BAL128 با میانگین ٤/۹۸ گرم، بالاترین وزن هزاردانه را داشت (جدول ۳). همچنین، مقایسه میانگین تیمارهای سولفات آمونیوم در ژنوتیپ نیز نشان داد که بیشترین وزن هزاردانه (٤/٦٦ گرم) در لاین BAL128 حاصل شده است (جدول ۳).

جدول ٦. مقایسه میانگین صفات زراعی ارقام کلزا در تیمارهای آزمایش

تیمار آبیاری	تیمار سولفات آمونیوم	میانگین				
		تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	میزان گلوکوزینولات (میلی‌گرم در گرم وزن خشک کنجاله)
معمول	عدم کاربرد	١٦/١٧b	٣/٧٨b	١٣٨٧٣/٢b	٣۵٧٣/٣b	١٦/٤٣c
	کاربرد	٢٢/٤٧a	٤/٨٦a	١٨٦١٦/٢a	٤٨۵٩/٨a	١٢/٦٧d
قطع آبیاری	عدم کاربرد	۵/٩١d	٢/١٢d	٧٧٣٠/٣d	١٩۵٧/٢c	٢٤/٢٨a
	کاربرد	١١/١٣c	٣/٠٣c	١١٣٦٣/٩c	٢٩٢٩/٩bc	٢٠/٠٩b

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Archive of SID
www.SID.ir

۳. ۵. عملکرد بیولوژیکی

بین دو سال اجرای آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد بیولوژیک مشاهده شد (جدول ۱). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک (۱۳۱۷۸ کیلوگرم در هکتار) در سال اول اجرای آزمایش حاصل شد (جدول ۲). بالا بودن ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته در سال اول به‌دلایل شرایط مساعد جوی و میزان بیش‌تر بارندگی در سال اول را می‌توان از دلایل اختلاف بین سال‌ها در عملکرد بیولوژیکی به‌شمار آورد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده فاکتورهای آبیاری، سولفات آمونیوم و ژنوتیپ، در سطح یک درصد و هم‌چنین اثر متقابل تیمار آبیاری در سولفات آمونیوم در سطح پنج درصد در مورد صفت عملکرد بیولوژیک معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تیمار آبیاری در سولفات آمونیوم نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک (۱۸۶۱۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری معمول و کابرد ۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم حاصل شده است و کمترین میزان آن (۷۷۳۰ کیلوگرم در هکتار) نیز در شرایط قطع آبیاری از مرحله غلاف‌دهی به بعد و عدم کاربرد سولفات آمونیوم به‌دست آمده است (جدول۶). مقایسه‌ها نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری معمول کاربرد سولفات آمونیوم به میزان ۳۴/۱ درصد باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و همچنین در شرایط قطع آبیاری از مرحله غلاف‌دهی به بعد، کاربرد سولفات آمونیوم باعث افزایش ۴۷ درصدی این صفت شده است. به‌عبارت دیگر کاربرد سولفات آمونیوم در شرایط قطع آبیاری به میزان ۱۲/۹ اثر سوء کمبود آب را جبران کند. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج برخی محققین در خصوص کاهش عملکرد زیستی در رژیم‌های مختلف آبیاری، مطابقت دارد (Bagheri *et al*., 2007; Shirani Rad *et al*., 2012).

اثر ساده ژنوتیپ نیز بر صفت عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، لاین‌های BAL128 و BAL121 به‌ترتیب بیشترین (۱۵۰۳۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۱۴۱۸ کیلوگرم در هکتار) میزان عملکرد بیولوژیکی را به خود اختصاص دادند (جدول ۷).

۳. ۶. عملکرد دانه

بین دوسال اجرای آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه مشاهده شد (جدول ۱). بیشترین میزان عملکرد دانه (۳۵۵۲ کیلوگرم در هکتار) در سال اول اجرای آزمایش حاصل شد (جدول ۲).

جدول۷. مقایسه میانگین صفات زراعی ارقام کلزا در تیمارهای آزمایش

تیمار ژنوتیپ	میانگین		
	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	میزان روغن دانه (درصد)
BAL111	۱۳۶۳۴b	۳۵۲۴b	۴۴/۰۵ab
BAL119	۱۲۵۰۱c	۳۲۲۸bc	۴۳/۹۷b
BAL121	۱۱۴۱۸d	۲۹۵۳c	۴۳/۸۹bc
BAL128	۱۵۰۳۸a	۳۹۰۴a	۴۴/۲۹a
Nima	۱۱۸۸۹d	۳۰۴۱c	۴۳/۶۹c

اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Archive of SID
www.SID.ir

افزایش اجزای عملکرد دانه در سال اول به دلایل مساعد بودن میزان نزولات، تأثیر بسزایی در افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در سال اول نسبت به سال دوم داشته است. اثر متقابل آبیاری در سولفات آمونیوم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری در سولفات آمونیوم بر عملکرد دانه نشان داد که در آبیاری معمول و شرایط کاربرد سولفات آمونیوم بیشترین عملکرد دانه (٤٨٥٩ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد و این در حالی بود که با قطع آبیاری از مرحله غلاف‌دهی به بعد عملکرد دانه به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت و همچنین حذف کاربرد سولفات آمونیوم نیز کاهش معنی‌دار عملکرد دانه را در پی داشت (جدول ٦).

اثر ساده ژنوتیپ نیز بر صفت عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، لاین‌های BAL128 و BAL121 به‌ترتیب بیشترین (٣٩٠٤کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۲۹۵۳ کیلوگرم در هکتار) میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، تنها لاین BAL121 عملکرد دانه کمتری نسبت به رقم شاهد نشان داد و بقیه لاین‌ها عملکرد بالاتری نسبت به رقم شاهد داشتند (جدول ۷).

در آزمایش‌هایی کاهش تعداد شاخه فرعی در شرایط کم آبی در زمان پر شدن دانه در کلزا، یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد دانه معرفی شده است (Nielsen, 1997). برخی محققین اظهار داشتند هنگامی که در مرحله رشد خورجین‌ها گیاه با کمبود آب مواجه گردد، انتقال مواد غذایی به دانه‌ها تقلیل یافته و عملکرد کاهش می‌یابد که ناشی از تعداد و اندازه خورجین‌ها می‌باشد (Gholipoor *et al.*, 2004). در بررسی دیگری کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی را متأثر از کاهش اجزای عملکرد از جمله تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، ارتفاع بوته و وزن هزاردانه دانسته‌اند (Bagheri *et al.*, 2007; Dadivar & Khodshenas, 2006).

۳. ۷. میزان روغن

بین دو سال اجرای آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار روغن مشاهده نشد ولی اثر متقابل سال در آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین میزان روغن دانه (٤٥/٥٣ درصد) در سال دوم آزمایش و در شرایط آبیاری معمول حاصل شد. در هر دو سال اجرای آزمایش با قطع آبیاری از مرحله‌ی غلاف‌دهی به بعد از میزان روغن کاسته شد (جدول ۵).

در کلزا تجمع روغن در دانه‌ها از منحنی سیگموئیدی پیروی می‌کند، به این ترتیب که ابتدا شدید و سپس کند و ثابت می‌شود و حدود ۱۸روز پس از گرده افشانی، اولین قطرات روغن قابل تشخیص می‌باشد (Azizi *et al.*, 1999).

اثر تیمار سولفات آمونیوم بر میزان روغن دانه نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم نسبت به شرایط عدم کاربرد آن به میزان ۲/۵ درصد بر مقدار روغن دانه افزوده شده است. اثر ساده ژنوتیپ نیز بر مقدار روغن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین BAL128 بیشترین درصد روغن دانه (٤٤/٢٩ درصد) را دارد. رقم نیما که به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شده بود کمترین میزان روغن دانه (٤٣/٦٩ درصد) را به خود اختصاص داد (جدول ۷). غیر از اثر متقابل سال در آبیاری که در بالا بحث شد، بقیه اثرات متقابل در مورد این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۱).

در یک بررسی تنش خشکی از مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی اثر معنی‌داری بر درصد روغن دانه دو رقم

Archive of SID
www.SID.ir

کلزای زرفام و اکاپی نداشت (Soleymani *et al*., 2011). در مقابل محققین دیگری نیز بر کاهش درصد روغن دانه و عملکرد روغن ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی اذعان داشته‌اند، که این امر می‌تواند به‌واسطه اکسیداسیون برخی اسیدهای چرب غیر اشباع چندگانه و کاهش قابلیت تبدیل هیدرات‌های کربن به روغن در شرایط تنش روی داده باشد (Daneshman *et al*., 2008; Mumpton, 1999).

۳. ۸. میزان گلوکوزینولات

اثر متقابل سال در آبیاری بر میزان گلوکوزینولات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین میزان گلوکوزینولات (۲۳/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک کنجاله) طی سال دوم اجرای آزمایش و در شرایط قطع آبیاری از مرحله غلاف‌دهی به بعد و کمترین میزان آن (۱٤/۰۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک کنجاله) در سال اول و در شرایط آبیاری معمول حاصل شده است. طی هر دوسال اجرای آزمایش آبیاری معمول باعث افزایش معنی‌داری در میزان گلوکوزینولات شد (جدول ۵). افزایش گلوکوزینولات باعث کاهش کیفیت و ارزش غذایی کنجالهٔ دانهٔ کلزا می‌شود (Sulisbury *et al*., 1987) که تحت تأثیر عوامل ارثی و محیطی قرار دارد (Fieldsend *et al*., 1991).

اثر متقابل آبیاری در سولفات آمونیوم بر میزان گلوکوزینولات نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان گلوکوزینولات (۲٤/۲۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک کنجاله) در شرایط قطع آبیاری و عدم کاربرد سولفات آمونیوم و کمترین میزان آن (۱۲/٦۷ میلی‌گرم در گرم وزن خشک کنجاله) در شرایط آبیاری معمول و کاربرد سولفات آمونیوم حاصل شده است. در شرایط آبیاری معمولی کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم در مرحله غنچه‌دهی باعث کاهش ۲۲/۸۸ درصدی میزان گلوکوزینولات شد، ولی همین میزان سولفات آمونیوم در شرایط قطع آبیاری باعث کاهش ۱۷/۲۵ درصدی میزان گلوکوزینولات گردید (جدول ٦). اثر متقابل تیمار آبیاری در ژنوتیپ بر میزان گلوکوزینولات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم شاهد (نیما) و لاین BAL111 در شرایط قطع آبیاری (تنش) به‌ترتیب با ۲۳/۲۸ و ۲۲/۹۲ میلی‌گرم در گرم وزن خشک کنجاله، بیشترین میزان گلوکوزینولات و در شرایط آبیاری معمولی لاین‌های BAL128 و BAL111 به‌ترتیب با ۱۳/٤٦ و ۱۳/۷۰ میلی‌گرم در گرم کمترین میزان گلوکوزینولات را به خود اختصاص دادند. لاین BAL111 بیشترین (٦۷/۳ درصد) و لاین BAL119 کمترین (٤۵/۳ درصد) تغییرات را در شرایط قطع آبیاری نسبت به شرایط آبیاری معمول از خود نشان دادند (جدول ۳).

پژوهشگران تنوع ژنتیکی زیادی در بین واریته‌های کلزا از نظر میزان گلوکوزینولات دانه گزارش کرده‌اند (Burton *et al*., 2004). در یک بررسی که روی صفات زراعی و عملکرد کیفی دانه ارقام پاییزه کلزا انجام شد، ارقام کلزا از نظر عملکرد دانه، ترکیب اسیدهای چرب، محتوای گلوکوزینولات و میزان عناصر کم‌مصرف دانه، تفاوت معنی‌داری داشتند (Mostafavi Rad *et al*., 2011).

٤. نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از ارزیابی صفات طی دو سال زراعی آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول و با کاربرد سولفات آمونیوم حاصل شد. همچنین، در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، بیشترین عملکرد دانه و میزان روغن دانه مربوط به لاین BAL128 بود. از طرفی در شرایط

Archive of SID
www.SID.ir

قطع آبیاری از مرحله‌ی غلاف‌دهی به بعد، استفاده از کود سولفات آمونیوم توانست به‌طور معنی‌داری عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های این آزمایش را افزایش دهد و درصد افزایش عملکرد در این شرایط نسبت به شرایط آبیاری معمولی بیشتر بود. بنابراین، اهمیت استفاده از سولفات آمونیوم در شرایطی که گیاه با خشکی آخر فصل مواجه می‌شود بیشتر است. در کاربرد هرکدام از تیمارهای آبیاری و کودی این آزمایش، از میان ژنوتیپ‌های استفاده شده در این تحقیق، لاین BAL128 برای شرایط مشابه منطقه اجرای آزمایش توصیه می‌شود.

منابع

1. Afzali, M. J. & Shariati, F. (2008). Effect of different harvesting methods on the quality of canola cultivars. 5th National Congress on Agricultural Machinery and Mechanization. (in Persian)
2. Angadi, S. & Cutforth, H. (2003). Yield adjustment by canola grown at different by plant population under semiarid condition .Crop Science, *43*, 1357-1366.
3. Asadi, E. & Faraji, A. (2009). Applied Principles of Oil Seeds Agronomy (Soybean, Cotton, Canola and Sunflower). Agricultural Science of Iran publications. Tehran. 84 p. (in Persian)
4. Azizi, M., Soltani, A. & Khavari Khorsani, S. (1999). Brassica Oilseeds: Production and utilization. Jehad University of Mashhad Publications. pp. 230. (in Persian)
5. Bagheri, H., Shirani Rad, A.H., Mirhadi, M.J. & Delkhosh, B. (2007). Effects of different intensities of water deficit stress on quantitative and qualitative traits in Canola (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Dynamic Agriculture*, *4*(3), 265-280. (in Persian)
6. Burton, W.A., Ripley, V.L., Potts, D.A. & Salisbury, P.A. (2004). Assessment of genetic diversity in selected breeding lines and cultivars of canola quality Brassica juncea and their implications for canola breeding, *Euphytica*, *136*, 181-192.
7. Dadivar, M. & Khodshenas, M. A. (2006). Evaluation of Water Stress Effect on Canola (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Sciences*, *12*(4), 845-853. (in Persian)
8. Daneshmand, A.R., Shirani Rad, A.H., Nour Mohammadi, Gh., Zarei, Gh. & Daneshian, J. (2008). Effect of irrigation regiems and nitrogen levels on seed yield and seed quality of two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iraniam Journal of Crop Sciences*, *10*(3), 244-261. (in Persian)
9. Delkhosh, B., Shirani Rad, A.H., Noor Mohammadi, Gh. & Darvish, F. (2005). Effect of drought stress on grain yield and chlorophyll in Rapessed cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, *12*(2), 359-368. (in Persian)
10. Farooq, M., Wahid, A., Kobatashi, N., Fujita, D. & Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*. *29*, 185-212.
11. Fernandez, G.C.J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *In*: Kuo, C.G. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. Publication, Tainan, Taiwan.
12. Fieldsend, J.K., Murray, F.E.P.E., Bilsborrow, P.E., Milford, G.F.J. & Evans, E.J. (1991). Glucosinolate accumulation during seed development in winter sown oilseed rape (*B. napus*). *In*: McGregor, D.I. (Ed.). Proceedings of 8th International Rapeseed Congress. Canada Saskatoon. 686-694.
13. Fismes, J., Vong, P.C., Guckert, A. & Frossard, E. (2000). Influence of sulfur on apparent N- use efficiency, yield and quality of oilseed (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. *European Journal of Agronomy*, *12*(2), 127- 141.
14. Ghobadi, M., Bakhshandeh, G., Fathi, M.H., Gharineh, K., Said, A., Naderi, A. & Gobadi, M.E. (2006). Short and long Periods of water stress during different growth stages of canola (*Brassica napus* L.). Effect on yield, yield components, seed & protein contents. *Agronomy Journal*, *5*(2), 336-341.
15. Gholipoor, A., Latifi, N., Ghasemi Golezani, K., Aliary, H. & Moghaddam, M. (2004). Comparison of growth and grain yield of Rapeseed cultivars under rainfed conditions of Gorgan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *1*(11), 5-14. (in Persian)
16. Hasanzade, M., Naderi Darbaghshahi, M. R., Shirani Rad, A. H. (2006). Evaluation of drought stress effects on yield and yield components of autumn rapeseed varieties in Isfahan region. *Journal of Research in Agricultural Science*, *1*(2), 51-62. (in Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

17. Jamal, A., Moon, Y.S. & Abdin, M. Z. (2010). Sulphur–A general overview and interaction with nitrogen. *Crop Science*, *4*, 523-529.
18. Jamshidi, N., Shirani rad, A.H., Takhtchin, F., Nazeri, P. & M. Ghafari, M. (2012). Evaluation of Rapeseed Genotypes under Drought Stress Condition. *Journal of Crop Ecophysiology*, *6*(3), 323-338. (in Persian)
19. Jan, A., Khan, N., Khan, I.A. & Khattak, B. (2002). Chemical composition of canola as affected by nitrogen and sulphur. *Plant Science*, *1*, 519- 521.
20. Jongrungklang, N., Toomsan, B., Vorasoot, N., Jogloy, S., Boote, K.J., Hoogenboom, G. & Patanothai, A. (2013). Drought tolerance mechanisms for yield responses to pre-flowering drought stress of peanut genotypes with different drought tolerant levels. *Field Crops Research*, *144*, 34-42.
21. Kandil, H. & Gad, N. (2012). Growth and oil production of canola as affected by different sulphur sources. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, *2*(5), 5196- 5202.
22. Kumar, A. & Singh, D.P. (1998). Use of physiological indices as screening technique for drought tolerance in oil seed *Brassica* species. *Annals of Botany*, *81*, 413-420.
23. Malakoti, M. & Rezaei, H. (2001). The role of sulfur, calcium and magnesium in increasing the yield and improving the quality of agricultural products. Agricultural Education Publications. (In Persian).
24. Malakoti, M.J. & Sepehr, I. (2003). Balanced nutrition of oil crops. Khaniran Press, 452 p. (in Persian)
25. Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. New York.
26. McGrath, S.P. & Zhao, F.J. (1996). Sulphur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulphur in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *The Journal of Agricultural Science*, *126*(1), 53-62.
27. Mendham, N.G., Russel, M.J. & Buzza, G.C. (1984). The contribution of seed survival to yield in new Australian cultivars of oilseed rape. *The Journal of Agriculture Science*. Cambridge. *85*, 103-110.
28. Moghaddam, A., Shirani Rad, A.H., Khorgami, A. & Rafiei, M. (2011). Study of Effects of Drought Stress on Growth Stages on Grain Yield and Chlorophyl Amount of Leaves of 4 Spring Cultivars in Khorramabad Weather Conditions .*Crop Physiology Journal*, *3*(9), 107-121. (in Persian)
29. Moghaddam, M.J. & Pourdad, S.S. (2011). Genotype × environment interactions and simultaneous selection for high oil yield and stability in rainfed warm areas rapeseed (*Brassica napus* L.) from Iran. *Euphytica*. *180*, 321-335.
30. Mohsennia, O. & Jalilian, J. (2012). Effects of drought stress and fertilizer sources on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*, *4*(3), 235-245. (in Persian)
31. Mostafavi Rad, M., Tahmasebi Sarvestani, Z., Mohammad Modarres Sanavy, S.A. & Ghalavand, A. (2011). Evaluation of yield, fatty acids combination and content of micro nutrients in seeds of high yielding rapeseed varieties as affected by different sulphur rates. *Journal of Crop Production*, *4*(1), 43-60. (in Persian)
32. Mumpton, F.A. (1999). Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Geology, Mineralogy, and Human Welfare*, *96*, 3463-3470.
33. Nielsen, D.C. (1997). Water use and yield of canola under dryland condition in the Central Great Plains. *Journal of Production Agricuture*, *10*, 303-313.
34. Paseban Islam, B., Shakiba, M.R., Neyshabouri, M.R., Moghaddam, M. & Ahmadi, M.R. (2000). Evaluation of physiological indices as screening technique for drought resistance in oilseed rape. Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences, 37(2), 143-152.
35. Rashidi, S., Shirani Rad, A.H., Ayene Band, A., Javidfar, F. & Lak, S. (2012). Study of relationship between droughts stresses tolerances with some physiological parameters in canola genotypes (*Brassica napus* L.). *Annals of Biological Research*, *3*(1), 564-569.
36. Shirani Rad, A.H. (2006). Evaluation of tolerance to different intensity of drought stress in canola cultivars. Final report. Seed and Plant Improvement Research Institute .(In Persian).
37. Shirani Rad, A.H., Moradi Aghdam, A., Taherkhani, T., Nazari Gholshan, A. & Eskandari, K. (2012). Assessment of rapeseed reaction to nitrogen rates and irrigation regimes under zeplite application levels. *Journal of Crop Ecophysiology*, *3*(4), 296-306. (in Persian)
38. Sinaki, J., Majidi Heravan, M.E., Shirani Rad, A.H., Noormohammadi, Gh. & 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.
39. Soleymani, A., Moradi, M. & Noranjani, L. (2011). Effects of The Irrigation Cut-off Time

Archive of SID
www.SID.ir

in Different Growth Stages on Grain and Oil Yield Components of Autumn's Canola Cultivars in Isfahan Region. *Journal of Water and Soil*, *25*(3), 426-435. (in Persian)

40. Sulisbury, P., Sang, J. & Cawood, R. (1987). Genetic and environmental factors influencing glucosinolate content in rapeseed in southern Australia. In: Proceedings of the 7th International rapeseed congress, Poland. The plant breeding and acclimatization institute, Poznan, 516-520.
41. Unknown. (2011). Annual statements of the Institute of Water and Soil. Karaj, 250 p. (in Persian)
42. Unknown. (2016). Technical instructions for rapeseed production in various climates of the country. Seed and Plant Improvement Research Institute of Karaj. 10 p. (in Persian)
43. Walter Heldt, H. & Piechulla, B. (2011). *Plant biochemistry*. 4 ed. Academic Press is an imprint of Elsevier. pp. 622.

Archive of SID

www.SID.ir

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 3 ■ Autumn 2018

Evaluation of Winter Canola Genotypes' Response to Terminal Drought Stress under Application of Ammonium Sulfate

Salman Azimi Sooran[1*], Hossein Amirshekari[2], Amir Hossein Shirani Rad[3], Javad Mozaffari[4], Mohammad Hossein Fotokian[5]

1. Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran
3. Professor, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
4. Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.
5. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

Received: January 8, 2018 Accepted: April 3, 2018

Abstract

The present study conducts an experiment in order to investigate the effect of terminal drought stress on agronomic and qualitative traits of canola genotypes in the application of ammonium sulfate condition. Carried out during two periods of 2015-2016 and 2016-2017, the experiment entails a factorial split-plot design, based on completely randomized block design with three replicates, and has taken place in the research farm of the Seed and Plant Improvement Institute (SPII). In the pod formation stage, irrigation factors include two levels, namely, normal and restricted, while for the elongation stage of ammonium sulfate, the two levels are 0 and 150 kg per hectare, both set in the main plots as factorial with cultivars including BAL111, BAL119, BAL121, BAL128, and Nima, set in the subplots. Results show that among the examined genotypes, line BAL128 has had the highest grain yield (3904 kg/ha), which has increased by 28%, compared with the control treatment. The highest amount of grain oil (45.53%) has been obtained in the second year of experiment and under normal irrigation conditions. By applying ammonium sulfate, the amount of oil has increased by 2.5% in comparison with normal condition. The BAL128 line has had the highest percentage of grain oil (44.29%). In normal irrigation condition, the use of ammonium sulfate reduces the amount of glucosinolate by 22.88%; however, in restricted irrigation condition, the amount of glucosinolate declines by 17.25%. In the irrigation and fertilizer treatments of this experiment, among the lines studied, the BAL128 line is recommended for similar experimental conditions.

Keywords: Drought stress, Feeding rapeseed, Glucosinolate, Rapeseed, Yield components.

Corresponding author: azimi.sooran@gmail.com

www.SID.ir