



## ارزیابی سازگاری ارقام مختلف کلزا (*Brassica napus* L.) تحت شرایط آب و هوایی منطقه شیروان

عباس فروغی آینه ده<sup>۱\*</sup>، عباس بیابانی<sup>۲</sup>، علی راحمی کاریزکی<sup>۳</sup>، قربانعلی رسام<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانش آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گنبد کاووس

<sup>۲</sup>دانشیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس

<sup>۳</sup>استادیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس

<sup>۴</sup>دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه تولیدات گیاهی، مجتمع آموزش عالی شیروان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۷

### چکیده

**سابقه و هدف:** کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در جهان می‌باشد و امروزه مقام سوم را پس از سویا و نخل روغنی در فرآورده‌های تولید روغن نباتی داراست. متوسط عملکرد کلزا در سال ۲۰۰۳ میلادی در جهان و ایران به ترتیب ۱۵۶۷ و ۱۵۹۲ کیلوگرم در هکتار بوده که در سال ۲۰۱۴ به ۲۰۴۳ و ۲۱۲۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است. با توجه به اهمیت گیاه روغنی کلزا، با انتخاب و مقایسه‌ی عوامل مناسب می‌توان عملکرد کمی و کیفی آن را افزایش داد و ارقام متناسب با شرایط اقلیمی مورد نظر را یافت. انتخاب، معرفی و گسترش رقم‌های سازگار و پرمحصول کلزا، راهکاری مناسب برای تأمین بخشی از روغن خوراکی مورد نیاز کشور است. تحقیقات نشان داده است که رابطه خطی و مستقیمی بین مقدار تشعشع دریافت شده توسط هر غلاف و تعداد دانه در هر غلاف وجود دارد. همچنین تسریع نمو، توأم با کاهش یافتن رشد گیاه در بعد از گل‌دهی عامل اصلی کاهش عملکرد است. در بررسی ارتباط بین آب و هوا و تولید محصول نشان داده شد که اطلاعات آب و هوایی در بازه‌های زمانی مختلف نقش اساسی در کاربرد مدل‌های تولید محصول به‌ویژه در مناطق گرمسیری دارند. عملکرد ارقام کلزا در یک منطقه خنک و دوره رشد طولانی، معمولاً بیشتر از عملکرد همان ارقام در شرایط گرم و دوره رشد کوتاه بوده و حتی در یک منطقه نیز عملکرد کشت به‌موقع با کشت دیر هنگام اختلافاتی را نشان می‌دهد. این تحقیق با هدف بررسی شاخص‌های رشد و نیز عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف کلزا و نیز ارزیابی سازگاری ارقام مختلف به شرایط آب و هوایی منطقه شیروان صورت گرفت.

**مواد و روش‌ها:** این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در طی سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی شیروان، خراسان شمالی اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۲۰ رقم و دو لاین کلزا بودند. به منظور اندازه‌گیری سطح برگ و زیست توده، اولین نمونه‌برداری تخریبی در نیمه دوم اسفند ماه (قبل از به ساقه رفتن ارقام) صورت گرفت و به فاصله ۸ الی ۱۰ روز نمونه‌برداری‌های بعدی تا رسیدگی فیزیولوژیک ادامه یافت. در پایان فصل رشد (مرحله رسیدگی برداشت) عملکرد و اجزای عملکرد از سطحی معادل دو متر مربع اندازه‌گیری شدند. قبل از انجام هر تجزیه و تحلیل، به دلیل این که طرح تجزیه مرکب بود، آزمون یکنواختی واریانس‌ها (آزمون بارتلت) انجام شد که واریانس خطا بین دو سال یکسان بود. همچنین تجزیه کلاستر با روش متوسط فاصله (Average) انجام شد.

\*مسئول مکاتبه: abbasfrooghi@yahoo.com

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بین ارقام مورد مطالعه علاوه بر تفاوت از نظر میزان شاخص‌های رشد از جمله شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه زراعی، زمان رسیدن به حداکثر آن‌ها نیز متفاوت بود. در سال دوم آزمایش به دلیل کاهش معنی‌دار تشعشع نسبت به سال اول و به تبع آن کاهش شاخص‌های رشد، شاخص سطح برگ برای ارقام مورد مطالعه کاهش یافت و یکی از عوامل محدودکننده عملکرد دانه در سال دوم بود. همبستگی مثبت و معنی‌دار دوام گل‌دهی با عملکرد ( $r=0/66^{**}$ ) و تعداد خورجین در بوته ( $r=0/88^{**}$ ) اهمیت این دوره را در تعیین عملکرد نشان داد. همچنین مهم‌ترین مرحله تعیین‌کننده عملکرد (دوام گل‌دهی) تحت تأثیر شرایط محیطی همانند دما، تشعشع و بارندگی قرار گرفت. به منظور بررسی شاخص‌های رشد ( $LAI^1$ ،  $TDM^2$ ،  $CGR^3$ )، ارقام بر اساس تجزیه کلاستر به سه گروه با عملکرد بالا (Bilbao)، متوسط (کرج ۳) و پایین (ساری گل) تقسیم شدند و از هر گروه یک نماینده انتخاب گردید. رقم Bilbao (نماینده گروه پرمحصول) نسبت به دو رقم کرج ۳ (نماینده گروه با عملکرد متوسط) و ساری گل (نماینده گروه کم‌محصول) دارای شاخص سطح برگ بالاتری بود. همچنین رقم ساری گل زودتر از دو رقم دیگر به حداکثر شاخص سطح برگ دست یافت. همبستگی ( $r=0/81^{**}$ ) بالا بین عملکرد و حداکثر تجمع ماده خشک وجود داشت. مقدار CGR در سال اول به‌طور معنی‌داری از سال دوم بیشتر بود. همچنین تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، شاخص برداشت، درصد روغن، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سال اول نسبت به سال دوم بیشتر بود. بخشی از تفاوت عملکرد بین دو سال با کاهش شاخص‌های رشد مرتبط بوده و بخش دیگر کاهش شاخص برداشت در سال دوم آزمایش می‌باشد. به‌طور کلی، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، روز تا رسیدن به شاخص سطح برگ حداکثر و تعداد خورجین در بوته ۹۹ درصد از تغییرات مرتبط با عملکرد را توجیه نمودند.

**نتیجه‌گیری کلی:** تشعشع عامل تعیین‌کننده عملکرد بود و تطابق وقوع پدیده‌های فیزیولوژیک به‌ویژه شاخص سطح برگ حداکثر با تشعشع بیش‌تر موجب افزایش عملکرد گردید. ارقامی که دارای شاخص سطح برگ بالاتری بودند و نیز شاخص سطح برگ حداکثر آن‌ها با تشعشع دریافتی بیشتر منطبق بود (گروه الف) از عملکرد بیولوژیک بیشتر و به تبع آن از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند ( $r=0/81^{**}$ ). علاوه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت یکی دیگر از عوامل تعیین‌کننده عملکرد دانه ارقام بود ( $r=0/79^{**}$ ) که خود به شدت تحت تأثیر دوام گل‌دهی قرار داشت ( $r=0/59^{**}$ ). ارقامی که دوره گل‌دهی آن‌ها همراه با تشعشع بیشتر (روزهای ابری کمتر) بود از دوام گل‌دهی بیشتری برخوردار بودند.

**واژه‌های کلیدی:** تشعشع خورشیدی، خصوصیات فنولوژی، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه

1. Leaf Area Index
2. Total Dry Matter
3. Crop Growth Rate

## مقدمه

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. از دانه‌های ارزشمند روغنی است که در سال‌های اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده است و در طرح کاهش واردات روغن نباتی 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 نباتی احراز کرده است (۶). گیاه 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 (۳۲). این محصول در بین دانه‌های روغنی جهان بیش‌ترین رشد را از لحاظ سطح زیر کشت در دهه‌های اخیر داشته و امروزه مقام سوم را پس از سویا و نخل روغنی در فراورده‌های روغن نباتی احراز کرده است (۶). عملکرد کلزا در سال ۲۰۰۳ میلادی در جهان و ایران به ترتیب ۱۵۶۷ و ۱۵۹۲ کیلوگرم در هکتار بوده که در سال ۲۰۱۴ به ۲۰۴۳ و ۲۱۲۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است (۱۳).

با توجه به اهمیت گیاه روغنی کلزا، با انتخاب و مقایسه‌ی عوامل مناسب می‌توان عملکرد کمی و کیفی آن را افزایش داد و ارقام متناسب با شرایط اقلیمی مورد نظر را یافت. انتخاب، معرفی و گسترش رقم‌های سازگار و پرمحصول کلزا، راهکاری مناسب برای تأمین بخشی از روغن خوراکی مورد نیاز کشور است. مندهام و همکاران (۱۹۸۱) نشان دادند که رابطه خطی و مستقیم بین مقدار تشعشع دریافت شده توسط هر غلاف و تعداد دانه در هر غلاف وجود دارد (۲۵). مندهام و همکاران (۱۹۹۰) در تاسمانی نیز

نشان دادند که تسریع نمو توأم با کاهش یافتن رشد گیاه در بعد از گل‌دهی عامل اصلی کاهش عملکرد است (۲۶). هاگن بوم (۲۰۰۰) ارتباط بین آب و هوا و تولید محصول را بررسی کرد و نشان داد که اطلاعات آب و هوایی در بازه‌های زمانی مختلف نقش اساسی در کاربرد مدل‌های تولید محصول به‌ویژه در مناطق گرمسیری دارند (۱۷). عملکرد ارقام کلزا در یک منطقه خنک و دوره رشد طولانی، معمولاً بیشتر از عملکرد همان ارقام در شرایط گرم و دوره رشد کوتاه بوده و حتی در یک منطقه نیز عملکرد کشت به‌موقع با کشت دیر هنگام اختلافاتی را نشان می‌دهد (۳۰). در کلزا عملکرد به‌صورت یک موازنه میان رشد رویشی و ظرفیت تعداد گل، غلاف و دانه است و زمان ایجاد این مراحل اهمیت خاصی در تولید محصول و عملکرد دانه دارد. طبق تحقیقاتی که انجام شده نشان داده شده است که دماهای کم در طی دوره گل‌دهی با عقیم نمودن دانه گرده عامل اصلی در کاهش عملکرد می‌باشد (۴۰). طول مدت دوره گل‌دهی نقش مهمی در جداسازی ارقام مختلف کلزا از نظر عملکرد و اجزای آن دارد (۳۳). صفاتی نظیر تعداد دانه در خورجین با افزایش ماده خشک گیاه در طول دوره گل‌دهی افزایش پیدا می‌کند.

تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد به‌منظور تفسیر چگونگی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی به شرایط محیطی حائز اهمیت زیادی است (۲۲). در این راستا شاخص سطح برگ یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتز یک گیاه محسوب می‌گردد. شاخص سطح برگ یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که برای مطالعه رشد و همانندسازی و بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک و اکولوژیک از جمله فتوسنتز، تعرق و بیلان انرژی محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱). شاخص سطح برگ بیان‌کننده سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در طی دو سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی شیروان، خراسان شمالی واقع در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه ۴۰ دقیقه، طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۹۳ دقیقه و ارتفاع ۱۰۹۷ متر از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۲۵۱/۸ میلی‌متر است. تیمارهای آزمایشی شامل ۲۰ رقم و دو لاین کلزا بودند (جدول ۱). زمین مورد آزمایش در هر سال زراعی با گاوآهن شخم و جهت خرد کردن کلوخه‌ها دوبار دیسک سبک عمود بر هم زده شد. بذور از بخش دانه‌های روغنی مرکز تحقیقات بذر و نهال کرج تهیه گردید. پس از تصادفی کردن تیمارها برای هر سال به‌طور جداگانه، کشت با دست انجام شد. تاریخ کاشت منطقه بر اساس توصیه مراکز تحقیقاتی از نیمه دوم شهریور تا نیمه اول مهر بود. کاشت در هر دو سال زراعی در تاریخ ۳۰ شهریور صورت گرفت. هر کرت آزمایش شامل ۶ خط (سه پشته ۵۰ سانتی‌متری که کشت در دو طرف پشته‌ها انجام شد) به طول ۵ متر و فاصله ۲۵ سانتی‌متر 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 ذکر شده کشت شدند و پس از حصول اطمینان از استقرار بوته‌ها (مرحله چهار برگ حقیقی)، 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 به‌صورت سرک، ۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار در زمان کاشت بود. آبیاری اول بلافاصله بعد از کاشت و مراحل بعدی آبیاری در

معمولاً شاخص سطح برگ سه الی پنج جهت تولید حداکثر ماده خشک برای اغلب محصولات کاشته شده لازم است. در کلزا اگر حداکثر شاخص سطح برگ کم‌تر از چهار باشد، می‌توان گفت رشد و عملکرد گیاه در اثر کمبود سطح برگ محدود می‌شود زیرا شاخص سطح برگ حدود چهار برای دریافت حدود ۹۰ درصد تشعشع خورشیدی کفایت می‌کند (۲۶). تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد، منحصراً به اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک گیاه نیاز دارد و هدف از محاسبه شاخص‌های رشد توضیح و توصیف عکس‌العمل گیاه به شرایط محیطی است (۱۰).

در کلزا محققان گزارش کرده‌اند که در جریان بهبود عملکرد دانه ارقام کلزا در نواحی مختلف، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک افزایش یافته است (۲۹ و ۳۸). در مطالعه سلیمان‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) بر نقش مهم‌تر و مؤثرتر عملکرد بیولوژیک نسبت به شاخص برداشت در افزایش عملکرد دانه تأکید شده است (۳۵). حسین‌زاده و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که عملکرد بیولوژیک بیش‌تر در زمان برداشت نهایی به همراه شاخص برداشت بالاتر منجر به افزایش عملکرد دانه گردید. ایشان هم‌چنین گزارش کردند که در میان صفات وارد شده به مدل، عملکرد بیولوژیک ۸۹/۴۰ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را به تنهایی توجیه کرد، که این مسئله نشان می‌دهد عملکرد دانه در ارقام مورد بررسی، وابستگی بسیار زیادی به عملکرد بیولوژیک داشته است (۱۸). احتمالاً عملکرد بیولوژیک بیش‌تر به علت تعداد بیش‌تر خورجین در بوته می‌باشد که با نتایج کندل و همکاران (۱۹۹۵) و برادران و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد (۲۱ و ۵).

این تحقیق با هدف بررسی شاخص‌های رشد و نیز عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف کلزا و نیز ارزیابی سازگاری ارقام مختلف به شرایط آب و هوایی منطقه شیروان صورت گرفت.

دانه‌ها تهیه و سپس به خوبی خشک و آسیاب شد و یک گرم از آن وزن و درصد روغن به روش سوکسله تعیین شد (۵). عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن به دست آمد.

تجزیه و تحلیل صفات مورد ارزیابی در این تحقیق با استفاده از نرم افزار SAS و رسم نمودارها و ویرایش آن‌ها با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت. قبل از انجام هر تجزیه و تحلیل، به دلیل این که طرح تجزیه مرکب بود، آزمون یکنواختی واریانس‌ها (آزمون بارتلت) انجام شد که واریانس خطا بین دو سال یکسان بود. هم چنین تجزیه کلاستر با روش متوسط فاصله (Average) انجام شد.

به منظور توصیف روند تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به روزهای پس از کاشت از معادله لجستیک زیر استفاده شد که بهترین برازش را نسبت به نقاط اندازه‌گیری شده نشان داد (۳۶).

(معادله ۱)

$$LAI = ((a \times \exp(-a) \times (dap-b)) \times c) / ((1 + \exp(-a) \times (dap-b))^2)$$

برای توصیف وزن خشک در طول زمان از یک معادله لجستیک استفاده شد که زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر ماده خشک و میزان حداکثر ماده خشک تولیدی را نیز نشان می‌دهد (۳۶).

(معادله ۲)

$$Y = DM_{max} / (1 + \exp(-a \times (dap-b)))$$

در معادله لجستیک a ضریب معادله، b مدت زمانی که در آن تجمع ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود می‌رسد و DMmax حداکثر ماده خشک تولید شده (گرم در متر مربع)، dap روز پس از کاشت و Y تجمع ماده خشک می‌باشد. حاصل مشتق معادله بالا CGR می‌باشد.

طول فصل رشد به گونه‌ای صورت پذیرفت که هیچ گونه علائم تنش خشکی در گیاهان مشاهده نگردید. هم چنین، در طول فصل تمامی علف‌های هرز موجود در کرت‌ها و جین گردیدند. در مرحله گل‌دهی با مشاهده آفاتی همچون شته و سوسک گرده‌خوار عملیات سمپاشی صورت گرفت.

اولین نمونه برداری در نیمه دوم اسفند ماه (قبل از به ساقه رفتن ارقام) انجام شد و به فاصله ۸ الی ۱۰ روز نمونه برداری‌های بعدی صورت گرفت. از هر کرت ۵ بوته با رعایت حاشیه از طرفین (دو ردیف کناری و ۰/۵ متر از بالا و پایین به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد) کف بر گردیدند و پس از انتقال به آزمایشگاه به برگ و ساقه تفکیک سپس نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت در آن قرار گرفتند. سطح برگ با دستگاه سطح‌برگ‌سنج لیزری CID (CI-202) ساخت آمریکا اندازه‌گیری شد. نمونه برداری برای تعیین عملکرد دانه به طور مجزا انجام شد. برای تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، سطحی معادل ۲ متر مربع از نیمه‌ای از کرت که دست نخورده باقی مانده بود (با رعایت حاشیه از دو طرف و بالا و پایین کرت‌ها) در مرحله نهایی برداشت شد. هم چنین، اجزای عملکرد دانه در بوته (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه)، در مرحله برداشت نهایی در ده بوته اندازه‌گیری شدند. ارزیابی سایر صفات مورفولوژیک از قبیل تعداد گره، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد گره روی ساقه اصلی و طول خورجین روی همین ۱۰ بوته در مرحله برداشت پایانی انجام شد. قبل از برداشت نهایی و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد بوته‌های یک متر مربع شمارش و تراکم واقعی به دست آمد. در نهایت جهت تعیین درصد روغن دانه، نمونه‌ای تصادفی از

جدول ۱- نام و مبدأ ارقام کلزای مورد مطالعه

Table 1. Name and origin of the studied rapeseed cultivars.

ردیف (Row)	رقم (Cultivar)	ویژگی (Charecter)	مبدأ (Source)	ردیف (row)	رقم (Cultivar)	ویژگی (Charecter)	مبدأ (Source)
1	طلایه (Talayee)	زمستانه (Winter)	ایران (Iran)	11	Licord	زمستانه (Winter)	آلمان (Germany)
2	شیرالی (Shirali)	بهاره (Spring)	استرالیا (Australia)	12	Modena	زمستانه (Winter)	دانمارک (Denmark)
3	ساری گل (Sarigol)	بهاره (Spring)	ایران (Iran)	13	Bilbao	زمستانه (Winter)	فرانسه (France)
4	زرغام (Zarfam)	حدواسط (Facultative)	ایران (Iran)	14	کرج ۳ (KS11)	زمستانه (Winter)	ایران (Iran)
5	SIm046	زمستانه (Winter)	آلمان (Germany)	15	*L72	زمستانه (Winter)	ایران (Iran)
6	GKH-305	زمستانه (Winter)	مجارستان (Hungry)	16	*SW102	زمستانه (Winter)	ایران (Iran)
7	okapi	زمستانه (Winter)	فرانسه (France)	17	ظفر (Zafar)	حدواسط (Facultative)	ایران (Iran)
8	GKH-1103	زمستانه (Winter)	مجارستان (Hungry)	18	کرج ۱ (Karaje 1)	زمستانه (Winter)	ایران (Iran)
9	Opera	زمستانه (Winter)	سوئد (Sweden)	19	Traviata	زمستانه (Winter)	آلمان (Germany)
10	GKH-2005	زمستانه (Winter)	مجارستان (Hangry)	20	Kodiak	زمستانه (Winter)	آلمان (Germany)

\* لاین SW102 که در پایان سال ۱۳۹۵ به عنوان رقم نیما در بخش دانه‌های روغنی مؤسسه اصلاح نژاد و بذر کرج معرفی گردید. L72 و کرج ۱ لاین می‌باشند.

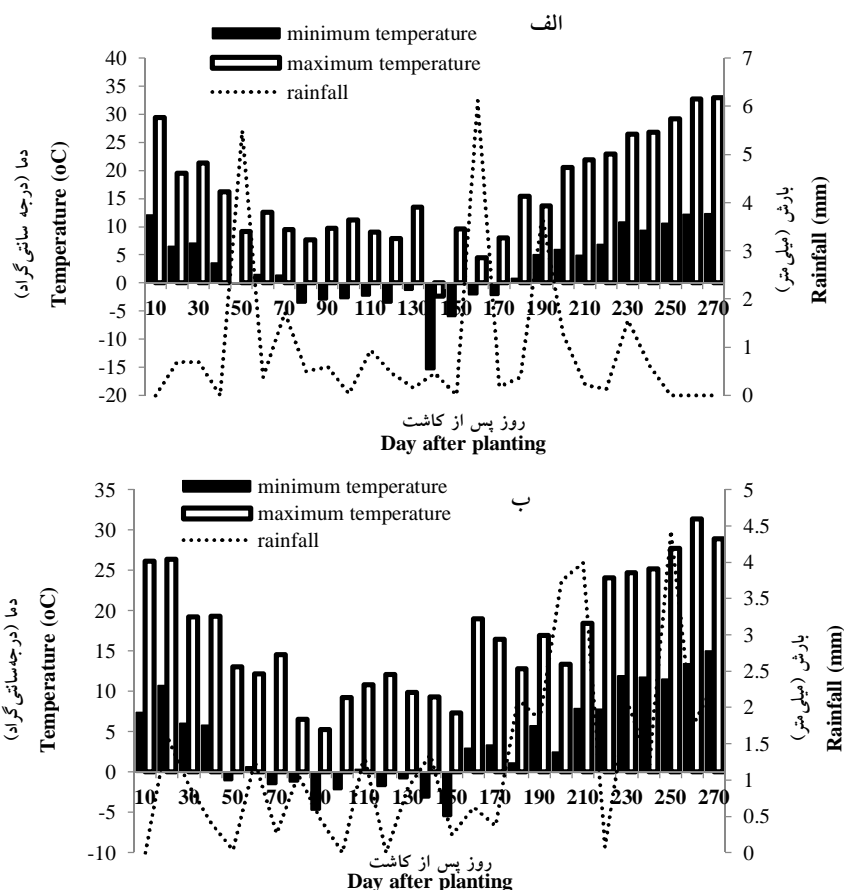
### نتایج و بحث

**شرایط آب و هوایی:** شرایط آب و هوایی محل انجام آزمایش در شکل‌های ۱ و ۲ در دو سال اجرای آزمایش نشان داده شده است. در مقایسه بین دو سال از لحاظ حادث شدن زمان بارندگی و همچنین مقدار بارش تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده می‌شود. سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ (۲۹۳/۷ میلی‌متر) نسبت به سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ (۲۱۷/۱۴ میلی‌متر) مرطوب‌تر بود. مهم‌ترین نکته این است که توزیع بارندگی بین دو سال متفاوت بوده است. بیش‌ترین میزان بارندگی (۶۷ میلی‌متر) در اسفند سال ۹۳-۹۴ ثبت شد. در سال ۹۴-۹۵ بیش‌ترین میزان بارش در ماه فروردین (۹۵/۹ میلی‌متر) اتفاق افتاد. در مجموع پاییز و زمستان سال

۹۳ (۲۱۲/۵ میلی‌متر) نسبت به سال ۹۴ (۱۱/۵۴ میلی‌متر) بسیار پرباران‌تر بود. اما بهار سال ۱۳۹۵ (۲۰۵/۶ میلی‌متر) نسبت به سال ۹۴ (۸۱/۲ میلی‌متر) از نظر میزان بارندگی برتر بود. میانگین درجه حرارت طی ۱۰ روز اول کاشت سال دوم (۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد) نسبت به زمان مشابه سال اول (۲۰/۸ درجه سانتی‌گراد) به میزان ۴/۱ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. میانگین دمای پاییز و زمستان سال ۹۳ (۶/۳۷ درجه سانتی‌گراد) در مقایسه با پاییز و زمستان سال ۹۴ (۷/۳۷ درجه سانتی‌گراد) یک درجه سانتی‌گراد کم‌تر بود. بین میانگین دمای بهار سال ۹۴ (۱۶/۸۶ درجه سانتی‌گراد) نسبت به بهار سال ۹۵ (۱۶/۴۶ درجه سانتی‌گراد) تفاوت قابل

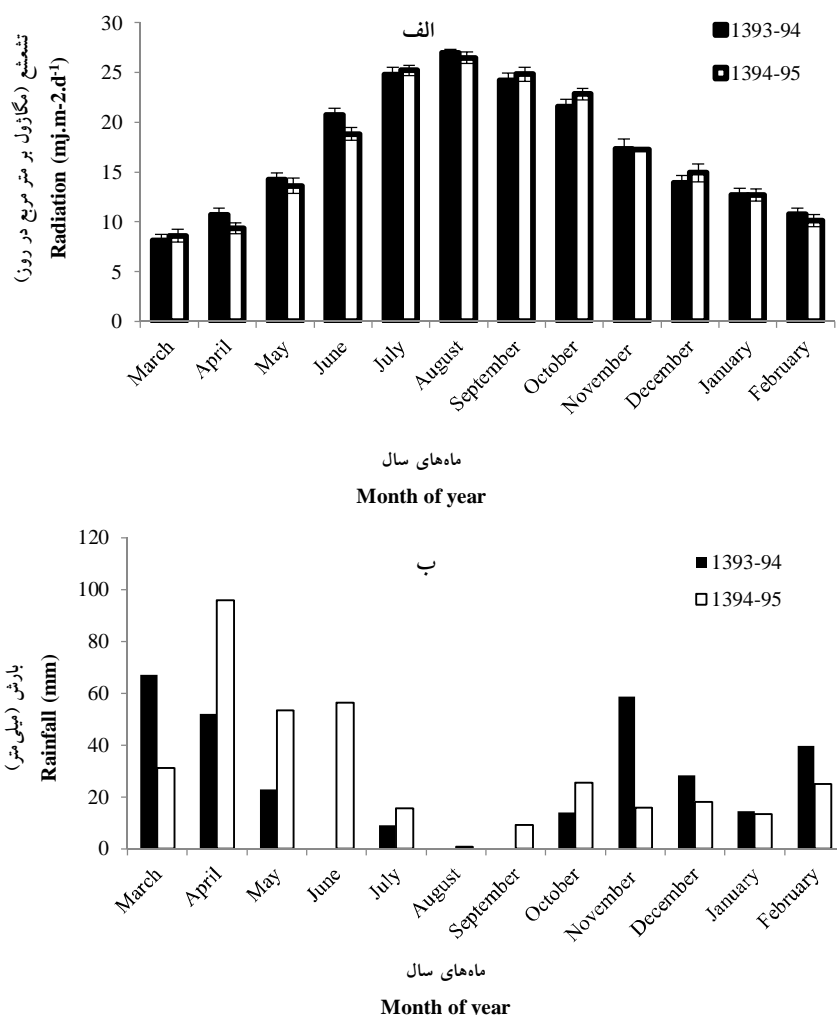
میانگین دمای حداقل،  $1/4$  - درجه سانتی‌گراد و اسفند سال ۹۴،  $2/55$  درجه سانتی‌گراد بود. مقایسه تشعشع دریافتی (مگاژول بر متر مربع در روز) بهار ۹۴ و بهار ۹۵ نشان می‌دهد که مقدار تشعشع دریافتی فروردین و خرداد ۹۴ به طور معنی‌داری از سال ۹۵ بیش‌تر است اما مقدار آن در بین دو سال در ماه اردیبهشت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، هر چند میزان تشعشع در اردیبهشت سال ۹۴ بیشتر از ۹۵ بوده است. هم‌چنین در هر دو سال آزمایش از فروردین به خرداد میزان تشعشع دریافتی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲).

ملاحظه‌ای مشاهده نشد. کم‌ترین میانگین دمای ماهانه در دی ماه سال ۹۳ ( $3/25$  درجه سانتی‌گراد) روی داد که با ماه‌های آذر و بهمن تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشت. اما در سال ۹۴ کم‌ترین میانگین دمای ماهانه در ماه بهمن ( $2/82$  درجه سانتی‌گراد) اتفاق افتاد. آنچه که دارای اهمیت بارزی است اختلاف میانگین دمای ماه اسفند بین دو سال می‌باشد (شروع رشد مجدد و ظهور گل‌آذین برخی از ارقام در این ماه روی داد)، میانگین دما در سال ۹۳ ( $3/7$  درجه سانتی‌گراد) نسبت به سال ۹۴ ( $9/29$  درجه سانتی‌گراد) به‌طور قابل توجهی کم‌تر بود به طوری که در اسفند سال ۹۳



شکل ۱- میانگین دمای حداقل، حداکثر و نیز بارندگی روزانه شهرستان شیروان مربوط به دوره رشد گیاه الف- سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ب- سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴

Figure 1. The daily mean of minimum, maximum temperature and daily rainfall of Shirvan in crop growth period a) 2014-2015 and b) 2015-2016



شکل ۲- تشعشع (مگاژول بر متر مربع در روز) (الف) و بارش ماهانه (ب) منطقه شیروان خراسان شمالی در دو سال زراعی ۹۴-۹۵ و ۹۳-۹۴  
Figure 2. Monthly radiation (mj.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) (a) and rainfall (mm) in Shirvan region in 2014-2015 and 2015-2016

آزمایش بود (جدول ۳ و ۴). به نظر می‌رسد مساعد بودن شرایط آب و هوایی به‌خصوص از لحاظ تشعشع در سال اول سبب افزایش شاخص‌های رشد گردید و تعداد خورجین در بوته بیش‌تری نیز تولید گردید. عزیزی و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که بین مقدار تشعشع خورشیدی دریافت شده توسط کانوپی به‌ازای هر گل و احتمال تبدیل آن به خورجین، یک رابطه مثبت وجود دارد که در آزمایش نامبرده، تیمارهای سایه‌اندازی وجود داشت که احتمال تبدیل گل به خورجین را به کم‌تر از ۲۰ درصد تنزل داد (۴). معمولاً تعداد خورجین در کلزای پاییزه حدود ۲۰۰

عملکرد دانه و اجزای آن: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال، رقم و هم‌چنین اثر متقابل سال×رقم روی تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر سال و رقم روی عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در خورجین در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بنابراین با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سال × رقم مقایسه میانگین برای هر سال به‌طور جداگانه انجام شد (جدول ۳ و ۴). به‌طورکلی تعداد خورجین در بوته در سال اول (۲۰۰/۲۵ عدد) بیش‌تر از سال دوم (۱۷۸/۰۳ عدد)



L72, Sw102, کرج ۳ و Traviata دارای بیشترین (۱۹/۵) و رقم GKH-1103 با ۱۵ عدد دانه در خورجین و به دنبال آن ارقام شیرالی، ساری گل زرفام، ظفر، Opera, Modena و GKH-2005 دارای کمترین تعداد دانه در خورجین بودند (جدول ۳). مندهام و همکاران (۱۹۸۱) نشان دادند که یک رابطه مستقیم بین مقدار تشعشع دریافت شده توسط هر خورجین (در طی دوره تعیین تعداد دانه) و تعداد نهایی دانه در هر خورجین وجود دارد (۲۵).

وزن هزار دانه در سال دوم (۴/۶۵ گرم) در مقایسه با سال اول انجام آزمایش (۴/۴۹ گرم) به طور معنی داری بیش تر بود (جدول ۳ و ۴). شاید دلیل آن کاهش تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین (اثر جبرانی) باشد. در سال اول بیشترین وزن هزار دانه (۵/۰۱ گرم) متعلق به رقم Opera بود و کمترین وزن هزار دانه (۳/۹۵ گرم) متعلق به رقم شیرالی بود که با رقم ساری گل تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۳). در سال دوم بیش تر ارقام از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی داری با هم نداشتند و بیشترین وزن هزار دانه متعلق به رقم Kodiak بود که با ارقام Bilbao, Licord, GKH-305, ساری گل، L72, Sw102, ظفر و Traviata تفاوت معنی داری نداشت. کمترین وزن هزار دانه متعلق به رقم Okapi بود (جدول ۴). در این مطالعه، ارقام از نظر وزن هزار دانه تحت تأثیر محیط قرار داشتند. مندهام و همکاران (۱۹۸۱) وزن هزار دانه کلزای زمستانه را بین ۳/۵ تا ۵/۷ گرم گزارش نمودند (۲۵). به طور کلی عملکرد دانه در سال اول بیش تر از سال دوم انجام آزمایش بود (جدول ۳ و ۴). میانگین عملکرد ارقام در سال اول ۴۵۳/۸۰ گرم در متر مربع و در سال دوم ۴۰۱/۸۴ گرم در متر مربع بود. با توجه به شرایط آب و هوایی متفاوت دو سال تفاوت عملکرد دور از انتظار نبود. بخشی از کاهش عملکرد مرتبط با کاهش شاخص های

عدد در هر بوته می باشد (۲۵). طول دوام گل دهی در واقع تعیین کننده مهم ترین جزء عملکرد یعنی تعداد خورجین در بوته می باشد (\*\*۰/۸۱=r). شاید علت این اختلاف وجود روزهای ابری بیش تر در سال دوم و همچنین وقوع بارندگی های پیاپی در مرحله شروع گل دهی تا مرحله پایان گل دهی باشد (شکل ۱ و ۲). کلاتر احمدی و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشتند که تعداد خورجین در بوته یکی از مهم ترین اجزای عملکرد می باشد که تحت تأثیر طول دوره گلدهی، تعداد شاخه فرعی و شرایط اقلیمی در طول دوره گل دهی می باشد (۲۰). مقایسه میانگین نشان داد که در سال اول بیشترین تعداد خورجین متعلق به ارقام Traviata و GKH-2005, Kodiak با میانگین تعداد خورجین ۲۳۳/۰۶ بود؛ در حالی که کمترین تعداد خورجین به ارقام شیرالی، ساری گل، طلایه و زرفام با میانگین تعداد خورجین ۱۵۷/۶۳ تعلق داشت (جدول ۳). در سال دوم بیشترین تعداد خورجین متعلق به ارقام Kodiak بود که با ارقام Bilbao, ساری گل، L72, Sw102, Shirali, Zafar, زرفام و کرج ۳ تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۴). احتمالاً شرایط تشعشع و عدم وقوع بارش در ماه اسفند سال دوم انجام پژوهش (برخلاف سال اول) و افزایش درجه ای میانگین دمای ماه اسفند (شکل ۱ و ۲)، افزایش دوام گل دهی ارقام موجب شد تا تعداد خورجین در ارقام ساری گل، شیرالی، ظفر و زرفام افزایش یابد. اما برای ارقام دیگر که دوره گل دهی آن ها با بارندگی های پیاپی و کاهش تشعشع مصادف شد، کاهش تعداد خورجین در بوته اتفاق افتاد. در این مطالعه صفت تعداد خورجین بسیار تحت تأثیر عوامل محیطی قرار گرفت.

تعداد دانه در سال اول (۱۷/۶۳) بیش تر از تعداد دانه در سال دوم (۱۵/۹۳) انجام آزمایش بود (جدول ۳ و ۴). در بین ارقام سال اول آزمایش، ارقام Bilbao,

Opera، کرج ۳، Okapi، Modena، GKH-2005 و کرج ۱ با میانگین عملکرد ۳۴۹/۶۶ گرم در مترمربع بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیک در سال اول (۱۵۵۲/۶۷ گرم در متر مربع) انجام آزمایش بیش‌تر از سال دوم (۱۴۱۷/۵۹ گرم در متر مربع) بود (جدول ۳ و ۴). بنابراین با توجه به این نکته که افزایش عملکرد دانه ممکن است ناشی از افزایش عملکرد بیولوژیک (معمولاً کل ماده خشک بالای سطح خاک) یا شاخص برداشت (نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک) یا هر دو آن‌ها باشد؛ بخشی از اختلاف عملکرد ارقام بین دو سال را می‌توان ناشی از عملکرد بیولوژیک دانست.

رشد، به دلیل کاهش تشعشع دریافتی بوده و بخشی دیگر مرتبط با کاهش شاخص برداشت بوده است (جدول ۳ و ۴). بیش‌ترین عملکرد در سال نخست انجام آزمایش به ارقام SW102، Kodiak، Bilbao، GKH-305 و Traviata با میانگین عملکرد ۴۹۵/۵۵ گرم در متر مربع و کم‌ترین عملکرد متعلق به ارقام زرفام، ساری‌گل، طلایه، شیرالی و Modena با میانگین عملکرد ۳۷۰/۴۸ گرم در متر مربع بود (جدول ۳). بیش‌ترین عملکرد در سال دوم انجام آزمایش متعلق به ارقام GKH-305، Bilbao، Traviata و Kodiak، SW102، L72، SIm046 با میانگین عملکرد ۴۵۰/۳۱ گرم در متر مربع تعلق داشت و کم‌ترین میزان عملکرد مربوط به ارقام طلایه،

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام مختلف کلزا در دو سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ و ۱۳۹۴-۹۵. PN تعداد خورجین در بوته، SN تعداد دانه در خورجین، SW وزن هزار دانه، Y عملکرد اقتصادی، BY عملکرد بیولوژیک، HI شاخص برداشت، OP درصد روغن.

Table 2. Combined analysis of yield and components in different canola cultivars in 2014-2015 and 2015-2016. [PN: Pod number.plant<sup>-1</sup>, SN: Seed number.pod<sup>-1</sup>, SW: Seed 1000 weight, Y: Yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index, OP: Oil percentage].

میانگین مربعات (MS)								
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی (df)	PN	SN	SW	Y	BY	HI	OP
سال (Year)	1	7089.11**	42.60**	0.62**	34430.39**	210058.32**	14.13**	0.002**
خطا (Error)	7	273.74	0.91	0.40	144.62	3452.39	0.57	0.0003
رقم (Cultivar)	19	3077.64**	11.02**	0.56**	10092.35**	49170.65**	20.50**	0.003**
رقم×سال	19	3553.69**	0.80 <sup>ns</sup>	0.33**	4759.39**	11391.59 <sup>ns</sup>	14.64**	0.0009**
خطا (Error)	110	404.30	0.97	0.084	۶۲۲/۳۳	7216.88	1.98	0.0001
CV (%) ضریب تغییرات (%)	—	10.54	5.86	6.33	5.82	5.71	4.89	3.41

\*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱ درصد و ns عدم معنی‌داری

\*and \*\*: significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively, Ns: non-significant,

تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین عملکرد بیولوژیک در سال دوم مربوط به GKH-2005 بود که با ارقام GKH-305، ساری‌گل، طلایه، شیرالی، GKH1103، Opera، زرفام، کرج ۳، Kodiak، Okapi، کرج ۱، Modena تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). دپین بروک (۲۰۱۱) با بررسی تحقیقات انجام شده روی

بیشترین عملکرد بیولوژیک در سال اول مربوط به رقم Bilbao بود و کم‌ترین آن به رقم ساری‌گل تعلق داشت که با ارقام زرفام و Modena تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در سال دوم بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک متعلق به رقم SIm046 بود که با ارقام Traviata و SW102، L72، Licord، Bilbao و ظفر و

افزایش یافته است (۲۷ و ۳۴). در مطالعه سلیمانزاده و همکاران (۲۰۱۳) بر نقش مهم تر و مؤثرتر عملکرد بیولوژیک نسبت به شاخص برداشت در افزایش عملکرد دانه تأکید شده است (۳۵). حسینزاده و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که عملکرد بیولوژیک بیش تر در زمان برداشت نهایی به همراه شاخص برداشت بالاتر منجر به افزایش عملکرد دانه گردید (۱۸). ایشان هم چنین گزارش کردند که در میان صفات وارد شده به مدل، عملکرد بیولوژیک  $89/40$  درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را به تنهایی توجیه کرد، که این مسئله نشان می دهد عملکرد دانه در ارقام مورد بررسی، وابستگی بسیار زیادی به عملکرد بیولوژیک داشته است. تورلینگ (۱۹۷۴) نیز رابطه مثبتی را بین وزن خشک کل و عملکرد کلزا به دست آورد (۳۹).

نتایج تجزیه واریانس نشان می دهد که اثر سال، رقم و نیز اثر متقابل سال×رقم بر درصد روغن موجود در ارقام معنی دار بود (جدول ۲). در مجموع درصد روغن در سال اول (۴۰ درصد) به طور معنی داری بیش تر از سال دوم (۳۹ درصد) بود (جدول ۳ و ۴). در سال اول بیش ترین درصد روغن متعلق به رقم Opera بود (۴۵ درصد) که با ارقام Traviata و L72 (۴۳ درصد) تفاوت معنی داری نداشت. کم ترین درصد روغن متعلق به ارقام GKH-1103 و رقم کرج ۳ بود (۳۷ درصد) که با ارقام Slm046، طلایه، شیرالی، ظفر، Okapi، کرج ۱ و GKH-2005 تفاوت معنی دار نداشت (جدول ۳). در سال دوم بیش ترین درصد روغن متعلق به رقم Kodiak و ساری گل بود (۴۲ درصد) و کم ترین مقدار آن به رقم GKH-1103 (۳۵ درصد) تعلق داشت (جدول ۴). عواملی که بر عملکرد دانه تأثیر می گذارند به نوعی تعیین کننده عملکرد روغن نیز می باشند. بهبود شرایط تغذیه و مناسب بودن شرایط اقلیمی موجب افزایش عملکرد دانه و افزایش عملکرد روغن خواهد شد (۱۹).

کلزا دریافت که صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نقش قابل توجهی در بهبود عملکرد دانه کلزا به طور مستقیم و غیر مستقیم داشته اند (۸).

شاخص برداشت در سال اول (۲۹/۲۳ درصد) بیش تر از سال دوم (۲۸/۳۳) بود (جدول ۳ و ۴). به نظر می رسد عوامل محیطی از جمله کاهش تشعشع دریافتی و هوای ابری و نیز وقوع بارش ها در دوران گرده افشانی در سال دوم برخلاف سال اول سبب کاهش شاخص برداشت گردیده است. هم چنین احتمالاً کاهش ارتفاع نیز سبب کاهش شاخص برداشت گردیده است. فلاح هکی و همکاران (۲۰۱۱) اعلام کردند که شاخص برداشت به شدت تحت تأثیر تغییرات محیطی قرار نمی گیرد، به طوری که در شرایط آب و هوایی مناسب مقدار آن زیاد و در شرایط محیطی نامناسب مقدار آن کم می شود (۱۲). بیش ترین شاخص برداشت در سال اول آزمایش متعلق به رقم Kodiak (۳۲/۸۳ درصد) بود که با ارقام SW102 و Okapi تفاوت معنی داری نداشت. کم ترین مقدار شاخص برداشت مربوط به رقم طلایه بود (۲۵/۸۵ درصد) که با سایر ارقام تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۳). در سال دوم بیش ترین شاخص برداشت متعلق به رقم Kodiak بود (۳۱/۸۵ درصد) که با ارقام Bilbao، GKH-305، L72، Sw102، شیرالی، زرفام و ساری گل تفاوت معنی داری نداشت و کم ترین شاخص برداشت متعلق به رقم کرج ۱ بود که با ارقام کرج ۳، Opera، GKH-1103 و طلایه تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۴). علت تفاوت شاخص برداشت ارقام در دو سال مختلف با وقوع شرایط آب و هوایی خاص نظیر کمبود تشعشع و وقوع بارندگی در دوره گرده افشانی، دوام دوره گل دهی و نیز توقف رشد مریستم انتهایی ساقه اصلی و کاهش ارتفاع مرتبط است. در کلزا محققان گزارش کرده اند که در جریان بهبود عملکرد دانه ارقام کلزا در نواحی مختلف، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳

Table 3. Mean comparison of yield and components yield in different canola cultivars in 2014-2015 [PN: Pod number.plant<sup>-1</sup>, SN: Seed number.pod<sup>-1</sup>, SW: Seed 1000 weight, Y: Yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index, OP: Oil percentage].

رقم (Cultivar)	تعداد خورجین در		وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)	درصد روغن OP (%)
	بوته	خورجین					
	PN	SN	SW (gr)	Y (g.m <sup>-2</sup> )	BY (g.m <sup>-2</sup> )	HI (%)	
Licord	194.18	17.49	4.65	466.40	1622.88	28.75	0.418
Bilbao	235	19.25	4.72	506.34	1776.22	28.50	0.42
GKH305	209.71	18.50	4.71	482.90	1596.64	30.25	0.424
SIm046	206.98	18.50	4.45	480.39	1653.50	29.05	0.387
Sarigo ساری گل	155.25	15.50	4.16	389.37	1406.95	27.67	0.398
Talayee طلایه	163.45	16.75	4.28	395.20	1529.38	25.85	0.394
L72	216.52	19.25	4.64	478.55	1583.23	30.23	0.437
Sw102	220.01	19.5	4.52	485.40	1514.85	32.05	0.408
Shirali شیرالی	151.79	17.25	3.95	384.31	1499.82	25.65	0.377
Zafar ظفر	183.50	16.25	4.62	433.39	1558.69	27.81	0.384
GKH1103	212.71	15.00	4.50	476.40	1565.64	30.41	0.379
Opera	214.75	16.50	5.01	479.39	1524.58	31.46	0.450
Zarfam زرفام	160.00	16.50	4.31	375.37	1425.99	26.32	0.405
Karaj 3 کرج ۳	214.25	19.75	4.43	443.52	1580.04	28.07	0.379
Kodiak	244.75	18.50	4.38	502.09	1528.87	32.83	0.399
Okapi	202.00	17.75	4.34	449.54	1406.99	31.95	0.385
Karaj 1 کرج ۱	204.50	17.25	4.43	468.79	1647.14	28.50	0.387
Modena	163.25	16.75	4.62	408.17	1464.23	27.85	0.413
GKH2005	223.75	16.75	4.50	469.54	1513.54	31.02	0.385
Traviata	228.75	19.75	4.68	501.06	1654.25	30.29	0.437
(Mean) میانگین	200.25	17.63	4.49	453.80	1552.67	29.23	0.40
LSD 0.05	22.97	1.24	0.25	24.27	77.22	1.20	0.016

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴

Table 4. Mean comparison of yield and components yield in different canola cultivars in 2015-2016 [PN: Pod number.plant<sup>-1</sup>, SN: Seed number.pod<sup>-1</sup>, SW: Seed 1000 weight, Y: Yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index, OP: Oil percentage].

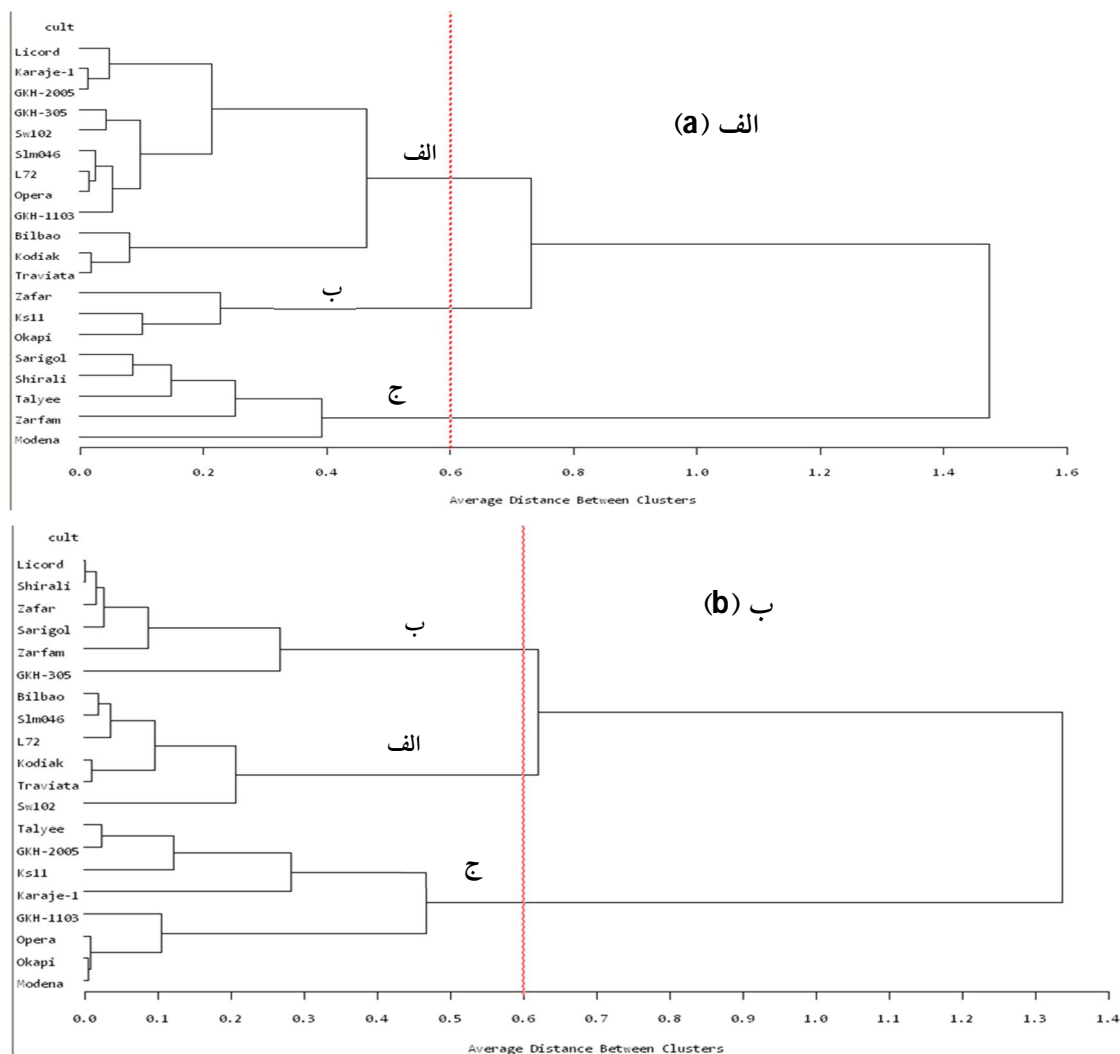
رقم (Cultivar)	تعداد خورجین در		وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)	درصد روغن OP (%)
	بوته	خورجین					
	PN	SN	SW (gr)	Y (g.m <sup>-2</sup> )	BY (g.m <sup>-2</sup> )	HI (%)	
Licord	174.50	16.75	4.92	413.29	1473.46	28.04	0.402
Bilbao	200.74	17.12	5.18	458.53	1530.87	29.94	0.421
GKH305	164.71	16.10	5.04	429.08	1432.10	30.05	0.412
SIm046	164.48	16.24	4.58	459.70	1585.88	28.97	0.408
Sarigo ساری گل	206.02	14.80	4.80	412.00	1384.83	29.76	0.423
Talayee طلایه	158.45	14.78	4.65	344.38	1376.18	23.37	0.390
L72	206.52	17.15	5.04	456.93	1510.65	30.21	0.402
Sw102	208.01	17.24	4.95	443.05	1491.48	29.70	0.406
Shirali شیرالی	204.79	16.16	4.30	413.20	1324.45	31.22	0.400
Zafar ظفر	200.42	15.50	4.98	414.28	1457.85	28.46	0.401
GKH1103	147.71	13.96	4.57	371.83	1421.05	26.31	0.350
Opera	146.89	15.07	4.74	364.70	1391.58	26.17	0.413
Zarfam زرفام	203.54	15.06	4.68	407.65	1375.48	29.63	0.380
Karaj 3 کرج ۳	201.41	17.32	4.32	337.38	1315.18	25.65	0.360
Kodiak	228.30	16.13	5.26	452.68	1425.65	31.85	0.421
Okapi	126.01	16.10	3.60	365.40	1306.85	25.00	0.400
Karaj 1 کرج ۱	122.47	16.00	4.45	324.80	1354.33	23.80	0.360
Modena	152.44	14.94	4.09	365.08	1369.20	26.67	0.380
GKH2005	146.58	15.40	4.10	345.93	1283.83	26.92	0.370
Traviata	194.34	17.07	۴/۹۴	452	1553.38	29.10	0.402
(Mean) میانگین	178.03	15.93	4.65	401.84	1417.59	28.33	0.390
LSD 0.05	41.83	1.50	0.51	43.02	149.44	2.51	0.021

داشت که در این روز شاخص سطح برگ ۴/۲۵ به دست آمد. هم‌چنین رقم کرج ۳ در ۲۰۸/۱ روز پس از کاشت به حداکثر شاخص سطح برگ خود دست یافت. رقم Bilbao نیز به افزایش روند شاخص سطح برگ تا ۲۱۴ روز پس از کاشت ادامه داد که در این روز شاخص سطح برگ به ۵/۲۲ رسید (جدول ۵). شاخص سطح برگ ارقام در سال دوم نسبت به سال اول انجام آزمایش کاهش یافت. احتمالاً دلیل این کاهش با کاهش دما و نیز افزایش شرایط ابری بودن هوا و کاهش تشعشع رسیده در ماه‌های فروردین و اردیبهشت مرتبط بوده است.

علاوه بر تفاوت بین این سه رقم از نظر میزان شاخص سطح برگ، زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ نیز متفاوت بود. نقش برگ‌ها در عملکرد می‌تواند در تعیین اندازه مقصدهایی نظیر تعداد خورجین در گیاه مهم باشد (۱۸). بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با حداکثر شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری (به ترتیب ۰/۵۳ و ۰/۶۳) در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۷). در توجیه این رابطه می‌توان بیان داشت که سطح برگ بیش‌تر و ماده خشک بیش‌تر قبل از گرده‌افشانی منجر به ذخیره بیش‌تر مواد فتوسنتزی در ساقه و برگ‌ها می‌شود، که در نهایت این عمل منجر به انتقال آسمیلات‌ها به دانه و در نهایت افزایش عملکرد در واحد سطح خواهد شد.

**تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد:** در این تحقیق جهت بررسی تجزیه و تحلیل رشد گیاه در طی فصل رشد، ارقام بر اساس تجزیه کلاستر به سه گروه با عملکرد بالا (الف)، عملکرد متوسط (ب) و عملکرد کم (ج) تقسیم شدند و از هر گروه یک نماینده که در گروه اول دارای بالاترین عملکرد، در گروه دوم دارای عملکرد متوسط (نزدیک به میانگین گروه) و در گروه سوم دارای کم‌ترین عملکرد بود انتخاب شد. از گروه الف رقم Bilbao، از گروه ب رقم کرج ۳ و از گروه ج رقم ساری گل انتخاب شدند (شکل ۳).

**شاخص سطح برگ:** روند تغییرات شاخص سطح برگ، در ارقام مختلف در شکل ۴ نشان داده شده است. در سال زراعی ۹۳-۹۴ رقم ساری گل به دلیل شروع رشد مجدد زودتر، در اوایل فصل دارای شاخص سطح برگ بالاتری بود و این روند تا ۲۰۴ روز پس از کاشت ادامه داشت. در این روز رقم ساری گل به حداکثر شاخص سطح برگ خود ( $LAI_{max}=5/50$ ) دست یافت و در ادامه روند نزولی پیدا کرد. در رقم کرج ۳، روند افزایش شاخص سطح برگ تا ۲۰۸ روز پس از کاشت ادامه یافت و در این تاریخ به حداکثر شاخص سطح برگ ۵/۴۶ دست یافت. رقم Bilbao در ۲۱۶ روز پس از کاشت به حداکثر شاخص سطح برگ ۶/۲۷ دست یافت (جدول ۵). در سال دوم روند افزایش شاخص سطح برگ برای رقم ساری گل تا ۲۰۲ روز پس از کاشت ادامه



شکل ۳ - تجزیه کلاستر عملکرد ارقام مختلف کلزا به روش متوسط فاصله (Average) در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ (الف) و ۹۵-۱۳۹۴ (ب).

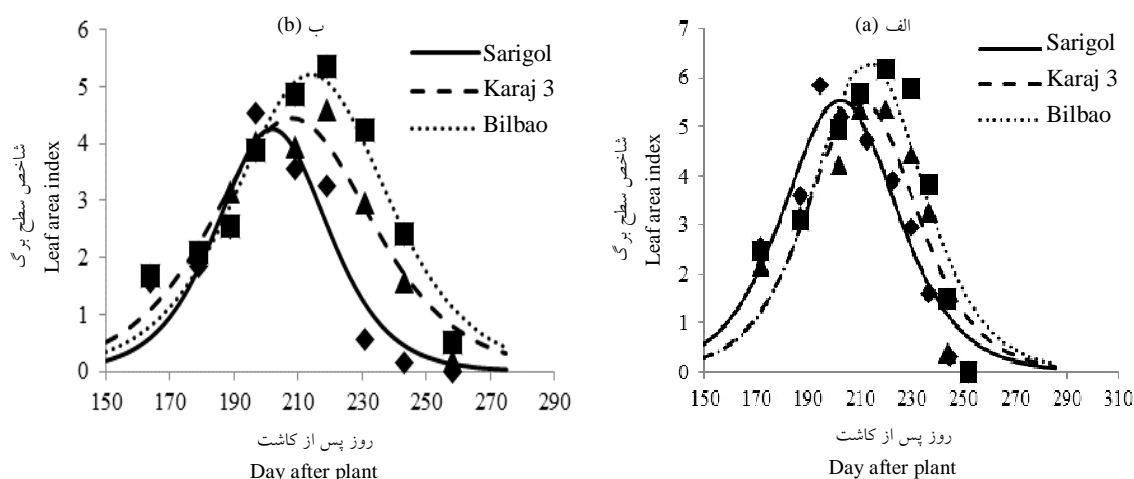
Figure 3. Cluster analysis of yield of different canola cultivars by method of average distance in 2014-2015 (a) and 2015-2016(b).

آمد (\* $t=0/31$ ). بررسی میزان تشعشع ورودی نشان می‌دهد که میزان آن از اسفند تا مرداد رو به افزایش است و حداکثر تشعشع ورودی در دوره رشد گیاه در فصل خرداد می‌باشد. بنابراین رقم Bilbao که از نظر شروع رشد مجدد در بهار با تأخیر قابل توجه نسبت به رقم ساری گل همراه بود؛ شرایط مساعدتری را از نظر دمایی و نیز تشعشع در مراحل تشکیل اجزای عملکرد و نیز پر شدن دانه دارا بود. در سال دوم کاهش میزان تشعشع و نیز کاهش میانگین دما در

هم‌چنین از آن‌جا که فتوسنتز جاری گیاه در بعد از گرده‌افشانی مهم‌ترین عامل پر شدن دانه می‌باشد، بنابراین سطح برگ بالاتر در بعد از گرده‌افشانی یکی دیگر از دلایل افزایش عملکرد می‌باشد. محققان همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ موجود در اواسط گل‌دهی را در کلزا گزارش کردند (۱۴ و ۳۹). در تحقیق حاضر نیز بین روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه نیز همبستگی معنی‌داری در سطح پنج درصد به‌دست

سطح برگ کلزا را در نیمه مرحله گل‌دهی گزارش کردند، مطابقت داشت (۴۱، ۲ و ۷). بنابراین انطباق زمان وقوع حداکثر شاخص سطح برگ با تشعشع دریافتی بیش‌تر یکی از دلایل افزایش عملکرد بوده است. لوکاس و همکاران (۲۰۰۳) بر اهمیت انطباق مرحله پر شدن دانه با حداکثر تشعشع خورشید تأکید داشتند (۲۳). نبوی (۱۹۹۸) در کلزا همبستگی مثبت ۹۴ درصدی را بین حداکثر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه گزارش کرد (۲۷). از آنجایی که حداکثر شاخص سطح برگ در زمان گل‌دهی حادث می‌شود (۲۴) هر اندازه سطح برگ گیاه در این موقع بیش‌تر باشد به همان اندازه نیز قادر به استفاده بهتر و بیش‌تر از تشعشع خورشیدی بوده و توان تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تری پیدا می‌کند که در نهایت بر دانه‌های موجود در خورجین و عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد (۴۱).

نخستین ماه بهار سبب کاهش سطح برگ ارقام نسبت به سال دوم گردید. معمولاً شاخص سطح برگ ۳ الی ۵ جهت تولید حداکثر ماده خشک برای اغلب محصولات کاشته شده لازم است. در کلزا اگر حداکثر شاخص سطح برگ کم‌تر از چهار باشد می‌توان گفت رشد و عملکرد گیاه در اثر کمبود سطح برگ محدود می‌شود، زیرا شاخص سطح برگ حدود چهار برای دریافت حدود ۹۰ درصد تشعشع خورشیدی کفایت می‌کند (۴). عزیززی و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که حداکثر سطح سبز در مرحله گل‌دهی و حداکثر سرعت رشد محصول در مرحله پایان گل‌دهی حاصل شد (۴). همچنین ایشان گزارش کردند که ماده خشک کل و شاخص سطح برگ دارای ضرایب بالاتر همبستگی نسبت به سایر شاخص‌های رشدی با عملکرد بودند (۴). نتایج این مطالعه با یافته‌های ضمیری (۲۰۰۹)؛ آلن و مورگان (۲۰۰۹) و کلارک و سیمپسون (۲۰۰۸) که زمان رسیدن به حداکثر شاخص



شکل ۴- روند تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت در ارقام کلزا در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ (الف) و سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ (ب)

Figure 4. Trend of changes of leaf area index against day after planting in different varieties of canola in 2014-2015 (a) and 2015-2016 (b)

جدول ۵- ضرایب (a, b و c) معادله پیش‌بینی تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت در ارقام مختلف کلزا در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳: تعداد مشاهدات (n)، حداکثر شاخص سطح برگ ( $LAI_{max}$ ) و زمان وقوع آن بر حسب روز ( $T_{max}$ ) و ضریب تبیین ( $R^2$ ).

Table 5. Estimated logistic model coefficients (a,b and c) of leaf area index against day after planting in different varieties of canola in 2014-2015 and 2015-2016 Number of Sample (n),  $LAI_{max}$  is maximum leaf area,  $T_{max}$  is days to maximum LAI)

رقم (Cultivar)	n	a±SE	b±SE	c±SE	LAI <sub>max</sub>	T <sub>max</sub>	R <sup>2</sup>	
Growing season 93-94	Bilbao Sarigol Karaj 3	9 9 9	0.070±0.011 0.060±0.009 0.070±0.011	213.9±2.89 204.2±3.12 211.0±3.19	358.3±44.00 366.7±45.12 312.9±41.49	6.27 5.50 5.46	216 204 208	0.95 0.96 0.95
Growing season 94-95	Bilbao Sarigol Karaj 3	9 9 9	0.063±0.005 0.086±0.013 0.060±0.006	214.1±1.85 210.9±2.36 208.1±2.06	330.1±23.53 196.7±24.35 294.2±23.02	5.22 4.25 4.42	214 202 210	0.98 0.95 0.98

سال زراعی تبعیت می‌کند. به‌طور کلی در اوایل رشد گیاه با توجه به دمای پایین و تشعشع کم با وجود پوشش گیاهی مناسب (در کلزا) افزایش اولیه ماده خشک کم می‌باشد. در سال اول ارقام مورد آزمایش در مراحل اولیه رشد (رزت) از نظر ماده خشک جمعی اختلاف زیادی با هم نداشتند و از ۱۷۰ روز بعد از کاشت (شروع گل‌دهی) اختلاف رقم ساری‌گل از دو رقم دیگر بیشتر شد (سرعت رشد نسبی بالاتر در اوایل رشد) و در زمان پر شدن دانه به حداکثر رسید؛ ولی این رقم زودتر به حالت رشد ثابت رسید اما دو رقم دیگر (Bilbao و کرج ۳) دیرتر به رشد ثابت دست یافتند و تولید ماده خشک آن‌ها از رقم ساری‌گل پیشی گرفت. در سال دوم تا ۲۲۰ روز پس از کاشت اختلافی بین ارقام مشاهده نشد و سپس رقم Bilbao از نظر تولید ماده خشک از دو رقم دیگر پیشی گرفت. تفاوت آب و هوایی آشکار بین دو سال و کاهش تشعشع و وقوع بارش‌های پیاپی (هوای ابری) علت تفاوت ایجاد شده بین دو سال است (شکل ۱ و ۲). در سال اول بین دو رقم کرج ۳ و Bilbao از نظر حداکثر تجمع ماده خشک تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد، در حالی‌که رقم ساری‌گل از دو رقم دیگر متفاوت بود (جدول ۶). این اختلاف را می‌توان به بالاتر بودن شاخص سطح برگ

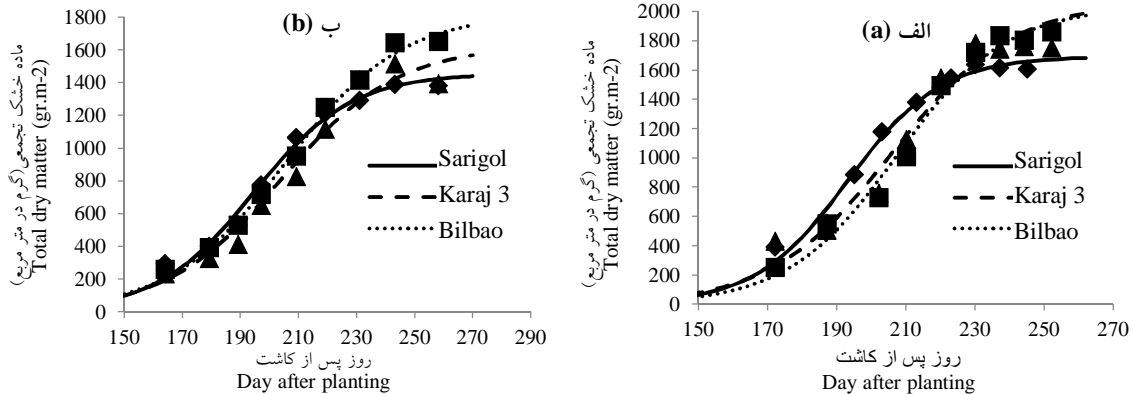
الگوی تجمع ماده خشک: در استفاده از معادله لجستیک (معادله ۲) که با هدف محاسبه زمان حصول ۵۰ درصد عملکرد ماده خشک و حداکثر ماده خشک تولیدی استفاده شد، توصیف خوبی از تجمع ماده خشک به دست داد، به نحوی که مقادیر ضرایب تبیین همگی بزرگتر از ۹۸ درصد بودند (جدول ۶). اختلاف ارقام از نظر مدت زمان لازم برای رسیدن ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود متفاوت بود و روند تقریباً مشابهی بین دو سال از این نظر وجود داشت. بین دو سال آزمایش، در سال اول میانگین زمان رسیدن به ۵۰ درصد ماده خشک ۲۰۳/۰۴ روز پس از کاشت بود، اما در سال دوم این زمان با تأخیر ۲/۲۵ روز در ۲۰۵/۳ روز پس از کاشت روی داد. در سال اول در ارقام ساری‌گل، کرج ۳ و Bilbao زمان حصول ۵۰ درصد ماده خشک جمعی به ترتیب ۱۹۳/۳، ۲۰۲/۲ و ۲۰۷/۳ روز پس از کاشت اتفاق افتاد. در سال دوم آزمایش این پارامتر در ارقام ذکر شده به ترتیب ۱۹۴/۶، ۲۱۰/۲ و ۲۰۸/۹ اتفاق افتاد که گویای شرایط محیطی متفاوت بین دو سال می‌باشد (جدول ۶). روند تغییرات ماده خشک ارقام مورد آزمایش در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود؛ تشکیل ماده خشک در ارقام به‌عنوان معیاری از میزان تولید، از یک منحنی غیر خطی در هر دو



در ارقام نسبت داد. به دلیل افزایش سطح برگ میزان جذب تشعشع خورشیدی بالا رفته و به تبع آن فتوسنتز و ماده سازی افزایش یافت. هم چنین شاخص سطح برگ در ارقام Bilbao و کرج ۳ زمانی به حالت حداکثر رسید که تشعشع خورشیدی بیش تر نسبت به زمانی که رقم ساری گل به حداکثر شاخص سطح برگ رسید وجود داشت. بنابراین تطابق زمان حداکثر شاخص سطح برگ با حداکثر تابش دریافتی از خورشید برای دست یابی به عملکرد بالا بسیار حائز اهمیت است. همبستگی بین شاخص سطح برگ و عملکرد بیولوژیک ( $r=0/63^{**}$ ) و عملکرد اقتصادی ( $r=0/53^{**}$ ) مؤید این مساله است (جدول ۷).

همبستگی قوی بین حداکثر تجمع ماده خشک و عملکرد دانه ( $r=0/81^{**}$ ) وجود داشت (جدول ۷). وزن خشک گیاه حاصل تجمع مواد فتوسنتزی و یکی از مهم ترین فاکتورهای برآورد عملکرد محصول است؛ به طوری که بسیاری از محققین با اندازه گیری وزن خشک بخش های مختلف گیاه و وزن خشک کل اندام های هوایی، اقدام به تعیین الگوی رشد کرده اند (۱۵). الگوی تجمع وزن خشک در این مطالعه با مطالعات طهماسبی زاده و همکاران (۲۰۰۹) و ناظری و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت (۳۷ و ۲۸).

در ارقام نسبت داد. به دلیل افزایش سطح برگ میزان جذب تشعشع خورشیدی بالا رفته و به تبع آن فتوسنتز و ماده سازی افزایش یافت. هم چنین شاخص سطح برگ در ارقام Bilbao و کرج ۳ زمانی به حالت حداکثر رسید که تشعشع خورشیدی بیش تر نسبت به زمانی که رقم ساری گل به حداکثر شاخص سطح برگ رسید وجود داشت. بنابراین تطابق زمان حداکثر شاخص سطح برگ با حداکثر تابش دریافتی از خورشید برای دست یابی به عملکرد بالا بسیار حائز اهمیت است. همبستگی بین شاخص سطح برگ و عملکرد بیولوژیک ( $r=0/63^{**}$ ) و عملکرد اقتصادی ( $r=0/53^{**}$ ) مؤید این مساله است (جدول ۷).



شکل ۵- روند تغییرات ماده خشک تجمعی در مقابل روز پس از کاشت در ارقام مختلف کلزا در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ (الف) و سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ (ب)

Figure 5. Trend of changes of cumulative dry matter against day after planting in different varieties of canola in 2014-2015 (a) and 2015- 2016(b).

جدول ۶- ضرایب معادله لجستیک جهت پیش بینی تجمع ماده خشک در مقابل روز پس از کاشت در ارقام مختلف کلزا در سال ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴. تعداد نمونه برداری ها (n)، ضریب معادله (a)، مدت زمانی که تجمع ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود می رسد (b) (بر حسب روز)، حداکثر ماده خشک تولید شده ( $dm_{max}$ ) (گرم در متر مربع)، ضریب تبیین ( $R^2$ ).

Table 6. Estimated logistic model coefficients of (equation 2) dry matter against day after planting in different varieties of canola in 2014-2015 (day),  $DM_{max}$  is maximum dry matter ( $gr.m^{-2}$ ), number of samples (n) a is equation coefficient, b is time requiring to achieve 50% of maximum dry matter)

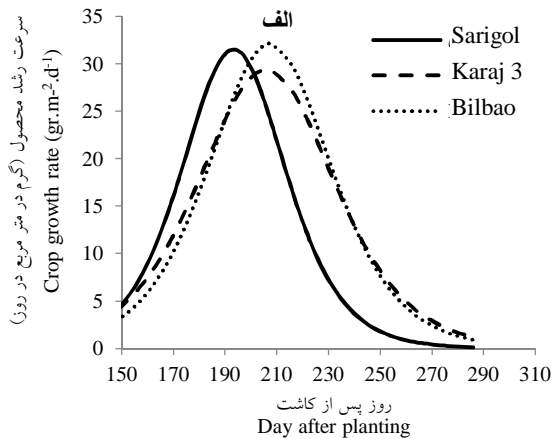
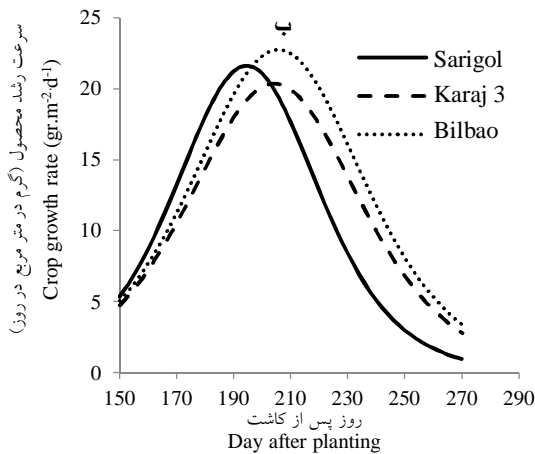
رقم (Cultivar)	n	$Dm_{max} \pm SE$	$a \pm SE$	$b \pm SE$	$R^2$	
Growing season 93-94	Bilbao	9	2037.7±134.8	0.063±0.010	207.3±3.22	0.99
	Sarigol	9	1692.3±58.87	0.074±0.009	193.3±1.67	0.99
	Karaj 3	9	1966.9±136.3	0.069±0.013	202.2±3.16	0.99
Growing season 94-95	Bilbao	9	1789.4±134.6	0.046±0.006	208.9±4.43	0.99
	Sarigol	9	1455.6±56.97	0.059±0.007	196.6±2.17	0.99
	Karaj 3	9	1577.4±190.6	0.043±0.008	210.2±7.40	0.99

حداکثر خود رسید و شاخص سطح برگ در ۲۱۶ روز پس از کاشت به حداکثر خود دست یافت. مقدار CGR در رقم کرج ۳ از دو رقم دیگر کم تر بود، ولی زمان رسیدن به حداکثر CGR در رقم ساری گل نسبت به دو رقم دیگر متفاوت بود. عدم تطابق بین وقوع حداکثر CGR و شاخص سطح برگ به این دلیل است که در در زمان وقوع حداکثر سرعت رشد محصول شاخص سطح برگ به حدی بوده که ۹۵ درصد تشعشع جذب گردیده است و افزایش بیش از آن سبب افزایش CGR نگردید (شاخص سطح برگ بحرانی). در سال دوم رقم ساری گل در ۱۹۴ روز پس از کاشت به حداکثر CGR دست یافت و ارقام کرج ۳ و Bilbao در ۲۰۶ روز پس از کاشت به حداکثر CGR رسیدند که تفاوت معنی داری بین دو سال مشاهده نشد. حداکثر CGR برای هر گونه معین و در شرایط مطلوب، هنگامی پدید می آید که پوشش برگها کامل باشد و این حالت نشان دهنده حداکثر توانایی تولید ماده خشک و حداکثر تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی در گیاه است (۹). از مرحله پر شدن دانه به علت زرد شدن برگها و ریزش آنها، شاخص سطح برگ کاهش یافت و در نتیجه CGR دچار کاهش گردید. این روند با نتیجه ناظری و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت (۲۸). حسین زاده و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که در آخر فصل رشد، کاهش در روند CGR مشاهده شد و این کاهش زمانی روی داد که گیاه به جای تولید مواد فتوسنتزی بیش تر به انتقال مجدد آنها از اندامهای مختلف به دانه پرداخت (۱۸). بین دو سال زراعی از نظر حداکثر CGR بین هر سه رقم تفاوت معنی داری مشاهده شد. مقدار CGR در سال اول به طور معنی داری از سال دوم بیش تر بود. وجود شرایط تشعشی دریافتی مطلوب تر در سال اول و هوای بارانی و ابری بیش تر در سال دوم علت تفاوت CGR در دو

سرعت رشد محصول (CGR): شکل ۶ روند تغییرات سرعت رشد را در دو سال زراعی ۹۳-۹۴ و ۹۴-۹۵ نشان می دهد. طی دو سال، CGR در هر سه رقم در ابتدای رشد (۱۵۰ روز پس از کاشت) به آرامی افزایش یافت. عزیزی و آروین (۲۰۰۷) گزارش کردند که در شرایطی که شاخص سطح برگ کلزا برابر ۱، ۲ و ۳ باشد، دریافت تشعشع به ترتیب ۴۵، ۷۰ و ۸۴ درصد خواهد بود (۳). بنابراین پوشش گیاهی با توجه به وجود برگهای بزرگ رزت که با ساقه یک زاویه متوسطی را می سازند و در جهت افقی خمیده می شوند؛ نمی توانند محدود کننده رشد در اوایل فصل باشند. به نظر می رسد دمای پایین هوا در اوایل شروع رشد مجدد و نیز مطلوب نبودن مقدار تشعشع خورشیدی از دلایل رشد کند در اوایل فصل رشد مجدد بوده است. نبوی (۱۹۹۸) در خصوص کلزای پاییزه گزارش کرد که سرعت رشد محصول در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب نور، کوتاه بودن روزها و دمای کم محیط روند کندی داشت، ولی بعد از خروج از مرحله رزت با افزایش شاخص سطح برگ، افزایش شدت تشعشع، دما و در نتیجه بهره گیری بهتر از نور خورشید میزان تولید ماده خشک در واحد سطح و به تبع آن سرعت رشد محصول نیز افزایش یافت (۲۷). از این مرحله به بعد سرعت رشد به صورت خطی در هر سه رقم در طی هر دو سال زراعی افزایش یافت. در سال اول این افزایش در رقم ساری گل با گذشت زمان تا ۱۹۲ روز پس از کاشت ادامه یافت؛ ولی شاخص سطح برگ تا ۲۰۴ روز پس از کاشت به حداکثر رسید. در رقم کرج ۳ سرعت رشد محصول ۲۰۴ تا ۲۰۸ روز پس از کاشت به حداکثر رسید و شاخص سطح برگ در ۲۰۸ روز پس از کاشت به بالاترین میزان خود رسیده بود. در رقم Bilbao نیز سرعت رشد محصول در ۲۰۸ روز پس از کاشت به

ایشان اعلام کردند که ماده خشک و شاخص سطح برگ دارای ضرایب بالاتر همبستگی نسبت به سایر شاخص‌های رشدی با عملکرد بودند (۳).

سال بود (شکل ۱ و ۲). عزیز و آروین (۲۰۰۷) اعلام کردند که در کلزا حداکثر سرعت رشد محصول در مرحله پایان گل دهی حادث می‌شود (۳). هم‌چنین



شکل ۶- روند تغییرات سرعت رشد (CGR) در مقابل روز پس از کاشت در ارقام مختلف کلزا در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ (الف) و سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ (ب).

Figure 6. Trend of changes of crop growth rate (CGR) against days after planting in different varieties of canola in 2014-2015 (a) and 2015-2016 (b).

صفات قابل انتخاب در یک برنامه اصلاحی جهت بهبود فتوسنتز گیاه زراعی مفید و سودمند می‌باشد (۳۱). هم‌چنین ریچاردز (۲۰۰۰) راه‌کارهای اصلی افزایش بیوماس کل را افزایش طول دوره فتوسنتز گیاه زراعی به‌منظور افزایش بیش‌تر تشعشع خورشیدی، افزایش کارایی دریافت تشعشع و افزایش کارایی مصرف تشعشع عنوان کرده است (۳۱). دو صفت باقی‌مانده دیگر در مدل کم‌تر از یک درصد تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه کردند. اثرات مستقیم (ضرایب علیت) و غیر مستقیم (حاصل ضرایب علیت در ضرایب همبستگی) صفات مؤثر بر عملکرد دانه محاسبه گردید (جدول ۹). بر اساس نتایج تجزیه مسیر، بیش‌ترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه را عملکرد بیولوژیک و به دنبال آن شاخص برداشت داشتند.

لذا می‌توان گفت که این دو صفت اثر قابل توجهی بر افزایش عملکرد دانه داشته‌اند. اثر مستقیم روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و نیز

### تجزیه علیت

در رگرسیون گام به گام عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۸ مدل‌های به‌دست آمده از تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه را نشان می‌دهد. رگرسیون گام به گام نشان داد که دو صفت عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ۹۹ درصد تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه نموده‌اند. در میان صفات وارد شده به مدل عملکرد بیولوژیک ۶۶ درصد و شاخص برداشت ۳۳ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه کردند و عملکرد دانه در ارقام مورد بررسی، وابستگی بسیار شدیدی به عملکرد بیولوژیک داشته است. در منابع مختلف نیز بر اهمیت افزایش بیوماس نهایی جهت افزایش قابل ملاحظه در پتانسیل عملکرد گیاه زراعی تأکید شده است (۱۱، ۱۸ و ۳۱). بنابراین بررسی و مطالعه اجزای تولید بیوماس، به‌منظور تشخیص

به‌طور همزمان و با هم اجزاء قابل اعتمادی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا هستند. نتایج تجزیه علیت هاشمی و همکاران (۲۰۰۸) روی ۱۷ رقم کلزا حاکی از کارایی بالای صفات وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، روز تا ساقه‌دهی و تعداد دانه در خورجین به‌عنوان معیارهای انتخاب غیر مستقیم در بهبود ژنتیکی این صفت در ارقام کلزا به خصوص در نسل‌های اولیه برنامه‌های اصلاحی بود (۱۶). بنابراین به نظر می‌رسد که عملکرد بیولوژیک بیش‌تر در زمان برداشت نهایی به‌همراه شاخص برداشت بالاتر منجر به افزایش عملکرد دانه و روغن در این گیاه می‌شود. این نتیجه با نتایج کندل و همکاران (۱۹۹۵) و برادران و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت داشت (۲۱ و ۵).

تعداد خورجین در بوته ناچیز بود. این دو بیش‌تر از طریق غیر مستقیم و از طریق عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت عملکرد را تحت تأثیر قرار دادند. بیش‌ترین اثر غیر مستقیم مربوط به تعداد خورجین در بوته بود که از طریق افزایش عملکرد بیولوژیک (۳۱ درصد) و از طریق افزایش شاخص برداشت (۴۲ درصد) عملکرد را تحت تأثیر قرار داد. روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ از طریق غیر مستقیم سبب افزایش عملکرد بیولوژیک (۱۴ درصد) و شاخص برداشت (۱۳ درصد) گردید. اثرات مستقیم و مثبت بالای عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت و همچنین اثرات غیر مستقیم مثبت و زیاد تعداد خورجین در بوته و روز تا رسیدن به شاخص سطح برگ حداکثر بر عملکرد دانه نشان داد که این صفات

جدول ۷- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی در ارقام مختلف کلزا

Table 7. Correlation coefficients among investigated characteristics in different canola cultivars

Traits صفت	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y	1														
BY	0.81**	1													
PN	0.78**	0.51**	1												
SN	0.64**	0.65**	0.53**	1											
SW	0.40**	0.23 <sup>ns</sup>	0.42**	0.02 <sup>ns</sup>	1										
HI	0.79**	0.29 <sup>ns</sup>	0.74**	0.37**	0.40**	1									
EM	-0.09 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.26 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	1								
Ssho	0.50**	0.42**	0.33*	0.47**	0.12 <sup>ns</sup>	0.35**	0.02 <sup>ns</sup>	1							
FIL	0.66**	0.46**	0.81**	0.45**	0.31*	0.59**	-0.24 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	1						
Ssf	0.25 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	0.32*	0.14 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	0.79**	-0.05 <sup>ns</sup>	1					
Pm	-0.12 <sup>ns</sup>	-0.25 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>	0.36**	0.04 <sup>ns</sup>	0.43**	0.36*	-0.20 <sup>ns</sup>	0.72**	1				
DLAI <sub>max</sub>	0.31*	0.23 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	0.29 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	0.77**	0.02 <sup>ns</sup>	0.70**	0.39**	1			
LAI <sub>max</sub>	0.53**	0.63**	0.29 <sup>ns</sup>	0.54**	-0.13 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>	-0.25 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	0.29 <sup>ns</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>	-0.63**	0.08 <sup>ns</sup>	1		
OP	0.58**	0.44**	0.48**	0.34*	0.67**	0.49**	0.14 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>ns</sup>	0.47**	0.11 <sup>ns</sup>	-0.02 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	1	
OY	0.94**	0.75**	0.73**	0.62**	0.53**	0.72**	-0.07 <sup>ns</sup>	0.47**	0.67**	0.22 <sup>ns</sup>	-0.10 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	0.45**	0.77**	1

Y عملکرد دانه، BY عملکرد بیولوژیک، PN تعداد خورجین در بوته، SN تعداد دانه در خورجین، SW وزن هزار دانه، HI شاخص برداشت، EM روز تا سبز شدن، Ssho روز تا ساقه‌دهی، FIL دوام گل‌دهی، Ssf روز تا شروع گل‌دهی، Pm روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، DLAI<sub>max</sub> روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، LAI<sub>max</sub> شاخص سطح برگ حداکثر، OP درصد روغن، OY عملکرد روغن

Y: grain yield, By: Biological yield, PN: Pod Number. Plant<sup>-1</sup>, SN: Seed number. Pod<sup>-1</sup>, SW: Seed 1000 weight, HI: Harvest index, EM: Day to emergence

جدول ۸- تجزیه رگرسیون گام به گام صفات مؤثر بر عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا

Table 8. Stepwise regression analysis for affected traits on seed yield of different canola cultivars

صفت	مرحله Stage	ضریب رگرسیون استاندارد شده (Regression standard coefficient)	F	R <sup>2</sup>	
				جزء (Partial)	کل (Total)
عملکرد بیولوژیک (Biological yield)	1	0.36	73.98**	0.66	0.66
شاخص برداشت (Harvest index)	2	14.30	6434.77**	0.33	0.99
روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ (Days to get maximum LAI)	3	0.19	7.21**	0.0002	0.99
تعداد خورجین در بوته (Pod.plant <sup>-1</sup> )	4	0.21	5.86*	0.0001	0.99

جدول ۹- تجزیه ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیر مستقیم برای عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا

Table 9. Causal path analysis for direct and indirect effects for seed yield in Canola different cultivars

عملکرد بیولوژیک (Biological yield)	-
اثر مستقیم (Direct effect)	0.62
اثر غیر مستقیم از طریق شاخص برداشت (Indirect effect by harvest index)	0.16
اثر غیر مستقیم از طریق روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ (Indirect effect by days to get maximum LAI)	0.004
اثر غیر مستقیم از طریق تعداد خورجین در بوته (Indirect effect by number of pod.plant <sup>-1</sup> )	0.01
کل (Total)	0.80**
شاخص برداشت (Harvest index)	-
اثر مستقیم (Direct effect)	0.58
اثر غیر مستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک (Indirect effect by biological yield)	0.17
اثر غیر مستقیم از طریق روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ (Indirect effect by days to get maximum LAI)	0.004
اثر غیر مستقیم از طریق تعداد خورجین در بوته (Indirect effect by number of pod.plant <sup>-1</sup> )	0.014
کل (Total)	0.78**
روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ (Days to get maximum LAI)	-
اثر مستقیم (Direct effect)	0.020
اثر غیر مستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک (Indirect effect by biological yield)	0.14
اثر غیر مستقیم از طریق شاخص برداشت (Indirect effect by number of pod.plant <sup>-1</sup> )	0.13
اثر غیر مستقیم از طریق تعداد خورجین در بوته (Indirect effect by number of pod.plant <sup>-1</sup> )	0.003
کل (Total)	0.31*
تعداد خورجین در بوته (Number of pod.plant <sup>-1</sup> )	-
اثر مستقیم (Direct effect)	0.026
اثر غیر مستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک (Indirect effect by biological yield)	0.31
اثر غیر مستقیم از طریق شاخص برداشت (Indirect effect by harvest index)	0.42
اثر غیر مستقیم از طریق روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ (Indirect effect by days to get maximum LAI)	0.003
کل (Total)	0.77**
اثرات باقی مانده (Remain effects)	0.10

## منابع

- Ahmadi, M. 2013. Investigation of physiological aspects of growth indices and yield for canola. *Zeitune Magazin. Islamic Republic of Iran. Ministry of Agriculture-Jahad.*, 215: 57-61. (In Persian).
- Allen, E.J., and Morgan, D.G. 2009. A quantitative analysis of the effects of nitrogen on the growth, development and yield of oilseed rape. *J. Agri. Sci.*, 78: 315-324.
- Azizi, M., and Arvin, P. 2007. Difference and radiation use efficiency in spring cultivars of the oilseed. *Elect. J. Crop Prod.*, 4: 35-50. (In Persian).
- Azizi, M., Soltani, A., and Khavari khorasani, S. 2000. Brassica Oilseeds (production). Iranian Academic Center for Education, Culture and Research. 230p. (In Persian).
- Baradaran, R., Majidi, E., Darvish, F., and Azizi, M. 2006. Study of correlation relationships and path coefficient analysis between yield and yield components in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Iranian J. Agric. Sci. Islamic Azad University.* 4:811-819. (In Persian).
- Berry, M.P., and Spink, J.H. 2006. A physiological analysis of oilseed rape yield, past and future (review). *J. Agric. Sci.*, 199: 381-392.
- Clarke, J.M., and Simpson G.M. 2008. Growth analysis of *Brassica napus* CV. Tower. *Can. J. Plant Sci.*, 58: 587-595.
- Diepenbrock, W. 2011. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field crops Res.*, 67: 35-49.
- Emam, Y. 2006. Tropical Crop Physiology. Shiraz University Press. 321p. (In Persian).
- Etessami, M. 2007. Evaluation of The effect of some physiological traits on barley (*Hurdeum Vulgare* L.) genotypes yield. M.Sc. Thesis. Agriculture and Resources Science University of Gorgan. 78p. (In Persian).
- Evans, L.T., and Fischer, R.A. 1999. Yield potential: Its definition, measurement, and significance. *Crop Sci.*, 39: 1544-1551.
- Fallah Heki, M.H., Yadavi, A.R., Movahhedi Dehnavi, M., and Balouchi,

## نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که ارقام مختلف کلزا از لحاظ خصوصیات فیزیولوژیک با یکدیگر متفاوت بودند. این تفاوت‌ها سبب تفاوت در عملکرد و اجزای عملکرد گردید. ارقام براساس تجزیه کلاستر به سه گروه با عملکرد بالا (الف)، عملکرد متوسط (ب) و عملکرد کم (ج) تقسیم شدند. از گروه الف رقم Bilbao، از گروه ب رقم کرج ۳ و از گروه ج رقم ساری گل به عنوان نماینده هر گروه انتخاب شدند. در این بررسی تشعشع عامل تعیین کننده عملکرد بود و تطابق وقوع پدیده‌های فیزیولوژیک به ویژه شاخص سطح برگ حداکثر با تشعشع بیش تر موجب افزایش عملکرد گردید (گروه الف). دوره گل دهی (شروع تا پایان گل دهی) از مهم ترین مراحل فنولوژیک بود که همبستگی بالایی با عملکرد ( $r=0/66^{**}$ ) و نیز مهم ترین جزء عملکرد یعنی تعداد خورجین در بوته ( $r=0/81^{**}$ ) نشان داد که گویای اهمیت این دوره در تعیین عملکرد کلزا در منطقه بود. ارقامی که دارای شاخص سطح برگ بالاتری بودند و نیز شاخص سطح برگ حداکثر آنها با تشعشع دریافتی بیشتر منطبق بود (گروه الف) از عملکرد بیولوژیک بیشتر و به تبع آن از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بودند ( $r=0/81^{**}$ ). علاوه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت یکی دیگر از عوامل تعیین کننده عملکرد دانه ارقام بود ( $r=0/79^{**}$ ) که خود به شدت تحت تأثیر دوام گل دهی قرار داشت ( $r=0/59^{**}$ ). ارقامی که دوره گل دهی آنها همراه با تشعشع بیشتر (روزهای ابری کمتر) بود از دوام گل دهی بیشتری برخوردار بودند (گروه الف). به طور کلی، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، روز تا رسیدن به شاخص سطح برگ حداکثر و تعداد خورجین در بوته ۹۹ درصد از تغییرات مرتبط با عملکرد را توجیه نمودند.

- physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. *Animal Sci. J.*, (Pajouhesh and Sazandegi). 65:65-75. (In Persian).
23. Lucas, B., Slafer, A., and Otegui, E. 2003. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Res.*, 86:131-146.
  24. Manaffe, W.F., and Kloepper, J.W. 2004. Application of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. *Crop Sci.*, 35: 150-164.
  25. Mendham, N.J., shipway, P.A., and Scott, R.K. 1981. The effects of seed size, autumn nitrogen and plant population density on the response to delayed sowing in winter oil-seed rape. *J. Agri. Sci.*, 96:417-428.
  26. Mendham, N.J., Russell, J., and Jaros, N.K. 1990. Response to sowing time of three contrasting Australian cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Sci.*, 114: 275-283.
  27. Nabavi, A. 1998. The effect of planting date on yield and components of canola in Mashhad condition. M.S.C. Thesis. Mashhad Ferdosi University. (In Persian).
  28. Nazeri P., Khashan A., Khavazi K., Ardakani M.R., and Mirakhori M. 2012. Effect of use microbial zinc granulated phosphorous bio fertilizer on growth indices of bean. *Iranian J. Agro. Plant breeding*. 3: 111-126. (In Persian).
  29. Rao, M.S.S., and Mendham, N.J. 1991. Soil-plant water relations of oilseed rape (*Brassica napus* and *Brassica campestris*). *J. Agri. Sci.* 117: 197-205.
  30. Richard, R.A., and Turling, N. 1978. Variation between and within species of rapeseed (*B.compestris* and *B.napus*) in response to drought stress. II .Growth and development under natural drought stresses. *Aust. J. Agri. Res.*, 9: 479-490.
  31. Richards, R.A. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *J. Exp. Bot.*, 51: 447-458.
  32. Rodi, D., Rahmanpour, S., and Javidfar, F. Canola. 2003. Seed and plant improve. *Inst. Karaj, Iran*. 53p. (In Persian).
  - H.R. 2011. Evaluation of oil, protein and grain yield of canola cultivars in different planting date in Yasouj region. *Electronic J. Crop Prod.* 2: 207-222. (In Persian).
  13. FAO. 2014 Stat database. Available online at: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>.
  14. Gabrielle, B., Denoroy, P., Goose, G., Justes, E., and Andersen, M.N. 1998. A model of leaf area development and senescence for winter oilseed rape. *Field Crops Res.* 57: 209-222.
  15. Gardner, F.P., Pearce R.B., and Mitchell R.L. 2005. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press. USA. 421 pp.
  16. Hashemi, Z., Golparvar, A.R., and Rasouli, M. 2008. Correlation, regration and path analysis of seed yield and components in canola cultivars (*Brassica napus* L.). *New Finding in Agric.*, 4: 412-419. (In Persian).
  17. Hoogenboom, G. 2000. Contribution of agro meteorology to the simulation of crop production and its applications. *Agric. for. Meteorol.* 103:137-157.
  18. Hosseinzadeh, M.H., Esfahani, M., Rabiei M., and Rabiei B. 2008. Effect of row spacing on light interception, grain yield and growth indices of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars as second crop following rice. *Iranian J. Crop Sci.*, 3: 281-302 (in Persian).
  19. Jafarnejadi, A., and Rahnama, A.A. 2011. Investigation the effect of planting delay on canola yield and nitrogen use efficiency. *Iranian J. Soil Res.*, 3: 225-233. (In Persian).
  20. KalantarAhmadi, S.A., Ebadi, A. Siadat, S.A., and Tavakoli Hasanaklou, H. 2014. Effect of heat stress due to sowing date on grainyield of rapeseed cultivars in north Khuzestan conditions in Iran. *Iranian J. Crop Sci.* 1: 62-76. (In Persian).
  21. Kandil, A.A., Mahandes, S.I., and Mahrous, N.M. 1995. Genotypic and phenotypic variability, heritability and interrelationships of some characters in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant Breeding. Abs.* 65: 9.
  22. Lebaschy, M.H., and Sharifi Ashour Abadi, E. 2004. Application of

- in Arak condition. New Finding in Agric., 2: 136-154. (In Persian).
38. 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 redbrown earth in south- eastern. Aust. J. Agric. Res., 43: 1629-1641.
39. Thurling, N. 1974. Morphophysiological determinants of yield in rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus*). II. Yield components. Aust. J. Agric. Res., 25: 711-721.
40. Toriama, K., and Hinata, K. 1984. Anther respiratory activity and chilling resistance in rice. Plant cell Physiol. 25:1215.
41. Zamiri, M.A. 2009. Investigation of the effect of planting date on growth, yield and components three cultivars of canola in Dezfoul condition. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University. Dezfoul Branch. 141p. (In Persian).
33. Romagosa, I., and Fox, P.N. 1993. Genotype environment interaction and adaptation in: Hyward. M.D. Bose Mark, N. and Romagosa. I. (eds). plant Breeding. 373-390.
34. Sharma, A.K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. 1st edition. Jodhpur: Agrobios, India. 456p.
35. Soleimanzadeh, H., and Habibi, D. 2013. Relationship of phenology and physiological traits with yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Moghan region. Iranian J. Agro. Plant Breeding. 4: 55-62.
36. Soltani. A. 2005. Determination of effective parameters on accumulation and distribution nitrogen on chickpea. Research design reported. University Agricultural Science and natural resources of Gorgan. 120 p. (In Persian).
37. Tahmasebizade, H., Khodabande, N. Madani, H., and Farahani I. 2009. Investigation of growth analysis of spring safflower and its effect on yield