نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دوازدهم، شماره دوم، تابستان ۹۸
۳۳-۵۶
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2019.13113.2016

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

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

[۱]دانش‌آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۲]دانشیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس
[۳]استادیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس
[۴]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 فراورده‌های 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 دیرهنگام 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، به‌دلیل این‌که 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 به‌دلیل 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=۰/۶۶**) و تعداد خورجین در بوته (r=۰/۸۸**) اهمیت این دوره را در تعیین عملکرد نشان داد. همچنین مهم‌ترین مرحله تعیین کننده 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 (ساری‌گل) 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 ساری‌گل (نماینده گروه کم‌محصول) دارای شاخص سطح برگ بالاتری بود. همچنین رقم ساری‌گل زودتر از دو رقم دیگر به حداکثر شاخص سطح برگ دست یافت. همبستگی (r=۰/۸۱**) 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. به‌طورکلی، 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 تعیین کننده 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=۰/۸۱**). علاوه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت یکی دیگر از عوامل تعیین کننده عملکرد دانه ارقام بود (r=۰/۷۹**) که خود به شدت تحت تأثیر دوام گل‌دهی قرار داشت (r=۰/۵۹**). 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 به‌دلیل 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 محیط 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.

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 و۳۸). 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.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در طی دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی شیروان، خراسان شمالی واقع در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه ۴۰ دقیقه، طول جغرافیایی۵۷ 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

طول فصل رشد به‌گونه‌ای صورت پذیرفت که هیچ‌گونه علائم تنش خشکی در گیاهان مشاهده نگردید. هم‌چنین، در طول فصل تمامی علف‌های هرز موجود در کرت‌ها وجین گردیدند. در مرحله گل‌دهی با مشاهده آفاتی همچون شته و سوسک گرده‌خوار عملیات سمپاشی صورت گرفت.

اولین نمونه‌برداری در نیمه دوم اسفند ماه (قبل از به ساقه رفتن ارقام) انجام شد و به فاصله ۸ الی ۱۰ روز نمونه‌برداری‌های بعدی صورت گرفت. از هر کرت ۵ بوته با رعایت حاشیه از طرفین (دو ردیف کناری و ۰/۵ متر از بالا و پایین به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد) کف‌بر 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 آون قرار گرفتند. سطح برگ با دستگاه سطح‌برگ‌سنج لیزری CID (CI-202) ساخت آمریکا اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری برای تعیین عملکرد دانه به‌طور مجزا انجام شد. برای تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، سطحی معادل ۲ متر مربع از نیمه‌ای از کرت که دست‌نخورده باقی مانده بود (با رعایت حاشیه از دو طرف و بالا و پایین کرت‌ها) در مرحله نهایی برداشت شد. هم‌چنین، 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 به‌دست آمد. در نهایت جهت تعیین درصد روغن دانه، نمونه‌ای تصادفی از دانه‌ها تهیه و سپس به‌خوبی 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 به‌دست آمد.

تجزیه و تحلیل صفات مورد ارزیابی در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها و ویرایش آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت. قبل از انجام هر تجزیه و تحلیل، به‌دلیل این‌که 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.

به‌منظور 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.

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	ساری‌گل (Sarigol)	بهاره (Spring)	ایران (Iran)	13	Bilbao	زمستانه (Winter)	فرانسه (France)
4	زرفام (Zarfam)	حدواسط (Facultative)	ایران (Iran)	14	کرج ۳ (KS11)	زمستانه (Winter)	ایران (Iran)
5	Slm046	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 نهال و بذر کرج معرفی گردید. L72 و کرج ۱ لاین می‌باشند.

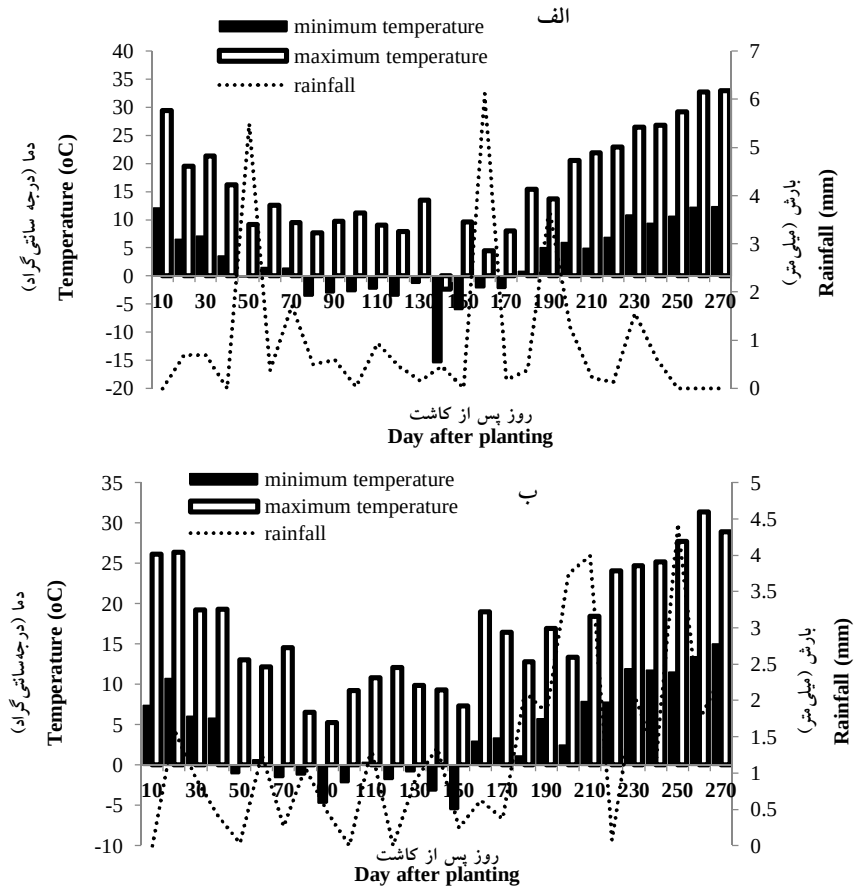
نتایج و بحث

شرایط آب و هوایی: شرایط آب و هوایی محل انجام آزمایش درشکل‌های 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 ۹۴-۱۳۹۳ (۲۹۳/۷ میلی‌متر) نسبت به سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ (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 ۹۴-۹۳ ثبت شد. در سال ۹۵-۹۴ 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

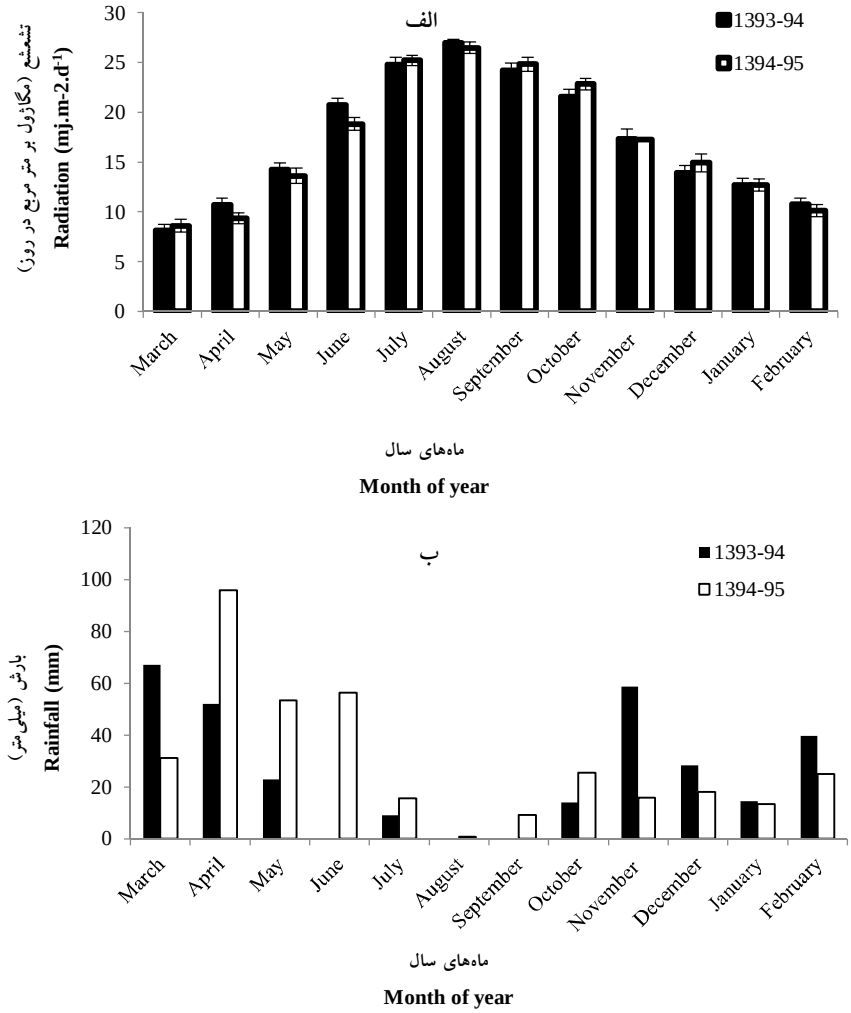
ملاحظه‌ای مشاهده نشد. کم‌ترین میانگین دمای ماهانه در دی ماه سال ۹۳ (۳/۲۵ درجه سانتی‌گراد) روی داد که با ماه‌های آذر و بهمن تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشت. اما در سال ۹۴ کم‌ترین میانگین دمای ماهانه در ماه بهمن (۲/۸۲ درجه سانتی‌گراد) اتفاق افتاد. آن‌چه که دارای اهمیت بارزی است اختلاف میانگین دمای ماه اسفند بین دو سال می‌باشد (شروع رشد مجدد و ظهور گل‌آذین برخی از ارقام در این ماه روی داد)، میانگین دما در سال ۹۳ (۳/۷ درجه سانتی‌گراد) نسبت به سال ۹۴ (۹/۲۹ درجه سانتی‌گراد) به طور قابل‌توجهی کم‌تر بود به طوری که در اسفند سال ۹۳ میانگین دمای حداقل، ۱/۴- درجه سانتی‌گراد و اسفند سال ۹۴، ۲/۵۵ 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 (شکل۲).



شکل۱- 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. Thedaily 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 برمتر مربع در روز) (الف) و بارش ماهانه (ب) منطقه شیروان خراسان شمالی در دو سال زراعی ۹۴-۹۳ و ۹۵-۹۴.

Figure 2. Monthly radiation ($mj.m^{-2}.d^{-1}$) (a) and rainfall (mm) in Shirvan region in 2014-2015 and 2015-2016

عملکرد دانه و اجـزای آن: نتـایج تجزیـه واریـانس مرکب نشان داد که اثر سال، رقم و هم‌چنین اثر متقابل سال×رقم روی تعـداد خـورجین در بوتـه، وزن هـزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشـت معنـی‌دار بـود. هم‌چنین اثر سال و رقـم روی عملکـرد بیولوژیـک و تعداد دانه در خورجین در سطح یک درصد معنـی‌دار بود (جدول ۲). بنابراین با توجه به معنی‌دار بودن اثـر متقابل سال × رقم مقایسـه میـانگین بـرای هـر سـال به‌طور جداگانه انجام شد (جدول ۳ و ۴).

به‌طورکلی تعداد خـورجین در بوتـه در سـال اول (۲۰۰/۲۵ عدد) بیش‌تـر از سـال دوم (۱۷۸/۰۳ عـدد) آزمایش بود (جدول ۳ و ۴). به‌نظر مـی‌رسـد مسـاعد بـودن شـرایط آب و هـوایی بـه‌خصـوص از لحـاظ تشعشع در سال اول سبب افزایش شاخص‌های رشـد گردید و تعداد خورجین در بوته بیش‌تری نیـز تولیـد گردید. عزیزی و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که بین مقدار تشعشع خورشیدی دریافت شده توسط کـانوپی به‌ازای هر گل و احتمال تبدیل آن به خـورجین، یـک رابطـه مثبـت وجـود دارد کـه در آزمـایش نـامبرده، تیمارهای سایه‌اندازی وجود داشت که احتمال تبـدیل گل به خورجین را به کم‌تر از ۲۰ درصد تنزل داد (۴). معمولاً تعداد خورجین در کلزای پـاییزه حـدود ۲۰۰

عدد در هر بوته می‌باشد (۲۵). طول دوام گل‌دهی در واقع تعیین‌کننده مهم‌ترین جزء عملکرد یعنی تعداد خورجین در بوته می‌باشد (r=۰/۸۱**). شاید علت این اختلاف وجود روزهای ابری بیش‌تر در سال دوم و هم‌چنین وقوع بارندگی‌های پیاپی در مرحله شروع گل‌دهی تا مرحله پایان گل‌دهی باشد (شکل ۱ و ۲). کلانتر احمدی و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشتند که تعداد خورجین در بوته یکی از مهم ترین اجزای عملکرد می‌باشد که تحت تأثیرطول دوره گلدهی، تعداد شاخه فرعی و شرایط اقلیمی درطول دوره گل‌دهی می‌باشد (۲۰). مقایسه میانگین نشان داد که در سال اول بیش‌ترین تعداد خورجین متعلق به ارقام Kodiak، Bilbao، GKH-2005 و Traviata با میانگین تعداد خورجین ۲۳۳/۰۶ بود؛ در حالی که کم‌ترین تعداد خورجین به ارقام شیرالی، ساری‌گل، 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، ساری‌گل، L72، Sw102، Shirali، Zafar، زرفام و کرج ۳ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). احتمالاً شرایط تشعشع و عدم وقوع بارش در ماه اسفند سال دوم انجام پژوهش (برخلاف سال اول) و افزایش ۶ درجه‌ای میانگین دمای ماه اسفند (شکل ۱ و ۲)، افزایش دوام گل‌دهی ارقام موجب شد تا تعداد خورجین در ارقام ساری‌گل، شیرالی، ظفر و زرفام افزایش یابد. اما برای ارقام دیگر که دوره گل‌دهی آن‌ها با بارندگی‌های 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) بیش‌تر از تعداد دانه در سال دوم (۱۵/۹۳) انجام آزمایش بود (جدول ۳ و ۴). در بین ارقام سال اول آزمایش، ارقام Bilbao، L72، Sw102، کرج ۳ و Traviata دارای بیش‌ترین (۱۹/۵) و رقم GKH-1103 با ۱۵ عدد دانه در خورجین و به‌دنبال آن ارقام شیرالی، ساری‌گل 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) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر 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 ساری‌گل تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). در سال دوم بیش‌تر ارقام از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند و بیش‌ترین وزن هزار دانه متعلق به رقم Kodiak بود که با ارقام Licord، Bilbao، GKH-305، ساری‌گل، L72، Sw102، ظفر و Traviata تفاوت معنی‌داری 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). به‌طور کلی عملکرد دانه در سال اول بیش‌تر 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 شاخص‌های

رشد، به‌دلیل 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 Bilbao، Kodiak، SW102، 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 Bilbao، GKH-305، Slm046، L72، Sw102، Kodiak و Traviata با میانگین عملکرد ۴۵۰/۳۱ گرم در متر مربع تعلق داشت و کم‌ترین میزان عملکرد مربوط به ارقام طلایه، Opera، کرج۳، 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 دوی آن‌ها باشد؛ بخشی از اختلاف عملکرد ارقام بین دو سال را می‌توان ناشی از عملکرد بیولوژیک دانست.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام مختلف کلزا در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴. 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^{-1}, SN: Seed number.pod^{-1}, SW: Seed 1000 weight, Y: Yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index, OP: Oil percentage].

		میانگین مربعات (MS)						
منابع تغییرات S.O.V	درجه‌آزادی (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^{ns}	0.33**	4759.39**	11391.59^{ns}	14.64**	0.0009**
خطا (Error)	110	404.30	0.97	0.084	۶۲۲/۳۳	7216.88	1.98	0.0001
CV (%) ضریب‌تغییرات(٪)	—	10.54	5.86	6.33	5.82	5.71	4.89	3.41

*و ** 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,

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 Slm046 بود که با ارقام Bilbao، Licord، L72، SW102، ظفر و Traviata 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). دیپن بروک (۲۰۱۱) با بررسی تحقیقات انجام شده روی

کلزا دریافت که صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نقش قابل توجهی در بهبود عملکرد دانه کلزا به‌طور مستقیم و غیر مستقیم داشته‌اند (۸).

شاخص برداشت در سال اول (۲۹/۲۳ درصد) بیش‌تر از سال دوم (۲۸/۳۳) بود (جدول ۳ و ۴). به‌نظر می‌رسد عوامل محیطی از جمله کاهش تشعشع دریافتی و هوای ابری و نیز وقوع بارش‌ها در دوران گرده‌افشانی در سال دوم برخلاف سال اول سبب کاهش شاخص برداشت گردیده است. هم‌چنین 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 سمی‌گیرد، به‌طوری‌که در شرایط آب و هوایی مناسب مقدار آن زیاد و در شرایط محیطی نامناسب مقدار آن کم می‌شود (۱۲). بیش‌ترین شاخص برداشت در سال اول آزمایش متعلق به رقم Kodiak (۳۲/۸۳ درصد) بود که با ارقام SW102 و Okapi تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقدار شاخص برداشت مربوط به رقم طلایه بود (۲۵/۸۵ درصد) که با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). در سال دوم بیش‌ترین شاخص برداشت متعلق به رقم Kodiak بود (۳۱/۸۵ درصد) که با ارقام Bilbao، GKH-305، L72، Sw102، شیرالی، زرفام و ساری‌گل تفاوت معنی‌داری نداشت و کم‌ترین شاخص برداشت متعلق به رقم کرج ۱ بود که با ارقام کرج ۳، Opera،GKH-1103 و طلایه تفاوت معنی‌داری 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 گرده‌افشانی، دوام دوره گل‌دهی و نیز توقف رشد مریستم انتهایی ساقه اصلی و کاهش ارتفاع مرتبط است. در کلزا محققان گزارش کرده‌اند که در جریان بهبود عملکرد دانه ارقام کلزا در نواحی مختلف، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک افزایش یافته است (۲۷ و ۳۴). 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 (۱۸). 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. تورلینگ (۱۹۷۴) نیز رابطه مثبتی را بین وزن خشک کل و عملکرد کلزا به‌دست آورد (۳۹).

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر سال، رقم و نیز اثر متقابل سال×رقم بر درصد روغن موجود در ارقام معنی‌دار بود (جدول ۲). در مجموع درصد روغن در سال اول (۴۰ درصد) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از سال دوم (۳۹ درصد) بود (جدول ۳ و ۴). در سال اول بیش‌ترین درصد روغن متعلق به رقم Opera بود (۴۵ درصد) که با ارقام Traviata و L72 (۴۳ درصد) تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین 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 معنی‌دار نداشت (جدول ۳). در سال دوم بیش‌ترین درصد روغن متعلق به رقم Kodiak و ساری‌گل بود (۴۲ درصد) و کم‌ترین مقدار آن به رقم GKH-1103 (۳۵ درصد) تعلق داشت (جدول۴). عواملی که بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارند به نوعی تعیین کننده عملکرد روغن نیز می‌باشند. بهبود شرایط تغذیه و مناسب بودن شرایط اقلیمی موجب افزایش عملکرد دانه و افزایش عملکرد روغن خواهد شد (۱۹).

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 yeild in different canola cultivars in 2014-2015[PN: Pod number.plant^{-1}, SN: Seed number.pod^{-1}, SW: Seed 1000 weight, Y: Yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index, OP: Oil percentage].

رقم (Cultivar)	تعداد خورجین در بوته PN	تعداد دانه در خورجین SN	وزن هزار دانه (گرم) SW (gr)	عملکرد(گرم در مترمربع) Y (g.m^{-2})	عملکردبیولوژیک (گرم در مترمربع) BY (g.m^{-2})	شاخص‌برداشت (درصد) HI (%)	درصد روغن OP (٪)
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
Slm046	206.98	18.50	4.45	480.39	1653.50	29.05	0.387
Sarigo ساری‌گل	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
میانگین (Mean)	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 ٤- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا در سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤

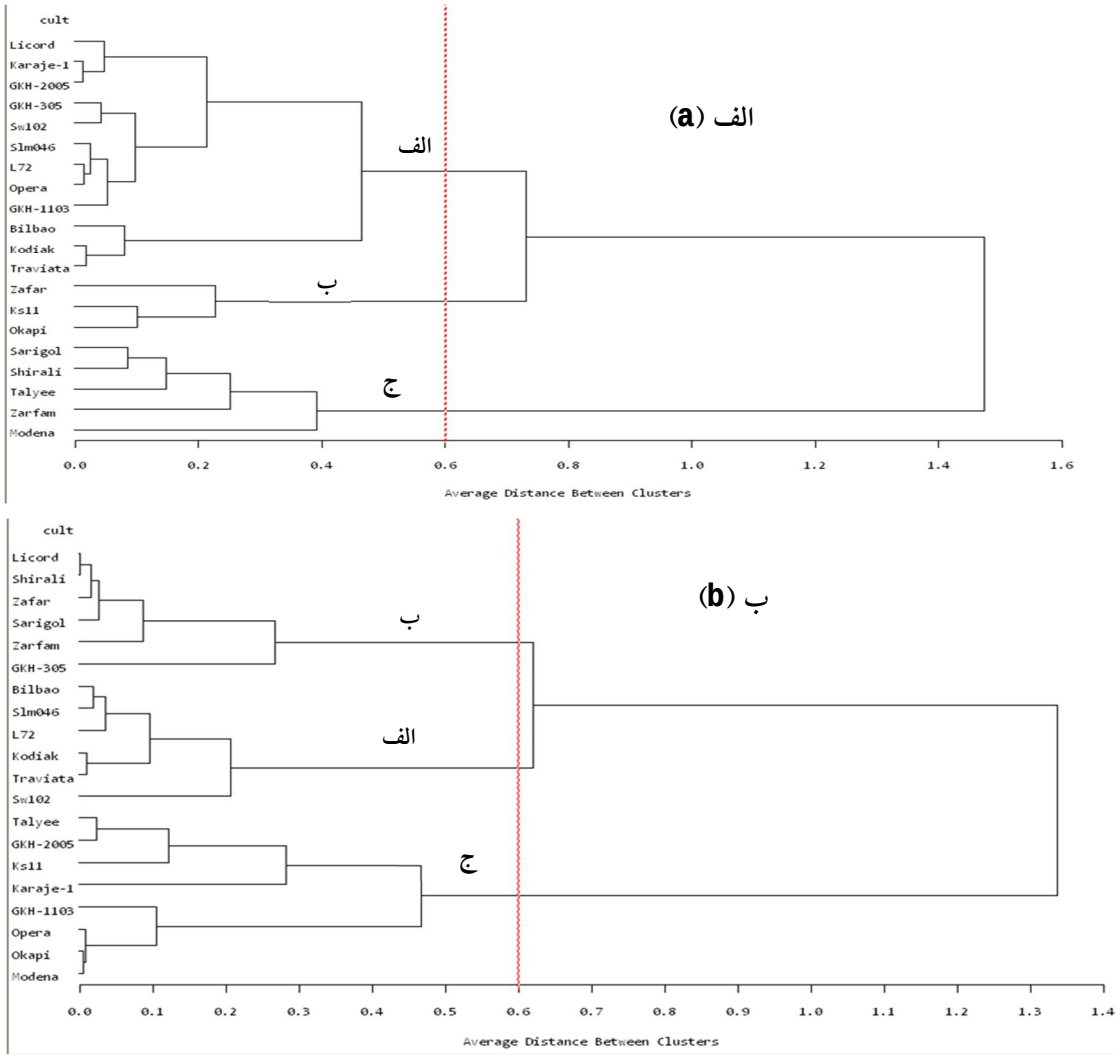
Table 4. Mean comparison of yield and components yeild in different canola cultivars in 2015-2016 [PN: Pod number.plant^{-1}, SN: Seed number.pod^{-1}, SW: Seed 1000 weight, Y: Yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index, OP: Oil percentage].

رقم (Cultivar)	تعداد خورجین در بوته PN	تعداد دانه در خورجین SN	وزن هزار دانه (گرم) SW (gr)	عملکرد (گرم در مترمربع) Y (g.m^{-2})	عملکردبیولوژیک (گرم در مترمربع) BY (g.m^{-2})	شاخص‌برداشت (درصد) HI (%)	درصد روغن OP(٪)
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
Slm046	164.48	16.24	4.58	459.70	1585.88	28.97	0.408
Sarigo ساری‌گل	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
میانگین (Mean)	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

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 ساری‌گل 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 ۹۴-۹۳ رقم ساری‌گل به‌دلیل 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 ساری‌گل به حداکثر شاخص سطح برگ خود (LAImax=۵/۵۰) 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 ساری‌گل تا ۲۰۲ روز پس از کاشت ادامه داشت که در این روز شاخص سطح برگ ۴/۲۵ به‌دست 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 (به‌ترتیب 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.

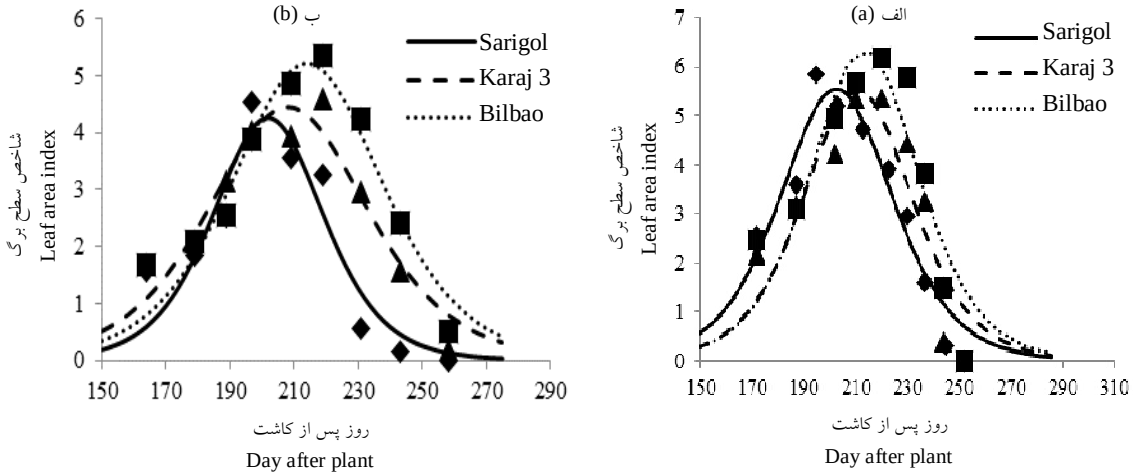


شکل۳ - تجزیه کلاستر عملکرد ارقام مختلف کلزا به روش متوسط فاصله (Average) در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ (الف) و ۹۵-۱۳۹۴ (ب).

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

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 آمد (r=۰/۳۱*). 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 ساری‌گل 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

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). عزیزی 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 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 تعشعشع 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).



شکل ٤- روند تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت در ارقام کلزا در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ (الف) و سال زراعی ۹۵-۱۳۹٤ (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 کلـزا 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).

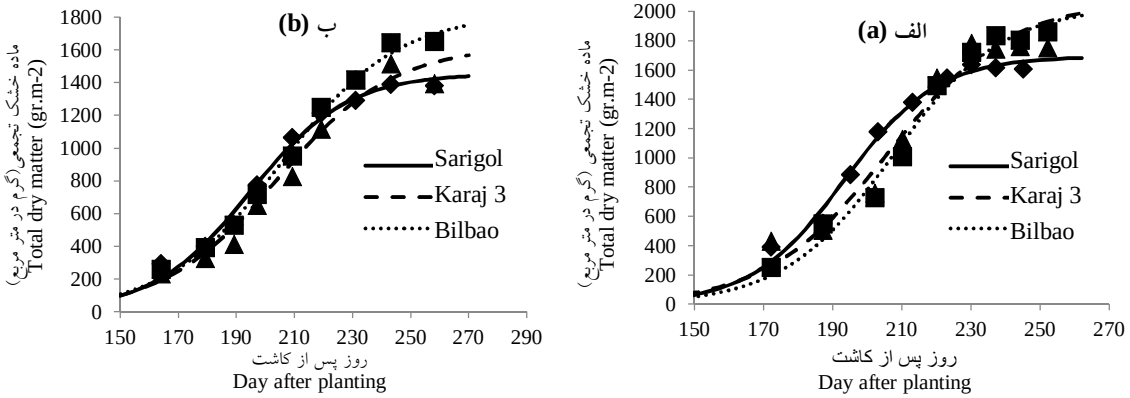
Table 5. Estimated logistic model coefficients (a,b and c) of leaf area index against day after planting in different varieties of canola in 2014-2015 and 2015-2016 Number of Sample (n), LAI_{max} is maximum leaf area, T_{max} is days to maximum LAI)

	رقم (Cultivar)	n	a±SE	b±SE	c±SE	LAImax	T max	R2
Growing season 93-94	Bilbao	9	0.070±0.011	213.9±2.89	358.3±44.00	6.27	216	0.95
	Sarigol	9	0.060±0.009	204.2±3.12	366.7±45.12	5.50	204	0.96
	Karaj 3	9	0.070±0.011	211.0±3.19	312.9±41.49	5.46	208	0.95
Growing season 94-95	Bilbao	9	0.063±0.005	214.1±1.85	330.1±23.53	5.22	214	0.98
	Sarigol	9	0.086±0.013	210.9±2.36	196.7±24.35	4.25	202	0.95
	Karaj 3	9	0.060±0.006	208.1±2.06	294.2±23.02	4.42	210	0.98

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 به‌دست داد، به‌نحوی 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 تجمعی به‌ترتیب 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 در 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 سال زراعی تبعیت می‌کند. به‌طورکلی 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 تجمعی 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

در ارقام نسبت داد. به‌دلیل افزایش سطح برگ میزان جذب تشعشع خورشیدی بالا رفته و به تبع آن فتوسنتز و ماده‌سازی افزایش یافت. هم‌چنین شاخص سطح برگ در ارقام Bilbao و کرج ۳ زمانی به حالت حداکثر رسید که تشعشع خورشیدی بیش‌تر نسبت به زمانی که رقم ساری‌گل به حداکثر شاخص سطح برگ رسید وجود داشت. بنابراین تطابق زمان حداکثر شاخص سطح برگ با حداکثر تابش دریافتی از خورشید برای دست‌یابی به عملکرد بالا بسیار حائز اهمیت است. همبستگی بین شاخص سطح برگ و عملکرد بیولوژیک (r=۰/۶۳**) و عملکرد اقتصادی (r=۰/۵۳**) مؤید این مساله است (جدول ۷).

همبستگی قوی بین حداکثر تجمع ماده‌ی خشک و عملکرد دانه (r=۰/۸۱**) وجود داشت (جدول ۷). وزن خشک گیاه حاصل تجمع مواد فتوسنتزی و یکی از مهم‌ترین فاکتورهای برآورد عملکرد محصول است؛ به‌طوری که بسیاری از محققین با اندازه‌گیری وزن خشک بخش‌های مختلف گیاه و وزن خشک کل اندام‌های هوایی، اقدام به تعیین الگوی رشد کرده‌اند (۱۵). الگوی تجمع وزن خشک در این مطالعه با مطالعات طهماسبی‌زاده و همکاران (۲۰۰۹) و ناظری و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت (۳۷ و ۲۸).



شکل ۵- روند تغییرات ماده‌ی 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).

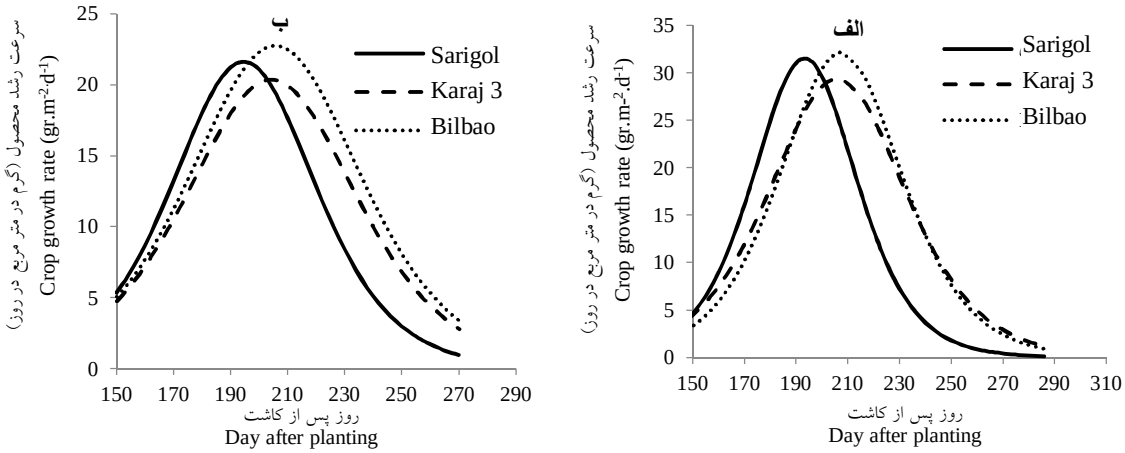
جدول ٦- ضرایب معادله لجستیک جهت پیش‌بینی تجمع ماده خشک در مقابل روز پس از کاشت در ارقام مختلف کلزا در سال ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴. تعداد نمونه‌برداری‌ها (n)، ضریب معادله (a)، مدت زمانی که تجمع ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود می‌رسد (b) (بر حسب روز)، حداکثر ماده خشک تولید شده (dm_{max}) (گرم در متر مربع)، ضریب 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	Dmmax ± SE	a ± SE	b ± SE	R2
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

سرعت رشد محصول (CGR): شکل ۶ روند تغییرات سرعت رشد را در دو سال زراعی ۹۴-۹۳ و ۹۵-۹۴ نشان می‌دهد. 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 رزت‌که با ساقه یک زاویه متوسطی را می‌سازند و در جهت افقی خمیده می‌شوند؛ نمی‌توانند محدود کننده رشد در اوایل فصل باشند. به‌نظر می‌رسد 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 به‌دلیل 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 بهره‌گیری 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 به‌صورت خطی در هر سه رقم در طی هر دو سال زراعی افزایش یافت. در سال اول این افزایش در رقم ساری‌گل با گذشت زمان تا ۱۹۲ روز پس از کاشت ادامه یافت؛ ولی شاخص سطح برگ تا ۲۰۴ روز پس از کاشت به حداکثررسید. 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 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 کم‌تر بود، ولی زمان رسیدن به حداکثر CGR در رقم ساری‌گل 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 ساری‌گل 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 معنی‌داری بین دو سال مشاهده نشد. حداکثر CGR برای هر گونه معین و در شرایط مطلوب، هنگامی پدید می‌آید که پوشش برگ‌ها کامل باشد و این حالت نشان‌دهنده 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). حسین‌زاده 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 بیش‌تر به انتقال مجدد آن‌ها از اندام‌های مختلف به دانه پرداخت (۱۸). بین دو سال زراعی از نظر حداکثر CGR بین هر سه رقم تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. مقدار CGR در سال اول به‌طور معنی‌داری از سال دوم بیش‌تر بود. وجود شرایط تشعشی دریافتی مطلوب‌تردر سال اول و هوای بارانی و ابری بیش‌تر در سال دوم علت تفاوت CGR در دو

سال بود (شکل ۱ و ۲). عزیزی و آرویـن (۲۰۰۷) اعلام کردند که در کلزا حداکثر سرعت رشد محصول در مرحله پایان گل‌دهی حادث می‌شود (۳). هم‌چنین ایشان اعلام کردند که ماده خشک و شاخص سطح برگ دارای ضرایب بالاتر همبستگی نسبت به سایر شاخص‌های رشدی با عملکرد بودند (۳).



شکل ٦- روند تغییرات سرعت رشد (CGR) در مقابل روز پس از کاشت در ارقام مختلف کلزا در سال زراعی ٩٤-١٣٩٣ (الف) و سال زراعی ٩٥-١٣٩٤ (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).

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 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

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 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).

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**	0.23ns	0.42**	0.02ns	1										
HI	0.79**	0.29ns	0.74**	0.37**	0.40**	1									
EM	-0.09ns	-0.01ns	-0.13ns	-0.26ns	0.28ns	-0.13ns	1								
Ssho	0.50**	0.42**	0.33*	0.47**	0.12ns	0.35**	0.02ns	1							
FlL	0.66**	0.46**	0.81**	0.45**	0.31*	0.59**	-0.24ns	0.09ns	1						
Ssf	0.25ns	0.18ns	0.19ns	0.32*	0.14ns	0.20ns	0.28ns	0.79**	-0.05ns	1					
Pm	-0.12ns	-0.25ns	-0.007ns	-0.12ns	0.36**	0.04ns	0.43**	0.36*	-0.20ns	0.72**	1				
$DLAI_{max}$	0.31*	0.23ns	0.16ns	0.29ns	0.13ns	0.23ns	0.16ns	0.77**	0.02ns	0.70**	0.39**	1			
LAI_{max}	0.53**	0.63**	0.29ns	0.54**	-0.13ns	0.22ns	-0.25ns	0.23ns	0.29ns	-0.09ns	-0.63**	0.08ns	1		
OP	0.58**	0.44**	0.48**	0.34*	0.67**	0.49**	0.14ns	0.20ns	0.47**	0.11ns	-0.02ns	0.14ns	0.26ns	1	
OY	0.94**	0.75**	0.73**	0.62**	0.53**	0.72**	-0.07ns	0.47**	0.67**	0.22ns	-0.10ns	0.33ns	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 رور تا سبز شدن، Ssho روز تا ساقه‌دهی، FIL دوام گل‌دهی، Ssf روز تا شروع گل‌دهی، Pm روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، DLAImax روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، LAImax شاخص سطح برگ حداکثر، OP درصد روغن، OY عملکرد روغن

Y:grain yield, By: Biological yield, PN: Poad Number. $Plant^{-1}$, SN: Seed number.Pod^{-1}, 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^2 جزء (Partial)	R^2 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^{-1})	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^{-1})	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^{-1})	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^{-1})	0.13
اثر غیر مستقیم از طریق تعداد خورجین در بوته (Indirect effect by number of pod.plant^{-1})	0.003
کل (Total)	0.31*
تعداد خورجین در بوته (Number of pod.plant^{-1})	-
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 باقی‌مانده (Remain effects)	0.10

نتیجه‌گیری 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 ساری‌گل به‌عنوان 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 بیش‌تر موجب افزایش عملکرد گردید (گروه الف). دوره گل‌دهی (شروع تا پایان گل‌دهی) از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک بود که همبستگی بالایی با عملکرد (r=۰/۶۶**) و نیز مهم‌ترین جزء عملکرد یعنی تعداد خورجین در بوته (r =۰/۸۱**) 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=۰/۸۱**). علاوه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت یکی دیگر از عوامل تعیین کننده عملکرد دانه ارقام بود (r=۰/۷۹**) که خود به‌شدت تحت تأثیر دوام گل‌دهی قرار داشت (r=۰/۵۹**). ارقامی که دوره گل‌دهی آن‌ها همراه با تشعشع بیشتر (روزهای ابری کمتر) بود از دوام گل‌دهی بیشتری برخوردار بودند (گروه الف). به‌طورکلی، 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.

منابع

1.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).

2.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.

3.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).

4. Azizi, M., Soltani, A., and Khavari khorasani, S. 2000. Brassica Oilseeds (production). Iranian Academic Center for Education, Culture and Research. 230p. (In Persian).

5.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).

6.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.

7.Clarke, J.M., and Simpson G.M. 2008. Growth analysis of *Brassica napus* CV. Tower. Can. J. Plant Sci., 58: 587-595.

8.Diepenbrock, W. 2011. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Field crops Res., 67: 35 49.

9.Emam, Y. 2006. Tropical Crop Physiology. Shiraz University Press. 321p. (In Persian).

10.Etesami, 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).

11.Evans, L.T., and Fischer, R.A. 1999. Yield potential: Its definition, measurement, and significance. Crop Sci., 39: 1544-1551.

12.Fallah Heki, M.H., Yadavi, A.R., Movahhedi Dehnavi, M., and Balouchi,

H.R. 2011. Evaluation of oil, protein and grain yield of canola cultivars in different planting date in Yasouj region. Electonic 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 Rahnema, 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 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).

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 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 (*Brassia compestris* 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 dare on growth, yield and components three cultivars of canola in Dezfoul condition. M.Sc. Thesis. Islamic Azad University. Dezfoul Branch. 141p. (In Persian).