Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 53, No 4, Winter 2023 (63-76)
DOI: 10.22059/IJFCS.2021. 333028.654871

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۳، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۱ (ص۷۶-۶۳)

Relationship between duration and rate of seed filling of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes at three layers of upper, middle and bottom of plant affected by fall and winter sowing dates

Taraneh Samarzadeh Vazhdehfar[1], Farzad Paknejad[*2], Amir Hosein Shirani Rad[3], Hashem Ebrahimi[4]
1,2,4. Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran. 3. Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
(Received: November 1, 2021 - Accepted: November 27, 2021)

ABSTRACT

Growth characteristics, phenological stages, and yield components of crops are affected by environmental conditions and can affect seed yield. The present study evaluated the duration and rate of seed filling at three layers of upper, middle, and bottom, seeds number per plant, and seed yield of five rapeseed genotypes (RGS003, Dalgan, Zabol10, Hyola401, and Hyola4815) in 6 planting dates of fall (7-Oct, 17-Oct, and 27 Oct) and winter (9-Feb, 19-Feb, and 1-Mar). Two separate experiments were performed in autumn and winter as split plots in a randomized complete block design with three replications at the research field of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran in 2015-2016 growing seasons. In each experiment, planting dates and rapeseed genotypes were considered as the main plots and sub-plots, respectively. The results of this study showed that the values of seed yield, single seed weight, seed filling duration, and seeds per plant decreased with delay in planting, especially in winter planting dates. The number of seeds per plant was more effective in final yield formation than the single seed weight, seed filling rate, and seed filling duration. The Dalgan genotype, although having a moderate single seed weight, seed filling rate, and seed filling duration, had the highest seed yield due to its greater number of seeds per plant. Also, the rapeseed genotypes produced the highest grain yield in Oct 7 and Feb 9 planting dates in the fall and winter seasons, respectively.

Keywords: Seed filling duration, seed filling rate, seeds per plant; single seed weight, yield components.

بررسی رابطه سرعت و مدت زمان پر شدن دانه ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) در سه لایه بالایی، میانی و تحتانی بوته تحت تأثیر تاریخ‌های کاشت پاییزه و زمستانه

ترانه ثمرزاده وژده فر[۱]، فرزاد پاکنژاد[۲*]، امیر حسین شیرانی راد[۳]، هاشم ابراهیمی[۴]
۱و۲و۴- به‌ترتیب دانشجو، استاد و دانشجو، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج،
۳- استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج.
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۱۰ - تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۹/۶)

چکیده

خصوصیات رشدی، مراحل فنولوژیک و اجزای عملکرد گیاهان تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند و می‌توانند عملکرد دانه را متأثر سازند. در تحقیق حاضر، سرعت و مدت زمان پر شدن در سه لایه بالا، وسط و پایین بوته، تعداد و عملکرد دانه پنج ژنوتیپ کلزا (RGS003، Dalgan، Zabol10، Hyola401 و Hyola4815) در شش تاریخ کاشت پاییزه (۱۵ مهر، ۲۵ مهر و ۱۰ آبان) و زمستانه (۲۰ بهمن، ۳۰ بهمن و ۱۰ اسفند) مورد ارزیابی قرار گرفت. دو آزمایش جداگانه در پاییز و زمستان به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. در هر آزمایش، تاریخ‌های کاشت به‌عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ‌های کلزا به‌عنوان عامل فرعی درنظر گرفته شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که با تأخیر در کاشت، عملکرد دانه، وزن تک دانه، طول پر شدن دانه و تعداد دانه در بوته به‌خصوص در تاریخ‌های کشت زمستانه کاهش یافت. تعداد دانه در بوته جزء موثرتری در تشکیل عملکرد نهایی نسبت به وزن تک دانه، سرعت پر شدن دانه و طول پر شدن دانه بود و ژنوتیپ Dalgan با وجود این‌که وزن تک دانه، سرعت پر شدن دانه و طول پر شدن دانه متوسطی داشت، به واسطه برتری در تعداد دانه در بوته، بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. همچنین ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ‌های کاشت ۱۵ مهر و ۲۰ بهمن در فصل پاییز و زمستان، بیشترین مقدار عملکرد دانه را تولید کردند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تعداد دانه در بوته، سرعت پر شدن دانه، طول دوره پر شدن دانه، وزن تک دانه.

* Corresponding author E-mail: farzadpaknejad@kiau.ac.ir

مقدمه

کلزا همواره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات دانه روغنی در دنیا به‌شمار می‌رود و سومین دانه روغنی مهم از نظر تولید بعد از نخل روغنی و سویا می‌باشد. بر اساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، کل تولید کلزا در جهان و ایران به‌ترتیب ۷۵ و ۰/۱۴ میلیون هکتار و متوسط عملکرد دانه آن‌ها برابر ۲/۰۷ تن در هکتار است (FAO, 2019). این محصول دانه روغنی عمدتا به دلیل محتوای روغن بالا (حدود ۴۵-۴۰ درصد) مورد توجه است. روغن کلزا نیز به دلیل محتوای کم اسیدهای چرب اشباع شده (۷/۰۷ تا ۹/۵۶ درصد)، محتوای زیادی اسیدهای چرب تک اشباع نشده (۵۴/۳۰ تا ۶۱/۱۹ درصد) و میزان کافی از اسیدهای چرب چند اشباع نشده (۳۱/۴۵ تا ۳۶/۱۴ درصد) یکی از روغن‌های خوراکی رایج است (Beyzi *et al.*, 2019). عوامل متعددی می‌توانند رشد و نمو و عملکرد نهایی دانه گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار دهند. فصل و تاریخ کاشت از جمله عواملی هستند که رشد گیاهان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تغییر در آن‌ها قرار می‌گیرد (Moradi Aghdam *et al.*, 2019; Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2019). در این بین، کلزا با داشتن تیپ‌های رشدی پاییزه و بهاره می‌تواند در تاریخ‌های کشت مختلف پاییز و زمستان مورد کشت و کار قرار گیرد و همین موضوع، سازگاری این گیاه را به شرایط محیطی افزایش داده است. در واقع چنانچه به دلایل مختلف کشاورزان در کشت پاییز با تأخیر مواجه شوند، با توجه به سرمای ابتدای فصل، تأخیر در کاشت پاییزه دارای محدودیت است و اگر کشاورزان نتوانند در زمان مناسب عملیات کاشت را انجام دهند، می‌توانند با انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول در تاریخ‌های مناسب زمستانه، کلزا را کشت کنند (Safavi Fard *et al.*, 2018). در صورت انتخاب تاریخ کاشت مطلوب، کشت ژنوتیپ‌های بهاره در فصل زمستان می‌تواند عملکرد دانه قابل قبولی را تولید نماید (Shirani Rad *et al.*, 2013) در صورت تأخیر در کاشت، مراحل فنولوژیک گیاه تحت تأثیر شرایط محیطی، به‌خصوص دما قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که در کشت‌های دیرهنگام دماهای بیشتر به‌خصوص در مراحل انتهایی رشد باعث افزایش سرعت رشد و کاهش طول دوره‌های رشدی می‌شوند (Safikhani *et al.*, 2019). وزن نهایی دانه، یکی از اجزای موثر بر عملکرد دانه است و به دو عامل سرعت و طول دوره پر شدن دانه بستگی دارد (Bardar *et al.*, 2008). دوره پر شدن دانه، عاملی تعیین کننده در زمان رسیدگی و عملکرد محصول به‌شمار می‌رود. طولانی بودن این دوره، امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدأ به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Vatan Doost *et al.*, 2018). بنابراین در صورت تأخیر در تاریخ کاشت در فصل‌های کاشت پاییزه و زمستانه کلزا لازم است ژنوتیپ‌هایی کشت شوند که از سرعت پر شدن دانه بالاتری برخوردار هستند و عملکرد دانه بالاتری تولید می‌کنند. در تحقیقی Soleymanzadeh & Habibi (2013) برخی صفات فنولوژیک و فیزیولوژیک را در ارقام مختلف کلزا در شرایط آب و هوایی مغان مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه مربوط به ارقامی بود که سرعت پر شدن دانه بیشتری داشتند. نتایج همبستگی نیز حاکی از رابطه مثبت و معنی‌دار (ضریب همسبتگی ۰/۸۱+) بین سرعت پر شدن دانه و عملکرد دانه بود. یافته‌های Forooghi *et al.* (2017) از بررسی ارتباط فنولوژی و صفات فیزیولوژیک با عملکرد دانه کلزا در خراسان شمالی نشان داد که به ازای یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما در دوره پر شدن دانه، طول این دوره به میزان ۱/۵۴ روز کاهش و سرعت پر شدن دانه ۰/۰۰۷ میلی‌گرم بر دانه در روز افزایش یافت و همبستگی مثبت و معنی‌داری (ضریب همبستگی ۰/۵۹+) بین عملکرد دانه با سرعت پر شدن دانه مشاهده شد.

صفات فنولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان زراعی می‌توانند نقش مهم و موثری را در تولید عملکرد نهایی گیاه ایفا کنند و لازم است محققین کشاورزی به‌منظور افزایش تولید گیاهان ،صفات مختلف و روابط بین آن‌ها را بررسی نمایند و در جهت افزایش عملکرد محصول گام بردارند. بر همین اساس، تحقیق حاضر با هدف بررسی

سرعت و مدت پر شدن دانه ژنوتیپ‌های کلزا در سه لایه بالا، وسط و پایین بوته، تحت تأثیر تاریخ‌های کاشت پاییزه و زمستانه و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه و در نهایت گزینش ژنوتیپ برتر از نظر عملکرد دانه و روغن به انجام رسید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به مدت یک سال (۱۳۹۵-۱۳۹۴) در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد. محل آزمایش در ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا با مختصات جغرافیایی ′۵۹ °۳۵ عرض شمالی و ′۷۵ °۵۰ طول شرقی قرار داشت و بر اساس آمار بلند مدت (۳۰ سال)، میانگین بارش سالانه آن ۲۴۳ میلی‌متر بود که بارش‌ها عمدتا در اواخر پاییز و اوایل بهار رخ می‌دهند. داده‌های آب و هوایی به‌صورت ماهانه در طول دوره رشد کلزا در جدول ۱ ارایه شدآمده است.

جدول ۱- بارش و دمای کمینه و بیشینه در طول دوره رشد کلزا (۱۳۹۵-۱۳۹۴) در کرج، ایران.

Table 1. Rainfall (mm), minimum and maximum temperatures (˚C) during growing period of rapeseed (2015-2016) in Karaj, Iran.

Month	2015-2016		
	Minimum temperature (˚C)	Maximum temperature (˚C)	Rainfall (mm)
October	11.4	22.7	15.5
November	4.2	13.2	65.1
December	-0.7	6.9	28.6
January	0.9	10.2	20.3
February	1.4	13.1	11.8
March	6.0	16.6	24.9
April	8.0	20.9	58.8
May	13.6	28.5	13.0
Jun	16.8	32.9	0.0

دو آزمایش جداگانه در دو فصل پاییز و زمستان به‌صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طراحی و اجرا شد. در این تحقیق، تاریخ‌های کشت پاییزه (۱۵ مهر، ۲۵ مهر و۱۰ آبان) و زمستانه (۲۰ بهمن، ۳۰ بهمن و۱۰ اسفند) به‌عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ‌های کلزا (RGS003، Dalgan، Zabol10، Hyola401 و Hyola4815) به‌عنوان عامل فرعی درنظر گرفته شدند. بذر مورد نیاز برای کشت، از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. جزئیات بیشتر در مورد ژنوتیپ‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- گروه رسیدگی، وضعیت ژنتیکی و منشأ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کلزا

Table 2. Maturity group, genetic status, and origin of the studied rapeseed genotypes

Genotype	Maturity group	Genetic status	Origin
RGS003	Mid maturity	Open pollination	Germany
Hyola401	Early maturity	Hybrid	Canada
Hyola4815	Early maturity	Hybrid	Canada
Zabol10	Mid maturity	Promising line	Iran
Dalgan	Early maturity	Open pollination	Iran

هر کرت آزمایشی شامل شش خط به طول شش متر و فاصله بوته‌ها بین و روی خطوط ۳۰ و پنج سانتی‌متر از هم بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. به منظور تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌برداری خاک در دو عمق صفر تا ۳۰و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر به صورت تصادفی از سطح مزرعه انجام شد (جدول ۳). بر همین اساس، خاک مزرعه آزمایشی رسی لومی بود.

کودهای مصرفی بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی کلزا عبارت بودند از: ۱) ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌صورت پایه همزمان با آماده‌سازی بستر بذر و

۲) ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (یک قسمت در زمان کشت ، یک قسمت در شروع ساقه‌دهی و یک قسمت در مرحله ظهور اولین غنچه‌های گل). مبارزه با علف‌های‌هرز از طریق کاربرد ۲/۵ لیتر در هکتار علفکش تریفلورالین قبل از کشت و وجین دستی در طول دوره رشد کلزا و کنترل آفات به ویژه شته مومی با استفاده از سم متاسیستوکس (۱/۵ لیتر در هکتار) صورت پذیرفت. آبیاری نیز بر اساس عرف منطقه انجام شد، به‌طوری‌که تنش کم آبی در بوته‌ها مشاهده نشد. دور آبیاری بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A تنظیم شد و میزان آب ورودی به هر کرت آزمایشی با استفاده از کنتور اندازه‌گیری شد. تعداد آبیاری در تاریخ‌های کشت پاییزه هشت مرتبه (معادل ۵۱۲۰ متر مکعب در هکتار) و در تاریخ‌های کشت زمستانه شش مرتبه (معادل ۳۸۴۰ متر مکعب در هکتار) بود.

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش

Table 3. Physiochemical properties of the studied field soil

Year	Depth (cm)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	pH	EC (dS m^{-1})	OC (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
2015-2016	0-30	0.09	14.7	197	7.9	1.45	0.91	28	47	25
	30-60	0.07	15.8	155	7.2	1.24	0.99	25	49	26

N: نیتروژن، P: فسفر، K: پتاسیم، EC: هدایت الکتریکی، OC: کربن آلی

N: nitrogen, P: Phosphorous, K: potassium, EC: electrical conductivity, OC: organic carbon

به‌منظور اندازه‌گیری سرعت پر شدن دانه، سه بوته کلزا به‌صورت تصادفی برداشت شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، هر یک از شاخه‌های اصلی و فرعی هر بوته به سه قسمت مساوی تحتانی، میانی و بالایی تقسیم شدند و پس از قرار گرفتن در آون الکتریکی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد، نسبت به خشک کردن آن‌ها اقدام شد. پس از خشک شدن بوته‌ها، ۵۰ دانه از آن‌ها انتخاب و توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ وزن شد و پایه برآورد مولفه رشد دانه را تشکیل داد (Kafi *et al.*, 2001)، به‌طوری‌که عدد حاصل بر ۵۰ تقسیم شد تا وزن خشک یک عدد بذر بدست آید. با تعیین ضرایب رگرسیون a، b و c و برازش آن‌ها مشخص شد که تغییران وزن دانه و زمان نمونه‌برداری از معادله درجه دوم تبعیت می‌کند. از آن‌جا که بیشترین وزن خشک بذر در مرحله رشد خطی قرار دارد، بنابراین با حذف نقاط غیرخطی و با صرف نظر کردن از تجمع ماده خشک در طی مراحل تأخیری در آغاز و پایان رشد بذر، وزن خشک بذر بر حسب زمان در طی شروع و پایان مرحله رشد خطی دانه محاسبه شد (Kafi *et al.*, 2001). شیب خط رگرسیون به‌عنوان سرعت موثر پر شدن دانه بر اساس معادله ۱ برآورد شد.

معادله ۱ $$\text{Seed filling rate}=\frac{\sum XY-(\sum X)(\sum Y)/n}{\sum X^2-(\sum X)^2/n}$$

که در آن، X :روزهای نمونه‌برداری و Y: وزن دانه و n تعداد نمونه‌برداری می‌باشد.

همچنین با توجه به وزن نهایی دانه، دوره موثر پر شدن دانه از رابطه زیر به‌دست آمد (Naderi *et al.*, 2000):

$$\text{دوره موثر پر شدن دانه} = \frac{\text{وزن نهایی دانه}}{\text{سرعت پرشدن دانه}}.$$

با نزدیک شدن بوته‌های کلزا به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و عملکرد دانه با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه گیری و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.2 انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که برهمکنش دوگانه ژنوتیپ و تاریخ کاشت در هر دو فصل پاییز و زمستان بر تمامی صفات بجز وزن تک دانه غلاف تحتانی در فصل پاییز، سرعت پر شدن دانه کل در فصل پاییز و عملکرد دانه در هر دو فصل پاییز و زمستان معنی‌دار بود. برای صفت وزن تک دانه غلاف تحتانی در فصل پاییز، اثرات اصلی ژنوتیپ و تاریخ کاشت،

سرعت پر شدن دانه کل در فصل پاییز، اثر اصلی ژنوتیپ، عملکرد دانه در هر دو فصل پاییز و زمستان و اثرات اصلی ژنوتیپ و تاریخ کاشت از نظر آماری معنی‌دار بودند (جدول ۲).

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی کلزا تحت تأثیر ژنوتیپ و تاریخ کاشت در دو فصل پاییز و زمستان در فصل رشد ۱۳۹۴-۱۳۹۵.

Table 4. Variance analysis of the studied traits of rapeseed affected by genotype (G) and sowing date (SD) in two seasons (fall and winter) during 2015-2016 growing seasons.

Season	S.O.V	df	Single seed weight within upper pod	Single seed weight within middle pod	Single seed weight within bottom pod	Total single seed weight within pod	Upper seed filling rate	Middle seed filling rate	Bottom seed filling rate
Fall	R	2	0.13	0.02	0.04	0.005	0.0001	0.00002	0.00001
	SD	2	0.23*	0.11	0.36*	0.24**	0.00007	0.001**	0.0002*
	Ea	4	0.05	0.05	0.06	0.01	0.00004	0.00003	0.00001
	G	4	0.51**	0.15	0.43**	0.18**	0.001**	0.0006**	0.0003**
	SD×G	8	0.72**	0.35**	0.17	0.24**	0.0009**	0.0005**	0.001**
	Eb	24	0.03	0.04	0.05	0.002	0.000003	0.00002	0.000001
	CV (%)		6.44	6.12	7.15	3.47	6.31	6.04	7.01
Winter	R	2	0.005	0.001	0.05	0.009	0.0006*	0.0001	0.00003
	SD	2	0.85**	1.33**	0.26	0.48**	0.003**	0.01**	0.014**
	Ea	4	0.06	0.03	0.11	0.02	0.0001	0.00002	0.00008
	G	4	0.61**	0.75**	0.68**	0.44**	0.0005**	0.003**	0.001**
	SD×G	8	0.47**	1.008**	0.32**	0.30**	0.0008**	0.002**	0.003**
	Eb	24	0.05	0.02	0.08	0.01	0.00001	0.00001	0.00006
	CV (%)		7.96	7.03	7.65	3.10	7.78	9.07	6.56

* و **: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: significant at the 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively.

جدول ۴- ادامه.

Table 4. Continued.

Season	S.O.V	df	Total seed filling rate	Upper seed filling duration	Middle seed filling duration	Bottom seed filling duration	Total seed filling duration	Seeds per plant	Seed yield
Fall	R	2	0.0006*	46.13*	2.005	9.63	39.40	238217*	1801896.2*
	SD	2	0.00001	9.85	199.14**	10.25	7.07	48621383**	8546564.07**
	Ea	4	0.00008	16.45	7.34	4.38	7.65	26919	160106.47
	G	4	0.0008**	136.23**	37.46	13.99	60.50*	2441635**	495860.58**
	SD×G	8	0.0003	135.91**	111.29**	186.03**	53.36**	615310**	184895.68^{ns}
	Eb	24	0.00005	12.66	5.30	4.10	5.46	173537	94001.71
	CV (%)		10.20	9.54	10.03	10.25	10.79	10.39	6.69
Winter	R	2	0.00005	20.48	5.16	7.28	6.82	126485	4924.02
	SD	2	0.10**	103.59**	1924.41**	206.91**	1940.98**	12788968**	51156225.62**
	Ea	4	0.00004	4.86	2.44	8.34	15.64	295307	95717.62
	G	4	0.001**	5.52	708.39**	140.23**	214.95**	512143**	652990.14**
	SD×G	8	0.001**	26.59*	312.29**	51.12**	183.80**	97842**	144351.26^{ns}
	Eb	24	0.00003	3.66	1.44	6.65	13.63	24497	76744.59
	CV (%)		8.44	12.32	12.32	9.60	9.99	9.54	10.73

* و **: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: significant at the 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively.

وزن تک دانه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که پاسخ ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر وزن تک دانه در غلاف‌های بالایی، میانی و پایینی بوته‌های کلزا به تاریخ‌های کاشت در هر دو فصل پاییز و زمستان متفاوت بود (جدول ۵، ۶). به‌طورکلی میانگین وزن تک دانه ژنوتیپ‌های کلزا در هر سه تاریخ کاشت پاییزه در غلاف‌های بالایی، میانی، پایینی و کل به‌ترتیب برابر ۳/۹، ۴/۴، ۴/۵ و ۴/۲ میلی‌گرم بود (جدول ۳، ۷). همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار وزن تک دانه در غلاف‌های بالایی در تاریخ‌های کاشت ۱۵ و ۲۵ مهر و ۱۰ آبان با مقادیر ۴/۲۸، ۴/۶۹ و ۴/۳۶ میلی‌گرم متعلق به ژنوتیپ‌های RGS003، Hyola4815 و RGS003 بود.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه کلزا تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و تاریخ کاشت در پاییز.

Table 5. Means comparison of the studied traits of rapeseed affected by the genotype and sowing date interaction in fall.

Sowing date	Cultivar	Single seed weight within upper pod (mg)	Single seed weight within middle pod (mg)	Total single seed weight within pod (mg)	Upper seed filling rate (mg day^{-1})	Middle seed filling rate (mg day^{-1})	Bottom seed filling rate (mg day^{-1})	Upper seed filling duration (day)	Middle seed filling duration (day)	Bottom seed filling duration (day)	Total seed filling duration (day)	Seeds per plant
7-Oct	RGS003	4.28a	4.29a	4.11b	0.090bc	0.103b	0.130a	47.48a	41.47ab	34.15b	36.83ab	5302b
	Dalgan	3.61b	4.22a	3.89c	0.104b	0.118b	0.118a	34.58c	42.00ab	39.38b	34.48ab	6571a
	Zabol10	3.36b	4.54a	4.06b	0.086c	0.075b	0.075c	38.95bc	48.84a	49.15a	41.56a	5036b
	Hyola401	4.20a	4.53a	4.49a	0.101bc	0.090b	0.090b	41.34ab	46.97a	51.04a	36.11ab	5332b
	Hyola4815	3.47b	4.27a	3.90c	0.139a	0.128a	0.128a	25.26d	33.23b	33.34b	29.68b	6930a
17-Oct	RGS003	3.55c	3.74c	3.72c	0.109b	0.107a	0.106b	32.59b	34.70b	40.40a	33.69b	4234ab
	Dalgan	3.53c	4.34b	4.26b	0.092c	0.117a	0.124ab	38.37ab	37.03ab	40.91a	34.45b	4779a
	Zabol10	3.95bc	4.72a	4.36b	0.088c	0.115a	0.116ab	44.99a	40.96ab	40.43a	43.51a	3552cd
	Hyola401	4.46ab	4.70ab	4.60ab	0.112b	0.120a	0.107b	40.04ab	39.59ab	43.96a	35.78b	3404d
	Hyola4815	4.69a	4.87a	4.76a	0.139a	0.111a	0.127a	33.74b	43.82a	35.68a	38.09ab	3792bc
27-Oct	RGS003	4.36a	4.42ab	4.34a	0.101c	0.097d	0.095c	43.12a	45.50a	48.39a	43.97a	2477ab
	Dalgan	3.37c	4.68a	4.08b	0.125a	0.140a	0.109b	27.03c	33.40bc	41.85b	32.32c	2862a
	Zabol10	4.31a	4.14b	4.24ab	0.111b	0.137a	0.115b	38.71a	30.06c	36.21bc	35.03bc	1898b
	Hyola401	3.55c	4.14b	4.13ab	0.109b	0.115c	0.131a	32.62b	35.68b	33.42c	33.24bc	1866b
	Hyola4815	3.87b	4.12b	4.13ab	0.095c	0.130b	0.090c	40.43a	31.50bc	49.55a	37.49b	2069b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون برای هر تیمار، از لحاظ آماری و در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in the same columns for the same treatment are not significantly different at 5% of probability level.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه کلزا تحت تأثیر برهمکنش ژنوتیپ و تاریخ کاشت در زمستان.

Table 6. Means comparison of the studied traits of rapeseed affected by genotype and sowing date interaction in winter.

Sowing date	Genotype	Single seed weight within upper pod (mg)	Single seed weight within middle pod (mg)	Single seed weight within bottom pod (mg)	Total single seed weight within pod (mg)	Upper seed filling rate (mg day^{-1})	Middle seed filling rate (mg day^{-1})	Bottom seed filling rate (mg day^{-1})	Upper seed filling duration (day)	Middle seed filling duration (day)	Bottom seed filling duration (day)	Total seed filling duration (day)	Seed per plant
9-Feb	RGS003	3.63b	3.58b	3.60b	3.58c	0.168ab	0.148a	0.144a	21.50b	24.18c	25.01c	30.65b	3073a
	Dalgan	3.50b	4.21a	4.19ab	3.82b	0.149bc	0.112b	0.065c	23.65ab	37.52b	64.05a	56.11a	3051a
	Zabol10	4.49a	4.44a	4.29a	4.34a	0.176a	0.070c	0.085b	25.55a	63.67a	50.29b	56.97a	2407b
	Hyola401	3.85b	4.51a	4.14ab	4.24a	0.171a	0.146a	0.069c	22.63ab	30.92bc	60.05a	49.40a	2250b
	Hyola4815	3.48b	3.44b	3.61b	3.55c	0.144c	0.054d	0.072c	24.11ab	63.12a	50.11b	55.11a	2438b
19-Feb	RGS003	2.72b	3.80b	3.92b	3.48b	0.123b	0.133a	0.172a	22.05dc	28.61bc	22.72b	34.05b	1435b
	Dalgan	3.52a	3.26c	4.28a	3.62ab	0.156a	0.150a	0.157b	22.57ab	22.41c	27.25b	29.01b	1868a
	Zabol10	3.47a	3.88b	3.96b	3.78a	0.131ab	0.087b	0.084d	26.56bc	44.65a	47.39a	34.41b	1242b
	Hyola401	3.54a	3.31c	3.35c	3.28c	0.151a	0.158a	0.131c	23.92d	20.89c	25.57b	40.74a	1351b
	Hyola4815	3.42a	4.61a	3.25c	3.77a	0.139ab	0.131a	0.136c	24.60a	35.30b	23.97b	28.85b	1357b
1-Mar	RGS003	3.33b	2.45c	3.44c	3.27c	0.115c	0.141c	0.118b	29.45a	17.34b	29.00a	21.50d	752b
	Dalgan	3.63b	3.54ab	3.51bc	3.40bc	0.111c	0.151bc	0.122b	32.72a	23.47a	28.67a	24.05cd	1090a
	Zabol10	3.23b	3.41b	4.10ab	3.64b	0.137b	0.160b	0.163a	23.60a	21.32ab	25.36ab	25.65bc	748b
	Hyola401	4.43a	4.14a	4.17a	4.30a	0.146ab	0.167ab	0.180a	30.24a	24.83a	23.06b	27.99b	678b
	Hyola4815	3.85ab	3.67ab	3.41c	3.40bc	0.152a	0.185a	0.136b	25.23b	19.95ab	25.08ab	39.49a	866ab

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون برای هر تیمار، از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in the same columns for the same treatment are not significantly different at 5% of probability level.

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه، وزن تک دانه در غلاف پایین و سرعت پر شدن دانه کل تحت تأثیر اثرات ساده تاریخ کاشت و ژنوتیپ در فصل‌های پاییز و زمستان.

Table 7. Means comparison of the seed yield, single seed weight within bottom pod, and total pod filling rate affected by main effects of sowing date and genotype in fall and winter seasons.

	Seed yield (kg ha^{-1})				Single seed weight within bottom pod (mg)		Total seed filling rate (mg day^{-1})	
Treatment	Fall		Winter		Fall		Fall	
Sowing date	7-Oct	5379.7a	9-Feb	3110.8a	7-Oct	4.33b	-	-
	17-Oct	4488.9b	19-Feb	2679.0b	17-Oct	4.64a	-	-
	27-Oct	3878.8c	1-Mar	1955.1c	27-Oct	4.45ab	-	-
Genotype	RGS003	4606.02b	RGS003	2711.2ab	RGS003	4.46abc	RGS003	0.107b
	Dalgan	4944.9a	Dalgan	2977.4a	Dalgan	4.77a	Dalgan	0.122a
	Zabol10	4376.4b	Zabol10	2352.7c	Zabol10	4.16c	Zabol10	0.106b
	Hyola401	4370.03b	Hyola401	2332.4c	Hyola401	4.57ab	Hyola401	0.127a
	Hyola4815	4614.4b	Hyola4815	2534.3bc	Hyola4815	4.43bc	Hyola4815	0.123a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون برای هر تیمار، از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in the same columns for the same treatment are not significantly different at 5% of probability level.

در سه تاریخ کاشت پاییزه، ژنوتیپ‌های Zabol10، Hyola4815 و Dalgan بیشترین مقدار وزن تک دانه در غلاف‌های میانی را با مقادیر ۴/۵۴، ۴/۸۷ و ۴/۶۷ میلی‌گرم به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های Hyola401، Hyola4815 و RGS003 در این سه تاریخ کاشت بیشترین مقادیر وزن تک دانه در غلاف‌های پایینی (۴/۴۹، ۴/۷۶ و ۴/۳۴ میلی‌گرم) را تولید کردند. نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفت وزن تک دانه در غلاف‌های پایینی بوته‌های کلزا نشان داد که بیشترین مقدار این صفت در بین تاریخ‌های کاشت، در ۲۵ مهر و در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در ژنوتیپ Dalgan به‌دست آمد (جدول ۷). میانگین وزن دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در تاریخ‌های کاشت زمستانه در غلاف‌های بالایی، میانی، پایینی و کل، به‌ترتیب معادل ۳/۶۰، ۳/۷۵، ۳/۸۱ و ۳/۶۹ میلی‌گرم به ثبت رسید (جدول ۶). در تاریخ‌های کشت زمستان، واکنش ژنوتیپ‌ها از نظر وزن تک دانه در لایه‌های مختلف متفاوت بود (جدول ۶)، به‌طوری که بیشترین مقدار وزن تک دانه در غلاف‌های بالایی در تاریخ‌های کاشت ۲۰ و ۳۰ بهمن و۱۰ اسفند با مقادیر ۴/۴۹، ۳/۵۴ و ۴/۴۳ میلی‌گرم، به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های Zabol10، Hyola401 و Hyola401 بود. در سه تاریخ کاشت زمستانه، ژنوتیپ‌های Hyola401، Hyola4815 و Hyola401 بیشترین مقدار وزن تک دانه در غلاف‌های میانی را با مقادیر ۴/۵۱، ۴/۶۱ و ۴/۱۴ میلی‌گرم به خود اختصاص دادند. ژنوتیپ‌های Zabol10، Dalgan و Hyola401 در این سه تاریخ کاشت، مقادیر وزن تک دانه در غلاف‌های پایینی (۴/۲۹، ۴/۲۸ و ۴/۱۷ میلی‌گرم) را تولید کردند. در نهایت، ژنوتیپ‌های Hyola401، Zabol10 و Hyola401 با میانگین‌های ۴/۲۴، ۳/۷۸ و ۴/۲۰ میلی‌گرم به‌ترتیب در تاریخ‌های کاشت زمستانه ۲۰ و۳۰ بهمن و ۱۰ اسفند، بیشترین وزن تک دانه غلاف کل را داشتند. وزن تک دانه آخرین، جزء عملکردی در کلزا است که در طول نمو گیاه شکل می‌گیرد و نسبت به سایر اجزای عملکرد، شرایط محیطی تأثیر کمتری بر آن دارد (Diepenbrock, 2000). با توجه به الگوهای گلدهی، شروع رشد بذر غلاف‌ها در شاخه‌های مختلف به‌طور قابل توجهی متفاوت است و رشد بذر بستگی به جایگاه غلاف در بوته دارد (Illiprontijr *et al.*, 2000). نتایج این تحقیق نیز موید همین موضوع است و وزن تک دانه با توجه به جایگاه غلاف در لایه‌های مختلف متغیر است. از طرفی، تاریخ کاشت به عنوان یک عامل که موجب تغییر شرایط محیطی برای گیاه می‌شود، تغییرات محدودی روی وزن تک دانه کلزا در هر سه لایه مورد بررسی داشت. به عنوان مثال، در مقایسه با تاریخ کاشت ۱۵ مهر، وزن تک دانه از ۱/۶- درصد برای وزن تک دانه در غلاف میانی در تاریخ کاشت پاییزه ۱۰ آبان تا ۶/۷+ درصد برای وزن تک دانه در غلاف بالایی در تاریخ کاشت پاییزه ۲۵ مهر متغیر بود. در مقایسه با تاریخ کاشت ۲۰ بهمن، وزن تک دانه با تأخیر در کاشت،

یک کاهش جزئی از ۲/۵- درصد برای وزن تک دانه غلاف بالایی در تاریخ کاشت ۱۰ اسفند تا ۱۲- درصد برای وزن تک دانه غلاف بالایی در تاریخ کاشت ۳۰ بهمن نشان داد. این موارد نشان‌دهنده تأثیر منفی تأخیر در کاشت در زمستان بر وزن دانه نسبت به کاشت در پاییز بود. در تأیید نتایج این تحقیق، Shirani Rad *et al.* (2021) با بررسی عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا در سه تاریخ کاشت زمستانه بیان کردند که وزن دانه با تأخیر در کاشت، کاهش معنی‌داری پیدا کرد. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از نظر وزن تک دانه در لایه‌های مختلف را می‌توان به اختلاف در ساختار ژنتیکی نسبت داد (Forooghi *et al.*, 2017; Eyni-Nargeseh *et al.*, 2020).

سرعت پر شدن دانه

نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی ژنوتیپ نشان داد که بیشترین سرعت پر شدن دانه کل به Hyola401 با میانگین ۰/۱۲۷ میلی‌گرم بر روز تعلق داشت (جدول ۷). سرعت پر شدن دانه ژنوتیپ‌های کلزا در سه لایه بالایی، میانی و پایینی به‌طور متفاوتی به تاریخ‌های کاشت در هر دو فصل پاییز و زمستان پاسخ دادند (جدول ۵، ۶). سرعت پر شدن دانه‌های بالایی، میانی و پایینی ژنوتیپ‌ها (به‌طور میانگین بین همه ژنوتیپ‌ها و تاریخ‌های کاشت) در فصل پاییز به‌ترتیب ۰/۱۰۷، ۰/۱۱۲ و ۰/۱۱۲ میلی‌گرم بر روز بود. نتایج نشان داد که در تاریخ‌های کاشت پاییزه ۱۵ و مهر و۱۰ آبان، بالاترین سرعت پر شدن دانه در لایه بالایی به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های Hyola4815 (۰/۱۳۹ میلی‌گرم بر روز)، Hyola4815 (۰/۱۳۹ میلی‌گرم بر روز) و Dalgan (۰/۱۲۵ میلی‌گرم بر روز)، در لایه میانی متعلق به ژنوتیپ‌های Hyola4815 (۰/۱۲۸ میلی‌گرم بر روز)، Hyola401 (۰/۱۲۰ میلی‌گرم بر روز) و Dalgan (۰/۱۴۰ میلی‌گرم بر روز) و در لایه پایینی متعلق به ژنوتیپ‌های RGS003 (۰/۱۳۰ میلی‌گرم بر روز)، Hyola4815 (۰/۱۲۷ میلی‌گرم بر روز) و Hyola401 (۰/۱۲۱ میلی‌گرم بر روز) بود (جدول ۵). در تاریخ‌های کاشت زمستانه ۲۰ و ۳۰ بهمن و۱۰ اسفند، بیشینه سرعت پر شدن دانه در لایه بالایی به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های Zabol10 (۰/۱۷۶ میلی‌گرم بر روز)، Dalgan (۰/۱۵۶ میلی‌گرم بر روز) و Hyola4815 (۰/۱۵۲ میلی‌گرم بر روز)، در لایه میانی متعلق به ژنوتیپ‌های RGS003 (۰/۱۴۸ میلی‌گرم بر روز)، Hyola401 (۰/۱۵۸ میلی‌گرم بر روز) و Hyola4815 (۰/۱۸۰ میلی‌گرم بر روز) و در لایه پایینی متعلق به ژنوتیپ‌های RGS003 (۰/۱۴۴ میلی‌گرم بر روز)، RGS003 (۰/۱۷۲ میلی‌گرم بر روز) و Hyola401 (۰/۱۸۰ میلی‌گرم بر روز) بود (جدول ۶). همان‌گونه که گفته شد، پاسخ ژنوتیپ‌ها به تأخیر در کاشت در دو فصل پاییز و زمستان از نظر سرعت پر شدن دانه در لایه‌های مختلف بوته متفاوت بود. به‌طورکلی در تاریخ‌های کاشت پاییزه، تأخیر در کاشت در بیشتر ژنوتیپ‌ها باعث افزایش جزئی در سرعت پر شدن دانه کلزا شد، اما در تاریخ‌های کشت زمستانه مشاهده شد که سرعت پر شدن دانه غلاف‌های بالایی بوته‌های کلزا با تأخیر در کاشت کاهش یافتند، درحالی‌که سرعت پر شدن دانه غلاف‌های میانی و پایینی در این شرایط روند افزایشی داشتند. سرعت متوسط و دوره پر شدن دانه، دو عامل موثر در تعیین اندازه نهایی دانه هستند. سرعت پر شدن دانه نیز تحت تاثیر عوامل گیاهی (روابط منبع-مخزن) و عوامل محیطی (دما، آب و نیتروژن) قرار می‌گیرد (Egli, 2006). سرعت پر شدن دانه به تعداد سلول‌های آندوسپرم که بعد از گرده افشانی به‌وجود می‌آیند بستگی دارد (Hey & Walker, 1989) و با کاهش دما کاهش می‌یابد. سرعت پر شدن دانه به‌طور نزدیکی با وزن نهایی دانه مرتبط است (Santiveri *et al.*, 2002)، درحالی‌که ارتباط دوره پر شدن دانه با وزن نهایی دانه به شرایط محیطی و رقم بستگی دارد (Egli, 2004). در این میان بدیهی است که سرعت پر شدن دانه در بین ژنوتیپ‌های مربوط به یک گیاه متفاوت باشد که دلیل آن نیز تفاوت در ساختار ژنتیکی آن‌هاست (Safikhani *et al.*, 2019).

طول دوره پر شدن دانه

طول دوره پر شدن دانه ژنوتیپ‌های مورد آزمون مانند وزن تک دانه و سرعت پر شدن دانه در هر سه لایه بالایی، میانی، پایینی و کل، عکس العمل متفاوتی در تاریخ‌های کشت پاییزه و زمستانه داشت (جدول ۵، ۶). به‌طورکلی، طول دوره پر شدن دانه غلاف‌های بالایی،

میانی، پایینی و کل (میانگین ژنوتیپ‌ها و تاریخ‌های کاشت) در فصل پاییز به‌ترتیب ۳۷، ۴۰، ۴۱ و ۳۶ روز بود (جدول ۵). نتایج نشان داد که در تاریخ‌های کاشت پاییزه ۱۵ و ۲۵ مهر و۱۰ آبان، بیشترین طول دوره پر شدن دانه در لایه بالایی به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های RGS003 (۴۷/۴۸ روز)، Zabol10 (۴۴/۹۹ روز) و RGS003 (۴۳/۱۲ روز)، در لایه میانی متعلق به ژنوتیپ‌های Zabol10 (۴۸/۸۴ روز)، Hyola4815 (۴۳/۸۲ روز) و RGS003 (۴۵/۵۰ روز)، در لایه پایینی متعلق به ژنوتیپ‌های Hyola401 (۵۱/۰۴ روز)، Hyola401 (۴۳/۹۶ روز) و Hyola4815 (۴۹/۵۵ روز) و کل متعلق به ژنوتیپ‌های Zabol10 (۴۱/۵۶ روز)، Zabol10 (۴۳/۵۱ روز) و RGS003 (۴۳/۹۷ روز) بود (جدول ۵). در تاریخ‌های کاشت زمستانه ۲۰ و ۳۰ بهمن و۱۰ اسفند، بیشینه طول دوره پر شدن دانه در لایه بالایی به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های Zabol10 (۲۵/۵۵ روز)، Zabol10 (۲۶/۵۶ روز) و Dalgan (۳۲/۷۲ روز)، در لایه میانی در ژنوتیپ‌های Zabol10 (۶۳/۶۷ روز)، Zabol10 (۴۴/۶۵ روز) و Hyola401 (۲۴/۸۳ روز)، در لایه پایینی در ژنوتیپ‌های Dalgan (۶۴/۰۵ روز)، Zabol10 (۴۷/۳۹ روز) و RGS003 (۲۹/۰۰ روز) و کل در ژنوتیپ‌های Zabol10 (۵۶/۹۷ روز)، Hyola401 (۴۰/۷۴ روز) و Hyola4815 (۳۹/۴۹ روز) مشاهده شد (جدول ۶). دوره پر شدن دانه، مرحله‌ای اصلی و مهم برای تشکیل عملکرد دانه می‌باشد و طولانی بودن این دوره باعث انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدأ به مقصد و در نتیجه عملکرد بیشتر می‌شود (Grant, 1989). درصورتی‌که در دوره پر شدن دانه دمای هوا بالا رود، طول این دوره کاهش پیدا می‌کند و اگر گیاه نتواند از طریق افزایش سرعت پر شدن دانه این کاهش طول دوره پر شدن دانه را جبران کند، ممکن است عملکرد نهایی محصول تحت تأثیر قرار گیرد و کاهش یابد. در تحقیقی، Seyed Ahmadi *et al.* (2012) با مطالعه فنولوژیکی روند رشد ارقام کلزا در سه تاریخ کاشت در شرایط آب و هوایی اهواز دریافتند که طول دوره زایشی و رسیدگی کلزا با تأخیر در کاشت کاهش یافت. در یک مطالعه Forooghi *et al.* (2017) ارتباط فنولوژی و صفات فیزیولوژیک را با عملکرد دانه کلزا در خراسان شمالی بررسی و گزارش کردند که سرعت پر شدن دانه در تعیین وزن دانه موثرتر از طول پر شدن دانه است و امکان افزایش عملکرد دانه از طریق افزایش وزن دانه وجود دارد.

تعداد دانه در بوته

یافته‌های حاصل از مقایسه میانگین‌ها (میانگین تاریخ‌های کاشت و ژنوتیپ) نشان داد که تعداد دانه در بوته‌های کلزا در فصل پاییز (۴۰۰۷) بیشتر از فصل زمستان (۱۶۴۰) بود (جدول ۵، ۶). از سوی دیگر، تأخیر در کاشت موجب کاهش تعداد دانه در بوته برای تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد، به‌طوری‌که در فصل پاییز، میانگین تعداد دانه در بوته ژنوتیپ‌ها در تاریخ کاشت ۱۵ مهر برابر ۵۸۳۴ بود و در تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر و ۱۰ آبان، کاهش‌های ۳۲ و ۶۲ درصدی برای تعداد دانه در بوته به ثبت رسید؛ همچنین میانگین تعداد دانه در بوته ژنوتیپ‌ها در تاریخ کاشت ۲۰ بهمن ۲۶۴۴ بود و در تاریخ‌های کاشت ۳۰ بهمن و ۱۰ اسفند به‌ترتیب کاهش ۴۵ و ۶۹ درصدی مشاهده شد (جدول ۵، ۶). پاسخ ژنوتیپ‌ها به تاریخ‌های کاشت پاییزه و زمستانه از نظر تعداد دانه در بوته متفاوت بود. بر همین اساس، بیشترین تعداد دانه در بوته در تاریخ‌های کاشت پاییزه ۱۵ . ۲۵ مهر و ۱۰ آبان به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های Hyola4815 (۶۹۳۰)، Dalgan (۴۷۷۹) و Dalgan (۲۸۶۲) بود (جدول ۵). در تاریخ‌های کاشت زمستانه ۲۰ و ۳۰ بهمن و ۱۰ اسفند نیز به ترتیب ژنوتیپ‌های RGS003، Dalgan و Dalgan بیشترین تعداد دانه را با مقادیر ۳۰۷۳، ۱۸۶۸ و ۱۰۹۰ به خود اختصاص دادند (جدول ۵). تعداد دانه در بوته، یکی از اجزای اصلی عملکرد کلزا به شمار می‌رود که تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی قرار می‌گیرد (Diepenbrock, 2000; Eyni-Nargeseh *et al.*, 2020). شرایط بهینه برای کلزا به‌ویژه در مراحل گلدهی و رشد و توسعه خورجین‌ها، موجب افزایش تعداد دانه در خورجین و در نتیجه عملکرد در واحد سطح می‌شود (Mendham & Salisbury, 1995). در تحقیق حاضر مشاهده شد زمانی که کاشت کلزا با تأخیر مواجه شد، به دلیل این‌که دوره

زایشی گیاه به لحاظ دمایی در شرایط نامساعدتری نسبت به تاریخ‌های کاشت زودهنگام قرار گرفت، تعداد دانه در بوته برای همه ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. در راستای نتایج این مطالعه، پژوهشی که توسط Shirani Rad *et al.* (2021) انجام شد نشان داد که تعداد دانه ژنوتیپ‌های کلزا با تأخیر در کاشت به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند.

عملکرد دانه

عملکرد دانه (میانگین ژنوتیپ‌ها و تاریخ‌های کاشت) به‌طور قابل توجهی در کشت پاییزه (۴۵۸۲ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از کشت زمستانه (۲۵۸۲ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۷). از سوی دیگر، تأخیر در کاشت کلزا باعث کاهش عملکرد دانه تمامی ژنوتیپ‌ها در هر دو فصل پاییز و زمستان شد، به‌طوری‌که میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در تاریخ کاشت ۱۵ مهر ۵۳۷۹/۷ کیلوگرم در هکتار بود و با کاشت در تاریخ‌های ۲۵ مهر و ۱۰ آبان، کاهش‌های ۱۷ و ۲۸ درصدی مشاهده شد (جدول ۷). همچنین میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در تاریخ کاشت ۲۰ بهمن ۳۱۱۰/۸ کیلوگرم در هکتار بود و زمانی که ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ‌های ۳۰ بهمن و ۱۰ اسفند کشت شدند، عملکرد دانه به‌ترتیب ۱۴ و ۳۷ درصد کاهش یافت. در بین ژنوتیپ‌ها نیز Dalgan با میانگین‌های ۴۹۴۴/۹ و ۲۹۷۷/۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را در فصل پاییز و زمستان به خود اختصاص داد (جدول ۷). همان‌گونه که در نتایج مشاهده شد، عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های کاشته شده در تاریخ‌های کاشت زمستانه، کمتر از تاریخ‌های کاشت پاییزه بود؛ این موضوع به دوره رشد کمتر و همچنین پتانسیل تولید کمتر ژنوتیپ‌های کاشته شده در فصل زمستان مربوط می‌شود (Shirani, 2012)، به‌طوری‌که بوته‌های کلزایی که در زمستان کاشته می‌شوند، فرصت کمتری برای رشد و نمو دارند و دوره زایشی آن‌ها نسبت به کشت‌های پاییزه کوتاه‌تر است. از طرفی تأخیر در کاشت در هر دو فصل پاییز و زمستان، موجب افت عملکرد قابل توجهی در ژنوتیپ‌های کلزا شد. در گزارش Faraji *et al.* (2009) بیان شد که کاشت کلزا در منطقه گلستان در تاریخ‌های کاشت ۱۵ آذر، ۱۵ دی، ۱۵ بهمن و ۱۵ اسفند در مقایسه با تاریخ کاشت مطلوب منطقه (۱۸ آبان)، به‌ترتیب موجب کاهش ۱۸، ۱۹/۶، ۳۱/۳ و ۷۷/۵ درصدی عملکرد دانه شد. در تحقیقی دیگر Pavlista *et al.* (2011) پاسخ‌های کمی و کیفی کلزا و کاملینا (*Camelina sativa*) را در ۱۱ تاریخ کاشت (از فوریه تا ژوئن) مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که بوته‌های کلزا و کاملینای کاشته شده در ماه آوریل (تاریخ‌های کاشت میانی) به دلیل شرایط آب و هوایی مناسب‌تر برای رشد و نمو، برای تولید دانه و روغن مناسب‌تر از سایر تاریخ‌های کاشت مورد بررسی بودند.

همبستگی بین صفات

نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که در فصل پاییز، عملکرد دانه فقط با تعداد دانه در بوته رابطه مثبت و معنی‌داری داشت و با سایر صفات مورد بررسی رابطه مثبت و معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۸). شایان ذکر است که در فصل پاییز، عملکرد دانه با سرعت پر شدن دانه غلاف میانی رابطه منفی و معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان داد. وزن تک دانه در غلاف بالایی، و میانی و در غلاف کل، روابط مثبت و معنی‌داری به‌ترتیب با طول پر شدن دانه در لایه بالایی و میانی و کل داشتند (جدول ۸).

سرعت پر شدن دانه غلاف‌های بالایی، میانی، پایینی و کل، رابطه‌ای معکوس و معنی‌دار با طول دوره پر شدن دانه غلاف‌های بالایی، میانی، پایینی و کل داشتند. در فصل زمستان، عملکرد دانه علاوه بر رابطه مثبت و معنی‌دار با تعداد دانه در بوته، روابط مثبت و معنی‌داری با وزن تک دانه در غلاف میانی، سرعت پر شدن دانه در غلاف بالایی، طول پر شدن دانه لایه میانی، پایینی و کل و همچنین روابط منفی و معنی‌دار با سرعت پر شدن دانه لایه میانی، پایینی، کل و لایه بالایی نشان داد (جدول ۹). وزن تک دانه در غلاف‌های بالایی، میانی، پایینی و کل به‌ترتیب روابط مثبت و معنی‌داری مثبت و معنی‌داری با طول پر شدن دانه در غلاف‌های بالایی، میانی، پایینی و کل داشتند. سرعت پر شدن دانه در غلاف‌های بالایی، میانی، پایینی و کل نیز روابط منفی و معنی‌داری را با طول پر شدن دانه در غلاف‌های بالایی، میانی، پایینی و کل داشتند (جدول ۹). با توجه به نتایج تجزیه همبستگی به‌نظر می‌رسد که تعداد دانه

در بوته، بیشترین رابطه و تأثیر را بر عملکرد نهایی کلزا در شرایط تغییر در تاریخ‌های کاشت داشت. همچنین با تغییر در تاریخ کاشت، طول دوره پر شدن دانه کاسته می‌شود و در نهایت گیاه با افزایش سرعت پر شدن دانه، بخشی از این کاستی را جبران می‌کند. وزن دانه نیز بیشتر از آن‌که تحت تأثیر سرعت پر شدن دانه قرار بگیرد، متأثر از طول دوره پر شدن دانه بود.

جدول ۸- تجزیه همبستگی بین صفات مختلف در فصل پاییز.

Table 8. Correlation analysis between different studied traits in fall season.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	**0.80****												
3	-0.19	-0.22											
4	-0.06	0.02	**0.29***										
5	-0.02	-0.02	0.26	0.16									
6	-0.26	-0.27	**0.73****	**0.65****	**0.40****								
7	0.04	0.03	0.04	0.15	-0.07	0.05							
8	**-0.36***	**-0.38***	-0.13	-0.03	0.07	-0.04	**0.41***						
9	-0.03	0.13	0.05	-0.07	0.27	-0.01	**0.32***	**0.28***					
10	-0.07	0.15	-0.03	0.07	0.21	0.14	**0.43****	**0.35***	**0.41****				
11	-0.14	-0.12	**0.60****	0.10	0.21	**0.42****	**-0.74****	**-0.40****	-0.20	**-0.37***			
12	0.24	**0.30***	0.25	**0.55****	-0.03	**0.36***	**-0.27**	**-0.83****	**-0.34***	**-0.28***	**0.38****		
13	0.02	-0.12	0.08	0.188	0.19	0.23	**-0.38****	**-0.29***	**-0.88****	**-0.31***	**0.34***	**0.38****	
14	-0.06	-0.240	**0.37***	**0.28***	-0.01	**0.35***	**-0.40****	**-0.38****	**-0.42****	**-0.85****	**0.57****	**0.50****	**0.44****

* و **: به‌ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.1: عملکرد دانه، 2: تعداد دانه در بوته، 3: وزن تک دانه در غلاف بالایی، 4: وزن تک دانه در غلاف میانی، 5: وزن تک دانه در غلاف پایینی، 6: وزن تک دانه کل در غلاف، 7: سرعت پر شدن دانه بالایی، 8: سرعت پر شدن دانه میانی، 9: سرعت پر شدن دانه پایینی، 10: سرعت پر شدن دانه کل، 11: طول پر شدن دانه بالایی، 12: طول پر شدن دانه میانی، 13: طول پر شدن دانه پایینی، 14: طول پر شدن دانه کل.

* and **: significant at the 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively. 1: Seed yield, 2: Seeds per plant, 3: Single seed weight within upper pod, 4; Single seed weight within middle pod, 5: Single seed weight within bottom pod, 6: Total single seed weight within pod, 7: Upper seed filling rate, 8: Middle seed filling rate, 9: Bottom seed filling rate, 10: Total seed filling rate, 11: Upper seed filling duration, 12: Middle seed filling duration, 13: Bottom seed filling duration, 14: Total seed filling duration.

همچنین وزن تک دانه، سرعت پر شدن و طول دوره پر شدن دانه در لایه‌های بالایی، میانی و پایینی بوته در فصل زمستان، تأثیر بیشتری از تغییر تاریخ کاشت نسبت فصل پاییز می‌پذیرند. روی هم رفته می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که در تاریخ‌های کاشت پاییزه و زمستانه، ژنوتیپ Dalgan اگر چه از مقادیر متوسط وزن تک دانه، سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه برخوردار بود، اما به‌واسطه تعداد دانه در بوته بالاتر ،بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. در همین زمینه Forooghi *et al.* (2017) گزارش کردند که با کاهش دوره پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه افزایش می‌یابد و بر اساس نتایج تجزیه علیت، وزن و تعداد دانه اجزای مهمی در تعیین عملکرد دانه کلزا هستند و در این بین، تأثیر تعداد دانه در واحد سطح بیشتر می‌باشد. در تحقیقی دیگر Safikhani *et al.* (2019) بیان داشتند که عملکرد دانه ارقام کلزا، رابطه مثبت و معنی‌داری با سرعت پر شدن دانه داشت. همچنین این محققین نشان نشان دادند که اگرچه طول دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه رابطه معنی‌داری نداشت، اما با توجه به مثبت بودن جهت رابطه لازم است برای انتخاب ارقام پرمحصول به این صف (طول دوره پر شدن دانه) توجه شود.

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق، شش تاریخ کاشت در دو فصل پاییز (۱۵ مهر، ۲۵ مهر و ۱۰ آبان) و زمستان (۲۰ بهمن، ۳۰ بهمن و ۱۰ اسفند) مورد بررسی قرار گرفتند. به‌طورکلی یافته‌های این تحقیق نشان داد که وزن تک دانه غلاف‌های میانی در تاریخ‌های کشت پاییزه ژنوتیپ‌ها بیشتر از لایه‌های بالا و پایین بوته بود که دلیل این امر نیز سرعت بیشتر پر شدن دانه غلاف‌های میانی (۰/۱۱۲ میلی‌گرم بر روز) نسبت به دو لایه بالا (۰/۱۰۷ میلی‌گرم بر روز) و پایین (۰/۱۱۱ میلی‌گرم بر روز) بود. در فصل زمستان، با وجود این‌که سرعت پر شدن دانه غلاف‌های

بالایی بیشتر از دو لایه دیگر بود، وزن تک دانه در غلاف‌های پایین به‌دلیل طول دوره پر شدن بالاتر، بیشتر از دو لایه دیگر بود. تأخیر در تاریخ کاشت در هر دو فصل پاییز (کاهش‌های ۱۷ و ۲۸ درصدی) و زمستان (کاهش‌های ۱۴ و ۳۷ درصدی)، موجب کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها شد که دلیل عمده آن، کاهش تعداد دانه در بوته بود. نتایج این تحقیق به وضوح نشان داد که تعداد دانه در بوته، جزء موثرتری در تشکیل عملکرد نهایی نسبت به وزن تک دانه، سرعت پر شدن دانه و طول پر شدن دانه بود و ژنوتیپ Dalgan با وجود این‌که وزن تک دانه، سرعت و طول پر شدن دانه متوسطی داشت، به واسطه برتری در تعداد دانه در بوته (به‌ترتیب ۱۵، ۲۶، ۲۵ و ۱۰ درصد بیشتر از ژنوتیپ‌های RGS003، Zabol10، Hyola401 و Hyola4815 در فصل پاییز و ۱۲، ۲۷، ۲۹ و ۲۲ درصد بیشتر از ژنوتیپ‌های RGS003، Zabol10، Hyola401 و Hyola4815 در فصل زمستان) بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد.

جدول ۹- تجزیه همبستگی بین صفات مختلف در فصل زمستان.

Table 9. Correlation analysis between different studied traits in winter season.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	**0.81****												
3	-0.03	0.09											
4	**0.34***	**0.29***	**0.37***										
5	0.26	0.17	**0.34***	0.27									
6	0.17	0.21	**0.64****	**0.73****	**0.61****								
7	**0.39****	**0.47****	**0.44****	**0.38***	**0.32***	**0.51****							
8	**-0.39****	**-0.47****	-0.04	-0.21	-0.14	-0.24	-0.08						
9	**-0.32***	**-0.51****	-0.15	-0.23	-0.05	-0.21	-0.20	**0.64****					
10	**-0.48****	**-0.59****	-0.07	-0.27	-0.07	-0.09	**-0.43****	**0.45****	**0.60****				
11	**-0.42****	**-0.37***	**0.43****	-0.09	-0.05	0.01	**-0.59****	0.06	0.02	**0.38****			
12	**0.38****	**0.47****	0.26	**0.44****	0.24	**0.44****	0.24	**-0.92****	**-0.62****	**-0.54****	-0.06		
13	**0.44****	**0.56****	0.22	**0.37***	**0.44****	**0.46****	**0.31***	**-0.61****	**-0.89****	**-0.60****	-0.10	**0.63****	
14	**0.48****	**0.63****	**0.30***	**0.43****	0.27	**0.40****	**0.51****	**-0.55****	**-0.69****	**-0.91****	-0.26	**0.69****	**0.75***

* و **: به‌ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.1: عملکرد دانه، 2: تعداد دانه در بوته، 3: وزن تک دانه در غلاف بالایی، 4: وزن تک دانه در غلاف میانی، 5: وزن تک دانه در غلاف پایینی، 6: وزن تک دانه کل در غلاف، 7: سرعت پر شدن دانه بالایی، 8: سرعت پر شدن دانه میانی، 9: سرعت پر شدن دانه پایینی، 10: سرعت پر شدن دانه کل، 11: طول پر شدن دانه بالایی، 12: طول پر شدن دانه میانی، 13: طول پر شدن دانه پایینی، 14: طول پر شدن دانه کل.

* and ** are significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. 1: Seed yield, 2: Seeds per plant, 3: Single seed weight within upper pod, 4; Single seed weight within middle pod, 5: Single seed weight within bottom pod, 6: Total single seed weight within pod, 7: Upper seed filling rate, 8: Middle seed filling rate, 9: Bottom seed filling rate, 10: Total seed filling rate, 11: Upper seed filling duration, 12: Middle seed filling duration, 13: Bottom seed filling duration, 14: Total seed filling duration.

REFERENCES

1. Bardar, M. D., Kraljevic-Balalic Marija, M. & Borislav, D. (2008). The parameters of grain filling and yield components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* L. Var. Durum). *Central European Journal of Biology*, 3(1), 75-82.
2. Beyzi, E., Gunes, A., Beyzi, S. B. & Konca, Y. (2019). Changes in fatty acid and mineral composition of rapeseed (*Brassica napus spp. Oleifera* L.) oil with seed sizes. *Industrial Crops & Products*, 129, 10-14.
3. Diepenbrock, W. (2000). Yield analysis of winter oilseed rape: a review. *Field Crops Research*, 67, 35–49.
4. Egli, D. B. (2004). Seed-fi ll duration and yield of grain crops. *Advances in Agronomy*, 83, 243–279.
5. Egli, D. B. (2006). The role of seed in the determination of yield of grain crops. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57, 1237–1247.
6. Eyni-Nargeseh, H., Aghaalikhani, M., Shirani Rad, A. H., Mokhtassi-Bidgoli, A. & Modares Sanavy S. A. M. (2020a). Comparison of 17 rapeseed cultivars under terminal water deficit conditions using drought tolerance indices. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22(2), 489-503.

7. Faraji, A., Lattifi, N., Soltani, A. & Shirani-Rad, A. H. (2009). Seed yield and water use efficiency of canola. (*Brassica napus* l.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. *Agricultural Water Management*, 96, 132–140.
8. Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO] 2019. FAOSTAT Data. www.faostat.fao.org.
9. Forooghi, A., Biyabani, A., Rahemi Karizaki, A. & Rassam, G. (2017). Relationships of phenology and physiological traits with the yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) in northern Khorasan. *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(4), 1007-1024. (In Persian).
10. Grant, R. F. (1989). Simulation of maize phenology. *Agronomy Journal*, 81, 451- 457.
11. Hey, R. K. M. & Walker, A. J. (1989). An introduction to physiology of crop yield. Longman Group, London.
12. Illiprontijr, R. A., Lommen, W. J. M., Langerak, C. L. & Struik, P. C. (2000). Time of pod set and seed position on the plant contribute to variation in quality of seeds within soybean seed lots. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 48, 165-180.
13. Kafi, M., Kamkar, B. & Mahdavi Damghani, A. (2001). *Seed biology and yield of grain crops* (Translate) (p. 232). Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
14. Mendham, N. G. & Salisburt, P. A. (1994). Physiology: crop development, growth and yield. Pp. 11-64. In: Kimber, D. I. Brassica oilseed: Production and utilization. *CAB International*, 11-67.
15. Moradi Aghdam, A., Sayfzadeh, S., Shirani Rad, A. H., Valadabadi, S. A. & Zakerin, H. R. (2019). The assessment of water stress and delay cropping on quantitative and qualitative traits of rapeseed genotypes. *Industrial Crops & Products*, 131, 160-165.
16. Naderi, A., Hashemi Dezfouli, S. A., ajidi Heravan, E., Rezaei, A. & Nourmohammadi, G. (2000). Study on correlation of traits and components affecting grain weight and determination of effect of some physiological parameters on grain yield in spring wheat genotypes under optimum and drought stress conditions. *Seed and Plant Journal*, 16(3), 374-386. (In Persian)
17. Rahimi-Moghaddam, S., Kambouzia, J. & Deihimfard, R. (2019). Optimal genotype × environment × management as a strategy to increase seed maize productivity and water use efficiency in water-limited environments and rising temperature. *Ecological Indicators*, 107, 105570.
18. Pavlista, A. D., Isbell, T. A., Baltensperger, D. D. & Hergert, G. W. (2011). Planting date and development of spring-seeded irrigated canola, brown mustard and camelina. *Industrial Crops & Products*, 33, 451–456. https://doi.org/10. 1016/j.indcrop.2010.10.029
19. Safavi Fard, N., Heidari Sharif Abad, H., Shirani Rad, A. H., Majidi Heravan, E. & Daneshian, J. (2018). Investigation of the possibility of winter planting of spring oilseed rape cultivars in cold-temperate karaj region under terminal water deficit stress conditions. *Seed and Plant Production*, 34-2(1), 23-38. (In Persian)
20. Safikhani, S., Biabani, A., Faraji, A., Rahemi-karizaki, A. & Gholizadeh, A. (2019). study of the phenological and physiological traits associated with the seed yield in different canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Plant Production Technology*, 19(1), 161-172. (In Persian)
21. Santiveri, F., Royo, C. & Romagosa, I. 2002. Patterns of grain fi lling of spring and winter hexaploid triticales. *European Journal of Agronomy*, 16, 219–230.
22. Seyed Ahmadi, A. R., Gharineh, M. H., Bakhshandeh, A. H., Fathi, G. & Naderi, A. (2012). Study of phenological and growth of canola cultivars to thermal unit accumulation in three planting dates Ahvaz climate. *Journal of Plant Production*, 19(4), 97-116. (In Persian)
23. Shirani Rad, A. H. (2012). The study of agronomical traits of spring rapeseed cultivars in condition of different plantings dates (Karaj region in Iran). *Annals of Biological Research*, 3, 4546–4550
24. Shirani Rad, A. H., Ganj-Abadi, F., Jalili, E. O., Eyni-Nargeseh, H., & Safavi Fard, N. (2021). Zn foliar spray as a management strategy boosts oil qualitative and quantitative traits of spring rapeseed genotypes at winter sowing dates. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(2), 1610-1620. https://doi.org/10.1007/s42729-021-00465-5
25. Shirani Rad, A. H., Jabbari, H., & Dehshiri, A. (2013). Evaluation of spring rapeseed cultivars response to spring and autumn planting seasons. Iranian Journal of Field Crops Research, 11, 3, 493-505. (In Persian)
26. Soleymanzadeh, H. & Habibi, D. (2013). Relationship of phenology and physiological traits with yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Moghan region. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(4), 55-62. (In Persian)
27. Vatan Doost, H., Seyed Sharifi, R., Farzaneh, S. & Hasan Panah, D. (2018). Grain Filling and Some Fatty Acids Composition of Canola (*Brassica napus* L.) with Application of Bio-Fertilizers and Irrigation withholding. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(4), 23-37.