تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک/ جلد ششم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳، ص ۳۱۲-۲۹۵

مقاله پژوهشی

ارزیابی ارقام کلزا در تاریخ‌های مختلف کاشت با روش تحلیل مقایسه کارکرد در اجزای عملکرد و مراحل فنولوژیکی نمو

سید علی طباطبایی[۱]، امین آناقلی[۲*]، حمید جباری[۳]

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
۲- مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
۳- بخش دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال وبذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
* مسئول مکاتبه: anagholi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱ **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.370984.1293**

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی و مقایسه عملکرد ارقام کلزا در تاریخ‌های مختلف کاشت انجام شد. آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و طی دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا گردید. فاکتور اصلی تاریخ کاشت در سه سطح ۱۵ مهر، ۳۰ مهر و ۱۵ آبان در کرت‌های اصلی و ارقام کلزا در هشت سطح: هیولا ۴۸۱۵، زرفام، نفیس، نپتون، نیما، اس.ال.ام-۰۴۶، نیلوفر و آر.جی.اس-۰۰۳ در کرت‌های فرعی تعبیه شدند. بر اساس نتایج بدست آمده اثر تاریخ کاشت بر مراحل فنولوژیک تأثیر معنی‌داری گذاشت و سبب کاهش روز تا گل‌دهی، خورجین‌دهی و رسیدگی گردید. زودرس‌ترین ارقام در این آزمایش ارقام هیولا۴۸۱۵ و آر.جی.اس-۰۰۳ بودند. اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه معنی‌دار بود و بالاترین عملکرد با میانگین ۵۰۶۶ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت ۱۵ مهر بدست آمد و در کشت ۳۰ مهر و ۱۵ آبان میانگین عملکرد دانه به ترتیب ۱۱/۳۴ و ۲۶/۶۶ درصد نسبت به ۱۵ مهر کاهش یافت. بین ارقام مورد بررسی، ارقام هیولا۴۸۱۵ در تاریخ کاشت ۱۵ مهر، نپتون در تاریخ کاشت ۳۰ مهر و نپتون و نفیس در تاریخ کاشت ۱۵ آبان بیشترین عملکردها را داشتند و برای کشت در منطقه توصیه می‌شوند. بر اساس مدل‌های رگرسیونی تغییر در طول مراحل فنولوژیکی نمو متناسب با تغییر در اجزای عملکرد باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۵۰۰ تا ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌شود که این‌کار را می‌توان با تغییر در تاریخ کاشت و عملیات زراعی انجام داد.

واژه‌های کلیدی: خورجین‌دهی، زودرسی، کانولا، گل‌دهی، هیولا ۴۸۱۵

مقدمه

متغیرهای آب و هوایی بخصوص دما تأثیر بسزایی در افزایش عملکرد گیاهان دارند. در دست داشتن اطلاعات دقیق از زمان رسیدگی گیاه زراعی و مراحل مختلف نموی کمک شایانی به تصمیم‌گیری در خصوص عملیات زراعی و در نهایت تولید عملکرد می‌نماید. در کشور ایران حدود ۹۰ درصد روغن مصرفی از طریق واردات تأمین می‌شود در حالی‌که زمین‌های زراعی وسیعی برای کشت دانه‌های روغنی مساعد می‌باشد و می‌توان نیاز مصرف روغن را با کشت دانه‌های روغنی داخلی تا حدود زیادی برطرف کرد. در بین دانه‌های روغنی، کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی در جهان می‌باشد و این اهمیت به‌واسطه کیفیت بالای روغن و کنجاله آن بوده که پتانسیل یک منبع تجدید شدنی سوخت‌های زیستی را نیز دارا می‌باشد. روغن با ارزش‌ترین جزء دانه کلزا است و اگرچه میزان و ترکیب آن عمدتاً به صورت ژنتیکی تعیین می‌شود (Fieldsend *et al.*, 1991)، ولی به مقدار قابل توجهی نیز تحت تأثیر شرایط محیطی مانند دما و رطوبت قرار می‌گیرد (Gunasekera *et al.*, 2006).

کلزا دارای صفات زراعی مناسبی مانند تحمل به تنش‌های سرمایی، کم‌آبی و شوری می‌باشد و به جهت دارا بودن ژنوتیپ‌های بهاره و پاییزه، استفاده بهینه از رطوبت و بارندگی، هزینه کم‌تر تولید و عملکرد بیشتر روغن در واحد سطح نسبت به دیگر دانه‌های روغنی کشت آن در اکثر نقاط کشور توصیه می‌شود (Aliari *et al.*, 2000; Gunasekera, 2006a). کلزا از جمله گیاهانی است که عملکرد آن بستگی زیادی به تاریخ کاشت مناسب دارد. به‌منظور رسیدن به حداکثر عملکرد دانه، کشت باید در تاریخ کاشت توصیه شده منطقه انجام شود. کاشت در زمان مناسب در مناطق سرد و معتدل سرد سبب

می‌شـــود بوته کلزا قبل از شـــروع ســـرما با روزت قوی وارد زمستان‌گذرانی شده و تحمل بسیار بالا به سرما و یخبندان پیدا نماید. کاشت در زمان مناسب در مناطق گرم سبب می‌شود گیاه کلزا به موقع با رشد رویشی مطلوب وارد مرحله زایشی شود و در مرحله بسیار حساس پر شدن دانه با گرماهای شدید آخر فصل مواجه نگردد. تأخیر کشت در مناطق گرم نیز اگر چه از نظر ســـرمازدگی مشـــکل چندانی ایجاد نمی‌کند، ولی به علت برخورد مرحله دانه‌بندی گیاه با گرمای شـــدید موجب کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود (Shiranirad *et al.*, 2020). اصولاً طول دوره رشد گیاه و نیز طول هر مرحله فنولوژیک می‌تواند از طریق مصرف بیشتر منابع یا از طریق کاهش تنش‌های محیطی و کاهش طول هر دوره، عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد.

بر اســاس مرور منابع انجام شــده در ۳۰ ســال اخیر بر روی کلزا، صــفات طول دوره گل‌دهی، زودرســی، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین، نقش قابل توجهی در بهبود عملکرد دانه کلزا به طور مســـتقیم و غیرمســـتقیم دارند (Diepenbrock, 2000). محققین گزارش نمودند که در مناطق نیمه‌خشک نیمه‌گرمسیر استرالیا، تأخیر در کاشت کلزای پاییزه در نتیجه افزایش دمای محیط سبب کاهش دوره گل‌دهی و در نتیجه برخورد گرمای انتهای فصل با دوره پرشدن دانه و موجب کاهش عملکرد دانه و روغن کلزا می‌گردد (Robertson and Holland, 2004). کاشـــت دیرهنگام کلزا با محدودکردن دوره رشد، باعث ایجاد بوته‌هایی با سطح سبز کم شده و در نهایت عملکرد دانه کاهش می‌یابد و در مواردی که به‌هنگام پاییز و اوایل بهار، شرایط آب و هوایی برای رشد و نمو مناسب باشد، کلزاهای حاصل از کشت‌های دیرهنگام پاییزه با تأمین رشد و نمو لازم همانند کلزاهای به موقع کشـــت شـــده، رشـــد کرده و عملکرد دانه‌ای معادل با آنها تولید می‌کنند (Faraji *et al.*, 2008). در آزمایشی چهارساله در استرالیا برای بررسی تاریخ کاشت (اول سپتامبر و آخر سپتامبر) گزارش گردید که به‌طور متوســـط در همه ســـال‌ها در کشـــت دیرهنگام، اندازه کانوپی پایین‌تر از حد مطلوب و بهینه بوده و در نتیجه عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Lunn *et al.*, 2001). بطورکلی دمای مناسب برای جوانه زدن و سبز شدن بذر کلزا، ۲۵ درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب برای گل‌دهی، ۱۸-۱۴ درجه ســـانتی‌گراد، دمای بحرانی برای گل‌دهی حدود ۱۰ درجه ســـانتی‌گراد اســـت بطوری‌که دماهای کمتر از آن باعث کاهش تعداد گل‌ها می‌شود. گیاه کلزا برای توسعه و گسترش خورجین‌ها به دماهای ۵ الی ۲۰ درجه ســـانتی‌گراد نیاز داشـــته و دماهای بالا روی تعداد خورجین تأثیر منفی می‌گذارد (Azizi *et al.*, 2006).

هدف ما در این آزمایش تعیین بهترین تاریخ کاشـــت در ارقام مهم مورد کشت در کشور در شرایط اقلیمی استان یزد است که دارای مشکلات سرمازدگی و گرمای آخر فصل می‌باشد. این تنش‌ها طول مراحل فنولوژیکی نمو و اجزای عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مطالعه حاضر تأثیر تاریخ کاشت بر این متغیرها را نیز بررسی کرده و با ارائه مدل‌های رگرسیونی، برآورد مناسبی از میزان تأثیر آنها بر عملکرد دانه ارائه می‌دهد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی و مقایسه عملکرد ارقام کلزا در تاریخ‌های مختلف کاشت در شرایط آب و هوایی یزد، این آزمایش بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و طی دو ســـال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در ایســـتگاه مرکزی وابســـته به مرکز تحقیقات کشـــاورزی و منابع طبیعی استان یزد انجام گردید. تیمار اصلی تاریخ کاشت در سه ســـطح ۱۵ مهر، ۳۰ مهر و ۱۵ آبان در کرت‌های اصـــلی و تیمار فرعی ارقام کلزا در هشـــت ســـطح شـــامل هایولا ۴۸۱۵، زرفام، نفیس، نپتون، نیما، اس.ال.ام-۰۴۶، نیلوفر و آر.جی.اس-۰۰۳ در کرت‌های فرعی قرار گرفت. عملیات تهیه زمین در شهریور انجام شـد و قبل از کاشـت از عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سـانتی‌متری خاک، نمونه‌گیری مرکب بصـــورت زیگزاگی و از چندین نقطه از مزرعه انجام شـد (جدول ۱). هر واحد آزمایشـی شـامل ۱۴ خط کاشـت به طول ۵ متر و فاصـله ردیف ۳۰ سـانتی‌متر بود و بذور در عمق ۲-۱ سانتی‌متری کشت شدند.

مصـرف کود بر اسـاس نتایج آزمایش تجزیه خاک و توصـیه کودی صورت گرفت و در هر هکتار ۲۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم مصرف شد. کود نیتروژن در دو نوبت ۱۰۰ کیلوگرم پیش از کاشـــت و ۱۵۰ کیلوگرم بصـورت سـرک در مراحل سـاقه‌دهی و گل‌دهی مصـرف شـد. به‌منظور تعیین تراکم مناســـب در هر کرت، در مرحله ۴ تا ۶ برگی عملیات تنک کردن انجام شـــد تا تراکم مطلوب (۸۰ بوته در متر مربع) حاصـــل شـــود و کنترل علف‌های هرز به‌صـــورت

وجین دستی انجام شد. برای تعیین اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه جانبی، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه از هر واحد آزمایشی تعداد ۱۰ بوته بصورت تصادفی انتخاب شد و صفات مورد نظر شمارش و اندازه‌گیری شد. مراحل فنولوژیکی نمو بر اساس مقیاس استاندارد شده در ایران انجام شد (Zavare and Emam, 2000). عملکرد دانه پس از رسیدگی فیزیولوژیکی در هر کرت آزمایشی با حذف دو خط کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار برای هر کرت ثبت شد. برای تجزیه واریانس و تعیین ضرایب رگرسیونی معادلات از نرم‌افزار SAS استفاده شد. مقایسات میانگین نیز بر اساس آزمون LSD و سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک محل اجرای آزمایش در یزد

Table 1- Physical and chemical characteristics of water and soil of the experimental place in Yazd

هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS/m)		واکنش گل اشباع pH		مواد خنثی شونده TNV (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available phosphor (ppm)	پتاسیم قابل جذب Available potassium (ppm)	بافت خاک (لومی شنی) Soil texture (sandy loam)		
آب Water	خاک Soil	آب Water	خاک Soil						رس Clay	لوم Silt	شن Sand
3.74	4.25	7.23	7.55	36.63	0.25	0.029	14.55	198	14.0	15.1	70.9

جدول ۲- اطلاعات آب و هواشناسی در طی فصل رشد ۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹

Table 2- Meteorological information during the growing season of 2019-2020 and 2020-2021

سال Year	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	بارندگی Precipitation (mm)	دمای بیشینه Maximum temperature (°C)	دمای کمینه Minimum temperature (°C)
۱۳۹۹-۱۳۹۸ 2019-2020	38.5	72.4	21.3	8.8
۱۴۰۰-۱۳۹۹ 2020-2021	33.2	45.5	22.5	8.8

نتایج و بحث

مراحل فنولوژیکی نمو

تعداد روز تا گل‌دهی

در صفت تعداد روز تا گل‌دهی اثر سال و اثر تاریخ کاشت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر رقم، اثر متقابل تاریخ کاشت×رقم و سال×رقم در این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). میانگین تعداد روز تا گل‌دهی در سال دوم ۱۴۰/۷۹ روز بود که بطور معنی‌داری از سال اول با میانگین ۱۳۲/۵۶ روز بیشتر بود (جدول ۴). در بین تاریخ‌های مختلف کاشت، بیشترین تعداد روز تا گل‌دهی در تاریخ کاشت اول (۱۵ مهر) با ۱۴۴/۷۱ روز بدست آمد و پس از آن تاریخ کاشت دوم (۳۰ مهر) و سوم (۱۵ آبان) به ترتیب با ۱۳۵/۵۶و ۱۲۹/۷۵ روز قرار داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین مراحل فنولوژیکی نمو در ارقام مختلف نشان می‌دهد که زودگل‌ترین ارقام در این بررسی ارقام هیولا و آر.جی.اس هستند و ارقام نیما و نپتون دیرگل‌ترین بودند (جدول ۶).

در تاریخ کاشت ۱۵ و ۳۰ مهر ارقام نپتون، نیما، نفیس، اس.ال.ام و نیلوفر بدون اختلاف معنی‌دار در یک گروه قرار داشتند و پس از این گروه رقم زرفام در گروه مجزای آماری قرار گرفت. کمترین تعداد روز تا گل‌دهی در این دو تاریخ کاشت مربوط به ارقام آر.جی.اس و هیولا بود که اختلاف بسیار زیادی با بقیه ارقام داشتند. در تاریخ کاشت ۱۵ آبان، بیشترین تعداد روز تا گل‌دهی در رقم نپتون با ۱۴۴/۶۷ روز بود و ارقام نیما، نیلوفر و اس.ال.ام با آن اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی رقم نفیس بر خلاف دو تاریخ کشت قبلی در این گروه قرار نگرفت. ارقام زرفام، آر.جی.اس و هیولا نیز به ترتیب در گروه‌های آماری

بعدی بودند (شکل ۱). بر اساس آزمایش انجام شده در منطقه ورامین، بین تاریخ کاشت‌های ۲۰ شهریور تا ۵ آبان با فاصله ۱۵ روز، دو تاریخ کاشت اول، طولانی‌ترین دوره روز تا گل‌دهی و آخرین تاریخ کاشت، کوتاه‌ترین دوره روز تا گل‌دهی را داشت (Ehteshami et al., 2015). تحقیق انجام شده بر روی رقم زودرس هیولا ۴۰۱ و رقم آزاد گرده‌افشان آر.جی.اس۰۰۳ در منطقه اهواز نیز نشان داد که تأخیر در کاشت باعث کاهش طول دوره گل‌دهی در هر دو رقم می‌گردد. بیشترین طول دوره گل‌دهی در رقم هیولا ۴۰۱ با ۲۴ روز در تاریخ کاشت اول آبان بدست آمد (Rahnama, 2010). در تحقیقی مشابه در منطقه دزفول با تاریخ کاشت ۱۰ آبان، رقم آر.جی.اس ۰۰۳ دارای طول دوره گل‌دهی ۴۱/۶۶ روز بود و کمترین مقدار در تاریخ کاشت ۱۰ آذر در ارقام هیولا ۳۳۰ و هیولا ۴۰۱ بدست آمد (Kalantar Ahmadi et al., 2015). محققین عقیده دارند که دمای پایین در طول دوره گل‌دهی در اثر تأخیر در کاشت باعث عقیم شدن دانه‌های گرده و کاهش عملکرد می‌گردد (Kirkland and Jonson, 2000).

جدول ۳- میانگین مربعات مراحل فنولوژیکی نمو در تجزیه واریانس

Table 3- The mean square of the phenological stages of development in variance analysis

منابع تغییر Source of variables	درجه آزادی Degree freedom	روز تا رسیدگی Days until maturity	روز تا خورجین‌دهی Days until podding	روز تا گلدهی Days until flowering
سال† Year (Y)	1	592.11 *	905.01 *	2442.01 *
تکرار×سال (خطای a) Rep×Year (E_a)	4	17.82	29.47	42.34
تاریخ کاشت† Planting date	2	7434.92 **	5120.08 *	2729.46 *
سال×تاریخ کاشت Year×Planting date	2	50.46 ns	65.53 ns	39.26 ns
تکرار×سال×تاریخ کاشت (خطای b) Planting date (E_b)×Year×Rep	8	10.82	19.27	72.37
رقم† Variety	7	1515.17 **	3225.72 **	7238.58 **
تاریخ کاشت×رقم Planting date*Variety	14	29.34 ns	45.79 *	110.01 **
سال×رقم Variety×Year	7	12.17 ns	103.37 **	134.20 **
سال×تاریخ کاشت×رقم Variety×Planting date×Year	14	19.50 **	21.06 *	27.66 ns
خطای کل Total error (E_c)	84	6.64	11.01	35.94
ضریب تغییرات Coefficient variable (%)		1.31	2.12	4.39

†: اثر سال تصادفی و اثر تاریخ کاشت و رقم بطور ثابت در نظر گرفته شده است.

†The effect of year is considered random and the effect of planting date and variety are considered fixed.:

جدول ۴- مقایسه میانگین مراحل فنولوژیکی نمو در سال اول و دوم آزمایش بر اساس آزمون LSD و سطح احتمال ۵ درصد

Table 4- Comparison of the average phenological stages of development in the first and second year of the experiment based on the LSD test and a probability level of 5%

سال Year	روز تا رسیدگی Days until maturity	روز تا خورجین‌دهی Days until podding	روز تا گلدهی Days until flowering
اول First	194.86 b	154.22 b	132.56 b
دوم Second	198.92 a	159.24 a	140.79 a

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means that have common letters are not significantly different.

جدول ۵- مقایسه میانگین مراحل فنولوژیکی نمو در تاریخ‌های مختلف کاشت بر اساس آزمون LSD و سطح احتمال ۵ درصد

Table 5- Comparison of the average phenological stages of development in different planting dates based on LSD test and 5% probability level

تاریخ کاشت Planting date	روز تا رسیدگی Days until maturity	روز تا خورجین‌دهی Days until podding	روز تا گلدهی Days until flowering
۱۵ مهر 7th Oct.	209.71 a	167.52 a	144.71 a
۳۰ مهر 22th Oct.	196.10 b	155.73 b	135.56 b
۱۵ آبان 6th Nov.	184.85 c	146.94 c	129.75 c

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means that have common letters are not significantly different.

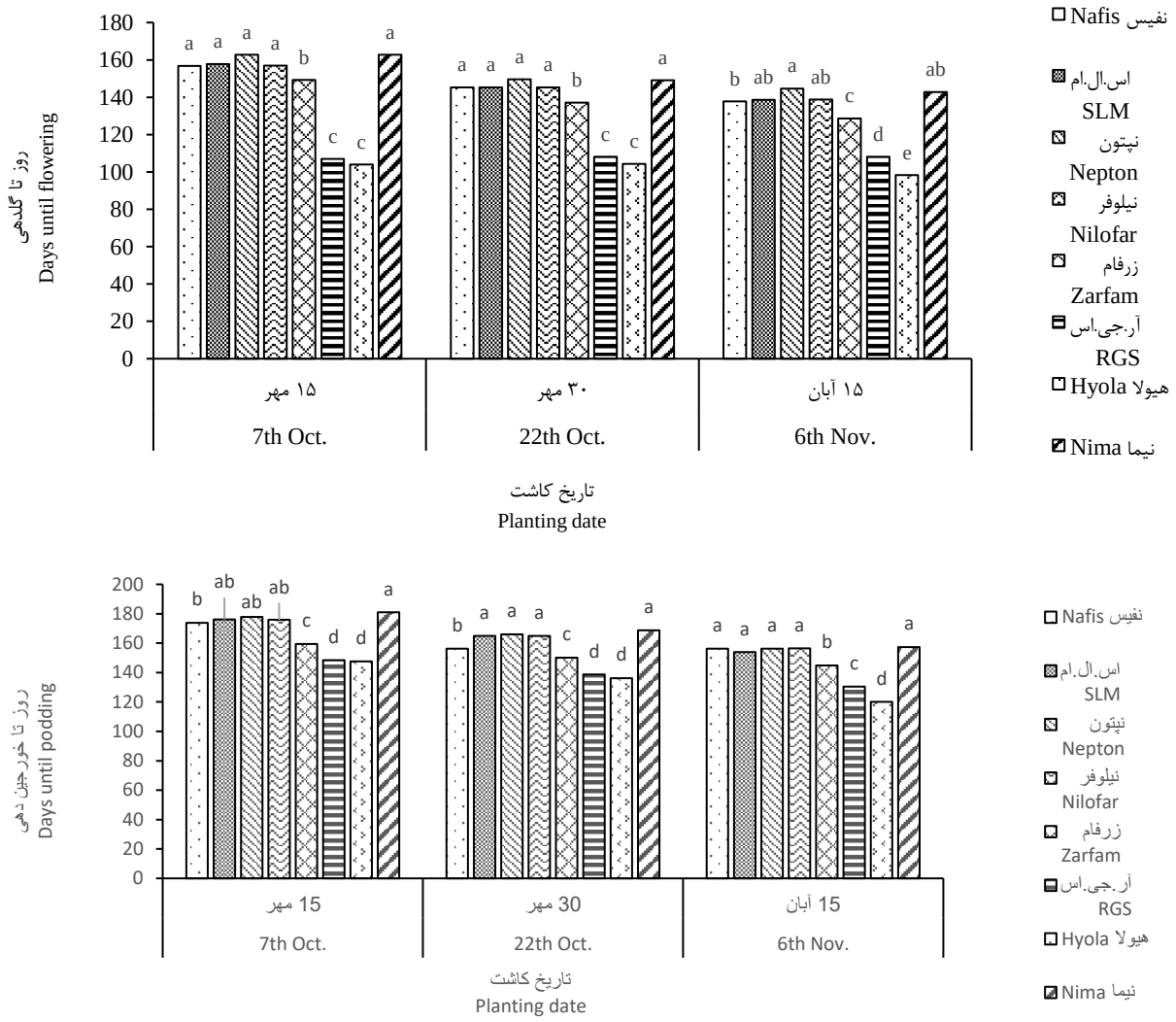
جدول ۶- مقایسه میانگین مراحل فنولوژیکی نمو در ارقام مختلف بر اساس آزمون LSD و سطح احتمال ۵ درصد

Table 6- Comparison of the average phenological stages of development in different varieties based on LSD test and 5% probability level

رقم Variety	روز تا رسیدگی Days until maturity	روز تا خورجین‌دهی Days until podding	روز تا گلدهی Days until flowering
نفیس Nafis	202.22 a	162.06 a	146.67 ab
اس.ال.ام-۰۴۶ SLM-046	203.72 a	165.00 a	147.28 ab
نپتون Nepton	202.50 a	166.72 a	152.39 a
نیلوفر Nilofar	202.61 a	165.72 a	147.06 ab
زرفام Zarfam	196.39 b	151.50 b	138.39 b
آر.جی.اس۰۰۳ RGS-003	185.44 c	139.17 c	107.78 c
هیولا۴۸۱۵ Hyola 4815	179.89 d	134.61 c	102.22 c
نیما Nima	202.33 a	169.06 a	151.61 a

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

.Means that have common letters are not significantly different



شکل ۱- مقایسه میانگین تعداد روز تا گلدهی و خورجین‌دهی در ارقام مختلف و در تاریخ‌های مختلف کاشت
تذکر: مقایسه میانگین بین ارقام در هر سطح از تاریخ کاشت بطور جداگانه انجام شده است.

Figure 1- Comparison of the average of number of days until flowering and podding in different cultivars and planting dates
Note: The average comparison among cultivars at each level of planting date has been done separately.

روز تا خورجین‌دهی

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) برای صفت روز تا خورجین‌دهی اثرات سال و تاریخ کاشت در سطح احتمال ۵ درصد و اثر رقم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین اثرات متقابل تاریخ کاشت×رقم در سطح احتمال ۵ درصد، سال×رقم در سطح احتمال ۱ درصد و سال×تاریخ کاشت×رقم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بودند. با تأخیر در کاشت، فرایندهای گل‌دهی و خورجین‌دهی زودتر انجام شد بطوری‌که تعداد روز تا خورجین‌دهی در تاریخ کاشت ۱۵ مهر ۱۶۷/۵۲ روز بود و این تعداد روز برای تاریخ کاشت ۳۰ مهر و ۱۵ آبان به ترتیب ۱۵۵/۷۳ و ۱۴۶/۹۴ روز بود. در تاریخ کاشت ۱۵ و ۳۰ مهر، ارقام هیولا و آر.جی.اس زودتر از بقیه ارقام وارد مرحله خورجین‌دهی شدند و با هم اختلاف معنی‌داری از این لحاظ نداشتند ولی در تاریخ کاشت ۱۵ آبان با وجودی‌که این دو رقم زودتر خورجین تشکیل دادند ولی رقم هیولا ۱۰ روز زودتر از رقم آر.جی.اس وارد این مرحله شد. در هر سه تاریخ کاشت، پس از ارقام هیولا و آر.جی.اس رقم زرفام زودتر از بقیه وارد خورجین‌دهی شد و رقم نیما از همه دیرتر تشکیل خورجین داد (شکل ۱).

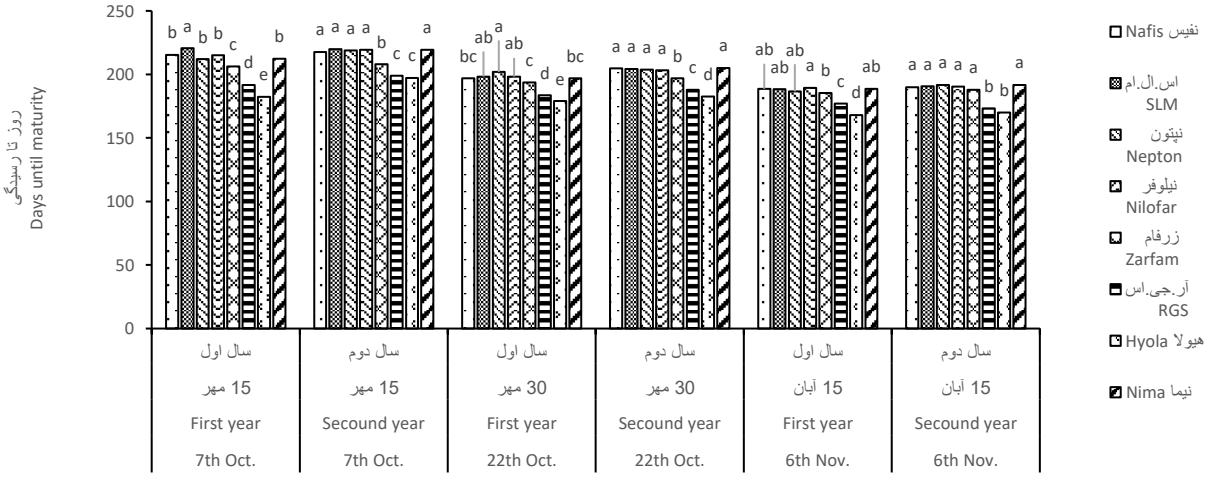
بر اساس تحقیق انجام شده در استرالیا، تأخیر در کاشت

باعث همزمانی دوره پر شـــدن خورجین‌ها با دوره گرمای آخر فصـل شـده و باعث ایجاد تنش در طول پر شـدن دانه و کوتاه شـدن این دوره در اثر مکانیسـم فرار از تنش می‌گردد که نهایتاً عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Mendhame *et al.*, 1981; Mandat *et al.*, 1994). هرچه طول دوره گل‌دهی طولانی‌تر باشـد، فرصـت تشـکیل خورجین‌های بیشـتری وجود دارد و در نتیجـه طول دوره تشـــکیـل خورجین طولانی‌تر می‌شـــود (Ehteshami *et al.*, 2015). در آزمایشی در یاسوج، تأخیر در کاشـت باعث کاهش ظرفیت فتوشـیمیایی و عملکرد کوانتومی فتوسـیسـتم II گردید که منجر به کاهش رشـد و عملکرد دانه گردید (Fallah Heki *et al.*, 2012).

روز تا رسیدگی

اثرات سال، تاریخ کاشت و رقم برای صفت روز تا رسیدگی به ترتیب در سطح احتمال ۵، ۱ و ۱ درصد معنی‌دار بود. در بین اثرات متقابل نیز فقط اثر متقابل سـال×تاریخ کاشـت×رقم معنی‌دار گردید (جدول ۳). در سال اول آزمایش ورود به مرحله زایشـی و به دنبال آن رسـیدگی محصـول زودتر از سـال دوم به‌وقوع پیوست. در سـال اول گل‌دهی ۸/۲۳ روز، خورجین‌دهی ۵/۰۲ روز و رسـیدگی ۴/۰۶ روز زودتر از سـال دوم انجام شـد. تعداد روز تا رسیدگی در تاریخ کاشت ۱۵ مهر، ۲۰۹/۷۱ روز بود که طول فصل رشد آن نسبت به تاریخ کاشت ۳۰ مهر و ۱۵ مهر به ترتیب ۱۳/۶۱ و ۲۴/۸۶ روز بیشـــتر بود. در بین ارقام مورد بررســـی رقم هیولا زودرس‌تر از بقیه ارقام بود و میانگین روز تا رســیدگی آن در طی دو ســال آزمایش ۱۷۹/۸۹ روز بود. طول فصـــل رشـــد در ارقام آر.جی.اس و زرفام به ترتیب با ۵/۵۵ و ۱۶/۵۰ روز بیشـــتر از رقم هیولا بود و هر کدام در یک گروه آماری قرار داشـــتند. بقیه ارقام شـــامل نیما، نفیس، اس.ال.ام، نپتون و نیلوفر با رســـیدگی یکســـان در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۶). با توجه به معنی‌دار شـــدن اثر متقابل ســـال×تاریخ کاشت×رقم، مقایسات میانگین در هر سال و تاریخ کاشت بین ارقام مختلف انجام شد (شکل ۲). بر این اساس در هر دو سال آزمایش و در هر ســـه تاریخ کاشـــت، رقم هیولا از بقیه ارقام زودرس‌تر بود و رقم آر.جی.اس از لحاظ زودرســـی بعد از رقم هیولا بود. دیررس‌ترین ارقام نیز در تاریخ کاشـت‌های مختلف و در طی این دو سال آزمایش، ارقام اس.ال.ام، نیما، نیلوفر، نپتون و نفیس بودند.

بر اساس تحقیقات انجام شده، تأخیر در کاشت باعث کاهش رشد رویشی و سطح برگ شده و مدت زمان رسیدگی را کاهش می‌دهد (Ozer, 2003). بطورکلی ارقامی که شـــاخص ســـطح برگ بالاتری دارند و تطابق شاخص سطح برگ بالا با تشعشع دریافتی بالا باشـــد، عملکردهای بالاتری دارند (Foroughi *et al.*, 2019).



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد روز تا رسیدگی در اثر متقابل سال×تاریخ کاشت×رقم
تذکر: مقایسات میانگین بین ارقام در هر سال و تاریخ کاشت بطور جداگانه انجام شده است.

Figure 2- Comparison of the average of number of days until ripening in the interaction of year × planting date × variety
Note: Average comparisons among cultivars in each year and planting date have been done separately.

عملکرد و اجزای عملکرد

تعداد شاخه جانبی: در طی دو سال آزمایش، اثر تاریخ کاشت و رقم بر تعداد شاخه جانبی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل سال×تاریخ کاشت×رقم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۷). تعداد شاخه جانبی در سال اول و دوم به ترتیب ۵/۸۵ و ۵/۹۹ بود که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۸). بین دو تاریخ کاشت ۱۵ و ۳۰ مهر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی با تأخیر کاشت بیشتر تا ۱۵ آبان، تعداد شاخه جانبی بطور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (جدول ۹). بین ارقام مورد بررسی رقم نفیس با ۷/۵۰ شاخه بیشترین تعداد را داشت و رقم نیما با ۶/۵۶ شاخه با آن اختلاف زیادی نداشت. ارقام هیولا، اس.ال.ام و آر.جی. اس نیز کمترین تعداد شاخه را داشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۱۰). در آزمایش انجام شده در کرج، با تأخیر در کاشت از ۲۰ شهریور تا ۱۹ مهر تعداد شاخه فرعی از ۵/۱ به ۴/۳ شاخه رسید ضمن اینکه بین ارقام و تاریخ کاشت اثر متقابل معنی‌داری مشاهده گردید (Roodi *et al.*, 2010).

جدول ۷- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد در تجزیه واریانس

Table 7- The mean square of the yield and yield components in variance analysis

منابع تغییر Source of variables	درجه آزادی Degree freedom	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000 Seed weight	تعداد دانه در خورجین Seeds/pod	تعداد خورجین در بوته Pods/plant	تعداد شاخه جانبی Lateral branches
سال† Year (Y)	1	115770.0 *	6.64 *	559.91 *	22826.0 **	0.69 ns
تکرار×سال (خطای a) Rep×Year (E_a)	4	92.76	0.02	2.29	48.51	0.28
تاریخ کاشت† Planting date	2	220597.0 **	0.71 ns	5.25 ns	11927.0 ns	42.75 *
سال×تاریخ کاشت Year×Planting date	2	1090.3 ns	0.17 ns	13.03 ns	4112.7 ns	3.69 ns
تکرار×سال×تاریخ کاشت (خطای b) Planting date (E_b)×Year×Rep	8	233.0	0.03	0.78	89.8	0.25
رقم† Variety	7	41735.0 *	1.53 *	76.82 *	14037.0 ns	11.56 *
تاریخ کاشت×رقم Planting date*Variety	14	5633.3 *	0.15 ns	8.35 ns	2949.2 ns	3.69 ns
سال×رقم Variety×Year	7	21712.0 **	0.37 ns	17.27 ns	15203.0 **	2.36 ns
سال×تاریخ کاشت×رقم Variety×Planting date×Year	14	2057.7 **	0.18 **	11.47 **	3494.1 **	3.27 **
خطای کل Total error (E_c)	84	20.38	0.028	1.24	72.1	0.37
ضریب تغییرات Coefficient variable (%)		3.23	5.24	5.91	4.81	10.35

†: اثر سال تصادفی و اثر تاریخ کاشت و رقم بطور ثابت در نظر گرفته شده است.

†:The effect of year is considered random and the effect of planting date and variety are considered fixed.

جدول ۸- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در سال اول و دوم آزمایش بر اساس آزمون LSD و سطح احتمال ۵ درصد

Table 8- Comparison of the average yield and yield components in the first and second year of the experiment based on the LSD test and a probability level of 5%

سال Year	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	وزن هزار دانه 1000 Seed weight (g)	تعداد دانه در خورجین Seeds/pod	تعداد خورجین در بوته Pods/plant	تعداد شاخه جانبی Lateral branches
اول First	4708.19 a	3.42 a	20.83 a	189.19 a	5.85 a
دوم Second	4141.11 b	2.99 b	16.88 b	164.01 b	5.99 a

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means that have common letters are not significantly different.

جدول ۹- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ‌های مختلف کاشت بر اساس آزمون LSD و سطح احتمال ۵ درصد

Table 9- Comparison of the average yield and yield components in different planting dates based on LSD test and 5% probability level

تاریخ کاشت Planting date	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	وزن هزار دانه 1000 Seed weight (g)	تعداد دانه در خورجین Seeds/pod	تعداد خورجین در بوته Pods/plant	تعداد شاخه جانبی Lateral branches
۱۵ مهر 7th Oct.	5066.64 a	3.33 a	19.19 a	189.35 a	6.79 a
۳۰ مهر 22th Oct.	4491.88 b	3.21 a	18.53 a	181.48 a	6.04 ab
۱۵ آبان 6th Nov.	3715.63 c	3.08 a	18.85 a	158.98 a	4.92 b

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means that have common letters are not significantly different.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام مختلف بر اساس آزمون LSD و سطح احتمال ۵ درصد

Table 10- Comparison of the average yield and yield components in different varieties based on LSD test and 5% probability level

رقم Variety	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	وزن هزار دانه 1000 Seed weight (g)	تعداد دانه در خورجین Seeds/pod	تعداد خورجین در بوته Pods/plant	تعداد شاخه جانبی Lateral branches
نفیس Nafis	4797.78 ab	3.03 bc	19.05 a	193.67 a	7.50 a
اس.ال.ام-۰۴۶ SLM-046	4390.00 ab	3.21 bc	19.57 a	164.44 a	5.17 c
نپتون Nepton	5004.44 a	3.21 bc	19.31 a	194.56 a	6.00 bc
نیلوفر Nilofar	4439.44 ab	3.02 bc	20.30 a	183.61 a	5.94 bc
زرفام Zarfam	3821.11 b	3.25 b	20.77 a	148.06 a	5.72 bc
آر.جی.اس۰۰۳ RGS-003	3848.89 ab	3.74 a	18.96 a	136.00 a	5.28 c
هیولا۴۸۱۵ Hyola 4815	5006.11 a	3.43 ab	14.02 b	167.56 a	5.17 c
نیما Nima	4089.44 ab	2.77 c	18.86 a	222.94 a	6.56 ab

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند، با هم اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means that have common letters are not significantly different.

تعداد خورجین در بوته

اثر سال و اثرات متقابل سال×رقم و سال×تاریخ کاشت×رقم در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد خورجین در بوته معنی‌دار گردید (جدول ۷). میانگین تعداد خورجین در بوته در سال اول ۱۸۸/۱۹ بود که در سال دوم ۱۳/۳۱ درصد نسبت به سال اول کاهش داشت (جدول ۸). با تأخیر در کاشت بخصوص در ۱۵ آبان، با وجودی‌که این صفت کاهش نشان داد ولی این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ۹). بین ارقام مورد بررسی نیز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۱۰) ولی در سال اول رقم نیما و در سال دوم رقم نپتون بیشترین تعداد خورجین در بوته را داشتند. کمترین تعداد نیز در سال اول مربوط به رقم آر.جی.اس و در سال دوم ارقام هیولا و اس.ال.ام بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). کاهش تعداد خورجین در بوته با تأخیر در کاشت ارقام مختلف در آزمایشات متعددی مشاهده شد (Ehteshami *et al.*, 2015; Foroughi *et al.*, 2019; Kalantar Ahmadi *et al.*, 2015; Roodi *et al.*, 2010).

تعداد دانه در خورجین

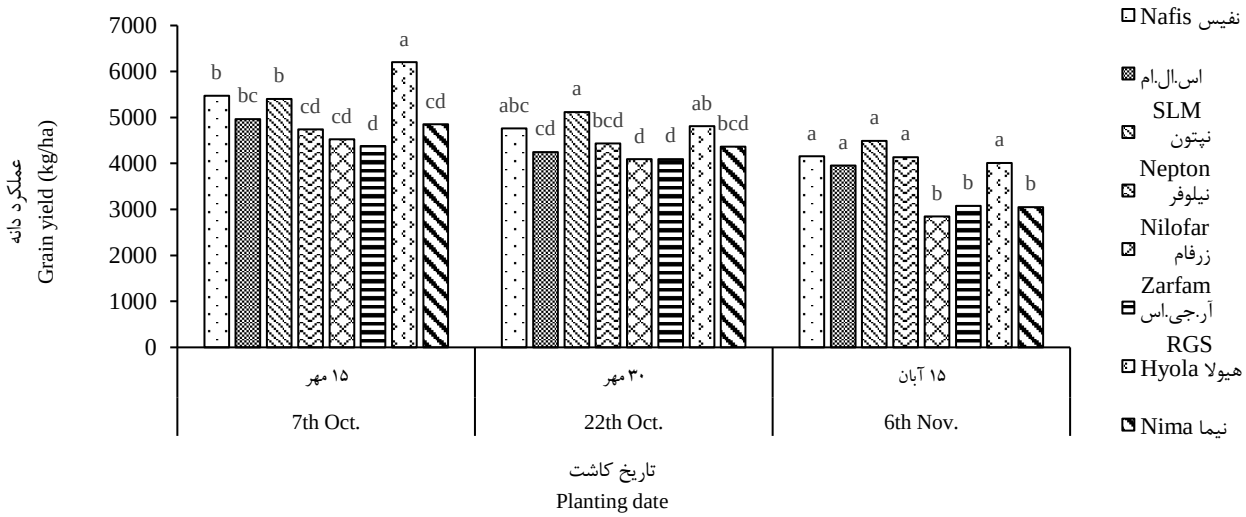
اثر سال و رقم در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل سال×تاریخ کاشت×رقم در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار گردید. میانگین تعداد دانه در خورجین در سال اول ۲۰/۸۳ دانه بود که در سال دوم ۱۸/۹۶ درصد کاهش داشت. در سال دوم آزمایش در زمان گل‌دهی و پس از آن دمای بیشینه بیشتر از سال اول در این دوره بود که باعث کاهش گل‌دهی و باروری در خورجین گردید. بین تاریخ‌های مختلف کاشت در این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بین ارقام مورد بررسی، رقم هیولا با ۱۴/۰۲ دانه در خورجین، کمترین تعداد را داشت و بقیه ارقام در یک گروه بودند (جدول ۱۰). در شمال خوزستان با تأخیر در کاشت ارقام دیررس هیولا ۶۰، آر.جی.اس ۰۰۳ و آپشن ۵۰۰ که از طول دوره رشد بیشتری برخوردار بودند، تعداد دلنه در خورجین کاهش یافت که علت آن را مصادف شدن دوره گل‌دهی با شرایط نامساعد محیطی اعلام کردند (Kalantar Ahmadi *et al.*, 2015).

وزن هزار دانه

اثر سال و رقم در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل سال×تاریخ کاشت×رقم در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار گردید (جدول ۷). میانگین وزن هزار دانه در سال اول ۳/۴۲ گرم و در سال دوم ۲/۹۹ گرم بدست آمد. بین ارقام مورد بررسی رقم آر.جی.اس با وزن هزار دانه ۳/۷۴ گرم بیشترین وزن را داشت و رقم هیولا ۴۸۱۵ با ۳/۴۳ گرم تفاوت معنی‌داری با آن نداشت. کمترین وزن هزار دلنه نیز در رقم نیما با ۲/۷۷ گرم بدست آمد (جدول ۱۰). در آزمایش تاریخ کاشت و ارقام کلزا در کرج، وزن هزار دانه در ۲۰ و ۳۰ شهریور اختلاف معنی‌داری نداشتند ولی با تأخیر بیشتر در کاشت به ۹ و ۱۹ مهر، وزن هزار دانه کاهش معنی‌دار پیدا کرد. بین ارقام مورد بررسی نیز ارقام اورینت و اس.ال.ام ۰۴۶ دارای وزن هزار دلنه کمتری از ارقام زرفام و کالورت بودند (Roodi *et al.*, 2010).

عملکرد دانه

اثرات سال و رقم در سطح احتمال ۵ درصد و اثر تاریخ کاشت در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. اثر متقابل تاریخ کاشت×رقم در سطح احتمال ۵ درصد و اثرات متقابل سال×رقم و سال×تاریخ کاشت×رقم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۷). میانگین عملکرد دانه در سال اول ۴۷۰۸ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و در سال دوم با ۱۲/۰۴ درصد کاهش به ۴۱۴۱ کیلوگرم در هکتار رسید. با تأخیر در کاشت نیز عملکرد دانه کاهش یافت؛ بطوری‌که میانگین عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۱۵ مهر به ۵۰۶۶ کیلوگرم در هکتار رسید و با تأخیر در کاشت به ۳۰ مهر و ۱۵ آبان به ترتیب ۱۱/۳۴ و ۲۶/۶۶ درصد کاهش در عملکرد حاصل شد. بین ارقام مورد بررسی ارقام هیولا۴۸۱۵ و نپتون بیشترین و رقم زرفام کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۱۰). در سال اول ارقام نپتون و هیولا بیشترین عملکرد دانه را داشتند و در سال دوم رقم نفیس بالاترین عملکرد را تولید کرد. کمترین عملکرد دانه نیز در سال اول و دوم به ترتیب در ارقام زرفام و آر.جی.اس مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). بررسی اثر متقابل تاریخ کاشت×رقم در شکل ۳ نشان می‌دهد که رقم هیولا در تاریخ کاشت ۱۵ مهر دارای عملکرد به مراتب بیشتری از بقیه ارقام است. با تأخیر در کاشت، بطور محسوسی عملکرد ارقام کاهش یافت و در تاریخ کاشت ۳۰ مهر علاوه بر رقم هیولا، ارقام نپتون و نفیس نیز عملکردهای خوبی داشتند. تأخیر بیشتر تا ۱۵ آبان، باعث شد ارقام از لحاظ عملکرد به دو گروه تقسیم شوند بطوری‌که ارقام زرفام، آر.جی.اس و نیما دارای عملکرد کمتر و در یک گروه بودند و بقیه ارقام در گروه برتر قرار گرفتند (شکل ۳). در آزمایش انجام شده در منطقه یاسوج اثر رقم، تاریخ کاشت و اثر متقابل آنها بر عملکرد دلنه معنی‌دار شد، بطوری‌که در آن رقم زرقام با تیپ رشد بهاره-پاییزه در صورت کشت در پاییز دارای رشد رویشی بیش از حد شده و در برابر سرما حساس می‌شود ولی با تأخیر در کاشت در این رقم طول دوره روزت کاهش یافت؛ بطورکلی در این منطقه با تأخیر در کاشت در ارقام مختلف، کاهش عملکرد به مقادیر متفاوتی حادث شد؛ بطوری‌که در تاریخ کاشت ۲۰ مهر نسبت به ۲۱ شهریور در ارقام اس.ال.ام ۰۴۶، اکاپی، الایت و زرفام به ترتیب ۵۵، ۵۰، ۴۳ و ۳۷ درصد کاهش عملکرد ایجاد شد (Fallah Heki *et al.*, 2012).



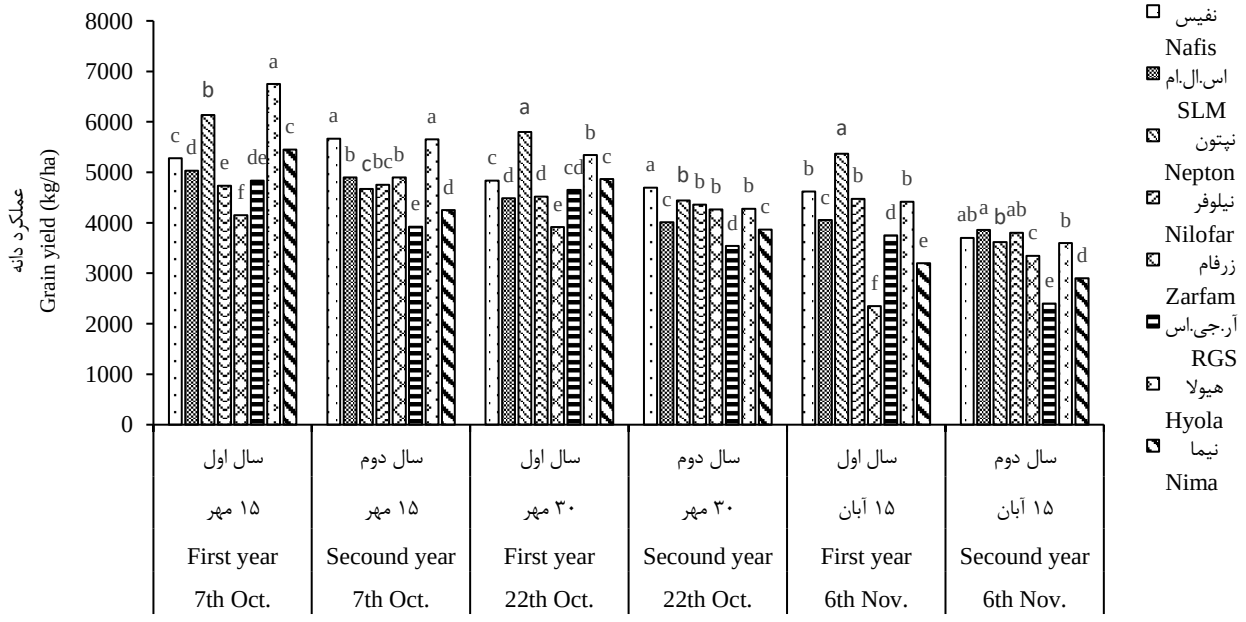
شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه در اثر متقابل تاریخ کاشت×رقم

تذکر: مقایسه میانگین بین ارقام در هر تاریخ کاشت بطور جداگانه انجام شده است.

Figure 3- Comparison of the average grain yield in the interaction effect of planting date × variety

.Note: The average comparison among the cultivars on each planting date has been done separately

در تاریخ کاشت ۱۵ مهر و در سال اول، رقم هیولا عملکرد بالاتری داشته و در سال دوم در همین تاریخ کاشت ارقام نفیس و هیولا بالاترین عملکرد را داشتند. در تاریخ کاشت ۳۰ مهر و سال اول، رقم نپتون عملکرد بالاتری تولید کرد ولی در سال دوم و همین تاریخ کاشت، رقم نفیس عملکرد بیشتری داشت. در تاریخ کاشت آخر (۱۵ آبان) و در سال اول بالاترین عملکرد دانه مربوط به رقم نپتون بود و در سال دوم در همین تاریخ کاشت، رقم اس.ال.ام عملکرد بیشتری داشت و ارقام نفیس و نیلوفر با آن اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۴).



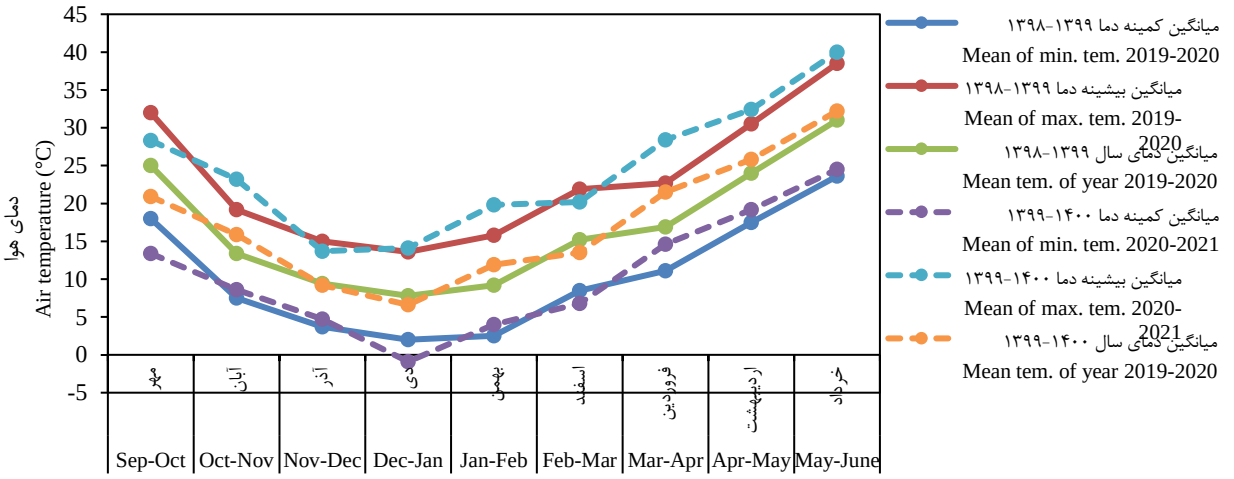
شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سال×تاریخ کاشت×رقم بر عملکرد دانه

تذکر: مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام در هر سال و تاریخ کاشت بطور جداگانه انجام شده است.

Figure 4- Comparison of the average of grain yield in interaction of year×planting date×variety

.Note: The comparison of the average grain yield of cultivars in each year and planting date has been done separately

در سال اول آزمایش، ماه مهر (شروع فصل رشد) بطور متوسط ۴/۱ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از مهر سال دوم آزمایش بود و ماه فروردین بطور متوسط ۴/۶ درجه خنک‌تر از فروردین سال دوم آزمایش بود؛ ضمن اینکه در اردیبهشت و خرداد نیز هوا خنک‌تر از سال دوم بود (شکل ۵). بنابراین در ابتدای فصل شرایط استقرار بهتری داشته و در انتهای فصل نیز با تنش گرمایی کمتری برخورد کرده است. در بهمن ماه سال دوم آزمایش که زمان شروع گل‌دهی است، دمای بیشینه ۴/۰ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از سال اول آزمایش بود (شکل ۵). بنابراین مجموع این شرایط آب و هوایی باعث شد تا عملکرد در سال اول بیشتر از سال دوم آزمایش باشد.



شکل ۵- تغییرات دمایی در طول فصل رشد و در سال‌های آزمایش (۱۴۰۰-۱۳۹۸)

Figure 5- Temperature changes during the growing season and in the experimental years (2019-2021)

تحلیل مقایسه کارکرد

در این آزمایش مناسب‌ترین رقم برای تاریخ کاشت ۱۵ مهر، هیولا ۴۸۱۵ بود و ارقام نپتون و نفیس برای تاریخ کشت ۳۰ مهر و ۱۵ آبان مناسب‌تر بودند. بر اساس نتایج تحلیل مقایسه کارکرد و رگرسیون برازش داده شده، عملکرد رقم هیولا با استفاده از معادله Y=5739.84+29.62x1-1.77x2+129.54x3-376.42x4 برابر ۶۱۹۹ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که با عملکرد بدست آمده (۶۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) فرقی نداشت. در معادله فوق Y، عملکرد دانه و x1 تا x4 به ترتیب تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه بود. در این معادله با افزایش تعداد شاخه جانبی از ۵/۳۳ به ۶/۰ و تعداد دانه در خورجین از ۱۴/۳۷ به ۱۹/۰ عملکرد دانه ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد (جدول ۱۱). البته با افزایش این دو جزء عملکرد، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه کاهش خواهد یافت. برای رسیدن به این مقدار مطلوب لازم است تا مدیریت‌های زراعی لازم از قبیل آبیاری و کوددهی در زمان مناسب صورت گیرد. معادله بدست آمده برای رقم نپتون در تاریخ کاشت ۳۰ مهر بصورت Y=11373+111.63x1-29.19x2-23.79x3-406.03x4 است و عملکرد دانه با قرار دادن مقادیر میانگین x، ۵۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بدست می‌آید که هیچ تفاوتی با عملکرد واقعی در این تیمار ندارد. بر اساس این معادله با افزایش مقدار x1 (تعداد شاخه جانبی) از ۶/۳۳ به ۷ و کاهش مقادیر x2، x3 و x4 عملکرد دانه ۴۹۷ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد (جدول ۱۲). در تاریخ کاشت ۱۵ آبان و رقم نفیس نیز معادله Y=480.86-188.27x1-4.07x2+181.47x3+926.69x4 بدست آمد و عملکرد بدست آمده با مدل (۴۱۵۸ کیلوگرم در هکتار) دقیقاً برابر عملکرد واقعی در این تیمار بود. در این تیمار کاهش وزن هزار دانه بسیار محسوس بود و افزایش آن از ۲/۶۱ به ۳/۰ گرم می‌تواند

عملکرد را ۶۵۵ کیلوگرم در هکتار افزایش دهد (جدول ۱۳).

جدول ۱۱- تأثیر اجزای عملکرد بر کاهش عملکرد در رقم هیولا و تاریخ کاشت ۱۵ مهر بر اساس نتایج رگرسیون

Table 11- The effect of yield components on yield reduction in the Hyola cultivar at the planting date of 7th Oct. based on the regression results

متغیر Variable	ضریب Coefficient	مقدار متغیر در مدل Variable value in model		عملکرد حاصل با مدل Yield by model		کاهش عملکرد Yield decrease	
		میانگین Mean	مقدار مطلوب Desired amount	میانگین Mean	مقدار مطلوب Desired amount	مقدار Amount (kg/ha)	درصد Percent
عرض از مبدأ Intercept (Y)	5739.84	1	1	5739.84	5739.84	--	--
تعداد شاخه جانبی Lateral branches (x1)	29.62	5.33	6	157.87	177.72	19.84	2.65
تعداد خورجین در بوته Pods/plant (x2)	-1.77	174.33	170	-308.56	-300.9	7.66	1.02
تعداد دانه در خورجین Seeds/pod (x3)	129.54	14.37	19	1861.49	2461.26	599.77	80.01
وزن هزار دانه 1000 seeds weight (x4)	-376.42	3.32	3	-1251.6	-1129.26	122.33	16.32
مجموع Total	--	--	--	6199.04	6948.66	749.62	100

جدول ۱۲- تأثیر اجزای عملکرد بر کاهش عملکرد در رقم نپتون و تاریخ کاشت ۳۰ مهر بر اساس نتایج رگرسیون

Table 12- The effect of yield components on yield reduction in the Nepton cultivar at the planting date of 22th Oct. based on the regression results

متغیر Variable	ضریب Coefficient	مقدار متغیر در مدل Variable value in model		عملکرد حاصل با مدل Yield by model		کاهش عملکرد Yield decrease	
		میانگین Mean	مقدار مطلوب Desired amount	میانگین Mean	مقدار مطلوب Desired amount	مقدار Amount (kg/ha)	درصد Percent
عرض از مبدأ Intercept (Y)	11373	1	1	11373	11373	--	--
تعداد شاخه جانبی Lateral branches (x1)	111.63	6.33	7	706.62	781.41	74.79	15.06
تعداد خورجین در بوته Pods/plant (x2)	-29.19	179.50	170	-5239.61	-4962.3	277.30	55.82
تعداد دانه در خورجین Seeds/pod (x3)	-23.79	17.53	15	-417.04	-356.85	60.19	12.12
وزن هزار دانه 1000 seeds weight (x4)	-406.03	3.21	3	-1302.54	-1218.09	84.45	17.00
مجموع Total	--	--	--	5120.43	5617.17	496.74	100

جدول ۱۳- تأثیر اجزای عملکرد بر کاهش عملکرد در رقم نفیس و تاریخ کاشت ۱۵ آبان بر اساس نتایج رگرسیون

Table 13- The effect of yield components on yield reduction in the Nafis cultivar at the planting date of 6th Nov. based on the regression results

متغیر Variable	ضریب Coefficient	مقدار متغیر در مدل Variable value in model		عملکرد حاصل با مدل Yield by model		کاهش عملکرد Yield decrease	
		میانگین Mean	مقدار مطلوب Desired amount	میانگین Mean	مقدار مطلوب Desired amount	مقدار Amount (kg/ha)	درصد Percent
عرض از مبدأ Intercept (Y)	480.86	1	1	480.86	480.86	--	--
تعداد شاخه جانبی Lateral branches (x1)	-188.27	5.83	5	-1097.61	-941.35	156.26	23.86
تعداد خورجین در بوته Pods/plant (x2)	-4.07	197.83	190	-805.17	-773.30	31.87	4.87
تعداد دانه در خورجین Seeds/pod (x3)	181.47	17.43	18	3163.02	3266.46	103.44	15.80
وزن هزار دانه 1000 seeds weight (x4)	926.69	2.61	3	2416.81	2780.07	363.26	55.47
مجموع Total	--	--	--	4157.91	4812.74	654.83	100

بر اســـاس جدول ۱۴ با تغییر زمان گل‌دهی، غلاف‌دهی و رسیدگی از طریق تغییر تاریخ کاشت و سایر مدیریت‌های زراعی مثل آبیاری و کوددهی، می‌توان عملکردها را تا حدودی بهبود بخشید. بر اساس مدل رگرسیونی در رقم هیولا و تاریخ کاشت ۱۵ مهر، ۹ روز افزایش فاصله غلاف‌دهی تا گل‌دهی عملکرد دانه را ۷۴۲ کیلوگرم در هکتار افزایش داد که متناســـب با افزایش تعداد شاخه جانبی و تعداد دانه در خورجین در جدول ۱۱ است که باعث افزایش ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌گردد. در رقم نپتون و تاریخ کاشت ۳۰ مهر نیز گل‌دهی و رسیدگی زودتر و همچنین افزایش فاصله گل‌دهی تا غلاف‌دهی باعث افزایش ۵۱۹ کیلوگرم در هکتار گردید. مقدار افزایش عملکرد در این تیمار با افزایش تعداد شـــاخه‌های جانبی در جدول ۱۲ معادل ۴۹۷ کیلوگرم در هکتار بود. بر اســـاس مدل رگرســـیونی در رقم نفیس و تاریخ کشـــت ۱۵ آبان، افزایش فاصـــله غلاف‌دهی تا رســـیدگی باعث افزایش ۶۴۸ کیلوگرم در هکتار شـد که با افزایش وزن هزار دانه در جدول ۱۳ به میزان ۶۵۵ کیلوگرم در هکتار منطبق است.

جدول ۱۴- طول مراحل فنولوژیکی نمو در تیمارهای منتخب

Table 14- Duration of the phenological stages of development in selected treatments

تیمار منتخب Desired treatment	کاشت تا گلدهی Planting until flowering (days)	گلدهی تا غلاف‌دهی Flowering until podding (days)	غلاف‌دهی تا رسیدگی Podding until maturity (days)	طول فصل رشد Growth season (days)	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)
هیولا- ۱۵ مهر Hyola-7th Oct.	104.00	43.67	42.16	189.83	6200.96
هیولا- ۱۵ مهر (مدل) Hyola-7th Oct.(model)	105.00	32.00	51.00	188.00	6943.39
نپتون-۳۰ مهر Nepton 22th Oct.	149.67	16.33	36.83	202.83	5120.36
نپتون-۳۰ مهر (مدل) Nepton-22th Oct. (model)	145.00	20.00	36.00	201.00	5639.90
نفیس-۱۵ آبان Nafis-6th Nov.	137.83	18.34	33.16	189.33	4157.03
نفیس-۱۵ آبان (مدل) Nafis 6th Nov.(model)	130.00	19.00	40.00	189.00	4805.08

نتیجه‌گیری کلی

وابستگی عملکرد دانه در کلزا به تاریخ کاشت مناسب مورد تایید بسیاری از محققین است و بسته به شرایط آب و هوایی بسیار متفاوت است. در مناطق گرم و خشک مانند یزد کاشت دیر هنگام باعث تنش آخر فصل می‌شود و کاشت زود نیز باعث سرمازدگی در طول فصل زمستان می‌گردد؛ لذا انتخاب تاریخ کاشت مناسب و رقم زودرس در اینگونه مناطق بسیار حائز اهمیت است. بر اساس نتایج بدست آمده در این آزمایش بهتر است از ارقام زودرس با پتانسیل عملکرد بالا مثل هیولا۴۸۱۵، نپتون و نفیس در تاریخ کاشت ۱۵ مهر استفاده شود و در صورت تأخیر در کاشت، ارقام نپتون و نفیس جایگزین مناسب‌تری هستند.

References

Alyari, H., Shekari, F. and Shekari, F., 2000. Oil seed crops: agronomy and physiology. Tabriz, Amidi press. [In Persian].

Azizi, M., Soltani, A. and Khavari Khorasani, S., 2006. Rapeseed, Physiology, Agriculture, Breeding and Biotechnology. Mashhad Jahad Daneshgahi Press. 230p. [In Persian].

Diepenbrock, W., 2000. Yield analysis of winter oilseed rape, a review. *Field Crop Research, 67*, pp.35-49.

Ehteshami, S.M., Tehrani Aref, A. and Samadi, B., 2015. Effect of planting date on some phenological and morphological characteristics, yield and yield components of five rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 109*, pp.111-120. [In Persian].

Fallah Heki, M.H., Yadavi, A., Movahhedi Dehnavi, M. and Bonyadi, M., 2012. Effect of planting date on physiological and morphological characteristics of four canola cultivars in Yasouj. *Journal of Crop Production and Processing*, *2*(4), pp.53-66. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.5.1**

Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A., Shirani Rad, A.H. and Shariati, F., 2008. Effects of different temperature and moisture regimes on oil contents of two canola (*Brassica napus* L.) Cultivars. *Seed and Plant Journal*, *24*(4), pp.707-722. [In Persian]. **doi: 10.22092/spij.2017.110818**

Fieldsend, J.K., Murray, F.E., Bilsborrow, P.E., Milford, G.F.J. and Evans, E.J., 1991. Glucosinolate accumulation during seed development in winter sown oilseed rape (*Brassica. napus*). Proceeding of the 8th international rapeseed congress, Saskatoon. pp.686-694.

Foroughi, A., Biabani, A., Rahemi karizaki, A. and Rassam, G.A., 2019. Investigation the physiological traits associated with canola (*Brassica napus* L.) genotypes yield improvement. *Iranian Journal of Field Crops Research, 17*(1), pp.53-73. [In Persian]. **doi: 10.22067/gsc.v17i1.63733**

Gunasekera, C.P., Martin, L.D., Siddique, K.H.M. and Walton, G.H., 2006 a. Genotype by environment interactions of Indian mustard (Brassica juncea L.) and canola (*Brassica. napus* L.) in Mediterranean-type environments: I. Crop growth and seed yield. *European Journal of Agronomy, 25*(1), pp.1-12. **doi: 10.1016/j.eja.2006.02.001**

Gunasekera, C.P., Martin, L.D., Siddique, K.H.M. and Walton, G.H., 2006 b. Genotype environment interactions of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*Brassica. napus* L.) in Mediterranean-type environments: II. Oil and protein percent in seed. *European Journal of Agronomy, 25*(1), pp.13-21. **doi: 10.1016/j.eja.2005.08.002**

Kalantar Ahmadi, S.A., Ebadi, A. and Siadat, S.A., 2015. Canola cultivars' response to sowing date in northern Khouzestan conditions. *Journal of Crop Production and Processing, 4*(14), pp.123-132. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.22518517.1393.4.14.11.1**

Lunn, G.D., Spink, J.H., Stokes, D.T., Wade, A., Clare, R.W. and Scott, R.K., 2001. Canopy management in winter oil seed rape. HGCA Project report No. OS 49 Home. Grown Cereals Authority, London.

Kirkland, K.J. and Jonson, E.N., 2000. Alternative seeding dates (Fall and April) affect *Brassica napus* canola yield and quality. *Canadian Journal of Plant Science, 80*, pp.713-719. **doi: 10.4141/P00-016**

Mandal, S.M.A., Mishra, B.K. and Patra, A.K., 1994. Yield loss in rapeseed and mustard due to aphid infestation in respect of different varieties and dates of sowing. *Orissa Journal of Agricultural Research, 7*, pp.58-62.

Mendhame, N.J., Shipway, P.A. and Scott, R.K., 1981. The effect of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil seed rape. *Journal of Agricultural Science, 96*(2), pp.389-416.

Ozer, H., 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield components of two summer rapeseed cultivars. *European Journal of Agronomy, 19*(3), pp.453-463. **doi: 10.1016/S1161-0301(02)00136-3**

Rahnama, A., 2010. Effect of planting date on yield and yield components of two rapeseed cultivars in Khuzestan region. *The Quarterly Journal of New Knowledge of Sustainable Agriculture, 6*(20), pp.13-22. [In Persian].

Robertson, M.J. and Holland, J.F., 2004. Production risk of canola in the semi-arid sub-tropics of Australia. *Australian Journal of Agricultural Research, 55*(5), pp.525-538. **doi: 10.1071/AR03219**

Roodi, D., Amiri-Oghan, H. and Alizadeh, B., 2010. Evaluation of seed yield and related components of rapeseed winter cultivars under different sowing dates in Karaj area-Iran. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 20*(1), pp.143-151. [In Persian]. **dor: 20.1001.1.24764310.1389.20.1.12.3**

Shiranirad, A.H., Alizade, B., Amiri Ogan, H., Jabbari, H., Rodi, D. and Kihanian, A., 2020. Technical guidelines for rapeseed production in the country. Agricultural Research, Education and Extension Organization. Seed and Plant Improvement Institute. 30p. [In Persian].

Toriyama, K. and Hinata, K., 1984. Anther respiratory activity and chilling resistance in rice. *Plant Cell Physiology, 25*(7), pp.1215-1221. **doi: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a076829**

Zavare, M. and Emam, Y., 2000. An identification guide for rapeseed (*Brassica napus.* L.) developmental stages. *Iranian Journal of Crop Science, 2*(1), pp.1-14. [In Persian].

Journal of Crop Science Research in Arid Regions/ Volume 6, Issue 2, Summer 2024, P. 295-312

Evaluation of rapeseed cultivars in different planting dates using comparative performance analysis method in yield components and phenological stages of development

Seyed Ali Tabatabaei[1], Amin Anagholi[2*], Hamid Jabbari[3]

[1] Field and Horticultural Crops Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran
[2] National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran
[3] Oil Seed Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran
[*]Corresponding Author: anagholi@yahoo.com

Received: 22 November 2022 Accepted: 1 January 2023 **DOI: 10.22034/CSRAR.2024.370984.1293**

Abstract

Introduction: Climatic parameters, especially temperature, have a significant effect on increasing the yield of plants. Rapeseed has suitable agricultural characteristics such as tolerance to cold, drought and salinity stresses and it is recommended to grow it in most parts of the country due to its higher yield of oil per unit area than other oil seeds. Rapeseed is one of the plants whose performance depends on the right planting date so one of the important issues is determining the appropriate planting date for the important cultivars cultivated in each region. This experiment was conducted in order to investigation and comparison of the yield of rapeseed cultivars in different planting dates. This area has frost stress during winter and heat stress at the end of the season. These stresses affect the length of the phenological stages of development and yield components. The present study also examines the effect of planting date on these variables and by providing regression models, provides a suitable estimate of their effect on seed yield.

Materials and Methods: The experiment was carried out in split plot design in the form of randomized complete block in three replications during two crop years 2019-2020 and 2020-2021 at the central station affiliated to the Agriculture and Natural Resources Research Center of Yazd province. The main factor of planting date was placed in the main plots in three levels: the 7th of October, the 22th of October and the 6th of November and rapeseed cultivars were planted in sub-plots in eight levels including Hayola4815, Zarfam, Nafis, Nepton, Nima, SLM046, Nilofar and RGS003. To determine the yield components including the number of lateral branches, the number of pods per plant, the number of seeds per pod and 1000 seed weight, 10 plants were randomly selected from each experimental unit and the desired traits were counted and measured. The phenological stages of development were performed based on the scale of Zavareh and Imam (2000). SAS software was used to analyze the variance and determine the regression coefficients of the equations. Mean comparisons were also done based on LSD test and 5% probability level.

Results and Discussion: Based on the obtained results, the effect of planting date had a significant effect on the phenological stages and caused a decrease in the number of days until flowering, podding and ripening. The earliest maturity cultivars in this experiment were Hyola4815 and RGS-003. The effect of planting date on grain yield was significant and the highest yield was obtained with 5066.46 kg / ha on 7th October and the sowing dates of the 22th of October and the 6th of November were 11.34 and 26.66% lower than the sowing date of 7th October, respectively. Among the investigated cultivars, Heyola on the planting date of 7th Oct., Neptune on the planting date on 22th Oct., and Neptune & Nafis on the planting date of 6th Nov., had higher yields than the others and recommended for cultivation in the region.

Conclusion: The dependence of seed yield in rapeseed on the appropriate planting date is confirmed by many researchers and it varies on different weather conditions. In hot and dry areas such as Yazd, late planting causes stress at the end of the season, and early planting also causes frost during the

winter season, so it is very important to choose the appropriate planting date and early maturity varieties in such areas. According to the regression models, the change in the phenological growth stages coordinated by change in the yield components cause increase the seed yield by 500 to 750 kg/hectare, which can be done by changing the planting date and agricultural operations.

Keywords: Canola, Early maturity, Flowering, Hyola4815, Podding