



پاسخ کمی و کیفی بذر ژنوتیپ‌های امید بخش کلزای پاییزه به محدودیت آب انتهای فصل

مهدی قاسم بگلو^۱، سعید خماری^۲، بهمن پاسبان اسلام^۳، امید سفالیان^۴

دریافت: پذیرش:

چکیده

این پژوهش جهت ارزیابی اثر تنش خشکی انتهای فصل بر کمیت و کیفیت بذرها تولیدی شش ژنوتیپ امید بخش کلزای پاییزه، در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی در طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل دو عامل ژنوتیپ (شش ژنوتیپ Karaj2, Karaj3, KS7, L5, L146, L210) و محدودیت آب (سه سطح آبیاری کامل IW_1 ، قطع آبیاری از گلدهی IW_2 و قطع آبیاری از بذردهی IW_3) در سه تکرار انجام شد. قطع آبیاری از مرحله گلدهی نسبت به سایر سطوح تنش موجب افت بیشتر تعداد خورجین، تعداد بذر و عملکرد نهایی گردید. کمترین افت عملکرد بذر تحت تنش خشکی از شروع مرحله گلدهی در ژنوتیپ‌های L5 و L210 حاصل شد. بیشترین افت قابلیت جوانه‌زنی در بذرها حاصل از ژنوتیپ L146 تحت تیمار خشکی از مرحله گلدهی و کمترین افت به ترتیب در ژنوتیپ‌های L5 و L210 در همان سطح تنش ثبت گردید. در شرایط وقوع محدودیت آب از گلدهی، کمترین میزان هدایت الکتریکی بذر در ژنوتیپ L5 ملاحظه گردید. بیشترین طول و شاخص قدرت گیاهچه در ژنوتیپ‌های L5 و L210 در شرایط قطع آبیاری از شروع گلدهی مشاهده شد. در کل، وقوع تنش خشکی انتهای فصل به ویژه در طی مرحله گلدهی کلزا منجر به افت معنی‌دار تولید بذر به لحاظ کمی و کیفی گردید. از طرف دیگر، ژنوتیپ‌های L5 و L210 بهترین عملکرد را در شرایط تنش داشته و از نظر وارد نمودن در برنامه اصلاحی مقابله با تنش خشکی قابل توصیه خواهند بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، دانه‌های روغنی، رشد گیاهچه، عملکرد نهایی، قدرت بذر

قاسم بگلو، م. س. خماری، ب. پاسبان اسلام و ا. سفالیان. ۱۳۹۸. پاسخ کمی و کیفی بذر ژنوتیپ‌های امید بخش کلزای پاییزه به محدودیت آب انتهای فصل. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۷: ۳۶-۳۷.

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۲- استادیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران - مسئول مکاتبات. saeid.khomari@gmail.com
- ۳- دانشیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی (بخش نهال و بذر)، تبریز، ایران
- ۴- دانشیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مقدمه

کلزا به عنوان یک گیاه زراعی دانه-روغنی از نظر درصد (به طور میانگین حدود ۴۰ درصد) و کیفیت بیشتر روغن در دانه، عملکرد قابل قبول در شرایط متغیر محیطی و سازگاری بالا در سراسر جهان کشت می‌گردد. تیپ‌پایزهای این گیاه عمدتاً در مناطق سردسیر کشور مورد زراعت قرار می‌گیرند (پاسبان اسلام، ۱۳۹۴). علاوه بر اهمیت تولید روغن خوراکی، توجه به کمیت و کیفیت تولید بذر کلزا نیز ضرورتی اجتناب ناپذیر است. از طرف دیگر، متوسط عملکرد بذر کلزا کاملاً متغیر بوده و در حدود ۰/۸ تا ۱/۵ تن در هکتار برآورد می‌گردد (فرایت و اسنودن، ۲۰۰۹). هدف اصلی در یک سیستم تولید کلزای بذری، تهیه بذرهایی با کیفیت بالا و برخوردار از قابلیت جوانه‌زنی و سبز شدن کامل، سریع و یکنواخت در مزرعه تحت هر گونه شرایط محیطی می‌باشد. عملکرد بذر یک صفت پیچیده بوده و اجزای عملکرد متعددی (شامل تراکم بوته در واحد سطح، تعداد بذر در بوته و میانگین وزن بذر) را در بر می‌گیرد. عوامل بسیاری نظیر ژنوتیپ گیاه، عملیات زراعی و محیط تولید بذر را به لحاظ کمی و کیفی متاثر می‌سازند. کیفیت بذر در قالب ویژگی‌هایی همچون تراکم نهایی، قدرت و رقابت پذیری گیاهچه و یکنواختی رشد گیاه زراعی بروز پیدا می‌کند (مک دونالد و کاپلند، ۲۰۱۲).

به دلیل پراکندگی نامناسب وقوع بارش‌ها در کشور، بحران کمبود آب دست کم در فصل تابستان (مقارن گلدهی و بذردهی) امری جدی و قابل پیش بینی است (صادقی نژاد و همکاران، ۱۳۹۳). اثرات تنش خشکی به زمان، مدت و شدت وقوع کمبود آب در خاک بستگی دارد. در مناطق خشک و نیمه خشک، مصرف بهره‌ورانه آب و حصول عملکرد و کیفیت بذر بالا در زراعت کلزا مسئله‌ای ضروری می‌باشد (شاه، ۲۰۱۲). کلزا به دلیل دارا بودن قابلیت رشد و تولید در شرایط وقوع تنش خشکی و همچنین ارزش اقتصادی بالا از نظر روغن و بذر، به عنوان یک گیاه زراعی مناسب برای مناطق کم آب می‌تواند در نظر گرفته شود. اگر چه کلزای پاییزه به خوبی با شرایط گوناگون محیطی و خاکی سازگاری یافته است، ولی وقوع تنش خشکی انتهای فصل و تحت تاثیر قرار دادن مرحله گلدهی و نمو بذر در اغلب مناطق مشهود می‌باشد (رایمر و همکاران، ۲۰۱۲). تغییرات کیفیت بذر ناشی از تنش خشکی با زمان و مرحله نموی وقوع محدودیت آب مرتبط است. کمبود آب در دوره رشد زایشی، به واسطه متاثر ساختن فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه نظیر تولید دانه-های گرده، گرده افشانی، لقاح و جنین زایی بذر موجب افت

قابل توجهی در کمیت و کیفیت تولید بذر می‌شود (ملکی و همکاران، ۲۰۱۳).

وجود محدودیت آب در مراحل گلدهی و بذردهی موجب کاهش قابل توجهی در اجزای عملکرد بذر می‌گردد. مطابق یافته‌های اغلب محققان، تنش خشکی انتهای فصل موجب افت معنی‌دار در عملکرد و اجزای عملکرد بذر کلزا می‌شود (نعیمی و همکاران، ۱۳۹۰؛ قدرتی، ۱۳۹۱؛ زارعی سیاه بیدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ مجیدی و همکاران، ۱۳۹۳؛ سید احمدی و همکاران، ۱۳۹۴). دانشمند و همکاران (۱۳۸۷) ضمن ارزیابی اجزای مختلف عملکرد بذر کلزا، حساسیت بالای تعداد خورجین در بوته به تنش خشکی انتهای فصل را مورد تاکید قرار دادند. در همین راستا، زارعی سیاه بیدی و همکاران (۱۳۹۳) افت عملکرد بذر در ژنوتیپ‌های کلزای پاییزه تحت تنش کمبود آب انتهای فصل را حاصل تاثیر پذیری اجزای عملکردی همچون تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین دانستند.

مطالعات قاسمی گل‌عزانی و همکاران (۲۰۱۰) روی نخود، عطاردی و همکاران (۱۳۹۰) روی کلزا، عبدلی و سعیدی (۲۰۱۲) روی گندم و قاسمی گل‌عزانی و همکاران (۲۰۱۲) روی سویا حاکی از اثرات منفی تنش خشکی انتهای فصل بر کیفیت بذرهایی تولیدی بود. قاسمی گل‌عزانی و همکاران (۲۰۱۲) دریافتند که تنش خشکی موجب افت درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین افزایش قابل توجه در هدایت الکتریکی مواد نشسته یافته از بذر و در مجموع کاهش معنی‌دار قدرت بذرهایی تولید شده در بوته‌های سویا گردید. بذور گندم به دست آمده در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در مقایسه با تیمار آبیاری کامل ریزتر بوده و از درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه پایین‌تری نیز برخوردار بودند (عبدلی و سعیدی، ۲۰۱۲). از طرف دیگر، مطالعه عطاردی و همکاران (۱۳۹۰) در زمینه اثر تنش خشکی بر کیفیت بذرهایی کلزا نشان داد که وقوع محدودیت آب انتهای فصل اثر معنی‌داری بر درصد و سرعت سبز شدن و وزن خشک گیاهچه نداشت. با در نظر گرفتن نتایج و یافته‌های محققان و نیز تاکید بیشتر بر اهمیت ارتقای کیفیت بذر محصولات زراعی به ویژه دانه‌های روغنی، اقدام به طراحی و اجرای آزمایش مزرعه-ای گردید. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی اثر محدودیت آب انتهای فصل بر کمیت و کیفیت بذر ژنوتیپ‌های امید بخش کلزای پاییزه در شرایط مزرعه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی واقع در شمال غرب کشور

خاک مزرعه از نوع لومی-شنی با میزان هدایت الکتریکی حدود ۲/۶ دسی زیمنس بر متر بود. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش، یک نمونه مرکب از افق ۰-۳۰ سانتی متری تهیه گردید (جدول ۱).

(مشخصات جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی و ۳۷ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی) در طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ به اجرا درآمد. با تکیه بر داده‌های هواشناسی، این منطقه در طی فصل رشد به ترتیب میانگین دمای کمینه و بیشینه ۴/۵ و ۱۳/۹ درجه سانتی گراد و نیز مجموع بارندگی حدود ۲۳۱ میلی متر را دارا بود.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه

درصد شن	درصد لای	درصد رس	درصد هدایت الکتریکی (dS/m)	درصد pH	درصد اشباع	درصد نیتروژن	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	منگنز (mg/kg)
۴۲	۲۸	۳۰	۰/۷۲	۲/۶	۸/۱	۳۲	۰/۰۶	۳۲۰	۲/۲	۰/۴	۳/۸

توسعه ریشه به سانتی متر (حدود ۵ الی ۷۵ سانتی متر متغیر در طول دوره رشد در نظر گرفته شد). به طور معمول، در مناطق اقلیمی مختلف و متغیر برای زراعت کلزا حدود ۵۵۰۰ الی ۶۵۰۰ متر مکعب در هکتار نیاز آبی برآورد می‌گردد. کرت‌های مربوط به سطوح تنش خشکی به طور کامل آبیاری نشدند. در طی دوره اعمال تنش، هیچ گونه بارندگی رخ نداد. سایر عملیات مدیریتی مانند وجین دستی علف‌های هرز و مبارزه شیمیایی با شته مومی توسط سم پیریمیکارب (Pirimicarb) به نسبت یک در هزار بر حسب نیاز انجام پذیرفت.

به منظور ارزیابی برخی متغیرها و فراسنجه‌های مربوط به عملکرد و کیفیت بذر، پس از حذف اثرات حاشیه (دو ردیف کاشت کناری و ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر کرت) نمونه برداری از وسط کرت‌ها انجام شد. صفات مورد بررسی عبارت بودند از: طول خورجین، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد جوانه‌زنی استاندارد، سرعت جوانه‌زنی، آزمون هدایت الکتریکی مواد نشسته یافته از بذر و همچنان طول، وزن خشک و شاخص قدرت گیاهچه.

خورجین‌های ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت برداشت و میانگین طول خورجین بر حسب سانتی متر و تعداد خورجین در بوته گزارش گردید. برای تعیین وزن هزار دانه از هر کرت ۱۰ بوته به تصادف انتخاب و پس از تلفیق بذور، هشت نمونه صد بذری توسط دستگاه بذر شمار مورد شمارش قرار گرفت. در ادامه وزن آن‌ها با ترازوی یک هزارم مشخص شد و میانگین وزن هزار دانه هر کرت آزمایشی تا دو رقم اعشار محاسبه گردید. پس از کف بر نمودن تمامی بوته‌های وسط هر کرت، فرآیند خشک نمودن به مدت ۷۲ ساعت در هوای آزاد صورت پذیرفت و سپس اقدام به جدا کردن بذور و تعیین عملکرد در

گیاه زراعی کشت شده قبل از کلزا، گندم بود. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف به طول پنج متر و با فاصله ردیفی ۳۰ سانتی متر بود. کاشت بذور در تاریخ ۱۳۹۳/۰۶/۲۲ به روش دستی در عمق حدود دو سانتی متری صورت پذیرفت. تراکم نهایی در حدود ۴۷۵ هزار بوته در هکتار تنظیم گردید. جهت جلوگیری از نشت آب، بین واحدهای آزمایشی یک متر و بین بلوک‌های کامل سه متر فاصله ایجاد شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک مزرعه، حدود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و پتاسیم به کار برده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل دو عامل ژنوتیپ (ششژنوتیپ کلزای پاییزه به نام‌های Karaj2, Karaj3, KS7, L5, L146, L210) و محدودیت آب (سه سطح آبیاری کامل IW₁، قطع آبیاری از گلدهی IW₂ و قطع آبیاری از بذردهی IW₃) در سه تکرار پیاده گردید. ژنوتیپ‌های امید بخش کلزای پاییزه از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. برای تعیین زمان بندی آبیاریا نمونه برداری‌های متوالی از خاک کرت‌ها، ضمن کنترل آب خاک به روش وزنی (هنگام تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک) آبیاری صورت گرفت. به طور خلاصه، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری پروفیل خاک نمونه برداری شد و در آزمایشگاه اقدام به تعیین درصد رطوبت وزنی خاک گردید. در ادامه با استفاده از فرمول زیر میزان آب آبیاری مورد نیاز محاسبه گردید:

$$IW = (T_{fc} - T_i) / 100 * P_b * D$$

که در فرمول فوق: IW مقدار آب آبیاری بر حسب سانتی متر؛ T_{fc} مقدار رطوبت وزنی خاک در ظرفیت زراعی (برای خاک محل آزمایش حدود ۱۷/۵ تعیین گردید)؛ T_i درصد رطوبت وزنی خاک در زمان آبیاری؛ P_b جرم مخصوص ظاهری خاک (برای خاک محل آزمایش حدود ۱/۴۶ سنجیده شد) و D عمق

در محاسبه لحاظ گردید. شاخص طولی قدرت گیاهچه مطابق روش عبدالباکی و اندرسون (۱۹۷۳) مورد محاسبه قرار گرفت. پس از آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها و بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی، تجزیه واریانس (ANOVA) و متغیرهای اندازه گیری شده، توسط نرم افزارهای آماری SPSS و STATISTICA و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. مجموعه داده‌ای مربوط به درصد جوانه‌زنی استاندارد به دلیل نرمال نبودن، به روش زاویه‌ای مورد تبدیل واقع شده و پس از آن بر اساس نتیجه آزمون شاپیرو-ویلک نرمال ارزیابی گردید.

نتایج و بحث

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس تک متغیره (جدول ۲)، اثر عوامل آزمایشی بر صفات اندازه گیری شده معنی دار به دست آمد. به طوری که، اثرات اصلی و متقابل ژنوتیپ و محدودیت آب، به جز تعداد بذر در خورجین، سرعت جوانه‌زنی بذر و وزن خشک گیاهچه در مورد تمامی صفات مورد ارزیابی در سطح احتمال یک درصد به لحاظ آماری معنی دار بود. بر اساس یادداشت برداری‌های انجام یافته، وقوع محدودیت آب در مرحله گلدهی و بذردهی، تعداد روزهای مورد نیاز برای رسیدن به ۵۰ درصد بذردهی و رسیدگی را در ژنوتیپ‌های مختلف به طور میانگین حدود ۳-۵ روز کاهش داد. در این ارتباط، یافته‌های مشابهی در گلرنگ (لاولی و همکاران، ۲۰۰۷) و کلزا (نادری و امام، ۲۰۱۰) گزارش گردیده است.

واحد سطح گردید. آزمون جوانه زنی استاندارد به روش حوله کاغذی با چهار تکرار ۵۰ بذری در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد برای مدت هفت روز انجام شد (ایستا، ۱۹۹۹). در پایان دوره ضمن شمارش گیاهچه‌های عادی، درصد جوانه زنی استاندارد گزارش گردید. به منظور ثبت شاخص سرعت جوانه زنی (R) بذور کلزا، از فرمول ایس و رابرتز (۱۹۸۱) استفاده شد:

$$R = \frac{\sum n}{\sum D.n}$$

که در این رابطه، D روزهای سپری شده از آغاز آزمایش و n تعداد بذور جوانه زده در هر روز می‌باشد.

سنجش هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذر به عنوان شاخصی مهم در تعیین قدرت توده بذری در نظر گرفته می‌شود. بدین منظور، مطابق روش ایستا (۱۹۹۹) دو تکرار ۵۰ بذری پس از توزین در ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر دیونیزه در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد غوطه ور گردیدند. پس از ۲۴ ساعت، بلافاصله هدایت الکتریکی طرف‌ها توسط دستگاه هدایت سنج خوانده شد. در نهایت با تقسیم نمودن عدد مربوط به هدایت الکتریکی (میکرو زیمنس بر سانتی متر) بر وزن توده بذری (گرم)، عدد حاصله به عنوان ارزش صفت هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذر (میکرو زیمنس بر سانتی متر بر گرم) گزارش گردید. طول و وزن خشک اجزای گیاهچه کلزا (ریشه‌چه و ساقه‌چه) طی آزمون رشد گیاهچه به روش حوله کاغذی با چهار تکرار ۲۵ بذری در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد برای مدت هفت روز تعیین شد (ایستا، ۱۹۹۹). طول و وزن خشک اجزای گیاهچه‌های عادی

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در شش ژنوتیپ کلزای پاییزه تحت شرایط محدودیت آب انتهایی فصل

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		تعداد خورجیندربوته	تعداد بذر در خورجین	وزن هزار دانه
بلوک	۲	۴۳۵/۵ **	۲۶۲/۷ **	۱/۵۰۲ **
ژنوتیپ	۵	۵۵۹۱/۵ **	۱۳۹/۱ **	۰/۷۷۵ **
محدودیت آب	۲	۱۰۸۶/۲ **	۵۰/۲ **	۱/۰۶۲ **
ژنوتیپ×محدودیت آب	۱۰	۲۹/۸ **	۲/۶ ns	۰/۰۳۸ **
خطای آزمایش	۳۴	۶/۳	۱/۷	۰/۰۱۰
ضریب تغییرات (%)	-	۲/۰۰	۵/۰۳	۲/۳۸

ns و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد

ادامه جدول ۲-

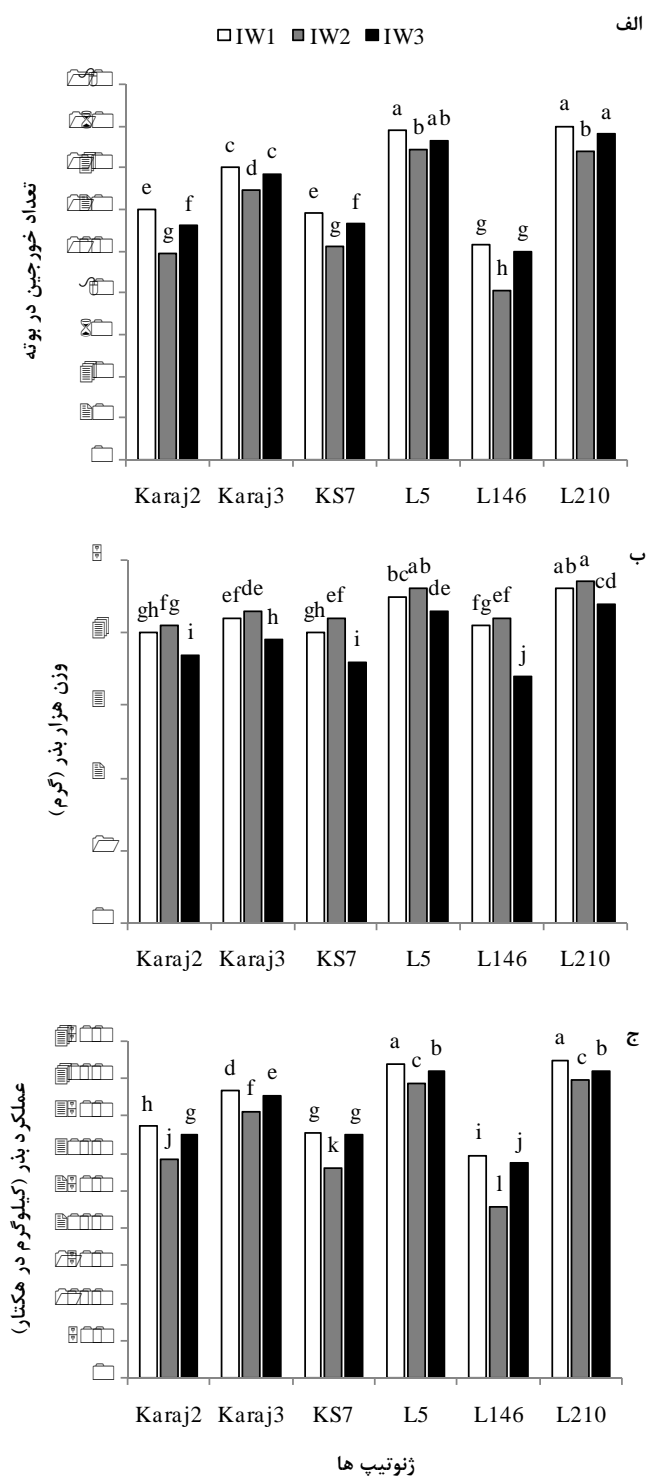
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		درصد جوانه‌زنی استاندارد	سرعت جوانه‌زنی	هدایت الکتریکی بذر	طول گیاهچه	وزن خشک گیاهچه
بلوک	۲	۰/۰۵۰ **	۰/۰۰۵ **	۳۸/۰۸ **	۹/۰۶۷ **	۷/۴۷۷ **
ژنوتیپ	۵	۰/۰۷۲ **	۰/۱۰۲ **	۷۸/۵۱ **	۳۷/۹۰۳ **	۲۲/۱۸۶ **
محدودیت آب	۲	۰/۱۸۲ **	۰/۰۱۴ **	۴۳/۵۶ **	۲۶/۳۷۵ **	۵/۹۶۲ **
ژنوتیپ × محدودیت آب	۱۰	۰/۰۰۲ **	۰/۰۰۰۰۹ ns	۳/۹۷ **	۲/۲۰۵ **	۰/۰۵۲ ns
خطای آزمایش	۳۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲	۱/۰۶	۰/۱۰۱	۰/۰۹۸
ضرب تغییرات (%)	-	۱/۶۸	۴/۵۳	۴/۶۶	۳/۰۱	۳/۲۱
						۳/۲۸

ns و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد

بذر دهی گیاه کلزا به واسطه ریزش شدیدتر گل و خورجین سبب کاهش قابل توجه در تعداد خورجین در بوته می‌گردد (مجیدی و همکاران، ۱۳۹۳b؛ شهرابی فراهانی و همکاران، ۱۳۹۲). با وقوع تنش خشکی، اختلال در فرآیند فتوسنتز منجر به کاهش تولید کربوهیدرات و در نتیجه ریزش تعداد زیادی از گل‌ها و خورجین‌های می‌گردد (نعیمی و همکاران، ۱۳۸۹).

اثر متقابل ژنوتیپ و محدودیت آب به لحاظ تعداد بذر در خورجین معنی‌دار نبود (جدول ۲). بالاترین تعداد بذر در خورجین متعلق به ژنوتیپ‌های L210 و L5 بود، و Karaj3 در رتبه بعدی قرار داشت (جدول ۳). کمترین تعداد بذر در خورجین برای ژنوتیپ L146 به دست آمد. در شرایط بدون تنش، بیشترین تعداد بذر در خورجین حاصل شد. در بین تیمارهای محدودیت آب، شروع تنش از گلدهی بیشترین تاثیر را بر افت تعداد بذر گذاشت. تعداد بذر یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد تاثیر گذار بر کمیت بذر در محصولات زراعی است به طوری که مجیدی و همکاران (۱۳۹۳b) و صادقی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳)، افت تعداد بذر در خورجین ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط وقوع تنش کمبود آب را گزارش نمودند.

ژنوتیپ‌های مختلف کلزای پاییزه به لحاظ تعداد خورجین در بوته اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل الف-۱). در مقایسه با تیمار آبیاری کامل (شاهد)، وقوع تنش خشکی از شروع مراحل گلدهی و بذردهی به طور معنی‌داری تعداد خورجین در بوته پایین‌تری را تولید نمود. در کل، وقوع تنش خشکی در طی مرحله گلدهی نسبت به بذردهی بالاترین افت در تعداد خورجین را در پی داشت. بیشترین کاهش تعداد خورجین در بوته در ژنوتیپ L146 در شرایط محدودیت آب از گلدهی اتفاق افتاد. کمترین کاهش تعداد خورجین در بوته در ژنوتیپ L5 در شرایط وقوع تنش از گلدهی ثبت گردید. این نتایج با یافته‌های دانشمند و همکاران (۱۳۸۷) و زارعی سیاه بیدی و همکاران (۱۳۹۳) در زمینه افت قابل توجه اجزای عملکرد بذر کلزا به ویژه تعداد خورجین تحت تنش خشکی‌انتهای فصل مطابقت داشت. موحدی دهنوی و همکاران (۲۰۰۹) نیز بر افت اجزای عملکرد گلرنگ در شرایط وقوع محدودیت‌آب در مرحله گلدهی اشاره داشتند. پژوهش‌های اخیر حاکی از این است که تعداد خورجین در بوته در میان اجزای عملکرد کلزا بیشترین حساسیت را به تنش خشکی دارا می‌باشد و اعمال تنش خشکی در مراحل گلدهی و



شکل ۱- اثر محدودیت آب انتهایی فصل بر الف) تعداد خورجین در بوته، ب) وزن هزار دانه و ج) عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار) مختلف کلزای پاییزه. حروف متفاوت نشانگر اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

جدول ۳- اثر عوامل آزمایشی بر تعداد بذر در خورجین، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه کلزای پاییزه

عوامل آزمایشی	تعداد بذر در خورجین	سرعت جوانه‌زنی بذر (در روز)	وزن خشک گیاهچه (میلی گرم)
ژنوتیپ‌ها			
Karaj2	۲۱/۰d	۰/۱۶۳e	۷/۸۷f
Karaj3	۳۰/۳a	۰/۴۳۵a	۱۱/۷۷ a
KS7	۲۹/۷a	۰/۴۱۹b	۱۱/۳۷b
L5	۲۳/۳c	۰/۲۵۱d	۹/۰۳d
L146	۲۸/۰b	۰/۳۴۷c	۹/۹۰c
L210	۲۳/۰c	۰/۲۵۵d	۸/۵۰ e
سطوح محدودیت آب			
IW ₁	۲۷/۵a	۰/۳۲۴a	۹/۷۷b
IW ₂	۲۴/۲c	۰/۲۸۰b	۱۰/۳۰a
IW ₃	۲۶/۰b	۰/۳۳۱a	۹/۱۵c

حروف متفاوت در هر ستون برای اثر اصلی نشانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

(۱۳۹۴). بنابراین، به نظر می‌رسد که افت عملکرد بذر ناشی از تنش خشکی انتهایی فصل، به دلیل متاثر شدن برخی اجزای عملکرد به ویژه تعداد بذر تولید شده در ژنوتیپ‌های مختلف باشد (گان و همکاران، ۲۰۰۹).

ژنوتیپ L5 در شرایط بدون محدودیت آب از بالاترین درصد جوانه‌زنی استاندارد برخوردار بود (شکل الف-۲). در حالی که پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های L146 و KS7 در شرایط قطع آب از شروع مرحله گلدهی مشاهده شد. بیشترین افت (حدود ۱۵ درصد) قابلیت جوانه‌زنی در ژنوتیپ L146 تحت تنش خشکی از مرحله گلدهی و کمترین افت (۳/۷ و ۵/۳ درصد) به ترتیب در ژنوتیپ‌های L5 و L210 در همان سطح تنش ثبت گردید. در ژنوتیپ L210 درصد جوانه‌زنی بذر تولید شده در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله بذردهی به لحاظ آماری مشابه بود، ولی در بقیه ژنوتیپ‌ها افت معنی‌داری در جوانه‌زنی تحت شرایط محدودیت آب از بذردهی در مقایسه با شاهد (آبیاری کامل) ملاحظه شد. آزمایش‌های انجام شده به وجود اختلاف بین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا (عطاردی و همکاران، ۱۳۹۰) و سویا (قاسمی گل‌عزانی و همکاران، ۲۰۱۲) در ارتباط با واکنش قابلیت جوانه‌زنی بذر به تنش خشکی در انتهای فصل رشد اشاره نمودند. همچنین در این مطالعات، به اثر شدیدتر وقوع تنش خشکی در مرحله گلدهی بر کاهش درصد جوانه‌زنی بذر گیاهان زراعی تأکید شد. علت افت قابلیت جوانه‌زنی بذر تولید شده در شرایط تنش خشکی در مرحله زایشی می‌تواند متاثر شدن فرآیندهایی نظیر کرده افشانی، لقاح

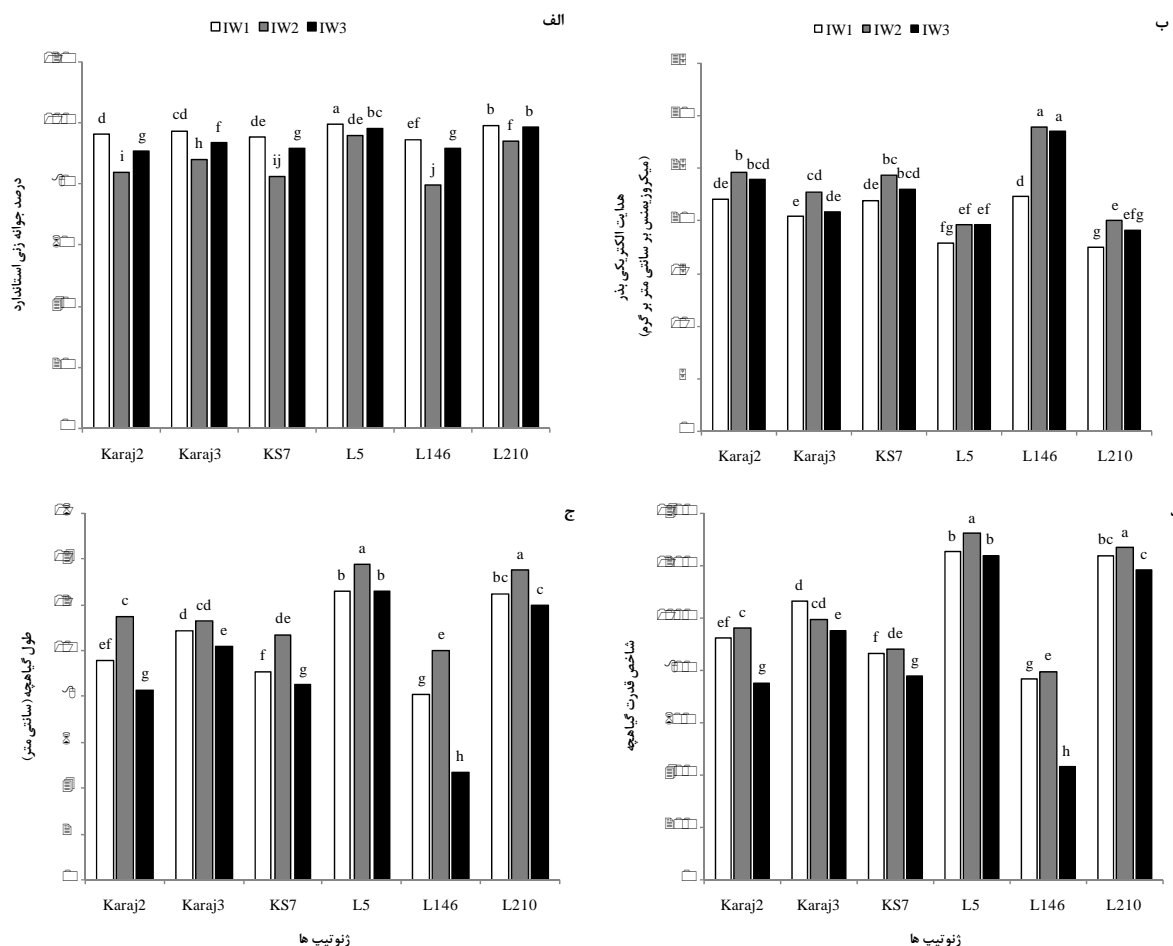
ژنوتیپ L210 بذر سنگین‌تری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های کلزا تولید نمود که L5 با اختلاف معنی‌داری در رتبه بعدی قرار گرفت (شکل ب-۱). سبک‌ترین بذر تولید شده متعلق به ژنوتیپ‌های L146، KS7 و Karaj2 بود. بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب در تیمارهای محدودیت آب از شروع گلدهی و بذردهی مشاهده گردید. بالاترین و پایین‌ترین میزان افت در وزن بذر به ترتیب در ژنوتیپ‌های L146 و L5 در شرایط وقوع تنش خشکی از بذردهی در مقایسه با شاهد (عدم تنش) ملاحظه شد. البته افزایش جزئی در وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های کلزای پاییزه تحت تنش کمبود آب از شروع گلدهی در مقایسه با شاهد به دست آمد که فقط در مورد KS7 از نظر آماری معنی‌دار بود. وزن هزار دانه در شرایط تنش کمبود آبی در مرحله بذردهی کاهش یافت در همین راستا، زارعی و همکاران (۲۰۱۰) و پاسبان اسلام (۱۳۹۴) بر افت قابل توجه وزن هزار دانه ارقام کلزای پاییزه تحت تنش خشکی انتهایی فصل تأکید داشتند.

بالاترین عملکرد بذر در ژنوتیپ‌های L210 و L5 تحت شرایط آبیاری کامل حاصل شد (شکل ج-۱). ژنوتیپ L146 در شرایط وقوع محدودیت آب از شروع گلدهی، پایین‌ترین عملکرد بذر را داشت. بیشترین افت عملکرد بذر (حدود ۱۱ درصد) تحت تنش کم آبی از مرحله گلدهی در مقایسه با دو سطح دیگر تیمار تنش خشکی محاسبه گردید. بنا به پژوهشی که اخیراً منتشر شد، کمبود آب در مرحله بذر دهی ضمن کاهش تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه، موجب کاهش معنی‌دار عملکرد بذر در ارقام مختلف کلزای پاییزه گردید (پاسبان اسلام،

مرحله بذردهی دارای بالاترین سرعت جوانه‌زنی بودند، در حالی که کمترین شاخص سرعت در شرایط وقوع تنش خشکی از آغاز مرحله گلدهی محاسبه گردید. نتایج مختلفی مبنی بر تاثیر پذیری (سعادت نوری و همکاران، ۲۰۰۷؛ شش بهره و موحدی دهنوی، ۱۳۹۱) و یا عدم تاثیر پذیری (عطاردی و همکاران، ۱۳۹۰) شاخص سرعت جوانه‌زنی بذر گیاهان زراعتی تحت تنش کم آبی انتهای فصل و نیز وجود اختلاف ژنوتیپی در این ارتباط (گالشی و بیات ترک، ۱۳۸۵؛ ابهری و گالشی، ۱۳۸۶) توسط محققان ابراز شده است.

جنین‌زایی و نمو بذر و نیز فرآیندهای متابولیکی مرتبط با جوانه‌زنی و رشد بعدی گیاهچه در نظر گرفته شود (موحدی دهنوی و همکاران، ۲۰۰۹). از طرف دیگر، البلا و همکاران (۲۰۱۳) طی پژوهشی عدم تغییر درصد جوانه‌زنی بذور پیاز تحت تنش خشکی انتهای فصل را خاطر نشان نمودند.

بذور ژنوتیپ Karaj3 در مقایسه با بقیه ژنوتیپ‌ها سریع‌تر جوانه زدند (جدول ۳). پایین‌ترین سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های L5 و L210 به دست آمد. اثر متقابل ژنوتیپ و محدودیت آب از نظر شاخص سرعت جوانه‌زنی بذر معنی‌دار نبود (جدول ۲). تیمارهای آبیاری کامل و قطع آبیاری از شروع



شکل ۲- اثر محدودیت آب انتهای فصل بر الف) درصد جوانه‌زنی استاندارد، ب) هدایت الکتریکی بذر، ج) طول گیاهچه و د) شاخص قدرت گیاهچه ژنوتیپ‌های مختلف کلزای پاییزه. حروف متفاوت نشانگر اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

ثبت گردید (شکل ب-۲). پایین‌ترین هدایت الکتریکی در ژنوتیپ‌های L5 و L210 در شرایط آبیاری کامل حاصل شد.

بالاترین هدایت الکتریکی مواد نشت یافته از بذر در ژنوتیپ L146 تحت محدودیت آب انتهای فصل (هر دو سطح تنش)

محدود شدن جریان کربوهیدرات به سمت اجزای زایشی می-گردد (زارعی و همکاران، ۲۰۱۰).

بالاترین شاخص قدرت گیاهچه (SVI) در ژنوتیپ L5 و L210 در شرایط وقوع تنش از شروع گلدهی ثبت شد (شکل ۲-د). بیشترین افت شاخص قدرت گیاهچه در ژنوتیپ L146 و در ادامه Karaj2 تحت تنش خشکی از شروع بذردهی در مقایسه با شاهد (آبیاری کامل) حاصل شد. کمترین افت SVI در ژنوتیپ L210 و KS7 تحت تنش خشکی از شروع بذردهی در مقایسه با شاهد به دست آمد. وقوع محدودیت آب از شروع مرحله گلدهی منجر به افزایش معنی‌دار در شاخص قدرت گیاهچه ژنوتیپ‌های کلزای پاییزه به جز Karaj3 گردید.

نتیجه‌گیری

در کل بین ژنوتیپ‌های مختلف کلزای پاییزه، ژنوتیپ‌های L210 و L5 دارای بالاترین تعداد خورجین در بوته و عملکرد بذر بودند. از آنجایی که تعداد بذر در بوته جزو مهم‌ترین اجزای عملکرد است، بالاتر بودن تعداد خورجین در بوته موجب افزایش تولید بذر و عملکرد نهایی خواهد شد. ضمن ملحوظ داشتن صفاتی همچون درصد جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه و شاخص هدایت الکتریکی بذر و قدرت گیاهچه، ژنوتیپ‌های L210 و L5 بالاترین رتبه را به خود اختصاص داده و از نظر وارد نمودن در برنامه اصلاحی مقابله با تنش خشکی انتهای فصل قابل توصیه خواهند بود. وقوع تنش خشکی در مرحله زایشی کلزا منجر به افت معنی‌دار تولید بذر به لحاظ کمی و کیفی گردید. از طرف دیگر، اثرات متقابل معنی‌داری از نظر برخی صفات مورد بررسی به ویژه عملکرد بذر و شاخص قدرت گیاهچه ملاحظه شد که می‌توان به برتری این دو ژنوتیپ در شرایط وقوع تنش خشکی انتهای فصل (محدودیت آب از شروع مراحل گلدهی و بذردهی) در مقایسه با ژنوتیپ‌های دیگر اشاره نمود.

سپاسگزاری

مولفان مقاله بر خود فرض می‌دارند تا از پرسنل مزرعه و مجموعه آزمایشگاهی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی و آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر مساعدت‌های بی‌دریغ در راستای اجرای بخش عملی این پروژه قدردانی و سپاسگزاری نمایند.

کمترین افزایش هدایت الکتریکی بذر در ژنوتیپ L5 تحت محدودیت آب از گلدهی در مقایسه با شاهد ملاحظه گردید. بر اساس یافته پژوهش حاضر، قطع آبیاری از شروع مرحله گلدهی بیشترین آسیب را به پایداری غشاهای سلولی بذر وارد نمود. طی پژوهشی، افزایش هدایت الکتریکی در بذر سویا تحت تنش خشکی توسط قاسمی گلعدانی و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش گردید. در کل وقوع تنش خشکی در مرحله انتهایی گیاه باعث تولید بذروری با کیفیت پایین خواهد شد، چرا که در این شرایط نشت مواد از پوسته بذر افزایش می‌یابد و این امر به دلیل آسیب دیدگی و افزایش نفوذپذیری غشاهای سلولیدار است (برائنی دستجردی و همکاران، ۱۳۹۳).

بیشترین طول گیاهچه در ژنوتیپ‌های L210 و L5 در شرایط قطع آبیاری از شروع گلدهی مشاهده شد (شکل ج-۲). کوتاه‌ترین گیاهچه‌ها از بذر ژنوتیپ L146 و پس از آن Karaj2 در شرایط محدودیت آب از شروع بذردهی به دست آمد. از طرف دیگر، وقوع تنش محدودیت آب در مرحله گلدهی موجب افزایش معنی‌دار طول گیاهچه به ویژه در ژنوتیپ‌های L146، Karaj2 و KS7 در مقایسه با شاهد (عدم وقوع تنش) شد. ابهری و گالشی (۱۳۸۶) عنوان نمودند که وقوع تنش خشکی در مرحله پس از گرده افشانی گندم منجر به کاهش طول گیاهچه تا ۱۰ درصد شاهد (آبیاری کامل) گردید. فرهادی و همکاران (۲۰۱۳)، افزایش طول گیاهچه ناشی از وقوع تنش در مرحله گلدهی گیاهان را به تولید بذرهای درشت‌تر نسبت دادند.

بیشترین وزن خشک گیاهچه در ژنوتیپ Karaj3 و پس از آن KS7 ملاحظه گردید (جدول ۳). کمترین وزن خشک گیاهچه از ژنوتیپ Karaj2 به دست آمد. اثر متقابل ژنوتیپ و محدودیت آب از نظر وزن خشک گیاهچه معنی‌دار نبود (جدول ۲). وزن خشک گیاهچه‌های متعلق به ژنوتیپ‌های L5، L210 و L146 در مقایسه با بقیه حد واسط بودند. وقوع محدودیت آب از گلدهی منجر به بالاترین وزن خشک گیاهچه شد، در حالی که تنش خشکی از شروع بذردهی باعث افت بیشتر وزن خشک گیاهچه گردید. گالشی و بیات ترک (۱۳۸۵) اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گندم پاییزه در ارتباط با متاثر شدن از تنش محدودیت آب پس از گلدهی را گزارش نمودند. بر اساس پژوهش شش بهره و موحدی دهنوی (۱۳۹۱)، وزن خشک گیاهچه سویا تحت تاثیر منفی تنش خشکی واقع شد. علاوه بر وجود اختلاف ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های کلزای پاییزه از نظر وزن بذر و اندازه گیاهچه، تنش خشکی انتهای فصل موجب کاهش وزن هزار دانه و در نتیجه افت وزن خشک گیاهچه به واسطه

منابع

- ابهری، ا.، و س. گالشی. ۱۳۸۶. اثرات تنش خشکی انتهایی بر بینه بذر ژنوتیپ های گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۳، شماره ۲۰: ۱۱-۱۴.
- برانی دستجردی، م.، م. رفیعی الحسینی، ع. دانش شهرکی. ۱۳۹۳. بررسی هدایت الکتریکی و رشد گیاهچه بذر لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) رشد یافته در شرایط تنش خشکی و محلول پاشی عناصر روی و منگنز. مجله پژوهش های بذر ایران. جلد ۱، شماره ۲: ۴۵-۵۹.
- پاسبان اسلام، ب. ۱۳۹۴. پایداری عملکرد و اجزای عملکرد دانه و روغن کلزا (*Brassica napus* L.) تحت تاثیر خشکی ابتدا و انتهای فصل. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۴، شماره ۱۸۷: ۲۵-۱۷۷.
- دانشمند، ع.، ا. ح. شیرانی راد، ق. نورمحمدی، ق. زارعی وج. دانشیان. ۱۳۸۷. تاثیر تنش کمبود آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک دو رقم کلزا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۲، شماره ۱۱۲: ۹۹-۱۰۵.
- زارعی سیاه بیدی، ا.، ع. رضایی زاد و ع. ش. نیازی فرد. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه برخی ژنوتیپ های کلزا. مجله به زراعی نهال و بذر. جلد ۳، شماره ۳۱۴: ۳۰-۲۹۷.
- سیداحمدی، ع.، ع. بخشنده و م. ح. قرینه. ۱۳۹۴. ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی پایان فصل در شرایط آب و هوایی اهواز. نشریه پژوهش های زراعی ایران. جلد ۱، شماره ۱۳۸۰: ۷۱-۷۱.
- شش بهره، ج. م. و م. موحدی دهنوی. ۱۳۹۱. اثر کاربرد برگی روی و آهن بر بینه بذر سویا در شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولیدات گیاهی. جلد ۱، شماره ۵: ۱۹-۳۵.
- شهرابفرآهانی، ب.، ا. فرهمندفر، ط. حسنلو، ح. شیرانی راد و س. ع. طباطبایی. ۱۳۹۲. ارزیابی تحمل به خشکی چند رقم کلزا براساس خصوصیات فیزیولوژی و زراعی در منطقه یزد. نشریه تولید گیاهان زراعی. جلد ۴، شماره ۶: ۹۷-۷۷.
- صادقی نژاد، ع.، ا. س. ع. م. مدرس ثانوی، س. ع. طباطبایی و س. م. مدرس وامقی. ۱۳۹۳. اثر تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام پاییزه کلزا (*Brassica napus* L.). نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲، شماره ۲۴: ۵۳-۶۴.
- عطاردی، ه.، ح. ایران نژاد، ا. م. شیرانی راد، ر. امیری و غ. اکبری. ۱۳۹۰. بررسی اثرات اعمال تنش خشکی و تاریخ کاشت روی گیاه مادری، بر بینه و ظهور گیاهچه بذر های تولیدی برخی ارقام کلزا. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ۱، شماره ۴۲: ۸۰-۷۱.
- قدرتی، غ. ۱۳۹۱. ارزیابی تحمل به خشکی انتهایی لاین های امید بخش کلزا بهاره (*Brassica napus* L.). مجله به زراعی نهال و بذر. جلد ۲، شماره ۲۸: ۲۳۷-۲۲۵.
- گالشی، س. و ز. بیات ترک. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی پس از گلدهی بر بینه بذر دو رقم گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۶، شماره ۱۱۳-۱۲: ۱۱۹-۱۱۳.
- مجیدی، م. م.، م. جعفرزاده قهدریجانی، ف. رشیدی و آ. ف. میر لوحی. ۱۳۹۳a. شناسایی ارقام متحمل کلزا با استفاده از شاخص های تحمل به خشکی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. جلد ۴، شماره ۵۷۳: ۴۵-۵۶.
- مجیدی، م. م.، م. جعفرزاده قهدریجانی، ف. رشیدی و آ. ف. میر لوحی. ۱۳۹۳b. تاثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک برخی از ارقام کلزا. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. جلد ۳، شماره ۹: ۷۰-۵۹.
- نعیمی، م.، غ. ع. اکبری، ا. م. شیرانی راد و س. ع. م. مدرس ثانوی. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر تنش خشکی پایان دوره رشد بر عملکرد کمی و کیفی ارقام کلزا. مجله به زراعی کشاورزی. جلد ۲، شماره ۱۲: ۷۱-۶۳.
- Abdoli, M., and M. Saeidi. 2012. Effects of water deficiency stress during seedgrowth on yield and its components, germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. *Int. J. Agric. Crop Sci.* 15(4): 1110-1116.
- El Balla, M. M. A., A. A. Hamid, A. H. A. Abdelmageed. 2013. Effects of time of water stress on flowering, seed yield and seed quality of common onion (*Allium cepa* L.) under the arid tropical conditions of Sudan. *Agr. Water Manage.* 121: 149-157.
- Ellis, R.H., and E. H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9: 373-409.

- Farhadi, A., R. Hamidi, H. Pirasteh-Anosheh. 2013. Produced wheat seed as affected by different tillage systems in maternal environment. *Sci. Agri.* 1(1): 26-29.
- Friedt, W., and R. Snowdon. 2009. Oilseedrape. In: Vollman, J., and I. Rajcan(eds.), *Oilcrops*. pp. 91-126. SpringerScience & Business Media, Dordrecht.
- Gan, Y., C. A. Campbell, L. Liu, P. Basnyat and C. L. McDonald. 2009. Water use and distribution profile under pulse and oilseed crops in semiarid northern high latitude areas. *Agric. Water Manage.* 96: 337-348.
- Ghassemi-Golezani, K., R. Lotfi and M. Norouzi. 2012. Seed quality of soybean cultivars affected by pod position and water stress at reproductive stages. *Int. J. Plant Animal Environ. Sci.* 2(2): 119-125.
- Ghassemi-Golezani, K., T. Mousabeygi, Y. Raey and S. Aharizad. 2010. Effects of water stress and pod position on the seed quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Not. Bot. Horti. Agrobi.* 38(1): 114-118.
- International Seed Testing Association. 1999. International rules for seed testing. *SeedSci. Technol.* 27, Supplement, 333pp.
- Lovelli, S., M. Perniola, A. Ferrara and T. Di Tommaso. 2007. Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agric. Water Manage.* 92: 73-80.
- Maleki, A., A. Naderi, R. Naseri, A. Fathi, S. Bahamin, R. Maleki. 2013. Physiological performance of soybean cultivars under drought stress. *Bull. Env. Pharmacol. Life Sci.* 2(6): 38-44.
- McDonald, M. and L. O. Copeland. 2012. *Seed Production: Principles and Practices*. Springer Science & Business Media, New York. 749 p.
- Movahhedy-Dehnavy, M., S. A. M. Modarres-Sanavy and A. Mokhtassi-Bidgoli. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. *Ind. CropProd.* 30: 82-92.
- Naderi, R. and Y. Emam. 2010. Interrelationships among grain yield and related characters of four oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars under drought stress conditions. *Desert.* 15: 133-138.
- Raymer, P.L., D. L. Auld and K. A. Mahler. 2012. Agronomy of canola in united states. In: Shahidi, F. (ed.), *Canola and Rapeseed: Production, Chemistry, Nutrition and Processing Technology*. pp. 25-80. Springer Science & Business Media, New York.
- Sadatnoori, A., H. Khalaj, A. H. Shiranirad, I. Alahdadi, G. H. Akbari, H. Labafi and M. R. Abadi. 2007. Investigation of seed vigour and germination of canola cultivars under less irrigation in padding stage and after it. *Pak. J. Biol. Sci.* 10(7): 2880-2884.
- Shaw, T. 2012. *Dry Land Farming*. Hardpress, New York. 500 p.
- Zarei, G., H. Shamsi and S. M. Dehghani. 2010. The effect of drought stress on yield, yield components and seed oil content of three autumnal rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *J. Res. Agric. Sci.* 6: 29-36.

Response of seed quantity and quality of promising winter rapeseed genotypes to terminal water limitation

M. Ghassembaglou¹, S. Khomari², B. Pasban-Eslam³, O. Sofalian⁴

Received: Accepted:

Abstract

The present research was conducted to evaluate the effect of terminal drought stress on quantity and quality of seeds produced in six promising genotypes of winter rapeseed in Research center for Agriculture and Natural Resources, East-Azerbaijan province, Iran during growing season 2014-15. The factorial experiment based on randomized complete block design was laid out in three replicates including two factors of genotype (six winter rapeseed genotypes called Karaj2, Karaj3, KS7, L5, L146, L210) and water limitation (three levels of water deficit stress viz. full irrigation IW₁, irrigation withholding from anthesis IW₂ and irrigation withholding from seed set IW₃). Imposing water restriction from anthesis caused more loss of silique and seed number and final yield. The least loss of seed yield obtained from L5 and L210 genotypes under drought stress during anthesis. The greatest and lowest falls in seed germinability were recorded in L146 under drought stress since anthesis, and L5 and L210 under the same stress level, respectively. Under water limitation from anthesis, the least increase in seed electroconductivity was observed in genotype L5. The greatest length and vigor index of seedling were observed in genotypes L5 and L210 under irrigation withholding from flowering. In general, occurring terminal drought stress especially during anthesis caused significant drop in seed production, both quantitatively and qualitatively. On the other hand, genotypes L5 and L210 had the highest yield under stress condition and would be recommended for introducing to breeding programs of drought stress tolerance.

Key words: Drought stress, final yield, oilseeds, seed vigor, seedling growth

1- MSc student of Seed Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, Iran

2- Assistant Professor of Crop Physiology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, Iran

3- Associate Professor of Crop Physiology, East Azarbaijan Research center for Agriculture and Natural Resources, Tabriz, Iran

4- Associate Professor of Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, Iran