نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره ۳۲ - شماره ۰۳- پیاپند ۱۲٤ پائیز ۹۸

ارزیابی خصوصیات کمی ده ژنوتیپ کلزای بهاره در منطقه رامهرمز خوزستان

Evaluation of quantitative characteristics of ten spring rapeseed genotypes in Ramhormoz region of Khuzestan

سحر کلاه‌کج[۱]، مهرو مجتبایی زمانی[۲*]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اگرواکولوژی گروه کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران.
۲. استادیار گروه کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران. (نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت:۱۳۹۷/۰۷/۰٤ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۹ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.123480.1347

چکیده

کلاه‌کج، س.، مجتبایی زمانی، م.، ارزیابی خصوصیات کمی ده ژنوتیپ کلزای بهاره در منطقه رامهرمز خوزستان
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۲ - شماره ۰۳- پیاپند ۱۲٤ پائیز ۹۸: ۷۴-۵۴

به منظورتعیین سهم صفات موثر بر عملکرد دانه و شناسایی موثرترین صفات به عنوان شاخصی برای گزینش ارقام پر محصول در منطقه رامهرمز، این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ده ژنوتیپ بهاره کلزا (هایولا ٤۰۱، هایولا٤۲۰، هایولا۳۰۸، هایولا٤۸۱۵، هایولا۵۰، هایولا٦۰، سان۳۷، سان۳٤، صفی٦ و دلگان) در سال زراعی ۹٦-۱۳۹۵ اجرا شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تمامی صفات مورد بررسی به استثنای موفقیت تبدیل گل به خورجین اختلاف معنی‌داری داشتند. هیبرید دیررس هایولا ٦۰ با وجود تعداد خورجین در بوته زیاد، با کمترین تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه نسبتاً پایین، به دلیل برخورد مرحله دانه‌بندی با گرمای انتهای فصل، از کمترین عملکرد دانه برخوردار بود. صفی ٦ با بیشترین تعداد خورجین در بوته، هایولا ٤۲۰ با بیشترین وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین نسبتاً بالا و سان ۳٤ با بیشترین تعداد دانه در خورجین، از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بودند. در تجزیه رگرسیون گام به گام صفات تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، وزن هزار دانه و ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین ۷۱ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. بر اساس نتایج تجزیه علیت، صفت تعداد دانه در خورجین با بیشترین تاثیر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه و اثرات غیر مستقیم ناچیز از طریق سایر صفات، به عنوان شاخصی برای گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در برنامه‌های اصلاحی کلزای بهاره معرفی شد.

واژه های کلیدی: تجزیه علیت، تنوع ژنوتیپی، رگرسیون گام به گام، همبستگی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: mahroo.mojtabaei@gmail.com

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) مهمترین گونه زراعی جنس براسیکا بوده که دانه آن حاوی ۴۰ تا ۴۶ درصد روغن و ۱۸ تا ۲۴ درصد پروتئین و کنجاله آن دارای ۳۶ تا ۴۴ درصد پروتئین خام است. دانه این گیاه از ضریب روغن‌دهی بالایی برخوردار بوده و با داشتن بیش از ۶۰ درصد اسید اولئیک کیفیت بالایی نیز دارد (Khajehpour, 2004). به منظور کاهش واردات و رسیدن به خودکفایی در تولید روغن، توسعه کشت دانه‌های روغنی، به ویژه کلزا و بررسی راهکارهای لازم برای افزایش عملکرد استحصالی از آن مورد توجه قرار گرفته است. عملکرد دانه از ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط متاثر می‌شود (Marjanovic-Jeromela *et al*., 2008). انتخاب رقم مناسب یکی از عوامل مهم مدیریتی است که نقش مهمی در دستیابی به عملکرد بالا دارد. عملکرد دانه به بسیاری از ویژگی‌های مورفولوژیکی و اجزای عملکرد گیاه وابسته است و این ویژگی‌ها اثرات مثبت یا منفی بر عملکرد دارند (Hasan *et al*., 2014). شناخت سهم هر یک از این اجزا در تغییر عملکرد و تعیین موثرترین جزء بر عملکرد دانه برای دستیابی به محصول بیشتر با اهمیت است و اطلاعات لازم را برای انتخاب مناسب‌ترین ژنوتیپ به اصلاحگران می‌دهد (Basalma, 2008). در بررسی ۱۸ ژنوتیپ بهاره کلزا در شرایط آب و هوای گرمسیری منطقه سیستان، بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، ارتفاع و عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت و هیبریدهای هایولا ۴۰۱ و هایولا ۴۲۰ برای کشت در منطقه مذکور پیشنهاد شد. در این بررسی، همبستگی مثبت معنی‌دار و قوی بین تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه گزارش شد (Fanaei *et al*., 2008). در تحقیقات مختلف وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با صفاتی نظیر تعداد خورجین در بوته (Rameeh, 2012)، تعداد دانه در خورجین (Moradi & Ghodrati, 2011)، وزن هزار دانه (Roostabaghi *et al*., 2012)، طول خورجین (Ismaili *et al*., 2015) و تعداد شاخه‌های فرعی (Lu *et al*., 2011) گزارش شده است. در برخی تحقیقات نیز طول دوره رشد یکی از صفات موثر بر عملکرد دانه کلزا شناخته شده است. در بررسی ۱۶ ژنوتیپ کلزا در مرکز تحقیقات کشاورزی اراک بین عملکرد دانه و طول دوره رشد همبستگی معنی‌داری وجود داشت و نتایج نشان داد که در محیط‌هایی با فصل رشد طولانی، ارقام دیررس بهتر از ارقام زودرس بوده که با استفاده‌ی حداکثری از منابع موجود، از عملکرد بالاتری نسبت به ارقام زودرس و زود گل برخوردارند (Khatamain *et al*., 2011). در حالی که در مطالعه‌ای دیگر در شرایط آب و هوایی دزفول، عملکرد دانه کلزا با تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی همبستگی منفی معنی‌داری داشت و در ژنوتیپ‌های دیررس، به دلیل برخورد مراحل رسیدگی با دمای زیاد انتهای فصل، عملکرد کاهش یافت (Moradi & Ghodrati, 2011). همبستگی ساده بین صفات قادر به توصیف کامل روابط بین صفات زراعی و عملکرد نیست و به منظور تعیین میزان تاثیر

صفات مختلف زراعی بر عملکرد دانه، تفکیک ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیر مستقیم از طریق ضرایب تجزیه علیت، روشی مناسب برای شناسایی موثرترین صفات بر عملکرد دانه محسوب می‌شود (Rabiee *et al*., 2011). در پژوهش رشیدی و مجیدی (Rashidi& Majidi, 2016) با وجود همبستگی قوی‌تر عملکرد دانه با روز تا رسیدگی (r=۰/۶۹) و ارتفاع بوته (r=۰/۵۶) در مقایسه با طول غلاف (r=۰/۳۵)، بر اساس نتایج تجزیه علیت، طول غلاف بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشت (۰/۷۹) که به دلیل اثر غیر مستقیم از طریق تعداد شاخه فرعی (۰/۵۲-)، همبستگی آن با عملکرد کاهش یافت. در بررسی ۱۸ ژنوتیپ مختلف کلزا، بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد خورجین در ساقه اصلی، وزن هزار دانه، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و روز تا رسیدگی همبستگی مثبت معنی‌داری گزارش شد و ارتفاع بوته بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه داشت و پس از آن وزن هزار دانه و طول خورجین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد داشتند (Sandhu *et al*., 2017). در مطالعه لیو و همکاران (Lu *et al*., 2011) نتایج همبستگی نشان داد که تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد خورجین در شاخه اصلی و تعداد دانه در خورجین همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد داشت، ولی وزن هزار دانه با عملکرد دانه همبستگی منفی داشت. تعداد خورجین در بوته و تعداد شاخه‌های جانبی بیشترین اثرات مستقیم را بر عملکرد دانه در بوته داشتند و به عنوان بهترین شاخص‌ها برای توجیه تغییرات عملکرد معرفی شدند.

روابط موجود بین عملکرد و سایر ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه کلزا و سهم هر یک از این اجزا در عملکرد دانه کلزا، پیش از این به کرات بررسی شده است، ولی با توجه به تاثیرپذیری عملکرد از محیط و برهمکنش ژنوتیپ در محیط، مطالعه این روابط در شرایط آب و هوایی مختلف لازم به نظر می‌رسد و منجر به بهره‌گیری از ظرفیت‌های زراعی هر منطقه خواهد شد. هدف از پژوهش حاضر، شناسایی مناسب‌ترین رقم کلزا برای کشت در منطقه رامهرمز، تعیین سهم صفات موثر بر عملکرد دانه و شناسایی موثرترین صفات به عنوان شاخصی برای گزینش ارقام پر محصول در منطقه رامهرمز است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه‌ای تحقیقاتی از اراضی جوی آسیاب واقع در حومه شهر رامهرمز (با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۵۰ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی ۲۹۷ میلی‌متر) در استان خوزستان اجرا شد. شرایط آب و هوایی منطقه در طی اجرای پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است. خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی رسی لومی با ۱/۰۴ درصد ماده آلی، شوری ۵/۲ دسی‌زیمنس بر متر و pH ۷/۲۵ بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ده ژنوتیپ بهاره کلزا (شامل هایولا ۴۰۱، هایولا ۴۲۰، هایولا ۳۰۸، هایولا ۴۸۱۵، هایولا ۵۰، هایولا ۶۰، سان ۳۷، سان ۳۴، صفی ۶

و دلگان) اجرا شد. ژنوتیپ‌های مذکور از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول و بانک بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرج تهیه شد و بر اساس تاریخ کاشت توصیه شده در منطقه در ۲۱ آبان ماه کشت شدند. آرایش کاشت به صورت دو ردیف کشت کلزا به فواصل ۳۰ سانتی متر از هم، در طرفین پشته‌های ۶۰ سانتی‌متری، با تراکم ۸۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار پشته شش متری (هشت ردیف) بود و هر کرت با یک پشته به صورت نکاشت از کرت کناری جدا شد. به منظور دستیابی به تراکم ۸۰ بوته در متر مربع، در زمان کاشت مقدار بذر مصرفی از هر ژنوتیپ دو برابر تراکم مذکور در نظر گرفته شد، سپس در مرحله ۲ تا ۴ برگی با تنک کردن بوته‌ها، تراکم به ۸۰ بوته در متر مربع رسید. بر اساس نتایج آزمون خاک، ۱۹۵ کیلوگرم در هکتار اوره در چهار قسط (پس از سبز شدن گیاهچه‌ها، در مرحله‌ی سه تا چهار برگی پس از تنک کردن، در آغاز رشد طولی ساقه و شروع گل‌دهی) مصرف شد. همچنین، ۱۰۹ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم پایه، به صورت نواری، برای هر خط کاشت مصرف شد. وجین علفهای هرز به صورت دستی، طی دوره رشد، در درون و بیرون کرت‌ها صورت گرفت و آبیاری با توجه به نیاز گیاه و بارندگی فصلی، به نحوی که گیاه با تنش کم آبی روبرو نشود، انجام شد. در مرحله گلدهی، ده بوته از ردیف‌های دوم و هفتم هر کرت آزمایشی، به صورت تصادفی، انتخاب و با روبان قرمز علامت‌گذاری شد. این بوته‌ها برای ارزیابی صفات زراعی شامل تعداد گل باز شده روی ساقه اصلی، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین، ارتفاع بوته، ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین و طول خورجین استفاده شد. از نسبت تعداد خورجین در ساقه اصلی به تعداد گل باز شده روی ساقه اصلی نیز، درصد موفقیت تبدیل گل به خورجین به دست آمد. به منظور ثبت مراحل فنولوژیکی روز تا شروع گلدهی، روز تا پایان گلدهی، روز تا خورجین دهی و روز تا رسیدگی، دو متر طولی از وسط ردیف‌های دوم و هفتم هر کرت علامت‌گذاری شد و با دیده‌بانی مداوم مزرعه بر اساس کلید تشخیص مراحل رشد و نمو کلزا (Sylvester-Bradley & Makepeace, 1984)، مراحل مذکور ثبت شد. در زمان رسیدگی از ردیف‌های چهارم و پنجم هر کرت آزمایشی، پس از حذف یک متر طولی از ابتدا و انتهای هر خط کاشت به عنوان حاشیه، سطحی معادل ۱/۲ متر مربع برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه استفاده شد. برای تعیین وزن هزار دانه نیز دو نمونه ۵۰۰ تایی بذر شمارش شد و پس از ۴۸ ساعت قرار گرفتن در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد، توزین شدند. سپس انحراف معیار وزن دو نمونه مذکور برای هر کرت محاسبه و در مواردی که انحراف معیار کمتر از ۴ درصد بود، صحت آن تایید و مجموع وزن دو نمونه به عنوان وزن هزار دانه ثبت شد. پس از آزمون فرضیات تجزیه واریانس و اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه

و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. به منظور بررسی روابط بین صفات مورد مطالعه و عملکرد دانه، ضرایب همبستگی ساده محاسبه شد و از طریق روش رگرسیون گام به گام، تاثیرگذارترین صفات بر عملکرد دانه تعیین شدند. به منظور ارزیابی اثرات مستقیم و غیر مستقیم بر عملکرد دانه از روش تجزیه علیت استفاده شد. متغیرهای مستقل شرکت کننده در تجزیه علیت بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام انتخاب شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ساده نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تمامی صفات به استثنای درصد موفقیت تبدیل گل به خورجین در سطح احتمال یک یا پنج درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲ و ۴) که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی در صفات مورد بررسی است. بیشترین تعداد گل باز شده روی ساقه اصلی به دو ژنوتیپ هایولا ۵۰ و هایولا ۶۰ اختصاص داشت (جدول ۳). با توجه به غیر معنی‌دار بودن تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ درصد موفقیت تبدیل گل به خورجین (جدول ۲)، رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد خورجین در ساقه اصلی تقریباً مشابه با رتبه‌بندی بر اساس تعداد گل باز شده روی ساقه اصلی بود. در هر حال به دلیل درصد موفقیت کمتر هایولا ۵۰ در تبدیل گل به خورجین، از نظر تعداد خورجین در ساقه اصلی هایولا ۶۰ رتبه اول و هایولا ۵۰

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی در دوره رشد کلزا در رامهرمز (سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵)

Table 1. Meteorological data during rapeseed growing season in Ramhormoz (2016-2017)

ماه Month	میانگین دما Mean of temperature (°C)		میانگین رطوبت نسبی Mean of relative humidity (%)	بارش Precipitation (mm)	تعداد ساعات آفتابی Number of sunny hours
	Maximum	Minimum			
آبان Oct.-Nov.	32.4	18.0	32	3.0	8.5
آذر Nov.-Dec.	21.1	10.1	55	64.5	5.9
دی Dec.-Jan.	21.5	10.2	59	12.3	5.8
بهمن Jan.-Feb.	19.1	8.8	53	34.7	5.8
اسفند Feb.-Mar.	25.6	12.8	45	25.3	7.8
فروردین Mar.-Apr.	30.8	18.8	42	51.3	6.7
اردیبهشت Apr.-May	40.1	25.8	20	0.5	8.8

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ده ژنوتیپ کلزا

Table 2. Analysis of variance for yield and yield components of 10 rapeseed genotypes

		میانگین مربعات Means squares									
منابع تغییر S.O.V	df	تعداد گل باز شده روی ساقه اصلی Flowers on the main raceme	تعداد خوردچین در ساقه اصلی Siliques on the main raceme	نسبت موفقیت تبدیل گل به خوردچین Success ratio for flower development into silique	تعداد خوردچین در شاخه‌های فرعی Siliques on the lateral branches	تعداد خوردچین در بوته Siliques per plant	تعداد دانه در خوردچین Grain per silique	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	74.07 ns	0.62 ns	108.29 ns	1052.18 *	1032.06 ns	0.63 ns	0.13 ns	629880.6 ns	2137480.0 ns	6.07ns
ژنوتیپ Genotype	9	554.23 **	253.44 **	77.50 ns	748.31 **	901.61 *	10.48 **	0.26 *	2171327.1 **	4018074.1 **	54.76 **
خطا Error	18	48.82	29.10	43.71	224.44	312.63	0.70	0.11	232992.7	701998.5	10.61
ضریب تغییرات C.V (%)		10.68	11.60	9.20	18.91	14.06	3.08	9.06	11.1	6.8	9.32

ns: غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ده ژنوتیپ کلزا

Table 3. Mean comparison of yield and yield components for 10 rapeseed genotypes

ژنوتیپ Genotype	تعداد گل باز شده روی ساقه اصلی Flowers on the main raceme	تعداد خوردجین در ساقه اصلی Siliques on the main raceme	نسبت موفقیت تبدیل گل به خوردجین Success ratio for flower development into silique (%)	تعداد خوردجین در شاخه‌های فرعی Siliques on the lateral branches	تعداد خوردجین در بوته Siliques per plant	تعداد دانه در خوردجین Grain per silique	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
Hyola 401	59.76 ^{cd}	45.61 ^{bc}	77.09 ^{a}	71.25 ^{bc}	116.86 ^{bc}	20.23 ^{cde}	3.84 ^{ab}	4059.6 ^{cde}	12753.3 ^{abcd}	31.71 ^{bc}
Hyola 420	70.76 ^{abc}	50.31 ^{bc}	71.32 ^{ab}	61.82 ^{c}	112.13 ^{c}	22.91 ^{b}	4.14 ^{a}	5349.3 ^{ab}	13833.3 ^{ab}	38.61 ^{a}
Hyola 308	66.05 ^{bcd}	41.76 ^{bc}	63.24 ^{b}	81.25 ^{abc}	123.01 ^{bc}	21.29 ^{bc}	3.44 ^{bc}	4136.1 ^{cd}	11720.0 ^{cdef}	35.29 ^{ab}
Hyola 4815	34.33 ^{e}	26.62 ^{d}	77.58 ^{a}	98.79 ^{ab}	125.41 ^{bc}	18.57 ^{de}	3.69 ^{abc}	3662.5 ^{de}	10526.7 ^{f}	34.79 ^{ab}
Hyola 50	80.48 ^{a}	52.04 ^{b}	65.10 ^{ab}	67.95 ^{c}	119.99 ^{bc}	20.68 ^{cd}	3.69 ^{abc}	4582.4 ^{bc}	12513.3 ^{bcde}	36.69 ^{ab}
Hyola 60	79.29 ^{a}	61.47 ^{a}	77.52 ^{a}	86.70 ^{abc}	148.17 ^{ab}	18.39 ^{e}	3.33 ^{bc}	3175.6 ^{e}	11126.7 ^{ef}	28.51 ^{c}
SAN 37	64.86 ^{bcd}	45.52 ^{bc}	70.37 ^{ab}	78.04 ^{bc}	123.56 ^{bc}	19.18 ^{cde}	3.07 ^{c}	3468.2 ^{de}	12180.0 ^{cde}	28.54 ^{c}
SAN34	73.43 ^{ab}	50.52 ^{bc}	69.15 ^{ab}	79.76 ^{bc}	130.29 ^{abc}	27.62 ^{a}	3.43 ^{bc}	5340.0^{ab}	13233.3 ^{abc}	4.40 ^{a}
Safi 6	70.71 ^{abc}	50.81 ^{bc}	72.07 ^{ab}	108.52 ^{a}	159.33 ^{a}	20.35 ^{cde}	3.48 ^{bc}	5635.7 ^{a}	14106.7 ^{a}	39.94 ^{a}
Dalgan	54.29 ^{d}	40.43 ^{c}	75.10 ^{ab}	58.04 ^{c}	98.47 ^{c}	19.37 ^{cde}	3.67 ^{abc}	4088.1 ^{cd}	11606.7 ^{def}	35.12 ^{ab}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column followed by similar letter are not significantly different ($p< 0.05$), using Duncan's Multiple Range Test

رتبه دوم را بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به خود اختصاص دادند (جدول ۳). به‌طور کلی، میزان گلدهی در هر بوته، بیانگر پتانسیل تولید مثل هر بوته است و تعداد گل بیشتر و درصد موفقیت تبدیل گل به خورجین بالاتر به افزایش تعداد خورجین در بوته منجر خواهد شد (Adamsen & Coffelt, 2005). در پژوهش حاضر نیز، تعداد گل باز شده روی ساقه اصلی همبستگی مثبت معنی‌داری با تعداد خورجین در ساقه اصلی داشت ($r=0.87, p<0.01$) و ژنوتیپ‌هایی با بیشترین تعداد گل باز شده روی ساقه اصلی، از تعداد خورجین در ساقه اصلی زیادتری برخوردار بودند. با وجودی که کمترین تعداد گل باز شده روی ساقه اصلی و تعداد خورجین در ساقه اصلی به ژنوتیپ هایولا ۴۸۱۵ اختصاص داشت، اما در این ژنوتیپ، به دلیل تعداد شاخه‌های فرعی زیاد، مجموع تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی نسبتاً بالا بود و پس از ژنوتیپ صفی ۶ از بیشترین تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی برخوردار بود (جدول ۳). بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، صفی ۶ با بیشترین تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی و تعداد نسبتاً بالای خورجین در ساقه اصلی از بیشترین تعداد خورجین در بوته برخوردار بود. هایولا ۶۰ نیز پس از صفی ۶ از تعداد خورجین در بوته نسبتاً بالایی برخوردار بود که این برتری به دلیل داشتن بیشترین تعداد خورجین در ساقه اصلی و تعداد نسبتاً بالای خورجین در شاخه‌های فرعی این ژنوتیپ بود (جدول ۳). در این پژوهش تعداد خورجین در بوته با تعداد خورجین در ساقه اصلی ($r=0.43, p<0.05$) و تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی ($r=0.91, p<0.01$) همبستگی مثبت معنی‌داری داشت، ولی بالاترین همبستگی موجود را با تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی داشت و ژنوتیپ‌هایی با بیشترین تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی از بیشترین تعداد خورجین در بوته نیز برخوردار بودند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد خورجین در بوته و تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (Rashidi& Majidi, 2016; Ehteshami *et al.*, 2012). در پژوهش رامعه (Rameeht, 2012) نیز بین تعداد خورجین در بوته و تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، در حالی‌که تعداد خورجین در بوته با تعداد خورجین در ساقه اصلی همبستگی مثبت ولی غیر معنی‌داری داشت.

بر اساس نتایج مقایسات میانگین، بیشترین تعداد دانه در خورجین به ژنوتیپ سان ۳۴ و کمترین تعداد دانه در خورجین به هایولا ۶۰ اختصاص داشت. از لحاظ صفت وزن هزار دانه، ژنوتیپ هایولا ۴۲۰ با بیشترین وزن هزار دانه رتبه اول را به خود اختصاص داد و پس از آن، ژنوتیپ‌های هایولا ۴۰۱ از وزن هزار دانه نسبتا بالایی برخوردار بود. کمترین وزن هزار دانه مربوط به ژنوتیپ سان ۳۷ بود و ژنوتیپ‌های هایولا ۶۰، هایولا ۳۰۸، سان ۳۴ و صفی ۶ از وزن هزار دانه نسبتاً پایینی برخوردار بودند (جدول ۳). بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین و بین تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد، ولی وزن هزار دانه همبستگی منفی

معنی‌داری با تعداد خورجین در بوته (r=-0.36, p<0.05) داشت (جدول ۶). ژنوتیپ‌هایی که از تعداد خورجین بالاتری برخوردار بودند (صفی ۶، هایولا ۶۰، سان ۳۴)، وزن هزار دانه پایینی داشتند. این موضوع به دلیل جبران جزء عملکرد قابل توجیه است. عمدتاً افزایش یکی از اجزای عملکرد منجر به کاهش سایر اجزاء یا یکی از اجزای دیگر عملکرد خواهد شد (Kafi *et al*., 2001). وجود همبستگی منفی معنی‌دار بین وزن هزار دانه و تعداد خورجین در بوته پیش از این نیز گزارش شده است (Rahimi *et al.,* 2016). در حالی‌که در مطالعه ایوانوسکا و همکاران (Ivanvoska *et al*., 2007) همبستگی موجود بین وزن هزار دانه و تعداد خورجین در بوته مثبت و معنی‌دار گزارش شد.

بر اساس نتایج مقایسات میانگین، ژنوتیپ صفی ۶ با بیشترین تعداد خورجین در بوته، هایولا ۴۲۰ با بیشترین وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین نسبتاً بالا و سان ۳۴ با بیشترین تعداد دانه در خورجین، از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بودند و هایولا ۶۰ با کمترین تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه نسبتاً پایین، با وجود تعداد خورجین در بوته زیاد، از کمترین عملکرد دانه برخوردار بود. در مقایسه برخی ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ کاشت ۱۰ آبان در صفی آباد دزفول نیز، هایولا ۴۲۰ با بیشترین وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین نسبت به ژنوتیپ‌هایی نظیر هایولا ۳۰۸، هایولا ۶۰، هایولا ۴۰۱ و هایولا ۳۰۳ از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بود (Kalantar Ahmadi *et al*., 2014). بر اساس نتایج ضرایب همبستگی (جدول ۶)، عملکرد دانه با تعداد دانه در خورجین همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (r=0.60, p<0.01) که با یافته‌های دیگر محققین مشابه بود (Ismaili *et al.,* 2015; Lu *et al*., 2011; Tuncturk & Ciftci, 2007). تعداد دانه در خورجین بیشتر، حاکی از وجود مخزنی قوی‌تر برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و به افزایش عملکرد منجر خواهد شد (Taylor & Smith, 1992). عملکرد بیولوژیک نیز با تعداد خورجین در ساقه اصلی، خورجین در بوته، دانه در خورجین و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۶). به گزارش کلانتر احمدی و همکاران (Kalantar Ahmadi *et al*., 2014) بین عملکرد بیولوژیک با تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی‌داری وجود دارد. در مطالعه احتشامی و همکاران (Ehteshami *et al.,* 2012) وجود رابطه خطی بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گزارش شده است. شاخص برداشت نیز که سهم بخش اقتصادی قابل برداشت را نسبت به کل تولید ماده خشک نشان می‌دهد، بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه (r=0.88 ، p □0.01) داشت (جدول ۶) و ژنوتیپ‌های صفی ۶، هایولا ۴۲۰ و سان ۳۴ با بیشترین عملکرد دانه، از بالاترین شاخص برداشت نیز برخوردار بودند. همبستگی شاخص برداشت با تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک نیز مثبت و معنی‌دار بود.

بر اساس نتایج مقایسات میانگین، ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های هایولا ۴۲۰، هایولا ۵۰ و سان ۳۷ بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود و پایین‌ترین

خورجین از سطح زمین نیز در این ژنوتیپ‌ها در ارتفاع بالاتری قرار داشت (جدول ۵). وجود همبستگی قوی بین ارتفاع بوته با ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین ($r=0.77, p<0.01$) تایید کننده این موضوع است. در این پژوهش، بین ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0.50, p<0.01$) و بین ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی همبستگی منفی و معنی‌دار ($r=-0.57, p<0.01$) مشاهده شد. پیش از این، وجود همبستگی مثبت بین ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک گزارش شده است (Baradaran *et al.*, 2006). در پژوهش رشیدی و مجیدی (Rashidi& Majidi, 2016)، بین ارتفاع بوته و ارتفاع اولین خورجین از سطح زمین، همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین ارتفاع و تعداد شاخه فرعی، همبستگی منفی ولی غیر معنی‌دار مشاهده شد. بر اساس نتایج ضرایب همبستگی (جدول ۶) تعداد شاخه فرعی در بوته با تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی همبستگی مثبت معنی‌دار و با تعداد خورجین در ساقه اصلی همبستگی منفی معنی‌دار داشت. از طرفی، ارتفاع بوته با تعداد خورجین در ساقه اصلی همبستگی بسیار معنی‌داری داشت. این نتایج بیانگر آن است که با افزایش تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین روی شاخه‌های فرعی بیشتر شده و با افزایش ارتفاع بوته، تعداد خورجین روی ساقه اصلی افزایش می‌یابد. در هر حال با توجه به عدم همبستگی تعداد خورجین در بوته با ارتفاع بوته و وجود همبستگی معنی‌دار بین تعداد شاخه‌فرعی و تعداد خورجین در بوته (جدول ۶)، اهمیت تعداد شاخه‌های فرعی در افزایش تعداد خورجین در بوته مشخص می‌شود (Tuncturk & Ciftci, 2007). طول خورجین یکی دیگر از صفات مورفولوژیکی مورد ارزیابی در این پژوهش بود که ارتباط معنی‌داری با تعداد دانه در خورجین داشت (جدول ۶) و از این رو، به طور غیر مستقیم بر عملکرد دانه موثر بود. پژوهشگران به دلیل وجود همبستگی بین طول خورجین و تعداد دانه در خورجین و وراثت‌پذیری بالای طول خورجین، این صفت را برای گزینش غیر مستقیم ارقام پر محصول کلزا در برنامه‌های به‌نژادی مناسب معرفی کردند (Diepenbrock, 2000).

طول دوره گلدهی با طول خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین در ساقه، تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۶). ژنوتیپ‌های صفی ۶، سان ۳۴ و هایولا ۴۲۰ که از عملکرد بالایی برخوردار بودند (جدول ۳)، دوره گلدهی طولانی داشتند (جدول ۵) که به

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی ده ژنوتیپ کلزا

Table 4. Analysis of variance for some morphological and phenological traits of 10 rapeseed genotypes

منابع تغییر S.O.V	df	میانگین مربعات Means squares									
		تعداد شاخه‌های فرعی در بوته Branches per plant	طول خورجین Silique length	ارتفاع بوته Plant height	ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین Height of the lowest silique from soil surface	روز تا شروع گلدهی Days to flowering	روز تا پایان گلدهی Days to end of flowering	روز تا خورجین‌دهی Days to silique formation	روز تا رسیدگی Days to maturity	طول دوره گلدهی Duration of flowering	خورجین دهی تا رسیدگی Duration of silique formation to maturity
بلوک Block	2	6.65 ns	0.75 ns	29.29 ns	17.99 ns	2.10 ns	2.23 ns	0.43 ns	0.30 ns	1.73 ns	0.93 ns
ژنوتیپ Genotype	9	21.17 **	2.45 **	552.28 **	311.36 **	187.54 **	219.74 **	141.96 **	131.02 **	16.03 *	21.34 **
خطا Error	18	2.05	0.38	39.71	30.76	7.06	7.27	3.80	0.63	4.96	2.08
ضریب تغییرات C.V (%)		15.89	10.16	4.97	7.11	2.88	2.42	1.90	0.53	11.74	3.02

ns: غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی ده ژنوتیپ کلزا

Table 5. Mean comparison of some morphological and phenological traits for 10 rapeseed genotypes

ژنوتیپ Genotype	تعداد شاخه‌های فرعی در بوته Branches per plant	طول خورجین Silique length (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین Height of the lowest silique from soil surface (cm)	روز تا شروع گلدهی Days to flowering	روز تا پایان گلدهی Days to end of flowering	روز تا خورجین‌دهی Days to silique formation	روز تا رسیدگی Days to maturity	طول دوره گلدهی Duration of flowering	خورجین دهی تا رسیدگی Duration of silique formation to maturity
Hyola 401	8.52 bcd	6.56 bc	125.71 bcde	74.82 b	92.67 b	111.00 bc	100.67 ef	150.67 b	18.33 bc	50.00 abc
Hyola 420	6.19 cd	6.33 bc	139.33 a	92.91 a	93.33 b	114.00 abc	106.00 bc	152.00 b	20.67 ab	46.00 d
Hyola 308	10.19 b	6.87 ab	121.05 e	69.81 bc	87.00 c	110.00 ec	97.67 f	144.33 c	23.00 a	46.67 d
Hyola 4815	14.86 a	4.63 e	93.81 f	62.95 c	73.33 d	88.67 d	86.33 g	134.33 d	15.33 c	48.00 bcd
Hyola 50	8.81 bc	5.95 bcd	137.38 ab	91.52 a	100.33 a	118.67 a	109.67 a	151.67 b	18.33 bc	42.00 e
Hyola 60	6.05 d	5.16 de	134.48 abc	76.29 b	99.33 a	118.33 a	108.00 ab	156.00 a	19.00 abc	48.00 bcd
SAN 37	8.62 bcd	6.48 bc	138.16 a	90.52 a	99.67 a	115.67 ab	108.67 ab	156.00 a	16.00 c	47.33 cd
SAN34	9.48 b	7.75 a	133.62 abcd	71.10 bc	93.67 b	115.00 abc	104.33 cd	155.67 a	21.33 ab	51.33 a
Safi 6	10.98 b	5.56 cde	123.56 cde	75.80 b	91.00 bc	110.33 c	101.33 de	152.00 b	19.33 abc	50.67 ab
Dalgan	6.43 d	5.58 cde	122.29 de	74.38 b	93.67 b	112.00 bc	103.76 cde	151.33 b	18.33 bc	47.67 cd

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column followed by similar letter are not significantly different ($p< 0.05$), using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۶- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه ده ژنوتیپ کلزا

Table 6. Correlation coefficients for the studied traits of 10 rapeseed genotypes

ارتفاع پایین‌ترین خورجین Height of the lowest silique (X1)	0.77^{**}	1												
ارتفاع بوته Plant height (X2)	-0.44^{*}	-0.57^{**}	1											
تعداد شاخه‌های فرعی در بوته Branches per plant (X3)	0.08^{ns}	0.45^{**}	-0.11^{ns}	1										
طول خورجین Silique length (X4)	0.45^{**}	0.80^{**}	-0.45^{**}	0.25^{ns}	1									
تعداد خورجین در ساقه اصلی Siliques on the main raceme (X5)	-0.36^{*}	-0.23^{ns}	0.66^{**}	-0.19^{ns}	0.01^{ns}	1								
خورجین در شاخه‌های فرعی Siliques on the lateral branches (X6)	-0.13^{ns}	0.13^{ns}	0.41^{*}	-0.07^{ns}	0.43^{*}	0.91^{**}	1							
تعداد خورجین در بوته Siliques per plant (X7)	-0.04^{ns}	0.26^{ns}	-0.08^{ns}	0.67^{**}	0.13^{ns}	-0.11^{ns}	-0.04^{ns}	1						
تعداد دانه در خورجین Grain per silique (X8)	0.18^{ns}	-0.05^{ns}	-0.07^{ns}	-0.08^{ns}	-0.09^{ns}	-0.35^{*}	-0.36^{*}	0.07^{ns}	1					
وزن هزار دانه 1000-grain weight (X9)	0.13^{ns}	0.23^{ns}	0.15^{ns}	0.32^{ns}	0.20^{ns}	0.24^{ns}	0.31^{ns}	0.60^{**}	0.33^{ns}	1				
عملکرد دانه Grain yield (X10)	0.38^{*}	0.50^{**}	-0.03^{ns}	0.32^{ns}	0.40^{*}	0.20^{ns}	0.35^{*}	0.36^{*}	0.18^{ns}	0.81^{**}	1			
عملکرد بیولوژیک Biological yield (X11)	-0.10^{ns}	-0.04^{ns}	0.28^{ns}	0.24^{ns}	-0.04^{ns}	0.21^{ns}	0.17^{ns}	0.63^{**}	0.37^{*}	0.88^{**}	0.45^{**}	1		
شاخص برداشت Harvest index (X12)	0.59^{**}	0.81^{**}	-0.68^{**}	0.28^{ns}	0.68^{**}	-0.27^{ns}	0.05^{ns}	0.11^{ns}	-0.20^{ns}	0.04^{ns}	0.28^{ns}	-0.17^{ns}	1	
روز تا شروع گلدهی Days to flowering (13)	0.51^{**}	0.83^{**}	-0.68^{**}	0.38^{*}	0.76^{**}	-0.22^{ns}	0.12^{ns}	0.28^{ns}	-0.21^{ns}	0.17^{ns}	0.42^{*}	-0.09^{ns}	0.90^{**}	1
روز تا رسیدگی Days to maturity (X14)	0.003^{ns}	0.38^{*}	-0.13^{ns}	0.44^{*}	0.45^{**}	0.03^{ns}	0.22^{ns}	0.40^{*}	0.05^{ns}	0.40^{*}	0.39^{*}	0.31^{ns}	0.04^{ns}	0.18^{ns}
طول دوره گلدهی Duration of flowering (X15)	X15	X14	X13	X12	X11	X10	X9	X8	X7	X6	X5	X4	X3	X2

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

افزایش تعداد گل و تعداد سلول‌های مولد خورجین روی شاخه‌های اصلی و فرعی و در نهایت افزایش تعداد خورجین در بوته این ژنوتیپ‌ها منجر شد (جدول ۳). از طرفی دوره خورجین‌دهی تا رسیدگی در این ژنوتیپ‌ها، به ویژه، صفی ۶ و سان ۳۴ طولانی‌تر بود (جدول ۵) که منجر به افزایش تعداد دانه در خورجین در سان ۳۴ و تعداد خورجین در بوته در صفی ۶ شد (جدول ۳). وجود همبستگی مثبت معنی‌دار بین طول دوره گلدهی و تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه نیز گزارش شده است (Fanaei *et al.*, 2008). هایولا ۴۸۱۵، زودرس‌ترین ژنوتیپ مورد بررسی در این پژوهش شناخته شد و زودتر از سایر ژنوتیپ‌ها به گل رفت (جدول ۵). این ژنوتیپ با وجودی که از شرایط دمایی ایده‌آلی در طی دوره زایشی خود برخوردار بود (مقارن با بهمن و اسفند ماه)، ولی به دلیل طول دوره گلدهی کوتاه و فرصت ناکافی برای تشکیل گل، از کمترین تعداد گل باز شده روی ساقه اصلی و کمترین تعداد خورجین در ساقه اصلی برخوردار بود (جدول ۳). علاوه‌براین، به واسطه طول دوره رشد کوتاه، کمترین ارتفاع بوته (جدول ۵) به این ژنوتیپ تعلق داشت و از تعداد دانه در خورجین نسبتاً کمی برخوردار بود (جدول ۳). با توجه به کوتاه بودن طول دوره رویشی و زایشی هایولا ۴۸۱۵ و به دلیل عدم استفاده کافی از منابع موجود در محیط، عملکرد این ژنوتیپ نسبت به ژنوتیپ‌هایی با طول دوره رشد رویشی و زایشی طولانی‌تر کمتر بود. در مطالعه خاتمیان (Khatamain, 2011) همبستگی مثبت معنی‌داری بین عملکرد دانه و طول دوره رشد گزارش شد. ایشان اظهار داشتند که در محیط‌هایی با فصل رشد طولانی و بدون تنش، ارقام دیررس بهتر از ارقام زودرس بوده و با حداکثر استفاده از منابع محیطی، تولید بیشتری خواهند داشت. در حالی‌که در مطالعه مرادی و قدرتی (Moradi & Ghodrati, 2011) با وقوع تنش گرما در انتهای دوره رشد، عملکرد دانه ارقام مورد بررسی با تعداد روز تا رسیدگی همبستگی منفی و معنی‌دار داشت.در پژوهش حاضر، بین عملکرد دانه و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی و تعداد روز از کاشت تا گلدهی همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد و فقط عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی‌داری با تعداد روز تا رسیدگی ($r=0.42$, $p<0.05$) داشت. هایولا ۵۰، هایولا ۶۰ و سان ۳۷ از ژنوتیپ‌های دیرگل در این مطالعه بودند و از این‌رو با تاخیر وارد مرحله خورجین‌دهی و دانه‌بندی شدند (جدول ۵). هایولا ۵۰ از کوتاه‌ترین دوره خورجین‌دهی تا رسیدگی برخوردار بود و به نظر می‌رسد توانست با سرعت بخشیدن به روند پر شدن دانه‌های موجود در خورجین‌ها از برخورد با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد رخ داده در هفته پایانی پیش از برداشت (اواخر فروردین ماه) در امان مانده و عملکرد قابل قبول‌تری نسبت به هایولا ۶۰ و سان ۳۷ تولید کند (جدول ۳). در حالی‌که هایولا ۶۰ و سان ۳۷ که از ژنوتیپ‌های دیررس این مطالعه محسوب شدند (جدول ۵) به دلیل روبرو شدن با دمای بالای ۳۵ درجه سانتی‌گراد در دوره خورجین دهی تا رسیدگی، فرصت کافی برای انتقال مواد فتوسنتزی تولیدی را به دانه‌های در

جدول ۷- نتایج رگرسیون گام به گام عملکرد دانه با سایر صفات مورد مطالعه در ده ژنوتیپ کلزا

Table 7. Stepwise regression analysis of grain yield with other studied traits in 10 rapeseed genotypes

صفات مستقل Independent variable	عرض از مبدا Intercept	ضرایب رگرسیون جزئی Partial regression coefficients				ضریب تبیین تجمعی R2	میانگین مربعات مدل Mean square model
		X1	X2	X3	X4		
تعداد دانه در خورجین Grain per silique (X1)	207.06	198.60	---	---	---	0.36	9029007**
تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی Siliques on the lateral branches (X2)	-1125.88	209.94	13.84	---	---	0.46	5733514**
وزن هزار دانه 1000-grain weight (X3)	-5447.49	205.38	20.88	1078.44	---	0.64	534759*
ارتفاع پایین ترین خورجین از سطح زمین Height of the lowest silique from soil surface (X4)	-7589.21	212.35	24.96	1035.81	23.40	0.71	4411811**

Y= -7589.21 + 212.35 X1 + 24.96 X2 + 1035.81 X3 + 23.40 X4

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

حال رشد در خورجین نیافته و از وزن و عملکرد دانه کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار شدند (جدول ۳). نتایج حاضر حاکی از آن است که بسته به شرایط محیطی، تاثیر طول دوره رشد بر عملکرد دانه متفاوت است. در شرایط عدم تنش و مساعد بودن شرایط محیطی در دوره پر شدن دانه، ژنوتیپ‌های دیررس با بهره‌گیری از منابع موجود، از عملکرد بالاتری برخوردار خواهند بود. در حالی‌که، در محیط‌هایی که به دلیل شرایط محیطی یا تاخیر در کاشت احتمال وقوع تنش‌های محیطی در دوره شکل‌گیری و پر شدن‌دانه‌ها وجود دارد، ارقام زودگل و زودرس به دلیل عدم برخورد مراحل غنچه‌دهی، گلدهی و رسیدگی با تنش‌های محیطی از شرایط مطلوب‌تری برخوردار بوده و عملکرد استحصالی از آنها بالاتر خواهد بود (Rashidi& Majidi, 2016; Fanaei *et al.*, 2008).

به منظور بررسی تاثیرپذیری عملکرد دانه کلزا، به عنوان متغیر وابسته، از هر یک از صفات مورد مطالعه به عنوان متغیر مستقل و حذف آن دسته از صفاتی که تاثیر ناچیزی بر عملکرد دانه (متغیر وابسته) دارند، از روش رگرسیون گام به گام استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۷)، تعداد دانه در خورجین اولین صفتی بود که وارد مدل شد و به دلیل معنی‌دار بودن ضریب رگرسیون آن، در مدل باقی‌ماند و ۳۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه کلزا را توجیه کرد. پس از تعداد دانه در خورجین، به ترتیب، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، وزن هزار دانه و ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین وارد مدل شدند و در مجموع ۷۱ درصد

از تغییرات مدل رگرسیونی را توجیه کردند. ضریب همبستگی چندگانه بین صفات موجود در مدل نیز ۸۴ درصد برآورد شد که همبستگی چندگانه قوی را بین متغیرهای موجود در مدل و عملکرد دانه کلزا نشان می‌دهد. این نتایج حاکی از آن است که اختلاف موجود بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از لحاظ عملکرد در این پژوهش به تفاوت در صفات تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، وزن هزار دانه و ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین مربوط می‌شود. ژنوتیپ‌هایی که از نظر این صفات برتر بودند، عملکرد دانه بیشتری نیز داشتند. نقش صفات مذکور در توجیه تغییرات عملکرد کلزا پیش از این نیز در تحقیقات مختلف گزارش شده است (Rashidi& Majidi, 2016; Rahimi *et al*., 2016; Lu *et al*., 2011).

در این پژوهش به منظور ارزیابی اثرات مستقیم و غیر مستقیم متغیرهای مستقل بر عملکرد دانه کلزا از روش تجزیه علیت استفاده شد. متغیرهای مستقل شرکت کننده در تجزیه علیت (تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، وزن هزار دانه و ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین) بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام انتخاب شدند. تعداد دانه در خورجین دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بود (جدول ۸). این متغیر بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه داشت (جدول ۶) و در تجزیه رگرسیون گام به گام نیز نخستین صفتی بود که وارد مدل شد (جدول ۷). اثرات غیر مستقیم این صفت از طریق تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، وزن هزار دانه و ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین ناچیز بود و از این‌رو، ضریب همبستگی تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه تقریباً با اثر مستقیم تعداد دانه در خورجین بر عملکرد دانه برابر بود (جدول ۸). تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی نیز اثر مستقیم مثبت قابل توجهی بر عملکرد داشت، ولی به دلیل اثرات

جدول ۸- اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه ده ژنوتیپ کلزا

Table 8. Direct and indirect effects of traits on seed yield for 10 rapeseed genotypes

صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم از طریق Indirect effect via				همبستگی کل با عملکرد دانه Correlation with grain yield
		X1	X2	X3	X4	
تعداد دانه در خورجین Grain per silique (X1)	0.643	---	-0.070	0.044	-0.023	0.60
تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی Siliques on the lateral branches (X2)	0.567	-0.062	---	-0.200	-0.201	0.245
وزن هزار دانه 1000-grain weight (X3)	0.439	0.030	-0.155	---	0.079	0.333
ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین Height of the lowest silique from soil surface (X4)	0.273	-0.010	-0.097	0.049	---	0.128

Residual=0.54

غیر مستقیم و منفی از طریق وزن هزار دانه و ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین، از همبستگی آن با عملکرد دانه به شدت کاسته شد. وزن هزار دانه نیز دارای اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بود. اثرات غیر مستقیم این متغیر از طریق تعداد دانه در خورجین و ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین مثبت ولی ناچیز بود و اثر غیر مستقیم آن از طریق تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی منفی بود و از این رو همبستگی وزن هزار دانه با عملکرد دانه غیر معنی‌دار شد. متغیر ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین دارای کمترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بود و همبستگی غیر معنی‌داری نیز با عملکرد دانه داشت (جدول ۸).

نتایج حاصل مبنی بر وجود اثرات مستقیم مثبت تعداد دانه در خورجین ، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی و وزن هزار دانه بر عملکرد دانه با یافته‌های دیگر محققین مشابهت داشت (Hasan *et al*., 2014). در مطالعه تانکتورک و سیفتسی (Tuncturk & Ciftci, 2007) صفات تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خورجین همراه با ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های فرعی، به ترتیب، دارای اثرات مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بودند. با وجود تاثیر مستقیم نسبتاً بالای تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی بر عملکرد دانه، به دلیل تاثیر غیر مستقیم منفی از طریق وزن هزار دانه و ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین، همبستگی معنی‌داری بین دو صفت تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی و عملکرد وجود نداشت (جدول ۸). این نتایج حاکی از آن است که گزینش در جهت افزایش تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، به دلیل کاهش وزن هزار دانه، به کسب بوته‌هایی با عملکرد بالا منجر نخواهد شد. در مطالعه رشیدی و مجیدی (Rashidi& Majidi, 2016) نیز مشابه با نتایج حاضر، تعداد خورجین در بوته دارای اثر مستقیم مثبت بالایی بر عملکرد دانه بود، ولی به دلیل اثر غیر مستقیم منفی از طریق وزن هزار دانه و طول خورجین از همبستگی آن با عملکرد دانه کاسته شد. در حالی که در مطالعه لیو و همکاران (Lu *et al*., 2011)، تعداد خورجین در شاخه اصلی بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. با توجه به این که در پژوهش حاضر ضریب همبستگی بین تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه تقریباً برابر با اثر مستقیم تعداد دانه در خورجین بر عملکرد دانه بود، می‌توان نتیجه گرفت که ضریب همبستگی به دست آمده بیان کننده رابطه واقعی بین دو متغیر بوده و انتخاب مستقیم از طریق تعداد دانه در خورجین برای دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا مفید خواهد بود (Moradi & Ghodrati, 2011).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که صفی ۶، هایولا ۴۲۰ و سان ۳۴ مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای دستیابی به بالاترین عملکرد در منطقه رامهرمز (با رعایت تاریخ کاشت توصیه شده) بودند. متغیرهای تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در شاخه‌های فرعی، وزن هزار دانه و ارتفاع پایین‌ترین خورجین از سطح زمین اصلی‌ترین عوامل موثر بر عملکرد دانه کلزا شناخته شدند و با توجه به نتایج تفکیک ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیر مستقیم، صفت تعداد دانه در خورجین با بیشترین تاثیر مستقیم و بالا بر عملکرد دانه و اثرات غیر مستقیم ناچیز از طریق سایر صفات، به عنوان شاخصی برای گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا، در برنامه‌های اصلاحی کلزای بهاره، معرفی شد.

References

Adamsen, F.J., and Coffelt, T.A. 2005. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops and Products,* 21: 293-307.

Baradaran, R., Majidi, E., Darvish, M., and Azizi, M. 2007. Study of correlation relationships and path coefficient analysis between yield and yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Sciences,* 12 (4): 811-819 (In Persian with English Summary).

Basalma, D. 2008. The correlation and path analysis of yield and yield components of different winter rapeseed (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) cultivars. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(2): 120-125.

Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research*, 67: 35-49.

Ehteshami, M.R., Tehrani Aref, A., and Samadi, B. 2012. Effect of planting date on yield physiology of different rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars in Varamin region, Iran. *Journal of Plant Process and Function*, 1(1): 71-87 (In Persian with English Summary).

Fanaei, H.R., Ghanbari, A., Akbari moghadam, H., Soloki, M., and Naroyrad, M.R. 2008. Assessment of the yield, yield components and some agronomic traits of rapeseed spring genotypes in Sistan region. *Pajouhesh & Sazandegi*. 79: 36-44 (In Persian with English Summary).

Hasan, E., Mustafa, H.S.B., Bibi, T., and Mahmood, T. 2014. Genetic variability, correlation and path analysis in advanced lines of rapeseed (*Brassica napus* L.) for yield components. *Cercetari Agronomice in Moldova,* 47 (1): 71-79.

Ismaili, A., Nourozi Asl, A., Zebarjadi, A., Drikvand, R., and Azizi, Kh. 2015. Study on heritability and path analysis of different traits, seed yield and oil yield of canola in climatically condition of KhoramAbad, Iran. *Applied Field Crops Research* (*Pajouhesh & Sazandegi*). 106: 162-170 (In Persian with English Summary).

Ivanovska, S., Stojkovski, C., Dimov, Z., Marjanovic-jeromela, A., Jankulovska, M., and Jankuloski, L. 2007. Interrelationship between yield and yield related traits of spring canola (*Brassica napus* L.) genotypes. *Genetika,* 39 (3): 325-332.

Kafi, M., Kamkar, B., and Mahdavi, A. 2001. Seed biology and the yield of grain crops. Ferdowsi University Press. Mashhad, Iran (In Persian).

Kalantar Ahmadi, S.A., Ebadi, A., Siadat, S.A., and Tavakoli Hasanaklou, H. 2014. Effect of stress due to sowing date on grain yield of rapeseed cultivars in north Khuzestan conditions in Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16

(1): 62-76 (In Persian with English Summary).

Khajehpour, M.R. 2004. Industrial plants. Jahad-e- Daneshgahi Press of Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran (In Persian).

Khatamain, O.S., Modares Sanavy, A.M., Ghenati, F., and Mostavafi Rad, M. 2011. Evaluation of yield, its components and some morphological traits of sixteen rapeseed oil cultivars in Arak region. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production,* 25 (3):147-161 (In Persian with English Summary).

Lu, G., Zhang, F., Zheng, P., Cheng, Y., Liu, F., Fu, F., and Zhang, X. 2011. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in early rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agricultural Sciences in China*, 10 (7): 997-1003.

Marjanovic-Jeromela, A., Marinkovic, R., Mijic, A., Zdunic, Z., Ivanovska, S., and Jankulovska, M. 2008. Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 73 (1): 13-18.

Moradi, M., and Ghodrati, G.H. 2011. Correlation and Path analysis yield and important traits of 12 spring rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Crop Physiology Journal*, 2(8): 61-70 (In Persian with English Summary).

Rabiee, M., Rahimi, M., and Kord-Rostami, M. 2011. Study of correlation and path coefficient analysis between oil yield and agronomical characters in fourteen cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production,* 21(4): 17-27. (In Persian with English Summary).

Rahimi, M., Ramezani, M., and Ozoni Davaji, A. 2016. Investigation of path and correlation of pattern and plant densities effect on two rapeseed cultivars. *Journal of Crop Breeding*. 8 (19): 218-227 (In Persian with English Summary).

Rameeh, V. 2012. Correlation and factor analysis of quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 1 (1): 12-18.

Rashidi, F., and Majidi, M.M. 2016. Analysis of interrelationships of phenological and morphological traits and grain of brassica species under contrasting moisture regimes. *Journal of Crop Production and Processing*, 6 (19): 15-35 (In Persian with English Summary).

Roostabaghi, B., Dehghan, H., Alizadeh, B., and Sabaghnia, N. 2012. Study of diversity and evaluation of relationships between yield and yield components of rapeseed via multivariate methods. *Journal of Crop Production and Processing*, 2 (6): 53-63 (In Persian with English Summary).

Sandhu, R., Rai, S.K., Bharti, R., Kour, A., Gupta, S.K., and Verma, A. 2017. Studies on genetic diversity among various genotypes of *Brassica napus* L.

using morphological markers. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7): 469-480.

Sylvester-Bradley, R., and Makepeace, R.J. 1984. A code for stage of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aspects of Applied Biology*, 6: 399-419.

Taylor, A.J., and Smith, C.J. 1992. Effect of sowing date and seeding rate on yield and yield components of irrigated canola (*Brassica napus* L.) grown on a red-brown earth in south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 43: 1629-1641.

Tuncturk, M., and Ciftci, V. 2007. Relationships between yield and some yield components in rapeseed (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) cultivars by using correlation and path analysis. *Pakistan Journal of Botany*, 39 (1):81-84.

Evaluation of quantitative characteristics of ten spring rapeseed genotypes in Ramhormoz region of Khuzestan

S. Kolahkaj[1] , M. Mojtabaie Zamani[2*]

1. Graduated MSc. Student of agroecology, Department of Agriculture, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran. (Corresponding author)
2. Assistance Professor, Department of Agriculture, Ramhormoz branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran.

Received: September 2018 - Accepted: November 2019 - DOI: 10.22092/aj.2019.123480.1347

Extended Abstract

Kolahkaj, S., Mojtabaie Zamani, M., Evaluation of quantitative characteristics of ten spring rapeseed genotypes in Ramhormoz region of Khuzestan
Applied Research in Field Crops Vol 32, No. 03, 2019- Page: 10-12: 54-74(in Persian)

Introduction: Rapeseed cultivation as an important oil seed crop for edible oil supply in Iran and identification of cultivars adapted to the particular environmental condition of each region is of particular importance in terms of attaining higher yield in the current state of the country (Hasan *et al*., 2014). On the other hand, recognizing the relationships between agronomic traits and determining the contribution of each of these traits to yield production provides the necessary information for the breeders to select the most suitable genotype for each region (Basalma, 2008; Marjanovic-Jeromela *et al*., 2008). Therefore, the purpose of this study was to determine the contribution of effective traits to grain yield and identify the most effective traits as criteria for selecting high yielding cultivars in Ramhormoz region.

Materials and Methods: This research was carried out in a randomized complete block design with three replications and ten spring rapeseed genotypes in the cropping year of 2016-2017 in Ramhormoz. The quantitative traits in this study included the number of flowers on the main raceme, siliques on the main raceme, ratio of siliques produced per flowers produced, number of lateral branches, siliques on the lateral branches, grain per silique, 1000-grain weight, silique length, plant height and height of the lowest silique from the soil surface, grain yield, biological

Email address of the corresponding author: mahroo.mojtabaei@gmail.com

yield, number of days to flowering and days to end of flowering, number of days to silique formation and days to maturity, duration of flowering and duration of silique formation to maturity.

Results and Discussion: The studied rapeseed genotypes showed a significant difference in the all investigated traits except for success ratio for flower development into silique (%). The Safi6 with the highest number of siliques per plant, Hyola420 with the relatively high number of grain per silique and the highest grain weight and SAN34 with the highest number of grain per silique produced the highest grain yield. These three genotypes also had longer flowering duration. Despite the high number of siliques per plant, the late maturity genotype of Hyola60 with the lowest number of grain per silique and the relatively low grain weight had the least grain yield, due to its grain-filling coinciding with the end of the growing season and heat stress. Among the studied traits, the number of grains per silique had the most positive and significant correlation with grain yield and in stepwise regression analysis, it was the first trait which was entered to the model and explained 71% of the variation of yield along with the number of siliques on the lateral branches, 1000-grain weight and the height of the lowest siliques from the soil surface. According to the results of path analysis, the number of grain per silique had the most positive direct effect on grain yield. The indirect effects of this trait via the number of siliques on the lateral branches, 1000-grain weight and height of the lowest silique from the soil surface were negligible. In spite of the relatively high direct effect of the number of siliques in the lateral branches on grain yield, there was no significant correlation between the number of siliques on the lateral branches and grain yield, due to the negative indirect effect via 1000-grain weight and height of the lowest silique from the soil surface

Conclusion: The results of this study showed that Safi6, Hyola420 and SAN34 were the most suitable genotypes to achieve the highest yield in Ramhormoz region (with consideration of the recommended planting date). Grain number per siliques with the highest positive direct effect on grain yield and negligible indirect effects via other traits was introduced as criteria for selection of high yielding genotypes in spring rapeseed breeding programs.

Keywords: Correlation, genetic diversity, path analysis, stepwise regression

References

Basalma, D. 2008. The correlation and path analysis of yield and yield components of different winter rapeseed (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) cultivars. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(2): 120-125.

Hasan, E., Mustafa, H.S.B., Bibi, T., and Mahmood, T. 2014. Genetic variability, correlation and path analysis in advanced lines of rapeseed (*Brassica napus*

L.) for yield components. *Cercetari Agronomice in Moldova,* 47 (1): 71-79.

Marjanovic-Jeromela, A., Marinkovic, R., Mijic, A., Zdunic, Z., Ivanovska, S., and Jankulovska, M. 2008. Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 73 (1): 13-18.