نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۴(۴۰)، زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۱۰۲۴-۱۰۰۷

ارتباط فنولوژی و صفات فیزیولوژیک با عملکرد دانه کلزا در خراسان شمالی

عباس فروغی[۱]، عباس بیابانی[۲]، علی راحمی کاریزکی[۳*] و قربانعلی رسام[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۴ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۳

چکیده

مهم‌ترین صفات فنولوژیک و فیزیولوژیک مؤثر بر افزایش عملکرد کلزا با اجرای آزمایشی در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار روی ۲۰ رقم کلزا در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی شیروان واقع در خراسان شمالی تعیین شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام برای کلیه صفات از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار وجود داشت. بیشترین عملکرد دانه با ۵۱۳/۵۶ گرم در متر مربع به رقم هیبرید تراویتا تعلق داشت که با ارقام کودیاک، L72، SW102 و بیلبائو تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین عملکرد به رقم شیرالی با ۳۴۴/۴۱ گرم در متر مربع به دست آمد که با ارقام زرفام و ساری‌گل نیز تفاوت معنی‌داری نداشت. بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن دانه، شاخص برداشت، تعداد روزهای تا ساقه‌دهی، تا شروع گل‌دهی، تا پایان گل‌دهی، تا شروع تشکیل غلاف، تا پایان تشکیل غلاف و تا رسیدگی فیزیولوژیک، همچنین شروع پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین عملکرد و دوره پر شدن دانه، تعداد روزهای تا سبز شدن و تا مرحله رزت همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت. بر اساس رگرسیون گام به گام، عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و بقیه صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل گردیدند. اثرات مستقیم و مثبت شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک و همچنین اثر غیر مستقیم مثبت عملکرد بیولوژیک روی تعداد خورجین در بوته، و اثر غیر مستقیم مثبت تعداد خورجین در بوته روی شاخص برداشت نشان داد که این صفات از اجزای قابل اعتماد برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا به شمار می‌روند. نتایج تجزیه ضرایب مسیر برای وزن و تعداد دانه در واحد سطح نشان داد که وزن و تعداد دانه اجزای مهمی در تعیین عملکرد دانه هستند که البته تأثیر تعداد دانه در واحد سطح بزرگ‌تر است. سرعت پر شدن دانه در تعیین وزن دانه از دوام پر شدن دانه مؤثرتر بود. تجزیه رگرسیون نیز نشان داد که به‌ازای یک درجه سلسیوس افزایش دما در دوره پر شدن دانه، طول این دوره ۱/۵۴ روز کاهش و سرعت پر شدن دانه به میزان ۰/۰۰۷ میلی‌گرم بر دانه در روز افزایش پیدا می‌کند. به ازای افزایش هر روز دوام پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه به‌میزان ۰/۰۰۴ میلی‌گرم بر دانه در روز کاهش یافت. به‌طورکلی از نظر سرعت و دوام پر شدن دانه بین ۲۰ رقم کلزای مورد مطالعه، تنوع ژنتیکی وجود داشت.

واژگان کلیدی: تجزیه علیت، رگرسیون گام به گام، سرعت پر شدن دانه، عملکرد، همبستگی.

۱- دانشجوی دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
۲- دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران
۳- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران (* نگارنده‌ی مسئول) alirahemi@yahoo.com
۴- استادیارگروه زراعت، مجتمع آموزش عالی شیروان، شیروان، ایران

مقدمه

کلزا از دانه‌های ارزشمند روغنی است که در سال‌های اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده است و در طرح کاهش واردات روغن گیاهی نیز سهم فراوانی برای آن در نظر گرفته شده است. این محصول در بین دانه‌های روغنی جهان بیشترین رشد را در دهه‌های اخیر داشته و امروزه مقام سوم را پس از سویا و نخل روغنی در فراورده‌های روغن گیاهی احراز کرده است (Berry and Spink, 2006).

کلزا با نام علمی (*Brassica napus* L.) و نام انگلیسی rapeseed یا Canola گیاهی است روغنی و یک ساله از تیره چلیپائیان (شب بو) که به صورت بوته‌ای استوار با انشعابات محدود و ارتفاع متوسط تا بلند رشد می‌کند. طول دوره رشد در ارقام زودرس و کشت بهاره از ۹۰ تا ۱۵۰ روز و در کشت پاییزه از ۲۰۰ تا ۳۲۰ روز می‌رسد. کلزا در سال‌های اخیر به دلیل ویژگی‌های زراعی مناسب (جایگاه ویژه این گیاه در تناوب با گندم)، درصد روغن بالا و کیفیت مطلوب آن مورد توجه قرار گرفته و امید می‌رود که با توسعه کشت آن در کنار سایر محصولات روغنی تا حدودی از وابستگی کشور به روغن وارداتی کاسته شود (Rodi *et al*., 2003). عملکرد کلزا در سال ۲۰۰۳ میلادی در جهان و ایران به ترتیب ۱۵۶۶/۹ و ۱۵۹۲/۳ و این عملکرد در سال ۲۰۱۳ به ۱۹۹۴/۱ و ۲۰۵۸/۸ افزایش یافت (FAO, 2014).

اصولاً طول دوره رشد گیاه و نیز طول هر مرحله فنولوژیکی می‌تواند از طریق مصرف بیشتر منابع یا از طریق کاهش تنش‌های محیطی و کاهش طول هر دوره، عملکرد را تحت تأثیر قرار دهند. اختلاف عملکرد ارقام کلزای معرفی شده در سال‌های مختلف از نظر اجزای عملکرد یعنی تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه نیز مورد بررسی قرار گرفته است. برخی محققین گزارش کرده‌اند که به‌نژادی در جهت افزایش عملکرد بالقوه کلزا تا حدود زیادی ناشی از افزایش قدرت مخزن (تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف) به ویژه از طریق تعداد غلاف در بوته بوده است (Allen and Morgan, 1992; Thurling, 1974). این محققان گزارش کرده‌اند که افزایش تعداد دانه در غلاف نیز در افزایش عملکرد دانه مؤثر بوده است. زیرا تعداد بیشتر دانه، تقاضای زیادی را برای مواد فتوسنتزی ایجاد کرده و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی را افزایش می‌دهد و هر عاملی که باعث افزایش این صفت شود منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد.

در کلزا عملکرد نهایی به‌طور عمده توسط تعداد دانه در واحد سطح تعیین می‌شود (Angadi *et al*., 2000). اما تنوع در وزن دانه، عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. فاکتورهایی همانند رژیم رطوبتی (Pahlavani *et al*., 2007) و در دسترس بودن آسیمیلات (Faraji, 2010) و دما (Morrison and Stewart, 2002) نمو بذر را تحت تأثیر قرار داده و دستیابی به حداکثر وزن دانه را محدود می‌سازند. مطالعات انجام گرفته روی کلزا حاکی از برقراری همبستگی مثبت بین عملکرد با هر یک از صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین در ساقه اصلی و وزن دانه می‌باشد (Tang *et al*., 1997; Anil *et al*., 1998; Hosseinzadeh *et al*., 1998).

ایگلی (Egli, 2006) دو عامل مؤثر در تعیین اندازه نهایی بذر را سرعت متوسط و دوره پر شدن دانه بیان کرد. همچنین تأکید کرد سرعت پر شدن دانه توسط عوامل گیاهی (روابط منبع-

مخزن) و عوامل محیطی (دما، آب، نیتروژن و ...) تحت تأثیر قرار می‌گیرد. پس عملکرد دانه پس از این‌که تعداد دانه تعیین شد، متناسب با وزن دانه است (Evans and Wardlaw, 1976) و این صفت خود تابعی از سرعت و دوام پر شدن دانه می‌باشد. سرعت پر شدن دانه به تعداد سلول‌های آندوسپرم که بعد از گرده‌افشانی به‌وجود می‌آیند بستگی دارد (Hey and Walker, 1989) و با کاهش دما کاهش می‌یابد. سرعت پر شدن دانه به‌طور نزدیکی مرتبط است با وزن نهایی دانه (Bruckner and Frohberg. 1987; Egli, 2006; Santiveri *et al*., 2002) در حالی‌که ارتباط دوره پر شدن دانه با وزن نهایی دانه به شرایط محیطی و رقم بستگی دارد (Bruckner and Frohberg. 1987; Darroch and Baker, 1990; Egli, 2004). فرجی (Faraji, 2014) مقدار زیادی از تغییرات مربوط به وزن دانه را به شرایط محیطی در طی دوره بحرانی پر شدن دانه نسبت دادند. آنها همچنین بیان کردند توانایی برای تطبیق دوره پر شدن دانه گیاه زراعی با شرایط تنش کمتر، یک ابزار مؤثر برای اجتناب از اثرات منفی تنش دمایی و خشکی می‌باشد.

استان خراسان شمالی در شمال شرق ایران واقع شده است. طی یک دهه اخیر در استان، کشت کلزا به‌واسطه مقاومت به کم آبی و نقش ویژه آن در تناوب با غلات گسترش قابل توجهی پیدا نموده است. در سال زراعی ۱۳۹۲ از مجموع سطح زیر کشت دانه های روغنی استان ۱۵ درصد آن به کلزا اختصاص یافت و پیش بینی می‌شود در سال های آتی بر سطح زیر کشت محصول افزوده شود. این مطالعه با هدف بررسی روابط بین عملکرد دانه و برخی صفات مهم زراعی جهت تعیین شاخص‌های مناسب انتخاب برای اصلاح عملکرد کلزا صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی شیروان واقع در خراسان شمالی بر روی ۲۰ رقم کلزا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار اجرا گردید. ارقام شامل دو رقم هیبرید (تراویتا و کودیاک) و ۱۸ رقم و لاین غیر هیبرید شامل (لیکورد، بیلبائو، GKH-305، GKH-2005، GKH-1103، SLM-046، ساری‌گل، طلائیه، L72، SW102، شیرالی، ظفر، اپرا، زرفام، کرج ۳، کرج ۱، اکاپی و مدنا) بودند.

عملیات خاک‌ورزی و آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و کوددهی بود. هر کرت آزمایش شامل ۶ خط به طول ۵ متر و به فاصله ۲۵ سانتی‌متر بود. مساحت هر کرت ۹ متر مربع بود. فاصله بین کرت‌ها از یکدیگر یک متر و فاصله بلوک‌ها از هم دو متر در نظر گرفته شد. تمامی ارقام با تراکم بالا در تاریخ ۲۷ شهریور کشت شدند و پس از حصول اطمینان از استقرار بوته‌ها، تراکم ۸۰ بوته در مترمربع (فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر) با عمل تنک کردن حاصل گردید. کودهای مورد مصرف بر اساس آزمون خاک به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در زمان کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک، ۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار در زمان کاشت، ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار بود. آبیاری اول بلافاصله بعد از کاشت و مراحل بعدی آبیاری در طول فصل رشد به‌گونه‌ای صورت پذیرفت که هیچ‌گونه علایم تنش خشکی در گیاهان مشاهده نگردید. همچنین، در طول فصل تمامی علف‌های هرز

موجود در کرت‌ها وجین گردیدند. ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از نیمی از کرت که برای تعیین عملکرد دست‌نخورده باقی گذاشته شده بود، انتخاب و تعداد غلاف در بوته و برخی خصوصیات مورفولوژیک اندازه‌گیری شد. از هر بوته ۱۰ غلاف جدا گردید و تعداد دانه در بوته با استفاده از دستگاه بذرشمار تعیین گردید. در نهایت وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد دانه، بیولوژیک، مساحت دو متر مربع از هر کرت با رعایت حاشیه (نیم متر از طرفین) کف بر گردید. در پایان کلیه اجزای عملکرد ۱۰ بوته استفاده شده برای تعیین اجزای عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک به عملکرد دانه اضافه گردید. سرعت پر شدن دانه از تقسیم وزن نهایی دانه بر دوام پر شدن دانه و تعداد دانه در واحد سطح با استفاده از تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در متر مربع تعیین شد. وزن دانه بر حسب میلی گرم که با استفاده از وزن هزار دانه محاسبه شد. ثبت مراحل فنولوژیک از زمان کاشت هر چهار روز یک‌بار (در پاییز تا ثابت شدن رشد و در بهار از شروع رشد مجدد) به روش سیلوستر-برادلی و مک‌پیس (Sylvester-Bradley and Makepeace, 1984) صورت گرفت. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با روش LSD با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

شرایط آب و هوایی: شرایط آب و هوایی شهر شیروان (جدول ۱) نشان داد که میانگین دمای حداقل و حداکثر در طی روزهای پس از کاشت کاهش یافت و در ۹۰ تا ۱۴۰ روز پس از کاشت به حداقل خود رسید و این روند تا ۱۸۰ روز پس از کاشت ادامه داشت و پس از آن شروع به افزایش کرد. کمترین دمای حداقل در ۹۰ و ۱۳۰ روز پس از کاشت رخ داد. با مقایسه میزان بارندگی در ماه‌های دوره آزمایش (شکل ۱) مشاهده شد که حداکثر میزان بارش در ۱۶۰ روز پس از کاشت به میزان ۷/۴۳ میلی‌متر رخ داد.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام از حیث صفاتی نظیر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و شاخص برداشت، روز تا سبز شدن، روز تا گیاهچه‌ای، روز تا رزت کامل، روز تا ساقه‌دهی، روز تا شروع و پایان گل گل‌دهی، روز تا شروع و پایان غلاف‌دهی و روز تا شروع پر شدن دانه و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱ و ۲). بیشترین عملکرد با ۵۱۳/۵۶ گرم در متر مربع به رقم هیبرید تراویتا تعلق داشت که با ارقام کودیاک، L72، SW102 و بیلبائو تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین عملکرد به رقم شیرالی با ۳۴۴/۴۱ گرم در متر مربع تعلق داشت که با ارقام زرفام و ساری‌گل تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک متعلق به رقم بیلبائو با ۱۷۵۱/۲۲ گرم در متر مربع که با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری را نشان داد. کمترین عملکرد بیولوژیک متعلق به رقم شیرالی با ۱۲۴۹/۸۲ گرم در متر مربع که با ارقام مدنا، کرج۳ تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته به رقم GKH-1103 تعلق داشت که با ارقام تراویتا، L72 تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد غلاف در بوته متعلق به زرفام بود که با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین تعداد دانه به کرج ۱ تعلق داشت که با ارقام کرج ۳، زرفام، شیرالی، SW102 و بیلبائو تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد

دانه در غلاف به رقم GKH-1103 و ظفر تعلق داشت که با ارقام ساری‌گل، GKH-305، تراویتا، GKH-2005، مدنا، اکاپی و اپرا تفاوت معنی‌داری نشان نداد. بیشترین وزن هزار دانه به رقم اپرا تعلق داشت که با ارقام ظفر، طلایه و GKH-305 تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین وزن هزار دانه متعلق به رقم شیرالی بود که با رقم ساری‌گل تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. بیشترین شاخص برداشت متعلق به رقم تراویتا بود که با ارقام کودیاک، کرج ۳، اپرا، SW102، L72 و SLM046 تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. کمترین شاخص برداشت متعلق به رقم زرفام که با رقم طلایه تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). رقم ساری‌گل حدود ۱۵۳ روز پس از کاشت به ساقه رفت که با رقم طلائیه تفاوت معنی‌داری نداشت. رقم ظفر و زرفام با ۱۶۰ و ۱۶۲ روز پس از کاشت در رده‌های بعدی قرار داشتند. رقم بیلبائو ۱۹۳ روز پس از کاشت فعالیت مجدد خود را شروع کرد که با ارقام اپرا، کودیاک، تراویتا و اکاپی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳). با توجه به نمودار تغییرات دمایی منطقه آزمایش مشاهده می‌شود که ارقام ساری‌گل، طلایه، شیرالی و ظفر و زرفام به‌ترتیب در دامنه دمایی پایین رشد مجدد را شروع نمودند که احتمال سقط گل‌ها و عدم گرده‌افشانی به علت دمای پایین، شاید یکی از عوامل کاهش عملکرد باشد. نیاز به بهاره‌سازی کم یا عدم نیاز به بهاره‌سازی شاید یکی از دلایل شروع مجدد رشد زودهنگام باشد.

نتایج تجزیه همبستگی: ضریب همبستگی یک پارامتر آماری مهم برای تعیین رابطه بین متغیرها می‌باشد (Johnson and Wichern, 2007; Kozak *et al*., 2010). ضرایب همبستگی ساده در جدول ۵ آورده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری را با صفات عملکرد بیولوژیک ($r_{=}$۰/۵۲)، تعداد غلاف در بوته ($r_{=}$۰/۷۹)، تعداد دانه در غلاف ($r_{=}$۰/۴۴)، وزن هزار دانه ($r_{=}$۰/۵۲) شاخص برداشت ($r_{=}$۰/۷۸)، روز تا ساقه‌دهی ($r_{=}$۰/۶۵)، روز تا شروع گل‌دهی ($r_{=}$۰/۶۲)، روز تا پایان گل‌دهی ($r_{=}$ ۰/۴۱)، روز تا شروع تشکیل غلاف ($r_{=}$۰/۶۰)، روز تا پایان تشکیل غلاف ($r_{=}$۰/۳۸)،روز تا شروع پر شدن دانه ($r_{=}$۰/۶۲)، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ($r_{=}$۰/۵۳)، سرعت پر شدن دانه (r=۰/۵۹) و ارتفاع بوته (r=۰/۲۶) و با دوره پر شدن دانه ($r_{=}$-۰/۳۹) همبستگی منفی داشت. تعدادی از محققان همبستگی مثبت بین تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه در کلزا را گزارش نموده‌اند (Ozer and Oral, 1999; Khan *et al*., 2006; Jeromela *et al*., 2007; Sharafi *et al*., 2015). بنابراین، به‌نظر می‌رسد عملکرد بیولوژیک بیشتر به همراه شاخص برداشت بالاتر در زمان برداشت نهایی منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. احتمالاً عملکرد بیولوژیک بیشتر به علت تعداد خورجین در بوته بیشتر می‌باشد. نتایج حاصل با یافته‌های کندل و همکاران (Kandil *et al*., 1995)، برادران و همکاران (Bradaran *et al*., 2006) و حسین‌زاده و همکاران (Hosseinzadeh *et al*., 1998) در مورد عملکرد بیولوژیک، تعداد خورجین در بوته و شاخص برداشت، مطابقت دارد. حادث شدن سریع‌تر زمان گل‌دهی، موجب طولانی‌تر شدن دوره پر شدن دانه خواهد شد اما باید توجه داشت هنگامی‌که تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی بیش از حد کاهش یابد، منجر به تولید گل‌های کوچک و کم، خورجین‌های کوچک و ضعیف شده که در این شرایط به‌علت کاهش مخزن، اندازه و کیفیت

بذور کاهش می‌یابد. مطالعات انجام شده توسط برخی پژوهشگران نشان داده است که مدت زمان لازم از کاشت تا گل‌دهی (رشد رویشی) با عملکرد دانه رابطه مستقیم دارد (Mendham and Scott, 1975; Abuzeid and Wilcokson, 1989; Campbe and Kondra, 1997).

نتایج تجزیه رگرسیون: در رگرسیون گام‌به گام عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۶ مدل‌های به‌دست آمده از تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه را نشان می‌دهد. در این مطالعه، رگرسیون گام به گام نشان داد که تعداد غلاف در بوته، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک ۹۹ درصد تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه نموده‌اند. در میان صفات وارد شده به مدل تعداد غلاف در بوته به تنهایی ۶۲ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه کرد که نشان از اهمیت این صفت دارد. تورلینگ (Thurling, 1974)، اوزر و اورال (Ozer and oral, 1999)، دیپن بروک (Diepenbrock, 2000) و باسالما (Basalma, 2008) گزارش کردند که تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه اثر مستقیم بسیار قوی روی عملکرد دانه نژادهای مختلف کلزا دارند. بسیاری از محققین صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت و وزن هزار دانه را به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب در رابطه با بهبود ژنتیکی عملکرد دانه در کلزا معرفی نموده‌اند (Algan and Aygün, 2001; Çalışkan *et al*., 1998). بنابراین این صفات می‌توانند به‌عنوان معیار انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در نسل‌های اولیه استفاده شوند. شاخص برداشت ۱۲ درصد و عملکرد بیولوژیک ۲۴ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه نمودند. در منابع مختلف نیز بر اهمیت افزایش بیوماس نهایی جهت افزایش قابل ملاحظه در پتانسیل عملکرد گیاه زراعی تأکید شده است (Evans and Fischer, 1999؛ Richards, 2000).

نتایج تجزیه علیت: به‌منظور بررسی و مطالعه هر چه بیشتر روابط درونی بین صفات وارد شده به مدل عملکرد در رگرسیون گام به گام و تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم آنها بر عملکرد دانه از روش تجزیه علیت استفاده شد. تجزیه علیت ضرایب همبستگی را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از آنها بر عملکرد دانه تقسیم می‌کند. نتایج حاصل از این تجزیه نشان داد که تعداد غلاف در بوته، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک اثرات مستقیم مثبت روی عملکرد دانه داشتند (جدول ۷). شاخص برداشت بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه داشت. تعداد غلاف در بوته اثر مستقیم کمی روی عملکرد دانه داشت اما از طریق شاخص برداشت روی عملکرد دانه تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشت. عملکرد بیولوژیک علاوه بر تأثیر مستقیم قابل ملاحظه روی عملکرد دانه، به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش تعداد خورجین در بوته سبب افزایش عملکرد شد. افزایش عملکرد بیولوژیک به‌طور غیرمستقیم سبب کاهش ناچیز شاخص برداشت شد. اثرات مستقیم و مثبت شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک و همچنین اثر غیرمستقیم مثبت عملکرد بیولوژیک روی تعداد خورجین در بوته، و اثر غیرمستقیم مثبت تعداد خورجین در بوته روی شاخص برداشت نشان داد که این صفات به‌طور همزمان و عمل با هم اجزای قابل اعتمادی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا هستند. نتایج تجزیه علیت هاشمی و همکاران (Hashemi *et*

al., 2008) روی ۱۷ رقم کلزا حاکی از کارآیی بالای صفات وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، روز تا ساقه‌دهی و تعداد دانه در غلاف به‌عنوان معیارهای انتخاب غیر مستقیم در بهبود ژنتیکی این صفت در ارقام کلزا به‌خصوص در نسل‌های اولیه برنامه‌های اصلاحی بود.

سرعت و دوره پر شدن دانه: نتایج تجزیه ضرایب مسیر نشان داد که وزن و تعداد دانه اجزای مهمی در تعیین عملکرد دانه هستند که البته تأثیر تعداد دانه در واحد سطح بزرگ‌تر است (شکل ۳). به همین ترتیب، نتایج نشان داد که سرعت پر شدن دانه در تعیین وزن دانه مؤثرتر از دوام پر شدن دانه است. بنابراین امکان افزایش عملکرد از طریق افزایش وزن دانه وجود دارد.

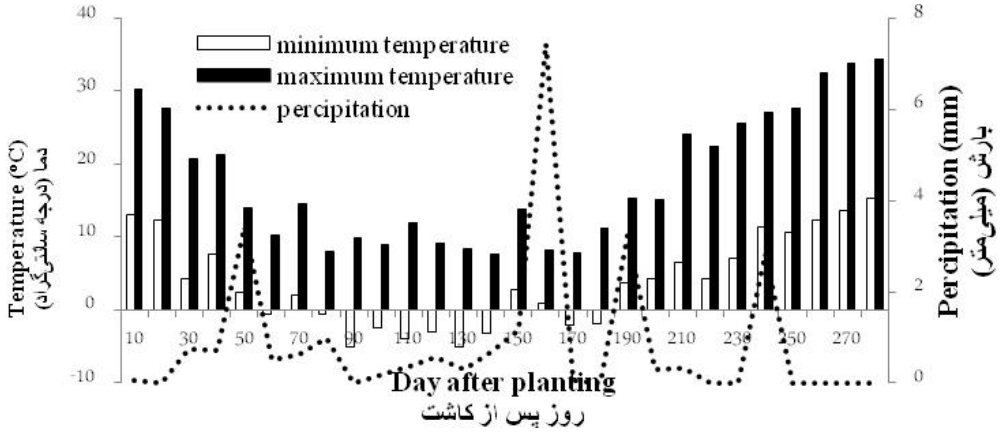
بالاترین سرعت پر شدن دانه به رقم licord و opera تعلق داشت که با ارقام sw102 و L72، Traviata و bilbao از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. این ارقام دارای بالاترین وزن دانه بودند. میانگین سرعت پر شدن دانه از ۰/۱۵۳ میلی‌گرم بر دانه در روز برای ژنوتیپ Licord تا ۰/۱۰۱ میلی‌گرم بر دانه در روز برای ژنوتیپ شیرالی متغیر بود. متوسط این صفت برای کل ارقام ۰/۱۳۰ میلی‌گرم بر دانه در روز بود. میانگین دوام پر شدن دانه برای کلیه ارقام ۳۴/۹ روز بود و از ۴۲/۷۵ برای رقم طلائیه تا ۳۰ روز برای رقم sw102 بود. از نظر سرعت و دوام پر شدن دانه و وزن دانه تنوع ژنتیکی زیادی بین ارقام وجود داشت (جدول ۴). ضرایب همبستگی فنوتیپی بین پارامترهای رشد دانه، اجزای عملکرد و مراحل نموی در جدول ۵ آورده شده است. تجزیه رگرسیون نیز نشان داد که به‌ازای یک درجه سلسیوس افزایش دما در دوره پر شدن دانه، طول این دوره ۱/۵۴ روز کاهش و سرعت پر شدن دانه به میزان ۰/۰۰۷ میلی‌گرم بر دانه در روز افزایش پیدا می‌کند (شکل ۴). این واکنش دوام پر شدن دانه نسبت به دما با تحقیقات قبلی منطبق است (Bruckner and Frohberg, 1987; Evans and Wardlaw, 1976; Van Sanford, 1985; Sayed and Gadallah, 1983; Wych *et al*., 1982).

به ازای افزایش هر روز دوام پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه به‌میزان ۰/۰۰۴ میلی‌گرم بر دانه در روز کاهش یافت (شکل ۴). به‌طور کلی از نظر سرعت و دوام پر شدن دانه بین ۲۰ رقم کلزای مورد مطالعه، تنوع ژنتیکی وجود داشت و به دو طریق می‌توان وزن دانه را افزایش داد. افزایش دوام پر شدن دانه که در شرایط مورد مطالعه، در اوایل بهار (شروع رشد مجدد) دمای هوا پایین بوده و در نتیجه، سرعت تولید مواد پرورده کاهش پیدا می‌کند. راه دوم افزایش سرعت پر شدن دانه است که در شرایط مورد مطالعه، وزن دانه همبستگی بالایی با سرعت پر شدن دانه دارد و نیز همان گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود اهمیت سرعت پر شدن دانه از دوام پر شدن دانه بیشتر است (ضرایب تجزیه مسیر).

نتیجه‌گیری کلی

در بین ارقام بیشترین عملکرد با ۵۱۳/۵۶ گرم در متر مربع به رقم هیبرید تراویتا تعلق داشت که با ارقام کودیاک (هیبرید)، L72، SW102 و بیلبائو تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین عملکرد به رقم شیرالی با ۳۴۴/۴۱ گرم در متر مربع تعلق داشت که با ارقام زرفام و ساری‌گل تفاوت معنی‌داری نشان نداد. بر اساس رگرسیون گام به گام، عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و بقیه صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل گردیدند. ضریب تبیین مدل (R^2=۰/۹۹) بود. شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک به ترتیب

اثرات مستقیم قابل توجهی روی افزایش عملکرد دانه داشتند. تعداد غلاف در بوته اثر مستقیم کمی روی عملکرد دانه داشت اما از طریق شاخص برداشت روی عملکرد دانه تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشت. عملکرد بیولوژیک علاوه بر تأثیر مستقیم قابل ملاحظه روی عملکرد دانه، به‌طور غیرمستقیم از طریق افزایش تعداد خورجین در بوته سبب افزایش عملکرد شد. افزایش عملکرد بیولوژیک به‌طور غیرمستقیم سبب کاهش ناچیز شاخص برداشت شد. اثرات مستقیم و مثبت شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک و همچنین اثر غیرمستقیم مثبت عملکرد بیولوژیک روی تعداد خورجین در بوته، و اثر غیرمستقیم مثبت تعداد خورجین در بوته روی شاخص برداشت نشان داد که این صفات به‌طور همزمان و عمل با هم اجزای قابل اعتمادی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا هستند. نتایج تجزیه ضرایب مسیر برای وزن و تعداد دانه در واحد سطح نشان داد که وزن و تعداد دانه اجزای مهمی در تعیین عملکرد دانه هستند که البته تأثیر تعداد دانه در واحد سطح بزرگ‌تر است. به‌همین ترتیب، نتایج نشان داد که سرعت پر شدن دانه در تعیین وزن دانه مؤثرتر از دوام پر شدن دانه است. تجزیه رگرسیون نیز نشان داد که به‌ازای یک درجه سلسیوس افزایش دما در دوره پر شدن دانه، طول این دوره ۱/۵۴ روز کاهش و سرعت پر شدن دانه به میزان ۰/۰۰۷ میلی‌گرم بر دانه در روز افزایش پیدا می‌کند. به ازای افزایش هر روز دوام پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه به‌میزان ۰/۰۰۴ میلی‌گرم بر دانه در روز کاهش یافت. با توجه به این‌که ارقام در زمان‌های مختلفی در بهار رشد مجدد را شروع کردند و با توجه به دمای پایین اواخر اسفند و اوایل فروردین در منطقه و اختلال در عمل گرده‌افشانی و باروری گل‌ها ارقامی که به موقع و در زمان مناسب رشد مجدد را شروع نمایند و نیز سرعت پر شدن بالایی داشته باشند برای منطقه مناسب می‌باشند.



شکل ۱- میانگین دمای حداکثر، حداقل و مجموع بارندگی در شهر شیروان در سال ۹۲-۹۱ (اقتباس از ایستگاه سینوپتیک شیروان)

Figure 1- Mean maximum, minimum temperature and values of precipitation in Shirvan in 2012-2013 (Shirvan synoptic station)

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فنولوژی ارقام مختلف کلزا

Table 1- Analysis of variance for phenilogical traits of canola cultivars

S.O.V منبع تغییرات	Df درجه آزادی	Day to emergence روز تا سبز شدن	Day to seedling روز تا گیاهچه‌ای	Day to rosette روز تا رزت	Day to shooting روز تا ساقه‌دهی	Day to start of flowering روز تا شروع گل‌دهی
Cultivar(رقم)	19	30.29**	19.20**	49.47**	662.39**	413.40**
Block(بلوک)	3	0.083^{ns}	0.012^{ns}	0.033^{ns}	7.88^{ns}	10.54^{ns}
Error (خطا)	57	0.065	0.091	0.156	4.11	4.39
C.V(ضریب تغییرات)		3.84	2.93	1.90	1.12	1.10

^{ns} عدم معنی‌دار بودن **، معنی‌دار در سطح یک درصد *، معنی‌دار در سطح پنج درصد.

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

ادامه جدول ۱

Table 1- Continued

S.O.V منبع تغییرات	Df درجه آزادی	Day to start of pod formation روز تا شروع تشکیل خورجین	Day to end of pod formation روز تا پایان تشکیل خورجین	Day to start of seed filling روز تا شروع پر شدن دانه	Day to physiological maturity روز تا رسیدگی فیزیولوژیک
Cultivar(رقم)	19	345.74**	227.17**	414.57**	236.19**
Block(بلوک)	3	5.50^{ns}	0.18^{ns}	4.95^{ns}	6.98^{ns}
Error (خطا)	57	2.28	2.56	3.51	2.03
C.V(ضریب تغییرات)		0.74	0.71	0.88	0.57

^{ns} عدم معنی‌دار بودن **، معنی‌دار در سطح یک درصد *، معنی‌دار در سطح پنج درصد.

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

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف کلزا

Table 2- Analysis of variance for yield and yield components of canola cultivars

S.O.V منبع تغییرات	Df درجه آزادی	Economic yield عملکرد اقتصادی	Biological yield عملکرد بیولوژیک	Number of pod/plant تعداد خورجین در بوته	Number of seed/pod تعداد دانه در خورجین	1000 seed weight وزن ۱۰۰۰ دانه	Harvest index شاخص برداشت	Seed filling period دوره پر شدن دانه	Seed filling rate سرعت پر شدن دانه
Cultivar(رقم)	19	11422.18**	46581.84**	313.28**	13.21**	0.21**	38.13**	51.27**	0.0008**
Block(بلوک)	3	133.99^{ns}	7999.47^{ns}	12.83^{ns}	2.43^{ns}	0.08*	2.15*	3.30^{ns}	0.0002*
Error (خطا)	57	444.42	3632.97	14.29	1.18	0.03	2.30	2.93	0.00006
C.V(ضریب تغییرات)		4.74	4.18	3.39	6.10	4.01	4.91	4.90	6.21

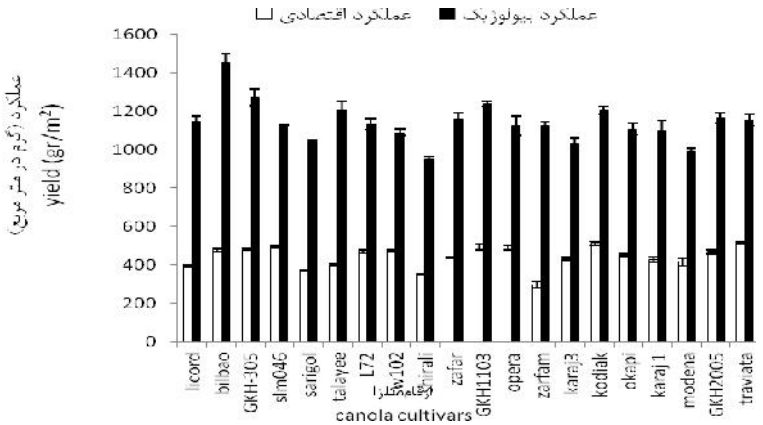
^{ns} عدم معنی‌دار بودن **، معنی‌دار در سطح یک درصد *، معنی‌دار در سطح پنج درصد.

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

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات فنولوژی ارقام مختلف کلزا

Table 3- Mean comparisons of some traits of phonological of different Oilseed rape cultivars

Cultivar رقم	Day to emergence روز تا سبز شدن	Day to seedling روز تا گیاهچه‌ای	Day to rosette روز تا رزت	Day to shooting روز تا ساقه‌دهی	Day to start of flowering روز تا شروع گل‌دهی	Day to end of flowering روز تا پایان گل‌دهی	Day to start of pod formation روز تا شروع تشکیل خورجین	Day to end of pod formation روز تا پایان تشکیل خورجین	Day to start of seed filling روز تا شروع پر شدن دانه	Day to physiological maturity روز تا رسیدگی فیزیولوژیک
Licord	10.75	17	27	189	197.25	227.5	212.5	230.25	220.75	251
Bilbao	12.5	18	27.75	193	200.75	231	215.75	234.25	230.75	260.75
GKH-305	5.25	12	18.5	184	190.25	217	203.5	221.25	211.25	246.5
Slm046	7.75	14	22.25	186.5	196.75	227.5	207.5	225.5	219.5	251.5
Sarigol	11	17	27	152.5	168	205.75	188.5	213.5	192	231
Talayea	5	11.75	18	157.75	171.25	207.75	194.5	218	203.5	246.25
L72	5	12	19	184.5	192	223	211.25	226.5	216	247.25
SW102	5	12	19	184.25	191	219.5	207.25	224	212.75	242.75
Shirali	5	12	17.75	161.5	177	216.25	190.75	218.75	197.75	236.75
Zafar	3	12	18	160	176.75	197.25	190.75	208.5	196.5	234.25
GKH-1103	5	12	18.75	183.75	191.25	214.25	197.75	216.5	209.25	245.5
Opera	5	12	19.25	190.25	197.75	222	211.5	231	215.25	248.25
Zarfam	9.25	14.5	22	167.5	180.5	212.5	191.75	220.5	196	234.25
KS11 (Karaj3)	5	11.5	18.75	182.25	190.25	219	200.5	217	204.75	242
Kodiak	5	12	19	190.25	198.25	228	209.25	225	210.5	244.25
Okapi	5	12	16.75	190.5	201.25	226	209.75	227.5	216.25	250.75
Karaj 1	5	12	19	184.5	192	221.5	188.75	209	211.25	243.75
Modena	12	16	27.25	191.25	199	227.25	212.25	230.25	220.25	254.5
GKH-2005	5	11.75	19	187.75	198	225.5	207.75	227.75	217.25	254
Traviata	5	11.5	19	190.5	198.5	223	211.5	232.5	223	255.75
LSD (5%)	0.36	0.42	0.55	2.87	2.96	2.60	2.14	2.26	2.65	2.02



شکل ۲- میانگین عملکرد بیولوژیک و اقتصادی ارقام مختلف کلزا

Figure 2- Mean of biological and economical yield in different canola cultivars

جدول ۴- مقایسه میانگین اجزای عملکرد ارقام مختلف کلزا

Table 4- Mean comparisons of yield components of different canola cultivars

Cultivar رقم	Seed filling period دوره پر شدن دانه	Harvest index شاخص برداشت	1000 seed weight وزن هزار دانه	Number of seed/pod تعداد دانه در هر خورجین	Number of pod/plant تعداد خورجین در هر بوته	Seed filling rate سرعت پر شدن دانه
Licord	30.25	28.56	4.65	18	107	0.153
Bilbao	30	28.84	4.72	19.25	117.5	0.143
GKH-305	35.25	30.79	4.71	18.5	119.75	0.134
Slm046	32	33.62	4.45	18.5	112.5	0.139
Sarigol	39	27.33	4.16	15.5	102.75	0.106
Talayea	42.75	25.75	4.28	18.25	98.5	0.110
L72	31.25	33.98	4.64	19.25	121.5	0.148
SW102	30	34.92	4.52	19.5	114.5	0.150
Shirali	39	27.56	3.95	17.25	104.75	0.101
Zafar	39.25	30.10	4.46	14.75	116	0.114
GKH-1103	36.25	30.90	4.50	15	126.5	0.124
Opera	33	33.68	5.01	16.5	112.25	0.152
Zarfam	38.25	24.23	4.31	16.5	92.5	0.113
KS11 (Karaj 3)	37.25	33.41	4.43	19.75	104.25	0.119
Kodiak	33.75	33.38	4.38	21.25	119.75	0.130
Okapi	34.50	31.95	4.34	17.75	114.5	0.125
Karaj 1	32.50	30.72	4.43	17.25	104.5	0.138
Modena	34.25	30.06	4.62	16.75	103.25	0.134
GKH-2005	36.75	32.12	4.50	16.75	116.25	0.122
Traviata	32.75	35.32	4.68	21	121.25	0.143
LSD (5%)	2.44	2.14	0.25	1.54	5.43	0.011

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی در ارقام مختلف کلزا

Table 5- Single correlation coefficients between investigated traits in Oilseed rape different cultivars

22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
																					1	1
																				1	0.52^{**}	2
																			1	38^{**}	0.79^{**}	3
																		1	0.18^{ns}	0.14^{ns}	0.44^{**}	4
																	1	0.06^{ns}	0.28^{ns}	0.32^{**}	0.52^{**}	5
																1	0.37^{**}	0.42^{**}	0.63^{ns}	-0.11^{ns}	0.78^{**}	6
															1	0.42^{**}	-0.04^{ns}	0.13^{ns}	-0.34^{**}	0.09^{ns}	-0.30^{**}	7
														1	0.97^{**}	-0.41^{**}	-0.04^{ns}	-0.14^{ns}	-0.29^{**}	0.12^{ns}	-0.27^{ns}	8
													1	0.97^{**}	0.97^{**}	-0.32^{**}	0.10^{ns}	-0.09^{ns}	-0.27^{**}	0.09^{ns}	-0.22^{*}	9
												1	0.09^{ns}	0.005^{ns}	0.01^{ns}	0.58^{**}	0.54^{**}	0.40^{**}	0.47^{**}	0.24^{*}	0.65^{**}	10
											1	0.98^{**}	0.11^{ns}	0.02^{ns}	0.03^{ns}	0.56^{**}	0.50^{**}	0.37^{**}	0.45^{**}	0.22^{*}	0.62^{**}	11
										1	0.86^{**}	0.85^{**}	0.27^{**}	0.19^{ns}	0.20^{ns}	0.40^{**}	0.34^{**}	0.48^{**}	0.22^{*}	0.11^{ns}	0.41^{**}	12
									1	0.79^{**}	0.82^{**}	0.82^{**}	0.25^{*}	0.18^{ns}	0.18^{ns}	0.50^{**}	0.54^{**}	0.46^{**}	0.45^{**}	0.27^{**}	0.60^{**}	13
								1	0.90^{**}	0.76^{**}	0.69^{**}	0.67^{**}	0.33^{**}	0.28^{**}	0.30^{**}	0.29^{**}	0.45^{**}	0.39^{**}	0.25^{*}	0.20^{ns}	0.38^{**}	14
							1	78^{**}	0.86^{**}	0.82^{**}	0.86^{**}	0.86^{**}	0.27^{**}	0.20^{ns}	0.20^{ns}	0.44^{**}	0.53^{**}	0.41^{**}	0.43^{**}	0.39^{**}	0.62^{**}	15
						1	0.94^{**}	0.76^{**}	0.81^{**}	0.74^{**}	0.78^{**}	0.77^{**}	0.22^{*}	0.16^{ns}	0.17^{ns}	0.34^{**}	0.48^{**}	0.36^{**}	0.36^{**}	0.40^{**}	0.53^{**}	16
					1	-0.50^{**}	-0.7^{**}	-0.5^{**}	-0.6^{**}	-0.67^{**}	-0.7^{**}	-0.7^{**}	-0.2^{**}	-0.20^{*}	-0.18^{ns}	-0.49^{**}	-0.45^{**}	-0.36^{**}	-0.41^{**}	-0.24^{ns}	-0.57^{**}	17
				1	-0.8^{**}	0.54^{**}	0.74^{**}	0.54^{**}	0.67^{**}	0.58^{**}	0.66^{**}	0.71^{**}	0.16^{ns}	0.09^{ns}	0.07^{ns}	0.49^{**}	0.75^{**}	0.30^{**}	0.36^{**}	0.27^{**}	0.59^{**}	18
			1	0.33^{**}	-0.23^{*}	0.15^{ns}	0.20^{ns}	0.06^{ns}	0.08^{ns}	0.11^{ns}	0.04^{ns}	0.08^{ns}	0.09^{ns}	0.10^{ns}	0.07^{ns}	0.10^{ns}	0.26^{**}	0.02^{ns}	0.03^{ns}	-0.009^{ns}	0.08^{ns}	19
		1	0.61^{**}	0.24^{*}	-0.1^{ns}	0.004^{ns}	0.05^{ns}	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	0.004^{ns}	-0.1^{ns}	0.11^{ns}	-0.1^{ns}	-0.10^{ns}	-0.14^{ns}	0.09^{ns}	0.24^{*}	0.05^{ns}	0.03^{ns}	-0.07^{ns}	0.03^{ns}	20
	1	0.17^{ns}	0.71^{**}	0.21^{ns}	-0.22^{*}	0.15^{ns}	0.20^{ns}	0.13^{ns}	0.13^{ns}	0.17^{ns}	0.08^{ns}	0.11^{ns}	0.17^{ns}	0.15^{ns}	0.12^{ns}	0.18^{ns}	0.13^{ns}	0.01^{ns}	0.12^{ns}	-0.01^{ns}	0.15^{ns}	21
1	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	0.16^{ns}	-0.23^{*}	0.25^{*}	0.27^{**}	0.26^{*}	0.35^{**}	0.28^{**}	0.35^{**}	0.36^{**}	-0.1^{ns}	-0.01^{ns}	-0.03^{ns}	0.08^{ns}	0.12^{ns}	0.19^{ns}	0.20^{ns}	0.31^{**}	0.26^{*}	22

1- Economic yield (عملکرد اقتصادی), 2- Biological yield (عملکرد بیولوژیک) , 3- Number of pod/plant (تعداد خورجین در هر بوته), 4- Number of seed/pod (تعداد دانه در هر خورجین), 5- 1000 seed weight (وزن هزار دانه), 6- Harvest index (شاخص برداشت), 7- Day to emergence (روز تا سبز شدن), 8- Day to seedling (روز تا گیاهچه), 9- Day to rosette (روز تا روزت), 10- Day to shooting (روز تا ساقه دهی), 11- Day to start of flowering (روز تا شروع گلدهی) , 12- Day to end of flowering (روز تا پیان گلدهی), 13- Day to start of pod formation (روز تا شروع تشکیل خورجین), 14- Day to end of pod formation (روز تا پایان تشکیل خورجین), 15- Day to start of seed formation (روز تا شروع دانه بندی), 16- Day to physiological maturity (روز تا رسیدگی فیزیولوژیک), 17- Seed filling period (دوره پر شدن دانه), 18- Seed filling rate (سرعت پر شدن دانه), 19- Chlorophyll a (کلروفیل a), 20- Chlorophyll b (کلروفیل b), 21- Cartenoid (کارتنوئید), 22- height (ارتفاع)

جدول ۶- تجزیه رگرسیون گام به گام صفات مؤثر بر عملکرد دانه در کلزا

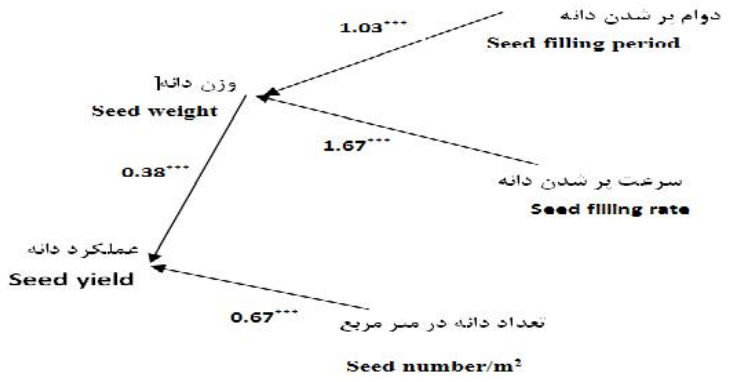
Table 6- Stepwise Regression Analysis for effect traits on seed yield of canola

R^2						
کل (total)	جزء (partial)	F	ضریب رگرسیون استاندارد شده Standardized regression coefficient	عرض از مبدأ (intercept)	مرحله (Stage)	صفت (trait)
0.62	0.62	123.81**	4.60	-69.21	1	**تعداد غلاف در بوته** number of pod/plant
0.75	0.12	35.81**	7.53	-116.84	2	**شاخص برداشت** harvest index
0.99	0.24	5807.31*	13.93	-419.47	3	**عملکرد بیولوژیک** biological yield

جدول ۷- تجزیه علیت مرحله‌ای برای عملکرد دانه و صفات وارد شده به مدل در ارقام مختلف کلزا

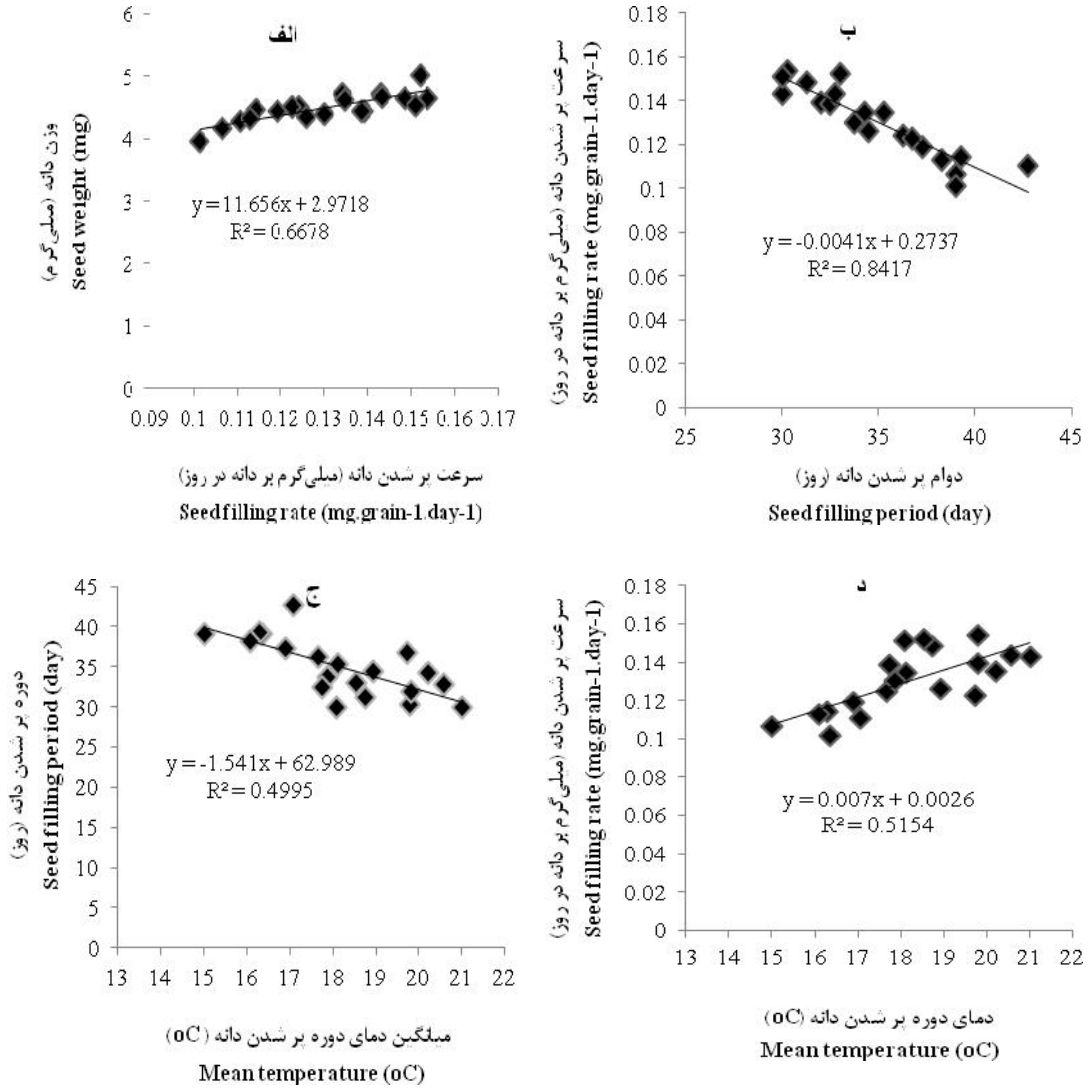
Table 7- Causal Path Analysis for seed yield and inserted traits in model in canola different cultivars

اثر کلی (total effect)	عملکرد بیولوژیک biological yield	شاخص برداشت harvest index	تعداد غلاف در بوته number of pod/plant	اثر مستقیم (direct effect)	
0.80	0.25	0.52	-	0.03	**تعداد غلاف در بوته** number of pod/plant
0.77	-0.067	-	0.020	0.82	**شاخص برداشت** harvest index
0.53	-	-0.09	0.011	0.61	**عملکرد بیولوژیک** biological yield
0.1=اثرات باقی‌مانده (remain effect)			R^2=0.99		



شکل ۳- مدل و نتایج تجزیه مسیر درباره اثر وزن دانه بر عملکرد دانه و اثر دوام و سرعت پر شدن دانه بر وزن دانه

Figure 3- Model and path analysis about the effect of seed weight and seed fiiling and rate on seed yield



شکل ۴- رابطه بین سرعت پر شدن دانه و وزن دانه (الف)، دوام پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه (ب)، دوره پر شدن دانه و میانگین دمای دوره پر شدن دانه (ج) و سرعت پر شدن دانه و دمای دوره پر شدن دانه (د)

Figure 4- The relationship of between seed filling rate and seed weight (a), seed filling period and seed filling rate (b), seed filling period and temperature (c), seed filling rate and temperature

References منابع مورد استفاده

- Abuzeid, A.E., and S.J. Wilcokson. 1989. Effect of sowing date, plant density and year on growth and yield of Brussels sprouts (*Brassica oleracea*). *Journal of Agricultural Science*. 112: 359-375.
- Algan, N., and H. Aygün. 2001. Correlation between yield and yield components in some winter rape genotypes in Turkish. *The Journal of Ege University Agricultural Faculty*. 38 (1): 9-15.
- Allen, E.J., and D.G. Morgan. 1992. A quantitative analysis of the effects of nitrogen on the growth, development and yield of oilseed rape. *Journal of Agricultural Science.* 78: 315 – 324.
- Angadi, S.V., H.W. Cutforth, P.R. Miller, B.G. McConkey, M.H. Entz, A. Brandt, and K.M. Olkmar. 2000. Response of three brassica species to high temperature stress during reproductive growth. *Canadian Journal of Plant Science*. 80: 693-701.
- Anil, K., D.P. Singh, Y.P. Yadav, S. Bikram, A. Kumar, and B. Singh. 1998. Association between morphophysiological parameters and seed yield in Brassica genotypes. *Cruciferae Newsletter*. 20: 69- 70.
- 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: 120-125.
- Berry, M.P., and J.H. Spink. 2006. A physiological analysis of oilseed rape yield, past and future (review). *Journal of Agricultural Science, Cambridge.* 199: 381-392.
- Bradaran, R., A. Majidi, F. Darvish, and M. Azizi. 2006. Investigation of correlation and path analysis between yield and components in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculture Science Journal*. 4: 811-819. (In Persian).
- Bruckner, P.L., and R.C. Frohberg. 1987. Rate and duration of grain fill in spring wheat. *Crop Science*. 27: 451–455.
- Çalışkan, M.E., A. Mert, M. Mert, and N. İşler. 1998. Important agronomic characters of some rapeseed cultivars and effects of these characters on yield formation in Hatay ecological conditions. *Journal of Agricultural Faculty MKU.* 3(2): 127-142.
- Campbe, D.C., and Z.P. Kondra. 1997. Growth pattern analysis of three rapeseed cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*. 57: 707-712.
- Darroch, B.A., and R.J. Baker. 1990. Grain filling in three spring wheat genotypes: Statistical analysis. *Crop Science*. 30: 525–529.
- Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A Review. *Field Crops Research*. 67: 35-49.
- Egli, D.B. 2004. Seed-fi ll duration and yield of grain crops. *Advances in Agronomy*. 83: 243–279.

- Egli, D.B. 2006. The role of seed in the determination of yield of grain crops. *Australian Journal of Agricultural Research*. 57: 1237–1247.
- Evans, L.T., and I.F. Wardlaw. 1976. Aspects of the comparatiative physiology of grain yield in cereals. *Advances in Agronomy*. 28: 301-359.
- Evans, L.T., and R.A. Fischer. 1999. Yield potential: Its definition, measurement, and significance. *Crop Science*. 39: 1544-1551.
- FAO. 2014 Stat database. Available online at: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E.
- Faraji, A. 2010. Flower formation and pod/flower ratio in oilseed rape (*Brassica napus* L.) affected by assimilates supply around flowering. *International Journal of Plant Production*. 4: 271-280.
- Faraji, A. 2014. Seed weight in oilseed rape as a function of assimilate supply and source-sink ratio during seed filling period. *International Journal of Plant Production*. 8: 255-270.
- Hashemi, Z., A. Golparvar, and M. Rasoli. 2008. Correlation, regression and path analysis of yield and components in rape seed cultivars. *Agricultural Research*. 4: 412-419.
- Hey, R.K.M., and A.J. Walker. 1989. An introduction to physiology of crop yield. Longman Group, London.
- Hosseinzadeh, K., H. Irannejad, A. Hejazi, GH. Akbari, and A. Zand. 1998. Correlation between traits and path coefficient analysis for seed yield of eight rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Agriculture Reaserch: Soil, Water and Plant in Agriculture*. 8: 195-207.
- Jeromela, A.M., R. Marinkovic, A. Mijic, M. Jankulovska, and Z. Zdunic. 2007. Interrelationship between oil yield and other quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal Central European Agriculture*. 8: 165-170.
- Johnson, R.A., and D.W. Wichern. 2007. Applied multivariate statistical analysis. Springer, New Jersy.
- Kandil, A.A., S.I. Mahandes, and N.M. Mahrous. 1995. Genotypic and phenotypic variability, heritability and interrelationships of some characters in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant Breeding Abstracts*. 65(9).
- Khan, F.A., S. Ali, A. Shakeel, A. Saeed, and G. Abbas. 2006. Correlation analysis of some quantitative characters in *Brassica napus* L. *Journal of Agricultural Research*. 44: 7-14.
- Kozak, M., J. Bocianowski, S. Sawkojc, and A. Wnuk. 2010. Call for more graphical elements in statistical teaching and consultancy. *Biometric Letter*. 47: 57-68.
- Mendham, N.J., and R.K. Scott. 1975. The limiting effect of plant size at inflorescence initation on subsequent growth and yield of oil seed rape (B. napus L.). *Journal of Agricultural science, Cambridge*. 84: 487-502.

- Morrison, M.J., and D.W. Stewart. 2002. Heat stress during flowering in summer Brassica. *Crop Science*. 42: 797-803.
- Ozer, H., and E. Oral. 1999. Relationships between yield and yield components on currently improved spring rapeseed cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestly*. 23: 603-607.
- Pahlavani, M.H., G. Saeidi, and A.F. Mirlohi. 2007. Genetic analysis of seed yield and oil content in safflower using F1 and F2 progenies of diallel crosses. *International Journal of Plant Production.* 1: 129-140.
- Richards, R.A. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *Journal of Exprimental Botany*. 51: 447-458.
- Rodi, D., S. Rahmanpour, and F. Javidfar. 2003. Rapseed agronomy. The part of oilseed reaserch. 53p. (In Persian).
- Santiveri, F., C. Royo, and I. Romagosa. 2002. Patterns of grain fi lling of spring and winter hexaploid triticales. *European Journal of Agronomy.* 16: 219–230.
- Sayed, H.I., and A.M. Gadallah. 1983. Variation in dry matter and grain filling characteristics in wheat cultivars. *Field Crops Research*. 7: 61-71.
- Sharafi, Y., M.M. Majidi, M. Jafarzadeh, and A. Mirlohi. 2015. Multivariate analysis of genetic variation in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Agrcultural Science and Technology.* 17: 1319-1331.
- Sylvester-Bradley, R., and R.J. Makepeace. 1984. A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aspects of Applied Biology*. 6: 398-419.
- Tang, Z.L., J.N. Li, X.K. Zhang, L. Chen, and R. Wang. 1997. Genetic variation of yellow seeded rapeseed lines (*Brassica napus* L.) from different genetic source. *Plant Breeding*. 116(5): 471-474.
- Thurling, N. 1974. Morphophysilogical determinates of yield in rapeseed (Brassica *compestris* and *Brassica napus*). II. Yield components. *Australian Journal of Agricultural Research*. 25: 711-721.
- van Sanford, D.A. 1985. Variation in kernel growth characters among soft red winter wheats. *Crop Science*. 25: 626-630.
- Wych, R.D., R.L. Mc Graw, and D.D. Stuthman. 1982. Genotypes x year interaction for length and rate of grain filling in oats. *Crop Science*. 22: 1025-1028.

Relationships of Phenology and Physiological Traits with the Yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.) in Northern Khorasan

Abbas Frooghi [1], Abbas Biyabani[2], Ali Rahemi Karizaki[3*], and Gorbanali Rassam[4]

Received: January 2016, Revised: 9 May 2016, Accepted: 3 January 2017

Abstract

To investigate relationships among physiological traits of 20 rapeseed cultivars, an experiment was conducted at the Research Farm of Agricultural Faculty of Shirvan in Northern Khorasan in Iran, in 2014-2015. The experiment used was a randomized complete block design with four replications. Results showed that there were significant differences among cultivars for seed and biological yield, the number of pod/plant and seed/pod, 1000 seed weight, harvest index, days to germination, seedling, rosette, shooting, flowering time, end of flowering, pod formation time, end of pod formation, seed filling time and physiological maturity among the traits of rapeseed under study. The highest yield belonged to Traviata (513.56 g/m^2) but did not have significant difference with Kodiak, Bilbao, L72 and SW102. The lowest yield belonged to Shirali cultivar (344.41 $g.m^{-2}$) but it also did not have significant difference with Zarfam and Sarigol cultivars. Positive and significant correlation was observed for seed and biological yields, number of pods/plant and seeds/pod, seed weight, harvest index, the number of days to flowering, flowering end, beginning pod formation, ending pod formation, beginning seed filling, plant height and seed filling rate, but correlations were negative between seed yield and seed filling period and day to emergence and rosette. According to stepwise regression, seed yield was considered as dependent variable and other traits as independent ones. Positive direct effects of harvest index and biological yield and also positive indirect effect of biological yield on number of pod/plant and positive indirect effect number of pod/plant on harvest index were the traits that can be used for selection of high yielding genotypes. Path analysis revealed that traits like seed weight and seed number per unit, seed number and seed weight are its determiners of seed yield. The results also showed that seed filling rate is more effect than seed filling period in determination of seed weight. Regression analysis also showed that by increasing temperature, seed filling period was decreased by 1.54 days and seed filling rate increased 0.004 $mg/grain.day^{-1}$ $centigrad^{-1}$. Based on these results it could be concluded that genotypes varied significantly for the rate and duration of seed filling.

Key words: Correlation, Path analysis, Seed filling rate, Stepwise regression, Yield.

1-. Ph.D. Student of Crop Physiology, Plant Production Department, Gonbad University, Gonbad Cavous, Iran
2- Associate Prof., Department of Agriculture, Gonbad University, Gonbad Cavous, Iran
3- Assistant Prof., Department of Agriculture, Gonbad University, Gonbad Cavous, Iran
4- Assistant Prof., Department of Plant production, Higher Education complex of Shirvan, Shivan, Iran
* ***Corresponding Author**: alirahemi@yahoo.com*