

## اثر تاریخ کاشت بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک چهار رقم کلزا در یاسوج

محمدحسن فلاح هکی، علیرضا یدوی\*، محسن موحدی دهنوی و مهران بنیادی<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۱۰)

### چکیده

به منظور بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک ارقام کلزا در تاریخ کاشت‌های مختلف، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یاسوج اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل چهار تاریخ کاشت (۲۱ شهریور، ۳۱ شهریور، ۱۰ مهر و ۲۰ مهر) و چهار رقم کلزای پاییزه (زرغام، اکاپی، الایت، SLM-046) بودند. نتایج نشان داد که ارقام و تاریخ‌های مختلف کاشت در اکثر صفات مورد بررسی تفاوت کاملاً معنی‌داری با هم داشتند. هم‌چنین برهمکنش تاریخ کاشت و رقم بر صفات ارتفاع بوته، ارتفاع تا پایین‌ترین خورجین، تعداد شاخه فرعی در بوته، شاخص‌های رشد و عملکرد دانه معنی‌دار بود. ارقام زرغام و الایت دارای فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) کمتر و فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) و حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی فتوسیستم II ( $F_v/F_m$ ) بیشتری نسبت به ارقام اکاپی و SLM-046 بودند. بیشترین ارتفاع بوته (۱۷۳ سانتی‌متر) و ارتفاع تا پایین‌ترین خورجین (۸۷/۵ سانتی‌متر) مربوط به رقم الایت در تاریخ کاشت ۲۱ شهریور و کمترین آنها (به ترتیب با ۹۱ و ۴۳/۷ سانتی‌متر) مربوط به رقم اکاپی در تاریخ کاشت ۲۰ مهر بود. در تاریخ کاشت ۲۱ شهریور، رقم الایت بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۲۱) و بیشترین عملکرد دانه (۵۲۳۱ کیلوگرم در هکتار) را داشت. در تاریخ کاشت‌های بعدی، رقم زرغام به دلیل برتری در شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و ماده خشک کل، از بالاترین عملکرد دانه نسبت به سایر ارقام برخوردار بود. به طور کلی به نظر می‌رسد واکنش رقم الایت در تاریخ کاشت ۲۱ شهریور و رقم زرغام در کاشت تأخیری از سایر ارقام برتر بودند.

واژه‌های کلیدی: کلزا، رقم، تاریخ کاشت، فلورسانس کلروفیل، شاخص‌های رشد، عملکرد دانه

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیاران و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: yadavi53@yahoo.com

## مقدمه

یکی از دانه‌های روغنی که در این سال‌ها در کشور توجه بسیاری را به خود جلب کرده و در طرح کاهش واردات روغن گیاهی نیز سهم فراوانی برای آن در نظر گرفته شده، کلزا است. این محصول در میان دانه‌های روغنی، در جهان بیشترین میزان تولید را در دهه‌های اخیر داشته و امروزه مقام سوم را پس از سویا و نخل روغنی در فرآورده‌های روغن نباتی احراز کرده است (۱۵). یکی از مؤثرترین تکنیک‌ها برای مطالعات فیزیولوژیک و اکوفیزیولوژیک، آنالیز فلورسانس کلروفیل است که در سال‌های اخیر رواج بسیاری یافته و توانسته است ابهاماتی که در زمینه ساختار فتوسنتزی گیاهان تحت تنش در شرایط مزرعه‌ای وجود داشته را تا حدود زیادی رفع نماید (۱۰). از این روش برای تشخیص گیاهانی که تحت تأثیر تنش نوری و گرمایی هستند استفاده می‌شود (۲۳، ۲۵، ۲۹). فتوسیستم نوری دو (PSII) بسیار حساس به عوامل بازدارنده محیطی است (۳۱) و تنش‌های محیطی موجب خسارت به مراکز واکنش PSII می‌شوند که موجب افزایش فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) می‌شود. نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر فلورانس ( $F_v/F_m$ )، نشان‌دهنده پتانسیل یا حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی PSII است. شیب کاهش نسبت  $F_v/F_m$  شاخص خوبی جهت ارزیابی بازدارندگی نوری گیاهانی است که در مجاورت تنش‌های محیطی مثل خشکی و گرما همراه با میزان تابش زیاد قرار می‌گیرند (۱۰ و ۳۷). با تأخیر در کاشت کلزا مرحله گل‌دهی مصادف با شرایط افزایش دما و افزایش تابش شدیدتری می‌شود، در نتیجه فرآیندهای فتوسنتزی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. از پارامترهای فلورسانس کلروفیل می‌توان برای گزینش ارقام قبل از رسیدگی و جهت صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها از آنها بهره برد (۴).

ساختار ظاهری گیاه نقش زیادی در میزان تولید خالص دارد. ارتفاع بلندتر گیاه یکی به معنی داشتن محور گل‌آذین بلندتر یا به عبارتی داشتن تعداد بیشتری گل و خورجین روی گل‌آذین و دیگری به معنی داشتن سطح فتوسنتزکننده وسیع‌تر

به خاطر افزایش ظرفیت مبدأ فیزیولوژیک گیاه می‌باشد (۱۳). ارتفاع بوته به رقم، شرایط آب و هوایی، حاصل‌خیزی خاک و نوع تیپ مورد کشت (بهاره یا پاییزه) بستگی دارد (۲۴). ارقام دیررس معمولاً بلندتر از ارقام زودرس هستند (۲). در اکثر پژوهش‌ها مشاهده شده است که تأخیر در کاشت موجب کاهش ارتفاع بوته می‌گردد، هر چند میزان آن متفاوت بوده است (۳، ۱۷، ۲۸ و ۳۲). علی‌رغم این نتایج، زامفلد و همکاران (۳۹) نتیجه گرفتند که تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع بوته نداشت، هر چند با تأخیر در کاشت ارتفاع بوته اندکی افزایش یافت. باگوئت (۷) بیان می‌کند که الگوی شاخه‌دهی می‌تواند به وسیله تغییر در تاریخ کاشت تحت تأثیر قرار گیرد. وی مشاهده کرد که عملکرد بذر اساساً در ساقه اصلی و شاخه‌های اولیه متمرکز شده و سهم شاخه‌های پایین‌تر با تأخیر در کاشت کاهش می‌یابد.

روند رشد، همانند الگویی می‌تواند تأثیر محیط را در مراحل مختلف نمو گیاه نشان دهد. با بررسی این الگو می‌توان به اقتصادی‌ترین روش تولید محصول دست یافت. سرعت بسیاری از فرآیندهای حیاتی تحت تأثیر درجه حرارت قرار دارد. لذا تلفیق درجه حرارت با رشد و نمو اندام‌های مختلف گیاه، تشریح فرآیندهای بیولوژیک را میسر می‌سازد. اگر چه رشد و نمو گیاهان تحت تأثیر عوامل محیطی دیگر مانند شدت نور، آب و عناصر غذایی می‌باشد، در عین حال بیش از ۹۵ درصد از تغییرات رشد در گیاهان، حاصل از تأثیر درجه حرارت است (۱۸). در این بین، استفاده از درجه حرارت تجمعی (GDD) می‌تواند تغییرات فیزیولوژیک را بهتر تشریح نماید (۱). تاریخ کاشت می‌تواند از طریق تغییر در شرایط محیطی از جمله دما، طول روز و رطوبت قابل دسترس در خاک، بر شاخص‌های رشد مؤثر واقع شود. افزایش جذب تابش خورشیدی توسط گیاه، تجمع ماده خشک را به دنبال خواهد داشت (۳۶). هایبکوت (۱۹) گزارش کرد حداکثر تجمع ماده خشک در کلزای زمستانه به میزان ۱۲۷۴ گرم بر مترمربع در انتهای گل‌دهی، وقتی پوسته خورجین‌ها به حداکثر وزن خود رسیده‌اند،

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقات کشاورزی واقع در چم‌خانی شهرستان بویراحمد در فاصله ۱۳ کیلومتری غرب یاسوج با مشخصات جغرافیایی (۵۱ درجه طول شرقی و ۳۰ درجه عرض شمالی با ارتفاع ۱۷۳۲ متر از سطح دریا اجرا شد. حداقل درجه حرارت منطقه آزمایش ۷/۸- درجه سانتی‌گراد در آذرماه و حداکثر آن ۳۴/۸ درجه سانتی‌گراد در خردادماه بود. حداقل میزان بارندگی ماهانه صفر میلی‌متر مربوط به مهرماه و بیشترین آن ۲۳۹ میلی‌متر مربوط به فروردین‌ماه بود. از نظر آب و هوایی این منطقه جزو مناطق معتدل سرد است. خاک محل آزمایش از نوع لوم رسی، با EC برابر ۵/۶۸ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته معادل ۷/۵ بود. عامل‌های آزمایشی شامل چهار تاریخ کاشت ۲۱ شهریور، ۳۱ شهریور، ۱۰ مهر و ۲۰ مهر (به ترتیب با حداقل دمای خاک ۱/۴، ۱/۶، ۱/۱، ۶/۲ درجه سانتی‌گراد) و چهار رقم کلزای پاییزه (زرغام، اکاپی، الایت و SLM-046) بودند. این ارقام جزو ارقام برتر در آزمایش‌های صورت گرفته در مناطق دارای آب و هوای مشابه بودند و از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شدند. تاریخ کاشت معمول منطقه اوایل مهرماه می‌باشد و رقم اکاپی که بیشترین سطح زیر کشت را در منطقه داشت، به عنوان شاهد انتخاب شد (۳۵). برخی مشخصات ارقام مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ آمده است.

براساس نتایج تجزیه خاک قبل از کاشت، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و ۷۰ کیلوگرم در هکتار پتاس از منبع سولفات پتاسیم، به طور یکنواخت در مزرعه پخش گردید و سپس به کمک دیسک با خاک مخلوط شد. هم‌چنین مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره، به صورت سرک در سه مرحله از رشد رویشی (مرحله ۴- ۲ برگی، شروع ساقه‌دهی و شروع گل‌دهی) به زمین داده شد. هر کرت آزمایشی شامل پنج پشته ۶۰ سانتی‌متری به طول ۸ متر بود که در دو طرف هر پشته، به فاصله ۳۰ سانتی‌متر، دو ردیف

حاصل شد. سرعت رشد محصول (CGR) به بهترین شکل مفهوم رشد را می‌رساند و سرعت تولید وزن خشک را در واحد سطح زمین مشخص می‌کند و در نهایت اثر متقابل گیاه و فتوسنتز را نشان می‌دهد (۹). در مطالعه‌ای (۳۸) مشخص شد که CGR در نزدیک زمان حداکثر شاخص سطح برگ، بیشترین بود و با کاهش LAI، شروع به کاهش کرد. مشاهده شده است که حداکثر CGR در تاریخ‌های کشت زودتر به دست می‌آید و با تأخیر در کاشت، کاهش می‌یابد (۲۴). مندهام و همکاران (۲۷) نشان دادند که اگر حداکثر شاخص سطح برگ کمتر از ۴ باشد می‌توان گفت رشد و عملکرد گیاه در اثر کمبود سطح برگ محدود شده است. آنها هم‌چنین نتیجه گرفتند شاخص سطح برگ در حدود ۴ برای دریافت حدود ۹۰ درصد تابش خورشیدی کفایت می‌کند.

عملکرد دانه نتیجه فعالیت یک جامعه گیاهی در طی فصل رشد، استفاده از تابش و سایر عوامل محیطی برای فتوسنتز و تسهیم مواد پرورده است (۹). تحقیقات نشان داده است که بهترین راه افزایش عملکرد، تولید مواد پرورده در زمان رشد هر یک از اجزای عملکرد است. از این جهت در تهیه مواد پرورده برای رشد اجزای عملکردی در کلزا باید سطح برگ و دوام برگ زیاد شود (۵). در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ میزان تولید کلزا در استان کهگیلویه و بویراحمد ۲۶۵۴ تن با متوسط عملکرد ۱۷۴۲ کیلوگرم در هکتار بوده است (۳۵). این درحالی است که تحقیقات صورت گرفته در سایر نقاط کشور (۱، ۳، ۱۴، ۱۶ و ۳۲) نشان از سازگاری خوب کلزا با خصوصیات آب و هوایی کشور دارد. یکی از دلایل پایین بودن عملکرد با توجه به شرایط آب و هوایی مناسب در این منطقه، نبود ارقام پر محصول و عدم رعایت تاریخ کاشت است. با توجه به این که زمان مناسب کشت این محصول بستگی به وضعیت زمانی و جغرافیایی منطقه دارد، لذا به منظور دستیابی به تاریخ کاشت مناسب هر منطقه، تحقیقات زیادی صورت گرفته است. تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک چهار رقم کلزا در یاسوج انجام شد.

جدول ۱. برخی مشخصات ارقام مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	نام فارسی رقم	نام انگلیسی رقم	مبدأ	تیپ کشت	سازگاری
۱	زرغام (ریجنت×کبری)	Regent * Cobra	ایران	پاییزه-بهاره	معتدل سرد و سرد
۲	اکاپی	Okapi	فرانسه	پاییزه	معتدل سرد و سرد
۳	الایت	Elite	فرانسه	پاییزه	معتدل سرد و سرد
۴	اس.ال.ام-۰۴۶	SLM-046	آلمان	پاییزه	سرد

حداکثر ( $F_m$ ) و حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی فتوسیستم II ( $F_v/F_m$ ) اندازه‌گیری شد.

$$F_v/F_m = (F_m - F_0) / F_m$$

$F_v/F_m$ : حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی فتوسیستم II

$F_0$ : فلورسانس حداقل (در شرایط سازگار به تاریکی)

$F_m$ : فلورسانس حداکثر (بلافاصله بعد از فلش نور)

#### اندازه‌گیری فلورسانس در حالت روشنایی

با تعویض کلیپس از حالت تاریکی به حالت روشنایی و ایجاد پالس نور، پارامتر عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی فتوسیستم II ( $\Phi_{PSII}$ ) اندازه‌گیری شد.

$$\Phi_{PSII} = (F_{ms} - F_s) / F_{ms}$$

$F_s$ : فلورسانس در حالت پایدار (در شرایط حضور نور)

$F_{ms}$ : فلورسانس حداکثر در حالت پایدار (بلافاصله بعد از فلش نور)

$\Phi_{PSII}$ : عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی فتوسیستم II

به منظور تجزیه رشد، شش خط کاشت میانی هر کرت و با حذف اثرات حاشیه‌ای (نیم متر از ابتدا و انتهای هر خط) در نظر گرفته شد. نمونه‌برداری اول یک ماه بعد از هر تاریخ کاشت صورت گرفت و نمونه‌برداری‌های بعدی با فواصل هر ۱۵ روز یکبار تا مرحله بلوغ صورت پذیرفت (در طول زمستان نمونه‌برداری‌ها با فواصل هر ۳۰ روز یکبار انجام شد). جهت نمونه‌برداری، مقدار ۰/۲۵ مترمربع بوته از شش خط میانی هر کرت انتخاب و از محل طوقه قطع گردید. سپس با استفاده از کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه

کشت گردید. عملیات کاشت با دست و با تراکم بالاتر در عمق ۳ سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد و در مرحله ۴-۲ برگگی با در نظر گرفتن فاصله بوته پنج سانتی‌متر (تراکم ۶۷ بوته در مترمربع)، عملیات تنک انجام گردید. فاصله بین کرت‌ها، ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها، ۱۲۰ سانتی‌متر لحاظ شد. آبیاری به صورت جوی و پشت‌های بود و اولین آبیاری بعد از کاشت صورت گرفت که این آبیاری مبنای تاریخ کاشت قرار گرفت. آبیاری‌ها تا زمان مرحله دو تا سه برگگی هر چهار روز یکبار و پس از آن براساس نیاز گیاه، درجه حرارت و شرایط جوی هر ۷ تا ۱۲ روز یکبار انجام گردید. در طول دوران رشد و نمو عملیات مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام شد. برای مبارزه با شته مومی کلزا از سم متاسیستوکس آر به میزان ۲ لیتر در هکتار در دو مرحله شروع ساقه‌دهی و شروع گل‌دهی استفاده شد. برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل از دستگاه فلورومتر (OS1-FL, Opti-Science USA) که توانایی اندازه‌گیری فلورسانس را در دو حالت روشنایی و تاریکی دارد، استفاده شد. در هر کرت ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و بر روی جوان‌ترین برگ کاملاً باز شده، این پارامترها اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در مرحله زایشی (۲۰ روز بعد از شروع گل‌دهی) در ساعت ۸ تا ۱۰ صبح انجام شد (۲۶).

#### اندازه‌گیری فلورسانس در حالت تاریکی

با استفاده از کلیپس‌های مخصوص سطح برگ به مدت ۱۵ دقیقه پوشانده و سازگار به سایه (Dark-adapted) شد. سپس با ایجاد پالس نور، پارامترهای فلورسانس حداقل ( $F_0$ )، فلورسانس

بوته به طور تصادفی از هر کرت آزمایشی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند و میانگین آن برای هر صفت محاسبه شد. برای تعیین عملکرد دانه از ردیف‌های میانی هر کرت با رعایت حاشیه، سطحی معادل ۳ مترمربع برداشت صورت گرفت و عملکرد دانه محاسبه گردید. برای تجزیه واریانس و تجزیه همبستگی داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد و میانگین داده‌ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

## نتایج و بحث

### فلورسانس کلروفیل

اثر رقم بر پارامترهای فلورسانس حداکثر ( $F_m$ ) و حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی فتوسیستم دو ( $F_v/F_m$ ) معنی‌دار بود (جدول ۲). ارقام از نظر فلورسانس حداقل ( $F_0$ ) تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. بیشترین تفاوت ارقام از نظر  $F_m$  بود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، ارقام زرفام و الایت با  $F_0$  پایین‌تر دارای  $F_m$  بالاتری نسبت به ارقام اکاپی و SLM-046 بودند. هم‌چنین ارقام  $F_v/F_m$  زرفام و الایت به طور معنی‌داری بیشتر از ارقام اکاپی و SLM-046 بود (جدول ۳). گرچه ارقام از لحاظ عملکرد کوانتومی فتوشیمیایی فتوسیستم II ( $\Phi_{PSII}$ ) تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، ولی از لحاظ عددی ارقام زرفام و الایت دارای  $\Phi_{PSII}$  بیشتری بودند (جدول ۳). اثر رقم نیز بر طول دوره گل‌دهی معنی‌دار شد (جدول ۲). وجود تفاوت‌های ژنتیکی در ارقام کلزا باعث تفاوت در میزان فلورسانس کلروفیل آنها شده است. پارامترهای فلورسانس کلروفیل به واسطه این‌که دارای تطبیق خوبی با ارقام با عملکرد بالا بودند، می‌توانند برای گزینش ارقام قبل از رسیدگی و جهت صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها از آنها بهره‌برد. تفاوت در فلورسانس کلروفیل ارقام مختلف کلزا و همبستگی آن با عملکرد دانه کلزا توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۴). اثر تاریخ کاشت بر پارامترهای فلورسانس کلروفیل معنی‌دار نبود (جدول ۲)؛ ولی با تأخیر در کاشت مقدار عددی

اندام‌های مختلف گیاه شامل ساقه، برگ و خورجین به تفکیک جدا شده و وزن خشک هر کدام محاسبه گردید. سطح برگ بوته‌های برداشت شده به کمک دستگاه سطح برگ‌سنج (Licore-3100 Area meter, USA) اندازه‌گیری شد. جهت خشک کردن نمونه‌ها، به مدت ۴۸ ساعت برای اندام‌های نرم گیاه و ۷۲ ساعت برای اندام‌های چوبی (ساقه و شاخه‌ها) در آون و در درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. برای محاسبه شاخص سطح برگ از معادله شماره ۱ استفاده گردید که در آن،  $\overline{LAI}$  شاخص سطح برگ متوسط،  $LA_1$  و  $LA_2$  سطوح برگ گیاهان در زمان‌های اول و دوم و  $GA$  سطح زمین است (۱۸).

$$\overline{LAI} = ((LA_1 + LA_2) / 2) \times \frac{1}{GA} \quad [1]$$

سرعت رشد گیاه زراعی نیز براساس معادله شماره ۲ زیر محاسبه شد که در آن  $W_1$  و  $W_2$  وزن خشک برداشت شده در نمونه‌گیری‌های اول و دوم و  $T_1$  و  $T_2$  زمان‌های برداشت اول و دوم برحسب درجه روز رشد پس از کاشت و  $GA$  سطح زمین مورد برداشت است (۱۵).

$$CGR = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1) \times \frac{1}{GA} \quad [2]$$

با استفاده از آمار ایستگاه هواشناسی فرودگاه یاسوج، میزان درجه-روز-رشد تجمعی (GDD) از کاشت تا هر مرحله از رشد و نمو تمامی تیمارها، با استفاده از معادله شماره ۳ محاسبه شد.

$$H_i = \sum_{i=1}^n ((T_{min} + T_{max}) / 2) - T_b \quad [3]$$

در این رابطه،  $i$ : تعداد روز،  $H_i$  درجه-روز-رشد تجمعی تا روز  $i$ ام (GDD)،  $T_{min}$  کمینه درجه حرارت روزانه هوا با حد پایین ۵ درجه سانتی‌گراد،  $T_{max}$  بیشینه درجه حرارت هوا با حد بالایی ۳۰ درجه سانتی‌گراد است.  $T_b$ ، درجه حرارت پایه کلزا است که معادل ۵ درجه سانتی‌گراد منظور شد (۳۴). به‌منظور تعیین صفاتی نظیر ارتفاع بوته، ارتفاع تا پایین‌ترین خورجین و تعداد شاخه فرعی در بوته، پس از رسیدگی فیزیولوژیک ۱۵



$F_0$  افزایش و  $F_m$ ،  $F_v/F_m$  و  $\Phi_{PSII}$  کاهش یافت (جدول ۳). علت آن را می‌توان به افزایش دما و تابش و ایجاد تنش با تأخیر در کاشت در مرحله گل‌دهی ربط داد. ولی به دلیل نزدیک بودن تاریخ وقوع مرحله گل‌دهی در تاریخ کاشت - های مختلف تفاوت‌ها معنی‌دار نشد (شکل ۱). گزارش شده است که تنش‌های محیطی مقدار  $F_v$  را به دلیل ممانعت از فتواکسیداسیون PSII کاهش می‌دهند (۱۱، ۲۳ و ۲۵).

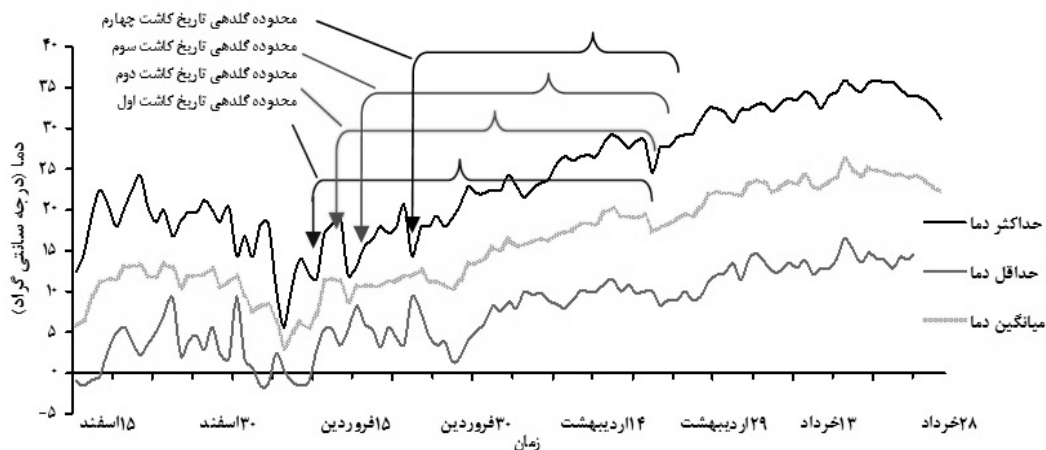
### خصوصیات ظاهری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت، رقم و برهمکنش آنها بر ارتفاع بوته، ارتفاع تا پایین‌ترین خورجین و تعداد شاخه فرعی در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت و رقم (جدول ۴) بر ارتفاع بوته نشان می‌دهد که رقم الایت در تاریخ کاشت اول با ۱۷۳ سانتی‌متر طول، بیشترین ارتفاع را دارا بوده و کمترین ارتفاع بوته (۹۱ سانتی‌متر) برای رقم اکاپی در تاریخ کاشت چهارم به دست آمد. با توجه به نتایج فوق مشخص می‌گردد که با تأخیر در تاریخ کاشت و کاهش روند رشد، ارتفاع بوته که یکی از صفات رویشی است، کاهش یافت. تاریخ کاشت می‌تواند از طریق تغییر در شرایط محیطی از جمله دما، طول روز و رطوبت قابل دسترس در خاک در طول فصل رشد، بر میزان رشد و ارتفاع بوته تأثیرگذار باشد (۲۴). در این آزمایش دلیل افزایش ارتفاع در تاریخ کاشت اول و دوم را می‌توان به مساعد بودن دمای هوا در مرحله روزت ارتباط داد؛ که این امر باعث طولانی‌تر شدن طول دوره رویش گیاه و در نتیجه افزایش میزان رشد رویشی، ارتفاع بوته و ماده خشک شده است. با افزایش ارتفاع بوته، فاصله تا پایین‌ترین خورجین افزایش می‌یابد که خود صفتی مطلوب برای برداشت مکانیزه کلزا با کمباین محسوب می‌شود (۱). در تاریخ کاشت اول رقم الایت و در تاریخ کاشت‌های بعدی، رقم زرفام بیشترین ارتفاع تا پایین‌ترین خورجین را دارا بود (جدول ۴). بیشترین تعداد شاخه جانبی با ۱۴ عدد مربوط به رقم زرفام در تاریخ کاشت اول و کمترین آن با ۴/۷ مربوط به ارقام اکاپی و SLM-046 در تاریخ

کاشت آخر بود (جدول ۳). این ویژگی موجب نفوذ بیشتر نور به درون اجتماع گیاهی شده و با افزایش راندمان انتقال مواد فتوسنتزی، عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. دینبروک (۱۲)، نیز بالا بودن ارتفاع پایین‌ترین شاخه خورجین‌دار از سطح زمین در کلزا را عامل افزایش راندمان انتقال مواد فتوسنتزی و افزایش عملکرد دانه دانستند. بخش زیادی از تنوع موجود برای ارتفاع بوته ناشی از عوامل ژنتیکی است و با گزارش‌های دیگر مبنی بر وجود تفاوت‌های ژنتیکی برای ارتفاع بوته همخوانی دارد (۲، ۱۶ و ۳۲).

### شاخص‌های رشد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تاریخ کاشت، رقم و برهمکنش آنها بر صفات حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر ماده خشک کل و حداکثر سرعت رشد محصول معنی‌دار بود (جدول ۲). در این بررسی حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ، به ترتیب برای رقم الایت در تاریخ کاشت اول و ارقام اکاپی و SLM-046 در تاریخ کاشت چهارم حاصل شد (جدول ۴). در تاریخ کاشت اول، رقم الایت و در تاریخ کاشت‌های بعدی رقم زرفام شاخص سطح برگ بالاتری را نسبت به سایر ارقام داشتند (جدول ۴). این امر منجر به افزایش دریافت تابش، افزایش توان فتوسنتزی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه در این تاریخ کاشت گردید (جدول ۴). معمولاً قسمت اعظم رشد گونه‌های پربازده در ابتدای فصل رویش در جهت توسعه سطح برگ‌ها صورت می‌گیرد، که به دنبال آن تابش خورشیدی نیز با کارایی بیشتری استفاده می‌شود (۱۸). روند عمومی تغییرات LAI در همه ارقام مشابه بود. به طوری‌که در کلیه ارقام مورد بررسی، روند کاهش شاخص سطح برگ از حدود اواسط دوره گل‌دهی مشاهده گردید (شکل‌های ۲ و ۳). در طول زمستان مقداری از برگ‌ها در اثر سرما خشک شده و منجر به کاهش سطح برگ شد؛ ولی در اواخر زمستان در مرحله شروع رشد مجدد سطح برگ افزایش یافت و در مرحله گل‌دهی به حداکثر خود رسید و پس از آن در اثر سایه‌اندازی و پیری برگ‌ها شروع به زرد شدن و



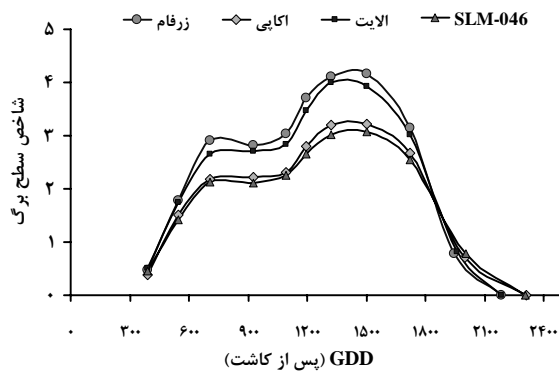
شکل ۱. روند تغییرات کمینه، بیشینه و متوسط دما در فصل رشد در مرحله گل دهی تا رسیدگی کلزا

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های برهمکنش تاریخ کاشت و رقم برای خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی

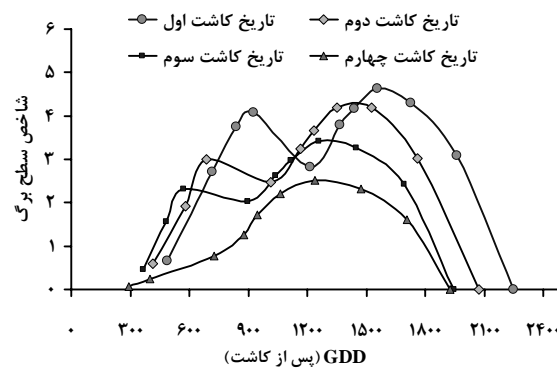
عوامل کاشت (کیلوگرم بر هکتار)	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع GDD)	حداکثر ماده خشک (گرم بر مترمربع)	حداکثر شاخص سطح برگ	تعداد شاخه‌های فرعی در بوته	ارتفاع تا پایین‌ترین خورجین (سانتی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تیمار	
							رقم	تاریخ کاشت
۴۴۳۴ <sup>c</sup>	۲/۷۳ <sup>ab</sup>	۱۸۰۵ <sup>ab</sup>	۴/۹۲ <sup>b</sup>	۱۴ <sup>a</sup>	۶۷/۵ <sup>cde</sup>	۱۴۴ <sup>bcd</sup>	زرغام	۲۱ شهریور
۳۹۳۵ <sup>de</sup>	۲/۱۶ <sup>cd</sup>	۱۴۹۱ <sup>cd</sup>	۴/۲۶ <sup>d</sup>	۱۰/۵ <sup>bc</sup>	۶۲/۵ <sup>efg</sup>	۱۴۲ <sup>bcd</sup>	اکاپی	
۵۲۳۱ <sup>a</sup>	۲/۹۲ <sup>ab</sup>	۱۸۲۵ <sup>ab</sup>	۵/۲۱ <sup>a</sup>	۱۲ <sup>b</sup>	۸۷/۵ <sup>a</sup>	۱۷۳ <sup>a</sup>	الایت	
۳۸۷۰ <sup>e</sup>	۲/۰۳ <sup>cd</sup>	۱۴۱۲ <sup>cd</sup>	۴/۲۰ <sup>d</sup>	۷/۷ <sup>d</sup>	۶۷/۵ <sup>cde</sup>	۱۳۵ <sup>de</sup>	SLM-046	
۵۱۴۴ <sup>a</sup>	۳/۱۳ <sup>a</sup>	۱۸۹۰ <sup>a</sup>	۴/۸۸ <sup>b</sup>	۱۱/۷ <sup>b</sup>	۷۶/۲ <sup>b</sup>	۱۶۶ <sup>a</sup>	زرغام	۳۱ شهریور
۳۷۰۱ <sup>ef</sup>	۱/۷۲ <sup>d</sup>	۱۳۶۵ <sup>d</sup>	۳/۹۱ <sup>e</sup>	۱۰/۷ <sup>bc</sup>	۶۵ <sup>def</sup>	۱۳۹ <sup>cd</sup>	اکاپی	
۴۸۵۴ <sup>b</sup>	۲/۳۲ <sup>b</sup>	۱۷۳۶ <sup>b</sup>	۴/۶۳ <sup>c</sup>	۱۰ <sup>c</sup>	۶۶/۲ <sup>def</sup>	۱۵۰ <sup>b</sup>	الایت	
۳۵۴۴ <sup>f</sup>	۱/۷۵ <sup>d</sup>	۱۳۲۴ <sup>d</sup>	۳/۴۶ <sup>f</sup>	۹/۵ <sup>c</sup>	۷۱/۲ <sup>bcd</sup>	۱۲۸ <sup>ef</sup>	SLM-046	
۴۱۲۳ <sup>d</sup>	۲/۲۲ <sup>c</sup>	۱۵۳۱ <sup>c</sup>	۴/۱۰ <sup>d</sup>	۱۰/۷ <sup>bc</sup>	۷۵ <sup>cd</sup>	۱۴۷ <sup>bc</sup>	زرغام	۱۰ مهر
۲۹۶۰ <sup>h</sup>	۱/۳۹ <sup>f</sup>	۱۰۴۱ <sup>f</sup>	۲/۸۶ <sup>g</sup>	۷/۷ <sup>d</sup>	۵۰ <sup>hi</sup>	۱۱۹ <sup>fg</sup>	اکاپی	
۳۷۱۲ <sup>ef</sup>	۱/۷۱ <sup>cd</sup>	۱۳۹۹ <sup>cd</sup>	۳/۶۹ <sup>ef</sup>	۹/۳ <sup>c</sup>	۶۱/۲ <sup>efg</sup>	۱۴۳ <sup>bcd</sup>	الایت	
۲۷۹۳ <sup>h</sup>	۱/۳۱ <sup>ef</sup>	۱۰۹۹ <sup>ef</sup>	۲/۹۱ <sup>g</sup>	۹/۷ <sup>c</sup>	۶۰ <sup>efg</sup>	۱۲۱ <sup>fg</sup>	SLM-046	
۳۲۵۴ <sup>g</sup>	۱/۷۴ <sup>d</sup>	۱۲۹۲ <sup>d</sup>	۲/۹۳ <sup>g</sup>	۶/۷ <sup>d</sup>	۵۵ <sup>gh</sup>	۱۱۹ <sup>fg</sup>	زرغام	۲۰ مهر
۱۹۷۷ <sup>i</sup>	۱/۱۵ <sup>g</sup>	۸۴۶ <sup>g</sup>	۲/۲۹ <sup>i</sup>	۴/۷ <sup>e</sup>	۴۳/۷ <sup>i</sup>	۹۱ <sup>h</sup>	اکاپی	
۲۹۹۰ <sup>h</sup>	۱/۴۷ <sup>de</sup>	۱۱۶۹ <sup>de</sup>	۲/۶۲ <sup>h</sup>	۱۰/۷ <sup>bc</sup>	۵۸ <sup>fg</sup>	۱۱۸ <sup>g</sup>	الایت	
۱۷۳۳ <sup>j</sup>	۱/۰۶ <sup>h</sup>	۷۲۳ <sup>h</sup>	۲/۲۲ <sup>i</sup>	۴/۷ <sup>e</sup>	۴۵ <sup>i</sup>	۹۴ <sup>h</sup>	SLM-046	

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵ درصد به روش دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.





شکل ۳. روند تغییرات شاخص سطح برگ در ارقام مختلف کلزا



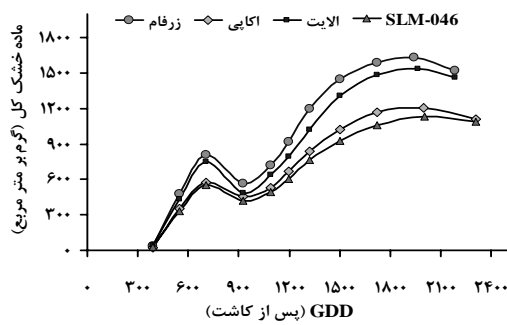
شکل ۴. روند تغییرات شاخص سطح برگ در تاریخ‌های مختلف کاشت

روزت بود که در اثر سرما بیشترین خسارت را نیز متحمل شد، که منجر به کاهش عملکرد آن نیز گردید. در تاریخ کاشت‌های دوم و سوم نیز کاهش وزن خشک در طول زمستان مشاهده شد. در تاریخ کاشت چهارم وضعیت روزت آنقدر ضعیف بود که تعداد برگ تولید شده بسیار کم بود و در طول زمستان ریزش نداشت و وزن خشک کاهش نیافت (شکل ۴). شایان ذکر است که در اکثر طول دوره رشد، مقدار وزن خشک در رقم زرفام بیشتر و در رقم SLM-046 کمتر از سایر ارقام بود (شکل ۵). زرفام جزو ارقام با تیپ رشد بهاره-پاییزه می‌باشد که در کشت‌های پاییزه کلزا دارای رشد رویشی زیاد است (۳۲). تولید ماده خشک، محصول فتوسنتز خالص گیاه است. ماده خشک تولیدی یا به مصرف رشد گیاه رسیده و یا در اندام‌های ذخیره‌ای تجمع می‌یابد؛ که می‌تواند تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد (۳۶). زامفلد و همکاران (۳۹) همبستگی مثبتی را بین ماده خشک کل با عملکرد دانه در کلزا گزارش کرده‌اند.

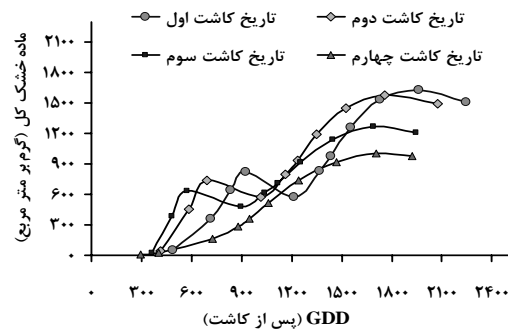
در شرایط آب و هوایی منطقه یاسوج با تأخیر در کاشت کلزا، سرعت رشد محصول کاهش یافت. بیشترین میزان CGR برای رقم زرفام در تاریخ کاشت دوم و کمترین آن برای رقم SLM-046 در تاریخ کاشت چهارم، به ترتیب ۲/۸۷ و ۱/۰۶ گرم بر مترمربع بر GDD به دست آمد؛ که علت آن را می‌توان اثر LAI بیشتر بر راندمان فتوسنتز دانست (جدول ۴). در تاریخ

کاهش سطح برگ شد و در نهایت در موقع برداشت تقریباً تمامی برگ‌ها ریزش کرده و خشک شدند (شکل‌های ۲ و ۳). شاخص سطح برگ از شاخص‌های تعیین‌کننده رشد می‌باشد و همبستگی قوی بین سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی با عملکرد بیولوژیک و دانه، در بسیاری از مطالعات گزارش شده است (۱، ۶ و ۳۸). تأخیر در کاشت موجب تولید ناکافی سطح برگ، کوتاه شدن ساقه و افت شاخه‌دهی شد.

نتایج این تحقیق نشان داد که رقم زرفام در تاریخ کاشت دوم و رقم SLM-046 در تاریخ کاشت چهارم به ترتیب بیشترین و کمترین تجمع ماده خشک را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). همان‌طور که قبلاً بیان گردید تاریخ کاشت اول بیشترین شاخص سطح برگ را نیز نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت تولید کرد. این برتری سبب افزایش سطح فتوسنتزکننده، افزایش فتوسنتز خالص و در نتیجه افزایش ماده خشک تجمع یافته در این تاریخ کاشت گردید. با توجه به شکل‌های ۴ و ۵ که روند تجمع ماده خشک در ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف را نشان می‌دهند، مشاهده می‌شود که در طول زمستان مقداری از وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد که علت آن ریزش و خشک شدن برخی از برگ‌ها در اثر سرما بود؛ که این کاهش وزن خشک در تیمارهایی که دارای وزن خشک روزت بیشتری بودند، بیشتر بود. تاریخ کاشت اول دارای بیشترین وزن خشک



شکل ۵. روند تجمع ماده خشک در ارقام مختلف کلزا



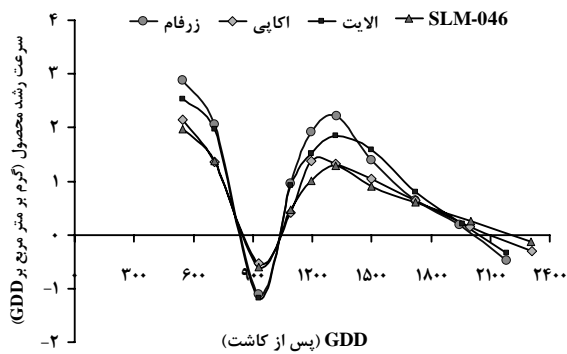
شکل ۴. روند تجمع ماده خشک در تاریخ‌های مختلف کاشت

حسین‌زاده و همکاران گزارش کردند که در آخر فصل رشد کاهش در روند CGR مشاهده شده و این کاهش زمانی رخ داده است که گیاه به جای تولید مواد فتوسنتزی، بیشتر به انتقال مجدد آنها از اندام‌های مختلف به دانه‌ها پرداخت و به همین دلیل مقدار CGR منفی شده است (۲۱). بین سرعت رشد گیاهی و میزان تابش جذب شده توسط برگ‌های یک گیاه رابطه مستقیم وجود دارد، به طوری که در ابتدای فصل رشد به دلیل کم بودن سطح دریافت کننده تابش (برگ‌ها)، میزان دریافت تابش کم است، در نتیجه ماده خشک کمتری تولید شده و میزان CGR هم کم است. اما با رشد سریع گیاه و افزایش سطح برگ جذب تابش افزایش پیدا کرده و CGR هم افزایش می‌یابد. نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش با یافته‌های سایر محققان موافقت دارد (۳۰).

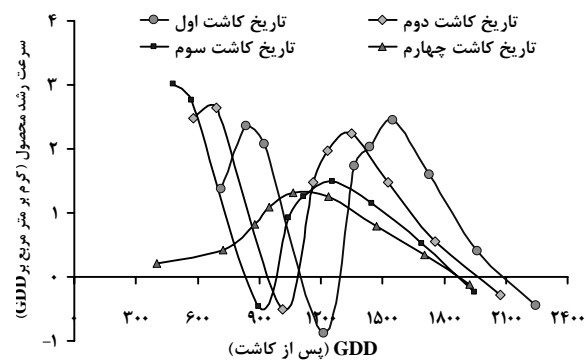
سرعت رشد محصول در رقم زرفام در کل دوره رشد، بیشتر از سایر ارقام بود (شکل ۷)؛ که می‌تواند بیانگر برتری فتوسنتزی و ذخیره‌سازی بیشتر مواد در این رقم باشد و این مسئله به خوبی عملکرد اقتصادی بالای این رقم را توجیه می‌کند. کریمی و سدیک (۲۲) عنوان کردند که بالا بودن عملکرد دانه ارقام جدید گندم استرالیایی به علت بالا بودن سرعت رشد محصول در زمان گل‌دهی می‌باشد. بالا بودن همکاران (۸) نیز بالا بودن عملکرد دانه ذرت را در فواصل کشت یکسان به خاطر سرعت رشد محصول بیشتر در اوایل فصل رشد گزارش دادند.

کاشت اول رقم زرفام به دلیل عادت رشد بهاره-پاییزه، در پاییز رشد سریع‌تری داشت و سطح برگ زیادی تولید کرد که همین عامل باعث شد که در سرمای زمستان شدیداً خسارت ببیند و باعث کاهش رشد در بقیه مراحل از جمله در مرحله گل‌دهی شد.

بررسی روند تغییرات سرعت رشد محصول نشان داد که منحنی تغییرات CGR از موقع کاشت تا برداشت دارای دو نقطه اوج و افول بود (شکل ۶). به طوری که از موقع کاشت تا شروع سرمای زمستانه به دلیل هوای مناسب CGR افزایش یافت. با تکمیل روزت و شروع سرمای زمستانه و کاهش دما، سرعت رشد کاهش یافت. با مهیا شدن دما در اواخر زمستان، رشد مجدد آغاز شد و با کامل شدن پوشش گیاهی و استفاده کاراتر از نور خورشید و همچنین افزایش سطح برگ، سرعت رشد محصول افزایش یافت و به یک حد نهایی رسید. پس از آن به دلیل رقابت بیشتر بوته‌ها، کاهش نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی، میزان CGR کاهش یافت و حتی در برخی موارد منفی شد. در تاریخ کاشت چهارم به دلیل کاهش دما در موقع کاشت و شروع سرمای زمستان، ارقام نتوانستند روزت خود را قبل از سرمای زمستان تکمیل کنند و با روزت خیلی ضعیفی زمستان‌گذرانی کردند و به دلیل کمی CGR در مراحل اولیه، روند منحنی CGR یکنواخت بوده و با یک شیب کندی افزایش یافت (شکل ۶). برخی از محققین معتقدند که CGR رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتزکننده دارد (۲۰ و ۳۳).



شکل ۷. روند تغییرات سرعت رشد محصول در ارقام مختلف کلزا



شکل ۶. روند تغییرات سرعت رشد محصول در تاریخ‌های مختلف کاشت

کاشت چهارم با ۵۵ درصد کاهش عملکرد دانه در مقایسه با تاریخ کاشت اول، بیشترین حساسیت را به تاریخ کاشت نشان داد. عملکرد دانه ارقام اکابی، الایت و زرفام با تأخیر در کاشت به ترتیب ۵۰، ۴۳ و ۳۷ درصد کاهش یافت.

دلایل اصلی افزایش عملکرد دانه در تاریخ کاشت‌های اول و دوم، مساعد بودن هوا در مرحله جوانه‌زنی و تشکیل روزت بود که سبب شده است گیاهان رشد سریع و بیشتری داشته و در نهایت بوته‌های قوی‌تری با عملکرد بیشتر تولید نمایند (۱۲). تاریخ کاشت اول و دوم به دلیل دارا بودن بیشترین ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ، نور بیشتری توسط گیاه دریافت و در نتیجه به علت فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک نیز افزایش یافت و منجر به افزایش عملکرد دانه گردید (جدول ۴). در اکثر مطالعات کاهش عملکرد دانه در اثر تأخیر در کاشت گزارش شده است (۳، ۱۷، ۲۷، ۲۸ و ۳۲). در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که تأخیر در کاشت کلزا در این منطقه، به دلیل از دست رفتن زمان‌های مناسب برای رشد، محصول به پتانسیل بالقوه خود نمی‌رسد. ارقام زرفام و الایت، زودرس‌تر از ارقام اکابی و SLM-046 و از شاخص سطح برگ و سرعت رشد بالاتری نیز برخوردار بودند. نیاز حرارتی و نوری پایین ارقام زودرس در مقایسه با ارقام دیررس باعث شد که این ارقام زودتر وارد فاز زایشی شوند و مرحله گل‌دهی با عوامل محیطی مناسبی برخورد

### عملکرد دانه

اثر تاریخ کاشت، رقم و برهمکنش تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). معنی‌دار شدن برهمکنش تاریخ کاشت و رقم را می‌توان مربوط به واکنش متفاوت عملکرد دانه رقم زرفام در تاریخ کاشت‌های مورد مطالعه دانست. در تاریخ کاشت اول بیشترین عملکرد دانه رقم الایت و در تاریخ کاشت‌های بعدی بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم زرفام بود (جدول ۴). زرفام جزو ارقام با تیپ رشد بهاره- پاییزه است که در کشت‌های پاییزه کلزا دارای رشد رویشی زیاد بوده و در تاریخ کاشت‌های زود منجر به کاهش مقاومت آنها به سرمای زمستان می‌شود (۳۲). در تاریخ کاشت اول رقم زرفام دارای بیشترین وزن خشک روزت بود (۹۴۶ گرم بر مترمربع) که در اثر سرما بیشترین خسارت را نیز متحمل شده و منجر به کاهش عملکرد آن گردید. ولی در تاریخ کاشت‌های بعدی با کاهش طول دوره روزت، رشد بیش از حد نداشته و نسبت به سایر ارقام از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود. رزمی (۳۲) نیز علت کاهش عملکرد رقم زرفام در کاشت زود هنگام را رشد رویشی زیاد و افزایش ورس عنوان کرده است. تأخیر در کاشت نیز باعث کاهش طول دوره روزت و کاهش وزن خشک روزت شد و عملکرد کاهش یافت. البته میزان کاهش عملکرد دانه در ارقام مختلف متفاوت بود. به طوری که رقم SLM-046 در تاریخ

کند، که همین امر منجر به طولانی‌تر شدن دوره گل‌دهی و در نهایت افزایش عملکرد دانه شد. به طور کلی رقم الایت در تاریخ کاشت ۲۱ شهریور و رقم زرفام در کاشت تأخیری از عملکرد بالاتری برخوردار بودند.

### منابع مورد استفاده

1. Alyari, H., F. Shekari and F.M. Shekari. 2001. Oil seeds (Agronomy and Physiology). Amidi Publication, Tabriz, Iran (In Farsi).
2. Arvin, P. and M. Azizi. 2009. A comparison of yield, harvest index and morphological characters of spring cultivars of the oilseed rape species. *Electronic Journal of Crop Production* 2: 1-14 (In Farsi).
3. Askary, A. and A. Morady Baliny. 2007. Evaluation of yield, yield components and vegetative characters of oilseed rape cultivars in different planting dates in Haji Abad, Hormozgan. *Seed and Plant Production Journal* 23: 419-430 (In Farsi).
4. Azimi Gandomani, M. 2008. Effect of salinity on ecophysiological characters of spring rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). MSc. Thesis. Yasouj University, Yasouj, Iran (In Farsi).
5. Berry, M.P. and J.H. Spink. 2006. A physiological analysis of oilseed rape yield, past and future (review). *Journal of Agricultural Science* 199: 381-392.
6. Biswas, D.K., M.M. Haque, A. Hamid, J.U. Ahmed and M.A. Rahman. 2002. Influence of plant population density on growth and yield of two black gram varieties. *Pakistan Journal of Agronomy* 1: 83-85.
7. Boguet, D.J. 1990. Plant population density and row spacing on canola at post-optimal planting date. *Agronomy Journal* 82: 59-64.
8. Bullock, D.G., R.L. Nielsen and W.E. Nyquist. 1988. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science* 28: 254-258.
9. Clarke, J.M. and G.M. Simpson. 1978. Growth analysis of *Brassica napus* CV. Tower. *Canadian Journal of Plant Science* 58: 587-595.
10. Dell'Aquila, A., R. Schoor and H. Jalink. 2002. Application of chlorophyll fluorescence in sorting controlled deteriorated with cabbage (*Brassica oleracea* L.) seeds. *Seed Science and Technology* 30: 689-695.
11. Demmig, B.W., N.I. Adams, K. Winter, A. Meyer, U. Schreiber, J.S. Pereira, A. Kruger, F.C. Czygan and O.L. Lange. 1989. Photochemical efficiency of photosystem II. Photons yield of O<sub>2</sub> evolution, photosynthetic capacity, and arytenuoids composition during the midday depression of net CO<sub>2</sub> uptake in *Arbutus undoo* growing in Portugal. *Journal of Plant Physiology* 177: 377-387.
12. Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Field Crops Research* 67: 35-49.
13. Emam, Y.M. and M. Niknejad. 2004. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. 2<sup>nd</sup> ed., Shiraz University Press. 571 pp. (In Persian).
14. Fanaei, H.R., Gh. Keykha, H. Akbarimoghaddam, S.S. Modarres Nejabadi and M.R. Naruoye Rad. 2005. Effects of planting methods and seed rate on yield and yield components of rapeseed, Hayola 401 hybrid in Sistan conditions. *Seed and Plant Production Journal* 21: 399-410 (In Farsi).
15. FAO. 2010. Stat Database. Available online at: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx/>. Accessed 14 May 2010.
16. Faraji, A. 2005. Study on yield, agronomic characters and traits correlation of eighteen spring canola cultivars in Gonbad areas. *Seed and Plant Production Journal* 21: 385-398 (In Farsi).
17. Faraji, A. 2008. Effect of planting date, seed rate and row space on agronomic characters and grain yield of canola CV. RGS003 in Gonbad areas. *Seed and Plant Production Journal* 24: 623-641 (In Farsi).
18. Gardner, F.P., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, USA. 421 pp.
19. Habekotte, B. 1993. Quantitative analysis of pod formation, seed set and seed filling in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under field conditions. *Field Crops Research* 35: 21-33.
20. Habibzadeh, Y., R. Mamghani and A. Kashani. 2006. Effects of plant density on grain yield and some morpho-physiological traits in three Mungbean (*Vigna radiate* L.) genotypes under Ahvaz conditions. *Iranian Journal of Crop Science* 8(1): 66-78 (In Farsi).
21. Hosseinzadeh, M.H., M. Esfahani, M. Rabiei and B. Rabiei. 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 Journal of Crop Sciences* 10(3): 281-302 (In Farsi).

22. Karimi, M.M. and K.M. Siddique. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research* 42: 13-20.
23. Kramer, D.M., G. Johnson, O. Kiirats and G. Edwards. 2004. New fluorescence parameters for determination of QA redox state and excitation energy fluxes. *Photosynthesis Research* 79: 209-218.
24. Leach, J.E., R.J. Darby, I.H. Williams, B.D.L. Fitt and C.J. Rawlinson. 1994. Factors effecting growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.), 1985-89. *Journal of Agriculture Science* 122: 405-413.
25. Lichtenthaler, H.K. and S. Burkart. 1999. Photosynthesis and high light stress. *Journal of Plant Physiology* 25(4): 3-16.
26. Maxwell, K. and G.N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence– a practical guide. *Journal of Experimental Botany* 51(345): 659-668.
27. Mendham, N.J., P.A. Shipway and R.K. Scott. 1981. The effect of delayed sowing and weather on growth development and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science* 96: 389-416.
28. Mendham, N.J., J. Russell and N.K. Jarosz. 1990. Response to sowing time of three contrasting Australian cultivars of oil seed (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science* 114: 275-283.
29. Muller, P., L. Xiao-Ping and K. Niyogi. 2001. Non-Photochemical Quenching. A Response to Excess Light Energy. *Plant Physiology* 125: 1558-1556.
30. Ozoni Davaji, A., M. Esfahani, H. Sami Zadeh and M. Rabiei. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of patulous flowers and petal rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences* 9(4): 382-400 (In Farsi).
31. Powles, S.B. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Journal of Plant Physiology* 35: 15-44.
32. Razmi, N. 2009. Effect of sowing date on seed yield, yield components and some agronomic characteristics in rapeseed genotypes in Moghan region. *Seed and Plant Production Journal* 25: 303-316 (In Farsi).
33. Shibles, R.M. and C.R. Weber. 1995. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. *Crop Science* 5: 575-577.
34. Sidlauskas, G. and S. Bernotas. 2003. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research* 1(2): 229-243.
35. Statistics of Agriculture. 2009. Crop production season 2008-2009. Ministry of Agriculture, Planning and Economic Affairs, Office of Statistics and Information Technology, 114 pp. (In Farsi).
36. Vanosterom, E.J., G.J. Oleary, P.S. Caberry and P.Q. Craufurd. 2002. Growth, development, and yield of tillering pearl millet. III. Biomass accumulation and partitioning. *Field Crop Research* 79: 85-106.
37. Yang, G.P., D. Rhodes and R.J. Joly. 1996. Effect of high temperature on membrane stability and chlorophyll fluorescence in glycinebetain-deficient and glycinebetain-containing maize lines. *Australian Journal of Plant Physiology* 23: 437-443.
38. Yasari, E., A.M. Patwardhan, V. S. Ghole, O. Ghasemi and A. Asgharzadeh. 2008. Relationship of growth parameters and nutrients uptake with canola (*Brassica napus* L.) yield and yield contribution at different nutrients availability. *Pakistan Journal of Biology Science* 11: 845-853.
39. ZumFelde, T., C. Becker and CH. Mollers. 2006. Genotype and environment interactions, heritability, and trait correlations of sinapate ester content in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *Crop Science* 46: 2195–2199.