Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 51, No 4, Winter 2021 (121-131)
DOI: 10.22059/ijfcs.2020239255.654365

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۱ شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹ (ص۱۳۱-۱۲۱)

واکنش شش هیبرید زمستانه کلزا به تنش خشکی در تاریخ‌های کاشت مختلف

امیر حسین خلعت بری[۱]، سید علیرضا ولد ابادی[۲]*، امیر حسین شیرانی راد[٤]، سعید سیف زاده[۲]، حمید رضا ذاکرین[۳]
۱ و۲و۳- دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، ٤- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۹/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۳)

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش شش هیبرید زمستانه کلزا به تنش خشکی در تاریخ‌های مختلف کاشت، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در دو سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹٤ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. عوامل آزمایش شامل آبیاری (معمول و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد) و تاریخ کاشت (۱۰ مهر و ۱۰ آبان) در کرت‌های اصلی و شش هیبرید کلزا (Triangle، Brutus، Gabriella، Natali، Danob و Marathon) در کرت‌های فرعی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت، آبیاری و هیبریدهای مورد بررسی بر صفات ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. تاخیر در کاشت، باعث کاهش ٤۰ درصدی عملکرد دانه و ٥٤ درصدی تعداد دانه در خورجین شد. همچنین قطع آبیاری موجب کاهش ۲۵، ۳۰ و ۲٤ درصدی، به‌ترتیب در تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه شد. هیبرید Natali در هر دو تاریخ کاشت، از عملکرد بیشتری نسبت به سایر هیبریدهای مورد بررسی برخوردار بود و به‌همین جهت، کشت آن در شرایط آب و هوایی کرج برای دستیابی به حداکثر عملکرد پیشنهاد می‌شود. همچنین تاریخ کشت ۱۰ مهر ماه، به‌عنوان بهترین تاریخ برای کشت در شرایط آب و هوایی کرج برای هیبریدهای مورد بررسی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، تاریخ کاشت، تنش خشکی، عملکرد دانه، کلزا.

Response of six winter rapeseed hybrids to drought stress at different planting dates

Amir Hossein Khalatbari[1], Seyed Ali Reza Valadabady[1]*, Amir Hossein Shiranirad[2], Saeed Sayfzadeh[1], Hamid Reza Zakeri[1]
1. Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Azad Islamic University of Takestan, 2. Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj.
(Received: November 22, 2017 - Accepted: October 25, 2019)

ABSTRACT

The present study was conducted to determine the responses of six winter hybrids of rapeseed (*Brassica napus* L.) to drought stress at different planting dates. A factorial split plot experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in two years (2014-2015 and 2015-2016) in Karaj Research Field Station, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. Experimental treatments included irrigation (normal and non-irrigation at flowering stage) and planting date in two levels including October 1 and November 1 in main plots, and Canola hybrids (Triangle, Brutus, Gabriella, Natali, Danob and Marathon) in sub plots. The results showed that the effects of planting date, irrigation and hybrids on plant height, stem diameter, number of pods per plant, number of seeds per pod, 1000 seed weight, grain yield and biological yield were significant. Planting delay caused 40% reduction in grain yield and 54% increase in seed number per pod. Also, non-irrigation at flowering stage decreased 25%, 30% and 24%, of number of pods per plant, number of grain per pod and grain yield, respectively. Natali hybrid had more yield than the other hybrids in both planting dates and therefore it is recommended to cultivate in Karaj weather conditions to achieve maximum yield. Lastly, October 1 date of cultivation of is proposed as the best date for cultivating in Karaj climate conditions for examined hybrids.

Keywords: Canola, drought stress, grain yield, irrigation, planting date.

* Corresponding author E-mail: sa.valadabadi@tiau.ac.ir

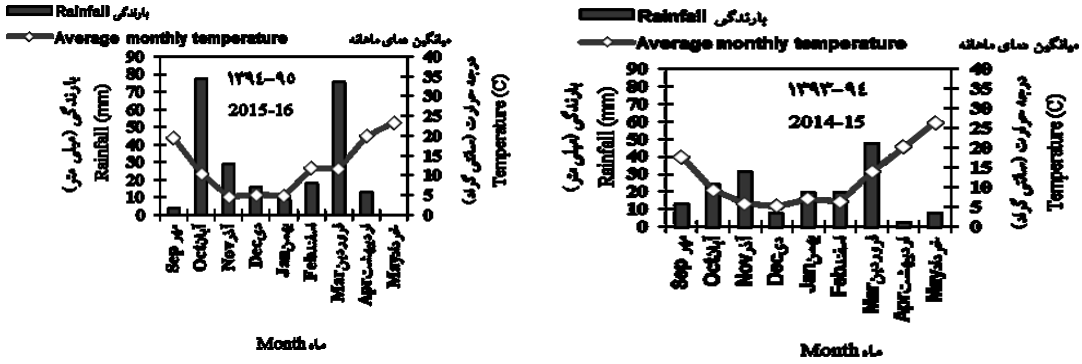
مقدمه

در سال‌های اخیر، کشت کلزا (*Brassica napus* L.) در ایران به‌دلیل ویژگی‌های این گیاه شامل قابلیت رشد در مناطق مختلف، محتوا و کیفیت بالای روغن و تغذیه حیوانات، مورد توجه قرار گرفته است (Heshmatpure & Yousefi Rad, 2012). از آن‌جا که کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد و تاثیر منفی تنش کم‌آبی در آن بسیار محسوس است (Bannayan *et al.*, 2010)، خشکی به‌طور قابل ملاحظه‌ای، مهمترین عامل محدودکننده رشد و تولید کلزا در ایران به شمار می‌رود (Moradshahi *et al.*, 2004) و با توجه به این‌که حساسیت کلزا در در انتهای دوره رشد (نمو زایشی) در بیشترین حد خود می‌باشد، کمبود رطوبت خاک در این مرحله می‌تواند تولید موفقیت آمیز این گیاه را با خطر مواجه سازد (Nasiri *et al.*, 2017). با توجه به محدودیت اراضی قابل کشت در کشور، افزایش تولید در واحد سطح، تنها راه ممکن جهت افزایش تولید است (Ricker-Gilbert *et al.*, 2014). بنابراین راه‌کارهای زراعی همچون انتخاب ارقام و گونه‌های سازگار گیاهی، بالا بردن کارایی تولید به ازای هر واحد نهاده مصرفی به‌ویژه آب و کود، به دلیل تعدد و اهمیت وظایفی که در فرایندهای حیاتی گیاه بر عهده دارند و حفظ گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیره زنده، افزایش تولید در واحد سطح را امکان پذیر می‌نماید (Namvar and Khandan, 2015). Davari *et al* (2017) با بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد کلزا نشان دادند که کمترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه از قطع آبیاری در مرحله گلدهی به‌دست آمد. همچنین Godarzi *et al* (2017) گزارش نمودند که توقف آبیاری در مراحل گلدهی و پر شدن دانه کلزا، سبب کاهش ۳۵ و ۱۸ درصدی عملکرد دانه می‌شود. Tohidi *et al* (2009) بیان داشتند که تنش خشکی در مرحله طویل شدن ساقه و مرحله گل‌دهی، بیشترین خسارت را به کلزا وارد نمود و باعث کاهش تعداد خورجین در بوته شد. نتایج حاصل از یک مطالعه بر روی ژنوتیپ‌های پاییزه کلزا نشان داد که تنش خشکی آخر فصل، با کاهش تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه را کاهش داد (Pasban Eslam, 2009). کلزا از جمله گیاهانی است که به تاریخ کاشت حساسیت بسیار زیادی دارد (Rudi, 2008)؛ از طرفی ویژگی خاص گیاه کلزا و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط کشور سبب شده است که کشت این گیاه توسعه یابد (Amiri Oghan *et al.*, 2004). هدف از تعیین تاریخ کاشت بهینه، پیدا نمودن بهترین زمان کاشت، به‌گونه ای که مجموعه عوامل محیطی حادث در آن زمان برای سبز شدن، استقرار و بقای گیاهچه مناسب باشد و هر مرحله از رشد گیاه، از شرایط مطلوب برخوردار باشد (Khajepour, 2009). خسارت ناشی از تاریخ کاشت نامناسب، به عنوان یک عامل مرتبط با تنش در مراحل حساس رشد و نمو گیاهان، یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان است (Ghobadi, 2006). مطالعه تاثیر رژیم‌های مختلف دمایی ناشی از تاریخ های مختلف کاشت بر زندگی گیاه و تلاش برای تقویت تحمل به سرمای زمستانه در گیاهان زراعی از اهمیت بالایی برخوردار است (Nahar *et al.*, 2015) تاریخ کاشت، ابزار مدیریتی مهمی برای تعیین بهترین تطابق زمانی مراحل فنولوژیکی گیاه با عوامل محیطی مؤثر بر آن‌ها می‌باشد؛ به‌طوری‌که حداکثر عملکرد حاصل شود. بذرهای کلزا باید شش هفته قبل از شروع اولین یخبندان منطقه کاشته شوند. عجله زیاد در کاشت، سبب جذب مقادیر زیاد آب و مواد غذایی در طول فصل پاییز و در نتیجه رشد زیاد بوته‌ها می‌شود که این امر، قدرت بقای گیاه در زمستان را کاهش می‌دهد. از طرف دیگر، کاشت با تأخیر نیز سبب کوچک ماندن گیاه و عدم ذخیره کافی مواد غذایی می‌شودو این مسئله، خطر سرمازدگی را افزایش می‌دهد (Javidfar *et al.*, 2001). در پژوهشی به‌طور همزمان، تاثیر تاریخ کاشت و تنش خشکی روی عملکرد کیفی و کمی کلزا مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که دو عامل گفته شده، دارای اثرات متفاوتی روی ارقام مختلف هستند (Safavi Fard *et al.*, 2018). با توجه به

این‌که در این رابطه، تاکنون تحقیقی در کشور انجام نشده است، هدف از انجام این آزمایش، بررسی واکنش شش هیبرید زمستانه کلزا نسبت به تاریخ‌های مختلف کاشت و نیز شرایط تنش خشکی می‌باشد .

مواد و روش‌ها

در این تحقیق و با هدف بررسی اثر تنش خشکی و تاریخ های مختلف کاشت بر برخی صفات شش هیبرید زمستانه کلزا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۳-۹۴ و ۹۵-۱۳۹۴) در شرایط آب و هوایی مزرعه ۴۰۰ هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. عرض جغرافیایی محل انجام آزمایش، ۳۵ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۱ متر است. بر اساس اطلاعات ۳۰ ساله هواشناسی کرج، متوسط بارندگی منطقه ۲۴۳ میلی‌متر در سال است. آمار هواشناسی محل انجام آزمایش در طی دو سال زراعی در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- میانگین دما و بارندگی محل انجام آزمایش (سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۳)
Figure 1. The average temperature and rainfall of the experimental site in 2014-2016.

عوامل آزمایش شامل آبیاری (آبیاری نرمال یا شاهد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد) و تاریخ کاشت (۱۰ مهر ماه و ۱۰ آبان ماه) در کرت‌های اصلی و عامل هیبریدهای کلزا (Brutus ، Triangle and Marathon، Danob، Natali،Gabriella) در کرت‌های فرعی قرار داشتند. مشخصات هیبریدهای مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات ارقام کلزای مورد استفاده در این آزمایش
Table 1. The characteristics of rapeseed hybrids used in this experiment.

Cultivar	Hybrid/Open Pollination	Winter/Spring	Origin
Marathon	Hybrid	Winter	Germany
Danob	Hybrid	Winter	France
Natali	Hybrid	Winter	France
Gabriella	Open Pollination	Winter	Hungary
Brutus	Hybrid	Winter	Germany
Triangle	Hybrid	Winter	Germany

برای تامین نیاز کودی گیاه و بر اساس نتایج آزمون خاک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاس به‌صورت پایه، همزمان با آماده سازی بستر بذر به خاک افزوده شد. همچنین ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره مورد استفاده قرار گرفت که ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله سه برگی،

۱۵۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله غنچه‌دهی به صورت سرک به خاک داده شد. خصوصیات خاک مزرعه در جدول ۲ آورده شده است. هر کرت آزمایشی شامل شش خط شش متری با فاصله خطوط ۶۰ سانتی متر و فاصله بوته روی خط چهار سانتی‌متر بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و چهار خط میانی آن برای تعیین صفات مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، بوته‌های هر کرت به‌طور جداگانه کف‌بر شدند و جهت خشک شدن نهایی و رسیدن به رطوبت ۱۲درصد، به مدت یک هفته در هوای آزاد قرار گرفتند و عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و عملکرد دانه تعیین شد. نتایج حاصل از دو سال آزمایش، با نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها نیز به روش آزمون LSDدر سطح احتمال پنج مقایسه شدند.

جدول ۲- خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی

Table 2 – Soil characteristics of experimental field.

Soil texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Available potassium (ppm)	Available phosphorus (ppm)	Total nitrogen (%)	Organic carbon (%)	pH	EC ($ds\ m^{-1}$)	Soil characteristics 0 – 30 cm
Clay-loam	25	47	28	197	14.7	0.09	0.91	7.9	1.45	First year (2014-2015)

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته کلزا به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای تاریخ کاشت، آبیاری و رقم در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). کاشت بذرها در تاریخ ۱۰ مهر، موجب افزایش ۱۶ درصدی ارتفاع بوته نسبت به تاریخ کشت ۱۰ آبان شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) برخی صفات هیبریدهای کلزا تحت تاثیر تنش خشکی و تاریخ کاشت

Table 3. Combined analysis of variance (Mean square) of some traits of rapeseed hybrids affected by drought stress and planting date

SOV	df	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of pods / plant	No. of grains / pod	1000 grain weight (g)	Grain yield (kg/ha)	Biological yield (kg/ha)
Year(Y)	1	436.46^{**}	15.40^{**}	6707.61^{**}	280.56^{**}	7.37^{**}	10853181.2^{**}	1849752^{**}
Y/Replication	4	3.723	0.899	117.73	1.44	0.014	19960.2	470377
Planting date(P)	1	24239.89^{**}	712.44^{**}	226702.95^{**}	5788.7^{**}	124.82^{**}	150424092.6^{**}	2058119322^{**}
Y×P	1	12.66^{ns}	0.19^{ns}	468.7^{**}	26.52^{**}	0.105^{ns}	229520.8^{ns}	611263^{ns}
Irrigation(I)	1	4919.85^{**}	135.53^{**}	57416.15^{**}	1348.11^{**}	30.55^{**}	44775057.0^{**}	588143336^{**}
Y×I	1	8.26^{ns}	0.02^{ns}	136.89^{*}	0.02^{ns}	0.15^{ns}	81939.1^{ns}	2288160^{ns}
P×I	1	90.408^{**}	0.04^{ns}	1257.88^{**}	3.18^{ns}	0.148^{ns}	1084895.8^{ns}	9158693^{*}
Y×P×I	1	46.35^{**}	0.05^{ns}	104.38^{ns}	3.55^{ns}	0.52^{**}	1143295.6^{ns}	121104^{ns}
Error a	12	1.11	0.160	14.62	2.39	0.020	147419.7	1617387
Cultivar(C)	5	27.32^{**}	2.48^{**}	1524.16^{**}	46.33^{**}	1.20^{**}	1452106.6^{*}	17632720^{**}
Y×C	5	0.32^{ns}	0.004^{ns}	1.47^{ns}	0.088^{ns}	0.006^{ns}	25735.6^{ns}	29370^{ns}
P×C	5	7.94^{ns}	0.46^{ns}	395.45^{**}	8.89^{**}	0.23^{**}	327314.7^{ns}	4278155^{*}
Y×P×C	5	0.81^{ns}	0.0006^{ns}	1.39^{ns}	0.09^{ns}	0.006^{ns}	49282.3^{ns}	24650^{ns}
I×C	5	0.16^{ns}	0.006^{ns}	7.88^{ns}	0.23^{ns}	0.016^{ns}	13061.8^{ns}	584570^{ns}
Y×I×C	5	0.85^{ns}	0.001^{ns}	3.02^{ns}	0.32^{ns}	0.008^{ns}	16476.6^{ns}	135935^{ns}
P×I×C	5	0.51^{ns}	0.002^{ns}	1.59^{ns}	0.58^{ns}	0.009^{ns}	1876.7^{ns}	351712^{ns}
Y×P×I×C	5	0.39^{ns}	0.01^{ns}	2.11^{ns}	0.09^{ns}	0.004^{ns}	5490.2^{ns}	113633^{ns}
Error b	80	1.11	0.16	30.61	2.28	0.047	550387.2	1450034
CV (%)	-	1.21	3.96	3.94	8.81	5.48	18.08	7.74

^{ns}، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ است.

$^{ns, *\ and\ **}$: indicate not significant, significant difference at 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively.

قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد، موجب کاهش هفت درصدی ارتفاع بوته شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت در آبیاری (جدول ۵) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۷۳/۴ سانتی‌متر) در تاریخ کاشت ۱۰ مهر در شرایط آبیاری معمول بود. بیشترین ارتفاع بوته در هیبرید Natali (۱۵۵/۱

سانتی‌متر) و کمترین آن متعلق به Danob با ۱۵۲/۲ سانتی‌متر بود (جدول ۴). در پژوهشی گزارش شد که تنش خشکی در مقایسه با شرایط نرمال، ارتفاع بوته ارقام کلزا را ۹/۴ درصد کاهش داد (Shirani Rad and Zandi, 2012). کاهش ارتفاع گیاه به موازات کاهش رطوبت موجود در خاک را می‌توان به اختلال در فتوسنتز، به‌دلیل تنش کم آبی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و در نهایت عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع نسبت داد (Baljain & Shekari, 2012). البته با توجه به این‌که تنش ایجاد شده در این آزمایش، مربوط به اواخر دوره رویشی بود، تفاوت در ارتفاع چندان زیاد نبود و این اختلاف ارتفاع، احتمالاً بیشتر به تفاوت‌های ژنتیکی هیبریدهای مورد آزمایش مربوط می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر سال، تاریخ کاشت، آبیاری و هیبرید بر ارقام کلزا .

Table 4. Mean comparison of the effects of year, planting date, irrigation and hybrid on different traits of canola hybrids.

		Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No of pods/plant	No of grains/pod	1000 grain weight (g)	Grain yield (kg/ha)	Biological yield (kg/ha)
Year	2013-2014	155.5a	13.95a	147.25a	18.53a	4.1a	4376.7a	15904.2 a
	2014-2015	152.01b	13.3b	133.59b	15.74b	3.7b	3827.6b	15196.1 b
Planting date	1 October	166.7a	15.8a	180.1a	23.5a	4.9a	5124.2a	19330.7 a
	1 November	140.8b	11.4b	100.7b	10.8b	3.1b	3080.1b	11769.6 b
Irrigation	Control	159.6a	14.6a	160.4a	20.2a	4.4a	4659.7a	17571.1 a
	Non irrigation at flowering stage	147.9b	12.6b	120.4b	14.1b	3.5b	3544.5b	13529.2 b
Hybrid	Gabriella	153.8bc	13.6b	140.1b	17.0b	3.9b	4085.8abc	15490.8 b
	Brutus	153.6bc	13.6b	139.7b	17.1b	4.9b	4071.4abc	15446.7 b
	Triangle	153.1cd	13.4b	135.5c	16.3b	3.8b	3954.9bc	14979.3 bc
	Marathon	154.7ab	13.9a	147.7a	18.4a	4.2a	4333.3ab	16356.3 a
	Danob	152.2d	13.1c	128.8d	15.0c	3.6c	3748.0c	14356.1 c
	Natali	155.1a	14.1a	150.7a	18.9a	4.3a	4419.6a	16671.6 a

در هر ستون از هر تیمار، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD (پنج درصد) با یکدیگر ندارند.

In each column for each trait, means with the same letters are not significantly different based on LSD's test (α= 0.05).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری بر برخی صفات هیبریدهای کلزا.

Table 5. Comparison of the interaction effects planting date and irrigation on some traits of the canola hybrids.

planting date	Irrigation	Plant height (cm)	No .of pods / plant	Biological yield (kg/ha)
1 Oct	Control	173.4 a	203.1 a	21603.9 a
	Non irrigation at flowering stage	160.1 b	157.2 b	17057.5 b
1 Nov	Control	145.8 a	117.7 a	13538.4 a
	Non irrigation at flowering stage	135.7 b	83.7 b	10000.8 b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD (پنج درصد) با یکدیگر ندارند.

Means with the same letters in the same coilumn are not different based to LSD's test (α= 0.05).

قطر ساقه

اثر سال، تاریخ کاشت، تنش خشکی و رقم بر قطر ساقه کلزا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). قطر ساقه در سال اول (۱۳/۹۵ میلی‌متر) نسبت به سال دوم (۱۳/۳۰ میلی‌متر) بزرگتر بود. تاخیر در کاشت، منجر به کاهش ۲۸ درصدی قطر ساقه شد و تیمار قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد نسبت به شرایط معمول (۱۴/۶ میلی‌متر)، کاهش ۱۴ درصدی قطر ساقه را سبب شد (جدول ۴). همچنین بیشترین قطر ساقه در رقم Natali با ۱۴/۱ میلی‌متر و کمترین آن متعلق در رقم

Danob با ۱۳/۱ میلی‌متر مشاهده شد. پژوهشگران در بررسی تاثیر شرایط محیطی بر قطر ساقه کلزا در یک منطقه با تیپ مدیترانه‌ای مشاهده کردند که اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آن‌ها بر قطر ساقه کلزا تاثیر گذار است (Gunasekera *et al.*, 2003). Sangtarash *et al* (2009) گزارش کردند که تنش خشکی در کلزا، منجر به کاهش قطر ساقه شد. همچنین Qaderi *et al* (2006) بیان داشتند که واکنش به کمبود آب، با کوتاه و نازک‌تر کردن ساقه صورت می‌گیرد. نتایج نشان داد که کاهش قطر ساقه در بوته، نشان دهنده کاهش منابع ذخیره و تولید مواد فتوسنتزی در اثر تنش خشکی می‌باشد.

تعداد خورجین در بوته

اثر سال، تاریخ کاشت، آبیاری و رقم بر تعداد خورجین در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تعداد خورجین در بوته در سال اول با متوسط ۱۴۷/۲۵خورجین در بوته، نسبت به سال دوم آزمایش (۱۳۳/۵۹ خورجین در بوته)، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. بین سطوح تاریخ کاشت، اختلاف بسیار معنی-داری از نظر تعداد خورجین در بوته وجود داشت و تاخیر در کاشت (تاریخ کشت ۱۰ آبان) ۴۴ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۳)؛ نتیجه به‌دست آمده با نتایج دیگر محققان مطابقت دارد (Nasri *et al.*, 2008; Rudi, 2008). تعداد خورجین در بوته با وقوع تنش در مرحله گل‌دهی، ۲۵ درصد کاهش داشت (جدول ۴). در بررسی اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم بر صفت تعداد خورجین در بوته مشخص شد که بیشترین تعداد خورجین در بوته در هیبرید Natali در هر دو تاریخ کشت و کمترین مقدار این صفت نیز از هیبرید Danob به‌دست آمد (جدول ۶ و شکل ۲ و ۳).

اثر تاریخ کاشت و آبیاری بر این صفت نیز نشان داد که تاریخ کشت ۱۰ مهر ماه و آبیاری معمول نسبت به قطع آبیاری، ۲۳ درصد افزایش و نسبت به تاریخ کاشت ۱۰ آبان و قطع آبیاری ۶۰ درصد افزایش را نشان داد (شکل ۳). تعداد خورجین در بوته، یکی از اجزای مهم افزایش عملکرد دانه گیاهان زراعی از جمله کلزا محسوب می‌شود (Mostaphi Rad *et al.*, 2010). به‌نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت مناسب، مصادف شدن گلدهی و نمو خورجین‌ها با شرایط محیطی مناسب از قبیل درجه حرارت و رطوبت، سبب می‌شود تا تعداد گلچه بیشتری تبدیل به خورجین شوند. تاخیر در تاریخ کاشت، به‌دلیل بروز حرارت زیاد در زمان گلدهی و آغاز خورجین‌بندی، باعث کاهش توان تولید خورجین به‌میزان ۴۴ درصد شد.

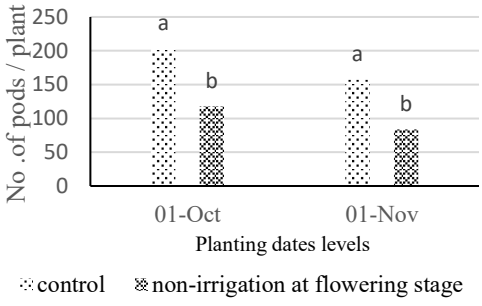
جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × هیبرید بر برخی صفات هیبریدهای کلزا.

Table 6. Comparison of the interactions effects of planting date and hybrids on some traits of the canola hybrids.

Planting date	Hybrid	No .of grain/ pod	No .of pods/ plant	1000 grain weight (g)	Biological yield (kg/ha)
1 October	Gabriella	24.4 ab	185.8 a	5.03 ab	19913.7 a
	Brutus	22.9 bc	175.6 b	4.8 bc	18755.2 b
	Triangle	22.2 c	171.7 bc	4.7 c	18451.8 b
	Marathon	24.9 a	189.2 a	5.1 a	20320.6 a
	Danob	21.05 c	165.4 c	4.5 c	17862.5 b
	Natali	25.4 a	192.8 a	5.2 a	20680.4 a
1 November	Gabriella	9.6 cd	94.3 cd	2.8 cd	11068.0 c
	Brutus	11.4 ab	103.8 ab	3.1 ab	12138.3 ab
	Triangle	10.4 bc	99.4 bc	2.9 bc	11506.8 bc
	Marathon	11.9 a	106.2 a	3.2 a	12392.1 a
	Danob	9.05 d	92.1 d	2.7 d	10849.7 c
	Natali	12.4 a	108.6 a	3.3 a	12662.8 a

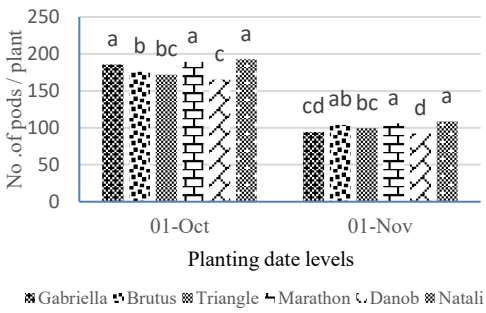
در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری با آزمون LSD (۵ درصد) با همدیگر ندارند.

Means with the same letters in the same coilumn are not different based to LSD's test (α= 0.05).



شکل ۲- اثر متقابل تاریخ کاشت و آبیاری بر تعداد خورجین در بوته

Figure 2. Interaction effects of planting date and irrigation on the number of pods per plant



شکل۳- اثر متقابل تاریخ کاشت و هیبریدها بر تعداد خورجین در بوته

Figure 3. Interaction effects of planting date and hybrids on the number of pods per plant

تعداد دانه در خورجین

اثر سال، تاریخ کاشت، آبیاری، رقم و همچنین اثر متقابل تاریخ کاشت × رقمبر تعداد دانه در خورجین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در خورجین در سال اول مشاهده شد. در شرایط قطع آبیاری، تعداد دانه در خورجین ۳۰ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های سایر پژوهش‌ها (Ma *et al.*, 2004; Sinaki *et al.*, 2007) که نشاندهنده کاهش تعداد دانه در خورجین تحت تأثیر محدودیت آب در مراحل غنچه‌دهی، گل‌دهی و خورجین دهی بود، مطابقت داشت. مشابه تعداد خورجین در بوته، اثر تاریخ کاشت بر تعداد دانه در خورجیناز روندی کاهشی برخوردار بود؛ به‌طوری‌که کاهش تعداد دانه در خورجین در تاریخ کاشت دوم (۱۰/۸دانه) نسبت به تاریخ کاشت اول (۲۳/۵دانه)، ۵۴ درصد بود (جدول ۴). این نتایج با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد (Nasri *et al.*, 2008; Rudi, 2008). هیبرید Natali نسبت به سایر هیبریدها، برتری معنی‌داری از نظر تعداد دانه در خورجین نشان داد (جدول ۴). اگر چه کلزا به‌علت رشد نامحدودش، قادر است خسارت ناشی از تنش گرمایی را حدودی جبران کند، اما کاهش تعداد دانه در کشت تاخیری، می‌تواند به‌علت تاثیر منفی گرما بر دانه گرده باشد که در نهایت موجب افزاش دانه‌های پوک و به تبع آن، کاهش تعداد دانه در خورجین می‌شود (Hammac *et al.*, 2017). وقوع تنش خشکی در مراحل گلدهی و گرده‌افشانی، از طریق سقط دانه‌ها، ضمن افزایش تعداد خورجین‌های بدون دانه، سبب کاهش تعداد دانه در خورجین می‌شود (Shirani Rad and Zandi, 2012). ضمن این‌که انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش رطوبتی، محدود می‌شود که نتیجه آن، کاهش تعداد گلچه و تولید دانه کمتر خواهد بود (Mirzaei *et al.*, 2013).

وزن هزاردانه

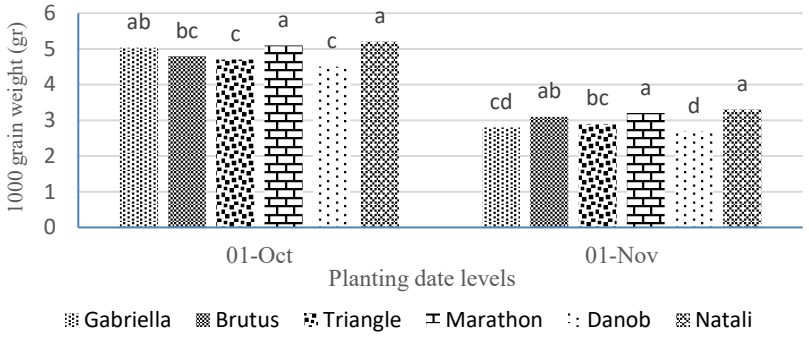
بر اساس نتایج، اثر سال، تاریخ کاشت، آبیاری، رقم و تاریخ کاشت × رقم بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). تاریخ کاشت اول، سبب برتری ۳۸ درصدی صفت وزن هزار دانه نسبت به تاریخ کشت دوم شد. همچنین آبیاری معمولی نسبت به قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی نیز این صفت را ۲۱ درصد افزایش داد. در بین هیبریدهای مورد آزمایش نیز هیبرید Natali دارای بیشترین وزن هزار دانه بود. در بررسی اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم نیز مشخص شد که هیبرید Natali در تاریخ کاشت اول، بیشترین وزن هزار دانه را دارا بود (شکل ۴). در اختلاف موجود بین ارقام، علاوه بر عوامل ژنتیکی، شرایط محیطی حاکم در مراحل آخر رشد نیز مؤثر می‌باشد (Nasri *et al.*, 2008). این نتیجه در بررسی ارقام مختلف کلزا تحت شرایط مطلوب و نامطلوب محیطی نیز گزارش شده است (Rudi, 2008).

شدت تنش خشکی و تداوم آن، مانع از برقراری مکانیسم جبرانی اجزای عملکرد شد، به‌طوری‌که این تیمار، ضمن داشتن دانه کمتر در خورجین، از وزن

هزار دانه کمتری نیز برخوردار بود. کاهش فتوسنتز جاری و ظرفیت منبع، منجر به کاهش وزن هزار دانه می‌شود. تنش در مرحله گل‌دهی، از طریق قطع فتوسنتز گیاه، سنتز آسیمیلات مورد نیاز برای پر شدن دانه را کاهش می‌دهد که نتیجه آن، کاهش وزن و چروکیدگی دانه است (Shirani Rad and Zandi, 2012)؛ البته اختلاف ژنتیکی بین هیبریدها نیز می‌تواند دلیل دیگری بر تفاوت این صفت در آن‌ها باشد.

عملکرد دانه

سال، تاریخ کاشت و آبیاری در سطح یک درصد و رقم در سطح پنج درصد، اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۳). عملکرد دانه در تاریخ کشت اول نسبت به تاریخ کشت دوم، ۴۰ درصد بالاتر بود. همچنین عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول، ۲۴ درصد بیشتر از شرایط قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی بود. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج سایر پژوهشگران (Al-Barrak, 2006; Sinaki *et al.*, 2007;) که کاهش عملکرد دانه را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند، مطابقت دارد.



شکل۴- اثر متقابل تاریخ کاشت و هیبرید بر وزن هزار دانه

Figure 4. Interaction effects of planting date and hybrids on 1000-grain weight

هیبرید Natali از عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر هیبریدها برخوردار بود، به‌طوری‌که نسبت به هیبرید Danob ۱۶ درصد افزایش عملکرد داشت. این نتایج حاکی از آن بود که آبیاری مناسب و به‌موقع در دستیابی به بیشترین عملکرد دانه در کلزا تاثیرگذار است (جدول ۴). کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش، به‌میزان زیادی به سبب کاهش وزن دانه نسبت به شرایط عدم تنش است. همچنین علت تفاوت عملکرد ارقام می‌تواند اختلاف ژنتیکی بین ارقام در کارآیی آن‌ها برای تبدیل ماده خشک به عملکرد اقتصادی باشد. افت دما، وقوع سرما و یخبندان در ابتدای فصل رشد، شرایط دشوارتری را برای ارقام به وجود آورد. نتیجه به‌دست آمده، با نتایج Gunasekera *et al* (2003) مطابقت دارد. افزایش درصد سقط بذر و غلاف به دلیل کاهش فراهمی فرآورده‌های فتوسنتزی در تنش آخر فصل، از دلایل مهم کاهش عملکرد در کلزا اعلام شده است (Fanaei *et al.*, 2013). به‌نظر می‌رسد که اثر تنش خشکی در طول دوره پر شدن دانه در قیاس با مرحله روزت، بحرانی به‌نظر می‌رسد و در این تیمارها، فراهمی آب کافی طی مراحل مختلف رشد، با اثر مثبت بر اجزای عملکرد (تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه) منجر به بهبود عملکرد دانه کلزا شده است. کاهش عملکرد دانه در تاریخ‌های کاشت تأخیری، احتمالاً به‌دلیل کوچک ماندن گیاه و عدم ذخیره کافی مواد غذایی (کاهش ساخت و ساز مواد فتوسنتزی برای انتقال به دانه) و همچنین کاهش یافتن اندازه پوشش گیاهی از حد مطلوب و کوتاه شدن دوره رشد رویشی بوده است

عملکرد بیولوژیک

اثر سال، تاریخ کاشت، آبیاری و رقم در سطح یک درصد و تاریخ کاشت × رقم و تاریخ کاشت × آبیاری در سطح پنج درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد (جدول ۳).

تاریخ کاشت اول، ۳۹ درصد نسبت به تاریخ کاشت دوم برتری داشت (جدول ۴). همچنین قطع آبیاری (۱۳۵۲۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به آبیاری معمول (۱۷۵۷۱ کیلوگرم در هکتار)، کاهش ۲۳ درصدی در عملکرد بیولوژیک را سبب شد (جدول ۴). گزارش شده است که کمبود آب در دسترس، موجب کاهش شدید عملکرد بیولوژیک کلزا شده است (Wright *et al.*, 1996). کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش کم آبی، توسط پژوهشگران دیگری نیز گزارش شده است (Kumar and Singh, 1998; Niknam *et al.*, 2003). اثر متقابل آبیاری × تاریخ کاشت نشان داد که آبیاری معمول در تاریخ کاشت اول، عملکرد بیولوژیک بالاتری را تولید کرد و نسبت به تاریخ کشت دوم و آبیاری معمول، ۳۸ درصد و نسبت به قطع آبیاری و تاریخ کشت اول، ۲۱ درصد افزایش را نشان داد. در بررسی اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم نیز مشخص شد که هیبرید Natali در شرایط تاریخ کاشت ۱۰ مهر ماه با میانگین ۲۰۶۸۰ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد بیولوژیک را داشت و البته با هیبرید Marathon در گروه مشابه آماری قرار گرفت (جدول ۶). در تاریخ کاشت‌های زودتر، دمای خاک بالاتر است و سرعت جوانه زنی و استقرار گیاهچه افزایش می‌یابد، ولی تاخیر در کاشت، به دلیل افزایش تعداد روزهای ابری و سرد شدن هوا، میزان فتوسنتز و فعالیت‌های سوخت و سازی گیاه را کاهش می‌دهد و از سرعت رشد و نمو و تجمع ماده خشک در برگ‌ها و ساقه‌ها می‌کاهد. در شرایط تنش خشکی، پیری زودرس اندام‌های فتوسنتز کننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه، باعث کاهش کل زیست‌توده تولیدی می‌شود. Pireivatlou *et al* (2010) نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی گزارش کردند. تنش خشکی از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای به دلیل بسته شدن روزنه‌ها و اختلال در متابولیسم باعث کاهش میزان فتوسنتز می‌شود (Lawson *et al*., 2003). محدودیت‌های روزنه‌ای به‌عنوان عامل اصلی کاهش فتوسنتز در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Cornic, 2000).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد هیبریدهای مختلف کلزای مورد بررسی، به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تاریخ کاشت و تنش خشکی قرار گرفت. با توجه به این‌که این هیبریدها در تاریخ کشت ۱۰ مهر نسبت به ۱۰ آبان عملکرد بیشتری داشتند، بنابراین ۱۰ مهر ماه به عنوان بهترین تاریخ برای کشت آن‌ها در شرایط آب و هوایی کرج پیشنهاد می‌شود، زیرا تاخیر در کاشت کلزا موجب کاهش اجزای عملکرد و به‌تبع آن عملکرد دانه می‌شود. عملکرد هیبریدهای کلزای مورد بررسی در این پژوهش، تحت تاثیر تنش کم آبی در مرحله گل‌دهی و نیز شرایط آب و هوایی در سال‌های مختلف قرار گرفت که لزوم توجه به نیاز آبی این محصول در طی رشد را نشان می‌دهد. در این بین، هیبرید Natali در هر دو تاریخ کاشت، از عملکرد بیشتری نسبت به سایر هیبریدهای مورد بررسی برخوردار بود. بنابراین در بین هیبریدهای مورد بررسی و برای دستیابی به حداکثر عملکرد، هیبرید Natali جهت کشت در شرایط آب و هوایی کرج پیشنهاد می‌شود.

REFERENCES

1. Al-Barrak, K. M. (2006). Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of canola (*Brassica napus* L.). *Scientific Journal of King Faisal University.* Al-Hassa, Saudi Arabia. 7(1), 87-102.
2. Amiri Oghan, H., Alemzadeh- Khoomaram, M. H. & Javidfar, F. (2004). Stability of seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus*) genotypiesStability of grain yield in spring rapeseed genotypes. *Iranian Journal of Agricultural Crop Sciences of Iran*, 6(3), 203-214.
3. Baljain, R. & Shekari, F. (2012). Effects of priming by salicylic acid on yield and growth indices of safflower (*Carthamus tinctorus* L.) plants under end season drought stress. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *22*(1): 87-103.
4. Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Lotfabadi, S. S. & Mohamadian, A. (2010). Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field Crops Research*, 118(2), 105-114.

5. Cornic, G. (2000). Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture by affecting ATP synthesis. *Trends Plant Science,* 5, 187–188.
6. Davari, A. (2017). Influence of drought stress on plant height, biological yield and grain yield of rapeseed in Khash region. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 6(1), 4-6.
7. Fanaei, H. R., Galavi, M., Kafi, M. & Shirani-rad, A. H. (2013). Interaction of water deficit stress and potassium application on potassium, calcium, magnesium concentration and oil of two species of canola (*Brassica napus* L.) and mustard (*Brassica juncea* L.). *Iranian Journal of Soil and Water Knowledge*, 23(3), 261-275. (In Persian with English Summary).
8. Ghobadi, M. (2006). *Effect of drought stress and heat of end of growth period on morphophysiological characteristics and yield of rapeseed cultivars*. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ramin Agricultural College of Agriculture and Research, Iran.
9. Godarzi, A., Bazrafshan, F., zare, M., Faraji, H. & Safahani Langeroodi, A. R. (2017). Studying the effect of drought stress on yield and physiological characteristics in genotypes of canola (*Brassica napus* L.). *Helix Scientific Explorer*, 8, 1250-1258.
10. Gunasekera, C. P., Martin, L. D., Siddique, K. H. M. & Walton, G. H. (2003). Genotype by environment interactions of Indian mustard (*B. Juncea* L.) and Canola (*B. napus* L.) in Mediterranean–type environments. II. Oil and protein concentrations in seed. *European journal of Agronomy,* 25, 13-21.
11. Hammac, W. A., Maaz, T. M., Koenig, R. T., Burke, I. C., & Pan, W. L. (2017). Water and temperature stressesi canola (*Brassica napus* L.) fatty acid, protein, and yield over nitrogen and sulfur. *Journal of agricultural and food chemistry*, *65*(48), 10429-10438.
12. Heshmatpure, N. & Yousefi Rad, M. (2012). The effect of PGPR (Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria) on phytoremediation of cadmiums by canola (*Brassica napus* L.) cultivars of Hyola 401. *Annals of Biological Research,* 3(12), 5624-563.
13. Javidfar, F., Rahmanpour, S. & Rudi, D. (2001). *Canola Farming*. *Seed and Plant Improvement Research Institute*, 53 p.
14. Khajehpour, M. R. 2009. *Principles of Agriculture*. Jahad Daneshghahi, Esfahan, Iran. 386 pp.
15. Kumar, A. & Singh, D. D. (1998). Use of physiological Indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed (*Brassica species*). *Annals of Botany*, 81, 413-420.
16. Lawson T., Oxborough, K., Morison, J. I. L. & Baker, N. R. (2003) The responses of guard and mesophyll cell photosynthesis to CO2, O2, light, and water stress in a range of species are similar. *Journal of Experimental Botany,* 54, 1743–52.
17. Ma, Q., Turner, D. W., Levy, D. & Cowling, W. A. (2004). Solute accumulation and osmotic adjustment in leaves of Brassica oilseeds in response to soil water deficit. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55, 939-945.
18. Mirzaei, A., Naseri, R., Moghadam, A. & Esmailpour-Jahromi, M. (2013). The Effects of drought stress on seed yield and some agronomic traits of canola cultivars at different growth stages. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 2 (11), 115-121.
19. Moradshahi, A., Salehi Eskandari, B. & Kholdebarin, B. (2004). Some physiological responses of canola (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Science and Technology*, 28, 43-50.
20. Mostaphi Rad, M., Tahmasebi Sarvestani Z., Modarres Sanavy, S. A. M. & Ghalavand, A. (2010). Effect of nitrogen sources on seed yield, fatty acids composition and micro nutrients content in high yielding rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties. *Seed and Plant Production Journal*, 2 (4), 387-401. (In Persian).
21. Nahar, K., Hasanuzzaman, M., Ahamed, K. U., Hakeem, K. R., Ozturk, M. & Fujita, M. (2015). Plant responses and tolerance to high temperature stress: Role of exogenous phytoprotectants. In *Crop production and global environmental issues* (pp. 385-435). Springer, Cham.
22. Namvar, A. & Khandan, T. (2015). Inoculation of rapeseed under different rates of inorganic nitrogen and sulfur fertilizer: impact on water relations, cell membrane stability, chlorophyll content and yield. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *61*(8), 1137-1149.
23. Nasri, M., Zahedi, H. & Tohidi Moghadam, H. R. (2008). Investigation of water stress on macro elements in rapeseed genotypes leaf (*Brassica napus* L.). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3(4), 669-672. (In Persian)
24. Nasiri, A., Samdaliri, M., Rad, A.S., Shahsavari, N., Kale, A. M. & Jabbari, H. (2017). Effect of plant density on yield and physiological characteristics of six canola cultivars. J*ournal of Scientific Agriculture*, 1, 249-253.
25. Niknam, S. R., Ma, Q. & Turner, W. (2003). Osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* genotypes in a water-limited environmental in south Western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43(9), 1127-1135.

26. Qaderi, M. M., Kurepin, M., Leonid V. & David. R. (2006). Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus* L.) to three components of global climate change: temperature, carbon dioxide and Drought. *Physiologia Plantarum,* 4, 710-721.
27. Pasban Eslam, B. (2009). Evaluation of physiological indices, yield and its components as screening technique for water deficit tolerance in oilseed rape cultivars. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 11, 413-422.
28. Pireivatlou, A. S., Dehdar Masjedlou, B. and Ramiz, T. A. (2010). Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. *African Journal of Agricultural Research,* 5, 2829-2836.
29. Ricker-Gilbert, J., Jumbe, C. & Chamberlin, J. (2014). How does population density influence agricultural intensification and productivity? Evidence from Malawi. *Food Policy*, *48*, 114-128.
30. Rudi, D. (2008). Evaluation of yield and grain yield components of some cultivars of Brassica in normal irrigation and drought stress conditions in Karaj. *Journal of Research in Canola*, *Seed and Plant Improvement Research Institute*, 70 Pp. (In Persian)
31. Safavi Fard, S., Abad, H. H. S., Rad, A. S., Heravan, E. M. & Daneshian, J. (2018). Effect of drought stress on qualitative characteristics of canola cultivars in winter cultivation. *Industrial Crops and Products*, 114, 87-92.
32. Sangtarash, M. H., Qaderi, M. M. Chinnappa, C. C. and Reid, D. M. (2009). Differential sensitivity of canola (*Brassica napus* L.) seedlings to ultra violet -B radiation, water stress and abscisic acid. *Environmental and Expriemental Botany,* 2, 212-219.
33. Shirani Rad, A. H. & Zandi, M. (2012). The effect of drought stress on qualitative and quantitative traits of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Žemdirbystė-Agriculture*, 99(1), 47–54
34. Sinaki M. J., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Noormohamadi, G. & Zarei, G. H. (2007). The effects of water deficit during growth stages of canola (*B. napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 2(4), 417-422.
35. Tohidi-M, H. R., Shirani-Rad, A. H., Nour-Mohammadi, G., Habibi, D.,Modarres-anavy, S. A. M., MashhadiAkbar-Boojar, M. & Dolatabadian, A. (2009). Response of six oil seed rape genotype to water stress and hydrogical application. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 3, 243-250.
36. Wright, P. R., Morgan, J. M., Jossop, R. S. & Cass, A. (1996). Comparative adaptation of canola (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica Juncea* L.) to soil water deficit. *Field Crops Research*, 42, 1-13.