

مجله علوم زراعی ایران\*  
جلد نهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۶

## اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های رشد و کارآیی مصرف تابش دو رقم کلزای بدون گلبرگ و گلبرگ‌دار

### Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous and petalled flowers rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars

عبدالعظیم اوزونی دوجی<sup>۱</sup>، مسعود اصفهانی<sup>۲</sup>، حبیب اله سمیع زاده لاهیجی<sup>۳</sup> و محمد ربیعی<sup>۴</sup>

#### چکیده

اوزونی دوجی، ع.، م. اصفهانی، ح. سمیع زاده لاهیجی، م. ربیعی. اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های رشد و کارآیی مصرف تابش دو رقم کلزای بدون گلبرگ و گلبرگ‌دار. مجله علوم زراعی ایران. ۹ (۴): ۳۸۲-۴۰۰.

به منظور بررسی اثر تراکم و آرایش کاشت بر شاخص‌های رشد و کارآیی مصرف تابش در دو رقم کلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ، آزمایشی در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت به اجرا گذاشته شد. طرح آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق کرت‌های خرد شده - اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود که دو آرایش کاشت مربع و مستطیل به عنوان عامل اصلی و دو رقم کلزای گلبرگ‌دار Hyola 401 و بدون گلبرگ Hylite 201 و تراکم‌های (۳۳، ۶۷ و ۱۳۳ بوته در مترمربع) به ترتیب به عنوان عوامل فرعی اول و دوم به صورت فاکتوریل در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین ارقام، تراکم‌ها و آرایش‌های کاشت از نظر شاخص‌های رشد و کارآیی مصرف تابش (RUE) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در مرحله گل‌دهی شاخص سطح برگ در رقم بدون گلبرگ سه درصد نسبت به رقم گلبرگ‌دار بیشتر بود (به ترتیب ۳/۲۲ و ۳/۱۲). از نظر میزان ماده خشک نیز رقم بدون گلبرگ نسبت به رقم گلبرگ‌دار از یک برتری نسبی ۱۱ درصدی برخوردار بود (به ترتیب ۱۴۴۱ و ۱۲۸۰ گرم ماده خشک در مترمربع). همین نتایج در مورد سرعت رشد گیاهی (CGR) و سرعت جذب خالص (NAR) نیز صادق بود (به ترتیب ۱/۵ درصد و ۲۳ درصد). افزایش تراکم سبب شد که حداکثر سطح برگ و وزن خشک کل در فاصله زمانی زودتری حاصل شوند. میزان افزایش شاخص سطح برگ و وزن خشک و بطور کلی سرعت رشد گیاه و سرعت جذب خالص در آرایش کاشت مربع بیشتر از آرایش کاشت مستطیل بود. از نظر کارآیی مصرف تابش نیز رقم بدون گلبرگ نسبت به رقم گلبرگ‌دار از برتری ۹/۲ درصدی برخوردار بود (به ترتیب ۲/۳۸ و ۲/۱۶ گرم بر مگاژول) که این میزان اختلاف در کارآیی مصرف تابش موجب برتری ۱۴/۶ درصدی این رقم از نظر عملکرد دانه شد. در مجموع رقم بدون گلبرگ نسبت به رقم گلبرگ‌دار از یک برتری نسبی برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: آرایش کاشت، تراکم بوته، شاخص‌های رشد، کارآیی مصرف تابش، کلزای بدون گلبرگ

تاریخ دریافت: ۸۶/۹/۲۹

- ۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
- ۲- استادیار دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان (مکانه کنده)
- ۳- استادیار دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
- ۴- محقق مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

## مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که روغن آن بسته به ترکیب اسیدهای چرب آن، برای مصارف انسانی و یا صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گونه‌های مختلف کلزا، بر ساختار سایه‌انداز گیاهی<sup>۱</sup> و در نهایت عملکرد دانه و روغن تأثیر بسزایی دارد (زواره و امام، ۱۳۷۹). یکی از این صفات مورفولوژیک مهم در کلزا، صفت بدون گلبرگی<sup>۲</sup> است. در کلزاهای طبیعی در اکثر مراحل رشد و نمو، توده گل‌های زرد رنگ در لایه بالایی سایه‌انداز، سطح منعکس‌کننده‌ای را تشکیل می‌دهند که باعث کاهش نفوذ تابش خورشیدی و تغییر در کیفیت آن شده و در نتیجه سبب کاهش دوام سطح سبز برگ‌ها و کاهش میزان تجمع ماده خشک در طول دوره گل‌دهی می‌شود، ولی در ژنوتیپ‌های بدون گلبرگ به دلیل عدم وجود گلبرگ‌ها، نفوذ نور به داخل سایه‌انداز بهتر صورت گرفته و به دلیل عدم وجود گلبرگ‌ها، قابلیت کشت در تراکم‌های بالاتر و امکان افزایش عملکرد در واحد سطح وجود دارد (Rao et al., 1991).

یکی از پیش شرط‌های لازم برای دستیابی به عملکرد بالا، تأمین شرایط مطلوب جهت استفاده از تابش خورشیدی به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی آن است (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۱). دست‌یابی به این هدف با تغییر تراکم بوته و توزیع بوته‌ها در واحد سطح زمین میسر است (گنجعلی و همکاران، ۱۳۷۹). اثر توزیع یکنواخت بوته در واحد سطح بر توزیع مناسب نور دریافتی در درون پوشش گیاهی نمایان می‌شود. بنابراین اثر اصلی آرایش کاشت و تراکم گیاهی بر محصول، عمدتاً به علت تفاوت در چگونگی توزیع انرژی تابشی خورشید است و افزایش

جذب تابش خورشیدی منجر به افزایش عملکرد می‌شود (فتحی، ۱۳۸۴).

عملکرد کل ماده خشک نتیجه کارایی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تابش خورشید در طول فصل رویشی است، در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی دارد که یکنواخت توزیع شده باشد و سطح زمین را کاملاً پوشاند. این هدف با تغییر تراکم بوته‌ها و توزیع مناسب بوته‌ها روی سطح زمین میسر است، بنابراین، یکی از مهم‌ترین وظایف مدیریت مزرعه انتخاب تراکم بوته و آرایش مناسب کاشت جهت جذب حداکثر تابش خورشیدی است (گنجعلی و همکاران، ۱۳۷۹). از بین شاخص‌های رشد، میزان ماده خشک به دلیل اهمیت اقتصادی بیشتر به عنوان یک عامل تعیین‌کننده رشد محسوب می‌شود (حسین زاده، ۱۳۸۵). شیرانی راد و همکاران (۱۳۷۵) در تحقیقی که بر روی کلزا در سه تراکم (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ بوته در مترمربع) انجام داده بودند گزارش کردند که دو تراکم ۴۰ و ۸۰ بوته در مترمربع به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک کل گیاه را به خود اختصاص دادند. تراکم‌های ۴۰ و ۱۲۰ بوته در مترمربع به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین سرعت رشد گیاه را داشتند.

تولیت ابوالحسنی (۱۳۷۴) در یک آزمایش بر روی کلزا گزارش کرد که با افزایش تراکم، حداکثر شاخص سطح برگ<sup>۳</sup> (LAI)، وزن خشک کل، سرعت رشد گیاهی<sup>۴</sup> (CGR) و سرعت جذب خالص<sup>۵</sup> (NAR) در فاصله زمانی زودتری حاصل می‌شود. همچنین کلارک و سیمپسون (Clark and Simpson, 1978) گزارش کردند که NAR و CGR در زمان رسیدگی دانه در تراکم‌های بالا مجدداً افزایش می‌یابد که دلیل آنرا می‌توان با فتوسنتز شدید خورجین‌ها و تقاضای بذور در این دوره توجیه نمود

1- Canopy Architecture  
2- Apetalous flowers  
3- Leaf Area Index

4- Crop Growth Rate  
5- Net Assimilation Rate

اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر...

فضایی اندام های هوایی گیاهی عامل مؤثر در میزان جذب تابش ورودی به پوشش گیاهی در مراحل مختلف چرخه زندگی گیاه می باشد. علاوه بر جذب تابش فعال فتوسنتزی افزایش بازده تبدیل تابش فعال فتوسنتزی<sup>۲</sup> (PAR) به ماده خشک - کارآیی مصرف تابش - نیز از عوامل مؤثر در تولید ماده خشک است (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۱). رائو و مندهام (Rao and Mendham, 1991) کارآیی مصرف تابش<sup>۳</sup> (RUE) کلزا را در مرحله قبل از گلدهی، ۳/۵ - ۲/۷۱ گرم بر مگاژول برآورد کردند. در آزمایش دیگری مندهام و همکاران (Mendham et al., 1981) کارآیی مصرف تابش برای کلزای زمستانه را ۲/۴ گرم در مگاژول برآورد کردند (به نقل از جستس و همکاران (Justes et al., 2000)). فرای و همکاران (Fray et al., 1996) در بررسی های فیزیولوژیکی گل های بدون گلبرگ و خورجین های افراشته در کلزا، با استفاده از یک لاین بدون گلبرگ، یک لاین با خورجین های افراشته و دو رقم محلی گلبرگ دار به این نتیجه رسیدند که لایه زرد رنگ گل ها ۷۸ درصد تابش فعال فتوسنتزی را جذب می نماید و فقط اجازه نفوذ ۲۲ درصد از تابش فعال فتوسنتزی به سطح تحتانی را می دهند که این موضوع باعث محدود شدن راندمان فتوسنتزی می شود و در نتیجه مواد فتوسنتزی برای خورجین ها و دانه ها کاهش می یابد. در ژنوتیپ های بدون گلبرگ این پتانسیل وجود دارد که سقط خورجین ها و دانه در آنها، به علت بهبود انتقال تابش به خورجین های تشکیل شده تحتانی در گل آذین، کاهش یابد، بنابراین امکان بقای خورجین ها و دانه ها افزایش می یابد. با توجه به ویژگی های زراعی و فیزیولوژیکی رقم بدون گلبرگ کلزا و قابلیت آن برای افزایش عملکرد در تراکم های بوته بالاتر، هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر تراکم بوته و آرایش کاشت بر شاخص های رشد و کارآیی مصرف تابش دو

(به نقل از تولیت ابوالحسنی ۱۳۷۴). شاخص سطح برگ (LAI) در کلزا بین ۵-۲/۵ متغیر است. حداکثر شاخص سطح برگ در کلزا در اوایل گل دهی ایجاد می شود و پس از آن شاخص سطح برگ کاهش می یابد (امیرمادی، ۱۳۷۸). عامل مؤثر در عملکرد دانه شاخص سطح برگ مطلوب است، اگر شاخص سطح برگ در زمان کوتاه تری به سطح مطلوب برسد، حداکثر عملکرد دانه حاصل می شود. توسعه کند سطح برگ موجب توسعه ضعیف پوشش گیاهی و جذب کمتر تابش خواهد شد که نهایتاً کاهش سرعت رشد گیاه را به دنبال خواهد داشت (گنجعلی و همکاران، ۱۳۷۹). آلن و همکاران (Allen et al., 1975) طی آزمایشی بر روی کلزا گزارش نمودند که تعداد خورجین ها و تعداد دانه در خورجین همبستگی مثبتی با LAI در شروع گل دهی دارد. آنها اظهار کردند که مواد پرورده ساخته شده در اطراف گل آذین در طی گرده افشانی عامل مهمی در تعیین عملکرد است.

فرهنگی (۱۳۷۵) در تحقیقی بر روی روند رشد سویا در سطوح مختلف تراکم بوته، نتیجه گرفت که با افزایش تراکم گیاهی، وزن خشک کل، میزان فتوسنتز خالص و شاخص سطح برگ اختلاف معنی داری نشان دادند و سرعت رشد گیاه در سه تراکم (۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی متر فاصله بوته روی خطوط کشت) با پیشرفت زمان افزایش یافته و پس از رسیدن به یک حداکثر، کاهش یافت. در آزمایشی که مهرداد و همکاران (۱۳۷۴) بر روی آفتابگردان انجام دادند، گزارش کردند که با افزایش فاصله ردیف های کاشت از آرایش یکنواخت به غیر یکنواخت، مقدار کل ماده خشک<sup>۱</sup> (TDM)، LAI و CGR کاهش یافتند. کارآیی مصرف تابش خورشیدی شاخصی است که بطور گسترده در مدل های ارزیابی گیاهان مورد استفاده قرار می گیرد (Morrison and Stewart, 1995). از طرفی آرایش

1- Total Dry Matter

2- Photosynthetic Active Radiation

3- Radiation Use Efficiency

رقم کلزای گلبرگ دار و بدون گلبرگ بود.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب کرت‌های خرد شده فاکتوریل (اسپلیت پلات فاکتوریل) با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در ۵ کیلومتر جاده رشت - تهران در شهرستان رشت که طول و عرض جغرافیایی آن به ترتیب ۵۱ درجه و ۳ دقیقه شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی از نصف النهار گرینویچ و ارتفاع از سطح دریا ۷- متر بود، به اجرا گذاشته شد. دو تیمار آزمایشی (آرایش‌های کاشت مربع و مستطیل) به عنوان عامل اصلی و ارقام در دو سطح گلبرگ‌دار (Hylola 401) (بهاره، نسبتاً زودرس، ارتفاع بوته حدود ۱۲۰ سانتیمتر، عملکرد دانه حدود ۲۸۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار که از بخش اصلاح بذر مؤسسه تحقیقات برنج کشور تهیه شده بود) و بدون گلبرگ (Hylite 201) (بهاره، نسبتاً زودرس، ارتفاع بوته حدود ۱۱۵ سانتیمتر، عملکرد دانه حدود ۳۲۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار که از ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شده بود) و تراکم بوته در واحد سطح (۳۳، ۶۷ و ۱۳۳ بوته در مترمربع) به ترتیب عوامل فرعی اول و دوم به صورت فاکتوریل در نظر گرفته شدند. خاک مزرعه آزمایشی دارای بافت سیلتی - رسی، هدایت الکتریکی ۰/۶۳ دسی‌زیمنس بر متر،  $pH=6/9$  و کربن آلی ۱/۹ درصد و کشت قبلی آن کلزا بود. قبل از کاشت، عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاو آهن برگردان‌دار و دیسک در مهر ماه اجرا شد. از علف‌کش ترفلان به صورت قبل از کاشت، به مقدار ۳ لیتر در هکتار جهت کنترل علف‌های هرز استفاده شد و بلافاصله بعد از آن دیسک دوم زده شد. ابعاد واحدهای آزمایشی  $3 \times 3 = 9$  مترمربع بود. کودهای شیمیایی پایه نیتروژن از منبع اوره و

فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل هر کدام به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شدند. کود نیتروژن به صورت سرک در دو مرحله قبل از ساقه دهی و قبل از گل‌دهی به مقدار ۴۶ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره مصرف شد. و با توجه به شرایط آب و هوایی شهرستان رشت و احتمال غرقاب شدن مزرعه در اثر نزولات جوی، در بین بلوک‌ها و واحدهای آزمایشی زه‌کش‌هایی ایجاد شدند. کاشت بذر به صورت دستی در آبان ماه انجام شد. بعد از سپری شدن مرحله چهار برگی بوته‌ها، به تنک کردن بوته‌های اضافی مبادرت شد، با تغییر فواصل بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت، تراکم‌های مورد نظر و آرایش کاشت مربع و مستطیل ایجاد شدند. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها در زمین، نمونه‌برداری‌ها شروع (پس از ۵۰ روز پس از کاشت) و به فاصله هر ۱۴ روز یک بار با رعایت اثر حاشیه‌ای تا ۱۵۵ روز پس از کاشت ادامه داشت. در هر نمونه برداری از فضای نمونه برداری هر کرت، بوته‌های موجود در ۰/۲۵ متر مربع به طور تصادفی برداشت و سپس در پاکت‌هایی که شماره گذاری شده بود، قرار داده شدند و بلافاصله به آزمایشگاه فیزیولوژی مؤسسه تحقیقات برنج کشور منتقل و اندازه‌گیری‌های مربوط به سطح برگ (با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Licore-3100 Area meter, USA) و وزن خشک (با خشکانیدن جداگانه نمونه‌ها در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین) بر روی آنها انجام گرفت.

### شاخص‌های رشد

برای ارزیابی شاخص‌های رشد از مقادیر سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی بوته‌های موجود در ۰/۲۵ مترمربع از هر کرت در هر تیمار، استفاده شد و مقادیر آن به طور جداگانه برای هر تکرار ثبت شد. اگر وزن خشک کل گیاه  $1 = e^{a+bt+ct^2}$ ،  $TDW = W$

LAI یک خط مستقیم با شیب K است که K با تراکم گیاهی یا فاصله بین ردیف‌ها قابل تغییر است (Wells, 1991):

$$K = LAI / \ln(I_0 / I) \quad \text{رابطه (۶)}$$

کارایی مصرف تابش (RUE) نیز از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک کل (گرم در مترمربع) و تابش تجمعی (مگا ژول در متر مربع) برآورد شد (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۱) و (حسین‌زاده، ۱۳۸۵). تابش ورودی روزانه با استفاده از رابطه آنگستروم (رابطه ۷) و با کمک داده‌های بدست آمده از ایستگاه هواشناسی، شبیه‌سازی شد (Rietveld, 1987):

$$R_s = R_a [a + b(n/N)] \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این فرمول،  $R_s$  تشعشات خورشیدی رسیده به سطح زمین،  $R_a$  میزان تشعشات در بالای جو،  $a$  و  $b$  ضرایب مخصوص هر محل،  $n$  ساعات آفتابی واقعی شهر رشت در هر ماه و  $N$  کل ساعات آفتابی که که با توجه به عرض جغرافیایی محل می‌تواند در محل وجود داشته باشد. سپس تابش جذب شده در هر مرحله نیز از حاصل ضرب تابش ورودی شبیه‌سازی شده، و درصد تابش جذب شده در هر مرحله نمونه‌گیری، به دست آمد و نهایتاً مقدار کل تابش جذب شده در هر مرحله به صورت تجمعی محاسبه گردید (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۱؛ حسین‌زاده، ۱۳۸۵). در ضمن ۴۵ درصد تابش ورودی روزانه به عنوان PAR در نظر گرفته شد (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۱؛ حسین‌زاده، ۱۳۸۵). برای تعیین معادله ریاضی که بتواند تغییرات وزن خشک و شاخص سطح برگ را نسبت به روزهای بعد از کشت بیان کند از نرم افزار کامپیوتری SAS که معادلات چند جمله‌ای با ضریب تبیین ( $R^2$ ) را تعیین کند استفاده شد. داده‌ها نیز با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل گردید. جدول‌های و نمودارها با نرم افزار EXCEL رسم شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح ۵ درصد برای کلیه صفات مورد بررسی استفاده شد. ۵ درصد برای کلیه صفات مورد بررسی استفاده شد.

وزن خشک برگ Leef Dry Weight (LDW) =  $e^{a+bt+ct^2}$  و شاخص سطح برگ  $LAI = e^{a''+b''t+c''t^2}$  باشند، با مشتق‌گیری از TDW، RGR بدست خواهد آمد. از حاصلضرب RGR در وزن خشک کل، CGR تعیین شده و NAR نیز از نسبت CGR بر LAI، بدست می‌آید، بنابراین:

$$RGR = b + 2ct \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$CGR = (b + 2ct)e^{a+bt+ct^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$NAR = (b + 2ct)e^{(a-a'')+(b-b'')t+(c-c'')t^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$LAI = e^{a''+b''t+c''t^2} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه‌های فوق  $t$  زمان،  $a, b, c, a', b', c'$  و  $a'', b'', c''$  ضرایب ثابت معادلات و  $e$  پایه لگاریتم طبیعی است.

#### کارایی مصرف تابش (RUE)

برای محاسبه کارایی مصرف تابش (RUE) پس از بسته شدن کامل سایه‌انداز گیاهی، در فاصله دو هفته یک بار، در ساعات وسط روز، میزان تابش فعال فتوسنتزی (PAR) در ناحیه بالا، وسط و عمق سایه‌انداز، به فاصله هر ۲ هفته یک بار در پنج نقطه از هر کرت با استفاده از دستگاه تابش سنج (Skye Instruments LTD, UK) اندازه‌گیری شد. میانگین این پنج قرائت جهت تعیین و محاسبه میزان تابش دریافتی برای پوشش گیاهی مورد در محدوده PAR برای هر کرت فرعی در نظر گرفته شد (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۱) و (حسین‌زاده، ۱۳۸۵). برای تعیین درصد جذب تابش (LI) از رابطه (۵) استفاده شد (Wells, 1991):

$$LI\% = \left(1 - \frac{I}{I_0}\right) \times 100 \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه، LI جذب تابش، I میزان تابش زیر پوشش گیاهی و  $I_0$  میزان تابش در بالای پوشش گیاهی می‌باشند.

ضریب استهلاک نوری (K) که ضریب استهلاک برگ‌ها در طول موج انتخاب شده است و LAI نیز شاخص سطح برگ است. نمودار  $\ln(I_0/I)$  نسبت به

## نتایج و بحث

### میزان تجمع ماده خشک

به طور کلی روند تجمع ماده خشک در بین ارقام، تراکم و آرایش مختلف کاشت کلزا در این تحقیق مشابه و به صورت سیگموئیدی بود (شکل های ۱ تا ۴). تجزیه واریانس داده های حاصل از ماده خشک در مرحله گل دهی (در اینجا فقط مرحله گل دهی ارائه شده است)، نشان داد که اثر آرایش های کاشت، رقم و تراکم بوته و برهمکنش آنها بر میزان تجمع ماده خشک در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین های حاصل از اثر برهمکنش آرایش، رقم و تراکم کاشت نشان داد (جدول های ۲ تا ۴) که بالاترین میزان ماده خشک مربوط به آرایش مربع و رقم بدون گلبرگ و تراکم ۶۷ بوته در مترمربع بود (شکل ۳). به نظر می رسد که این افزایش در رقم بدون گلبرگ به دلیل مورفولوژی خاص این رقم باشد، چون در این رقم، به خاطر نداشتن گلبرگ، پوشش گیاهی باز بوده و تابش به راحتی به قسمت های پایین پوشش گیاهی نفوذ می کند و برای آرایش کاشت نیز، آرایش مربع به جهت توزیع بهتر تابش در بین بوته ها، توانایی بیشتری برای جذب تابش دارد و از شروع رشد تا پایان دوره رشد ماده

خشک بیشتری را تولید می نماید. بیشترین مقدار ماده خشک در تراکم ۶۷ بوته در مترمربع به دلیل بالا بودن شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاهی در این تراکم بود و در نهایت باعث تولید بیشترین عملکرد دانه در این تراکم نسبت به سایر تراکم ها شد (شکل های ۱ تا ۴). نتایج حاصل از این تحقیق با یافته های سایر محققان مطابقت داشت (Rao *et al.*, 1991). رائو و همکاران (Rao *et al.*, 1991) نشان دادند که خاصیت بدون گلبرگی باعث می شود که توزیع تابش در داخل پوشش گیاهی در زمان گل دهی بهتر صورت گیرد و دوام برگ ها در کلیه تراکم ها افزایش یابد، بنابراین در تراکم های بالاتر در سراسر فصل رشد، سطح برگ بالاتری وجود داشته و در نتیجه میزان ماده خشک افزایش می یابد. مک گریگور (McGregor, 1987) نشان داد که علت کاهش وزن خشک در تراکم های بالاتر از حد مطلوب، سایه اندازی برگ ها و کاهش کارایی فتوسنتز برگ ها در مرحله گل دهی و بعد از آن است و در تراکم کمتر بوته ها، حداکثر ماده خشک و سطح برگ دیرتر حاصل شد و دوام بیشتری نیز پیدا کرد که این موضوع منجر به تأخیر در رسیدگی گیاه به مدت ۱۶ روز شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس برای شاخص های رشد دو رقم کلزای بدون گلبرگ و گلبرگ دار در آرایش کاشت و تراکم بوته های مختلف در مرحله گل دهی

Table 1. Analysis of variance for growth indices in apetalous and petalled flowers rapeseed cultivars at flowering stage, in different planting patterns and plant densities.

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares			
			LAI	TDM	CGR	NAR
Replication (R)	تکرار	2	0.0001 <sup>ns</sup>	57.33 <sup>ns</sup>	0.0000028 <sup>ns</sup>	0.000044 <sup>ns</sup>
Planting pattern (PP)	آرایش کاشت	1	0.1190 <sup>**</sup>	254184.02 <sup>**</sup>	0.1778 <sup>**</sup>	0.0413 <sup>**</sup>
Error (a)	خطای (الف)	2	0.0003	11.44	0.000053	0.000011
Cultivar (C)	رقم	1	0.0930 <sup>**</sup>	232484.69 <sup>**</sup>	0.021 <sup>**</sup>	0.0152 <sup>**</sup>
Plant density (D)	تراکم بوته	2	1.9090 <sup>**</sup>	756382.33 <sup>**</sup>	0.4599 <sup>**</sup>	0.158 <sup>**</sup>
PP × C	آرایش کاشت × رقم	1	0.0272 <sup>**</sup>	13884.69 <sup>**</sup>	0.0182 <sup>**</sup>	0.000044 <sup>ns</sup>
PP × D	آرایش کاشت × تراکم بوته	2	0.0212 <sup>**</sup>	3552.11 <sup>**</sup>	0.006 <sup>**</sup>	0.00753 <sup>**</sup>
C × D	رقم × تراکم بوته	2	0.0185 <sup>**</sup>	25025.44 <sup>**</sup>	0.0061 <sup>**</sup>	0.000053 <sup>ns</sup>
C × PP × D	رقم × آرایش کاشت × تراکم بوته	2	0.0067 <sup>**</sup>	2714.11 <sup>**</sup>	0.0097 <sup>**</sup>	0.00064 <sup>**</sup>
Error (b)	خطای (ب)	20	0.0002	15.59	0.00018	0.000074

\*\* : Significant at the 1% probability level.  
ns: Non-Significant.

\*\* : معنی دار در سطوح احتمال ۱ درصد  
ns : به ترتیب غیر معنی دار

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات گیاهی در دو رقم کلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ در دو آرایش کاشت مربع و مستطیل در مرحله گل‌دهی

Table 2- Mean comparison of plant traits in petalised and apetalous flowers rapeseed at flowering stage in square (S.P.P.) and rectangular (R.P.P.) planting patterns.

Cultivar	رقم	LAI	TDM (g/m <sup>2</sup> )	CGR (g/m <sup>2</sup> /day)	NAR (g/m <sup>2</sup> /day)
S.P.P. آرایش مربع					
Petalised	گلبرگ‌دار	3.15 b	1345 b	2.52 b	0.17 b
Apetalous	بدون گلبرگ	3.30 a	1545 a	2.62 a	0.21 a
R.P.P. آرایش مستطیل					
Petalised	گلبرگ‌دار	3.09 c	1216 d	2.43 c	0.10 d
Apetalous	بدون گلبرگ	3.14 b	1337 c	2.43 c	0.14 c
Main effect of planting pattern اثر اصلی آرایش کاشت					
S.P.P.	آرایش مربع	3.23 a	1444 a	2.57 a	0.18 a
R.P.P.	آرایش مستطیل	3.11 b	1267 b	2.43 b	0.11 b

میانگین‌های، در هر ستون، دارای حرف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey's Test.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات گیاهی دو رقم کلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ در دو آرایش کاشت مربع و مستطیل و تراکم‌های بوته در واحد سطح در مرحله گل‌دهی

Table 3- Means comparison of plant traits of petalised and apetalous flowers rapeseed cultivars at flowering stage in square (S.P.P.) and rectangular (R.P.P.) planting patterns and different plant densities.

Density تراکم	LAI	TDM (g/m <sup>2</sup> )	CGR (g/m <sup>2</sup> /day)	NAR (g/m <sup>2</sup> /day)
S.P.P. آرایش مربع				
33	3.04 c	1362 c	2.53 c	0.14 c
67	3.68 a	1712 a	2.81 a	0.34 a
133	2.98 d	1261 d	2.38 d	0.08 d
R.P.P. آرایش مستطیل				
33	3.01 c	1206 e	2.40 d	0.09 d
67	3.56 b	1571 b	2.62 b	0.22 b
133	2.77 e	1054 f	2.27 e	0.04 e
Main effect of plant density اثر اصلی تراکم				
33	3.03 b	1283 b	2.46 b	0.11 b
67	3.62 a	1641 a	2.71 a	0.28 a
133	2.86 c	1157 c	2.32 c	0.05 c

میانگین‌های، در هر ستون، دارای حرف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey's Test.

### شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ مربوط به رقم بدون گلبرگ در آرایش مربع و تراکم ۶۷ بوته در مترمربع بود (شکل ۶). از طرفی تراکم ۱۳۳ بوته باعث ایجاد یک پوشش متراکم از گل‌ها و سپس خورجین‌ها می‌شود که روی برگ‌ها سایه می‌اندازد، در صورتی که در تراکم ۳۳ بوته، تعداد گل‌ها کمتر است و باعث می‌شود سطح برگ، بیشتر گسترش یافته و دوام بیشتری داشته باشد

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از مرحله گل‌دهی نشان داد که اثر آرایش کاشت، رقم و تراکم‌ها و اثر برهمکنش آنها بر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). جدول مقایسه میانگین - های حاصل از اثر برهمکنش آرایش کاشت، رقم و تراکم نشان داد که (جدول‌های ۲ تا ۴)، بالاترین میزان

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات گیاهی در دو رقم گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ در تراکم‌های بوته در واحد سطح در مرحله گل‌دهی

Table 4- Mean comparison of plant traits of petalled and apetalous rapeseed cultivars at flowering stage in different plant densities.

Density تراکم	LAI	TDM (g/m <sup>2</sup> )	CGR (g/m <sup>2</sup> /day)	NAR (g/m <sup>2</sup> /day)
Petalled گلبرگ‌دار				
33	3.02 c	1249 d	2.44 d	0.10 d
67	3.56 b	1515 b	2.67 b	0.26 b
133	2.78 e	1077 f	2.32 e	0.04 f
Apetalous بدون گلبرگ				
33	3.03 c	1319 c	2.49 c	0.14 c
67	3.68 a	1767 a	2.76 a	0.30 a
133	2.95 d	1237 e	2.32 e	0.08 e
Main effect of cultivar اثر اصلی رقم				
Petalled گلبرگ‌دار	3.12 b	1280 b	2.48 b	0.13 b
Apetalous بدون گلبرگ	3.22 a	1441 a	2.52 a	0.17 a

میانگین‌های، در هر ستون، دارای حرف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level-using Tukeys Test.

برگ‌ها موجب می‌شود LAI کاهش می‌یابد (حسین‌زاده، ۱۳۸۵). احتمالاً این ریزش برگ‌ها در رشد دانه‌ها و خورجین‌ها اختلالی ایجاد نمی‌کند چون خورجین‌ها و ساقه‌های سبز به طور فعال فتوسنتز کرده و پس از ریزش برگ‌ها مواد پرورده لازم برای رشد خورجین‌ها و دانه‌ها را فراهم می‌کنند. ریزش برگ‌های مسن نیز باعث می‌گردد که نفوذ تابش به داخل پوشش گیاهی برای فتوسنتز ساقه‌ها و خورجین‌های تحتانی بیشتر شود و آنها با کارآیی بالاتری فتوسنتز نمایند. نتایج حاصل از این آزمایش با یافته‌های سایر محققان مطابقت دارد (تولیت ابوالحسنی، ۱۳۷۴؛ امیرمیرادی، ۱۳۷۸؛ قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۳؛ حسین‌زاده، ۱۳۸۵).

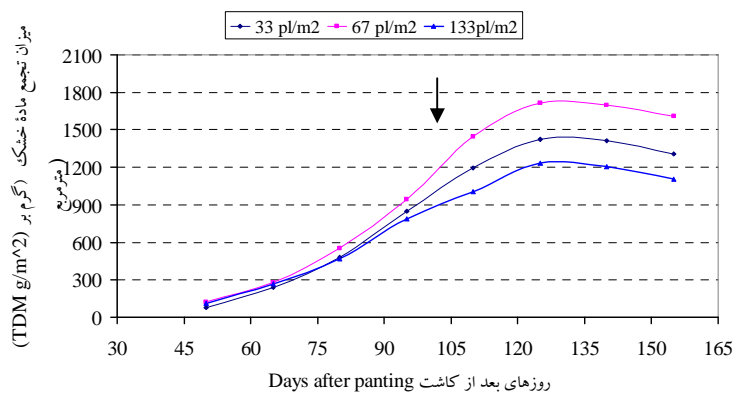
#### سرعت رشد گیاهی

تجزیه واریانس داده‌ها در مرحله گل‌دهی نشان داد که اثر آرایش کاشت، رقم و تراکم بوته و اثر برهمکنش آنها بر سرعت رشد گیاهی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر برهمکنش نشان داد که (جدول‌های ۲ تا ۴)، که بالاترین میزان سرعت رشد محصول (مرحله گل‌دهی که در شکل‌ها با پیکان نشان داده شده است) مربوط به آرایش

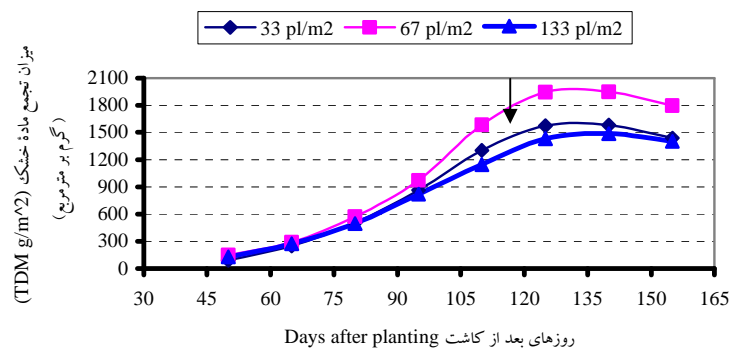
(به شکل‌های ۵ تا ۸ مراجعه شود). توسعه و گسترش سطح برگ در گیاهان زراعی به عوامل مختلفی مانند دما، تراکم بوته در واحد سطح و میزان مواد غذایی در دسترس بستگی دارد که این عوامل می‌تواند باعث به وجود آمدن تفاوت‌هایی در شاخص سطح برگ تیمارهای مختلف گردد (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۷۳). در اوایل رشد به دلیل متوقف شدن فعالیت‌های رشدی گیاه در اثر کاهش دما میزان سطح برگ گیاه کم است (Sidlauskas and Bernotas, 2003). با مساعد شدن هوا روند افزایشی در توسعه شاخص سطح برگ در کلیه تیمارها شروع شد و این روند تا اوج مرحله گل‌دهی ادامه داشت (بطوری که در این دو رقم گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی به ترتیب ۳/۱۲ و ۳/۲۲ بود) و بعد از آن دوباره یک روند کاهش در شاخص سطح برگ مشاهده شد (شکل‌های ۵ تا ۸). میزان LAI در مراحل اولیه رشد گیاه به دلیل کم و کوچک بودن برگ‌ها و کامل نبودن پوشش گیاهی کم است ولی به تدریج با رشد و افزایش برگ‌های گیاه LAI افزایش یافته تا به حداکثر خود می‌رسد و در این حالت مدتی ثابت می‌ماند اما با پیر شدن گیاه و ریزش



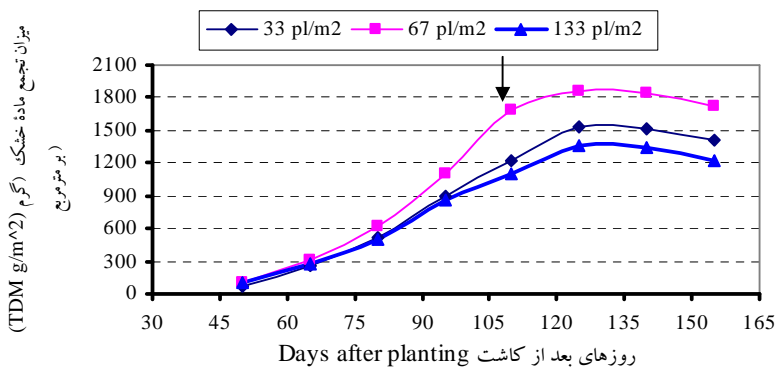
\* اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر...\*



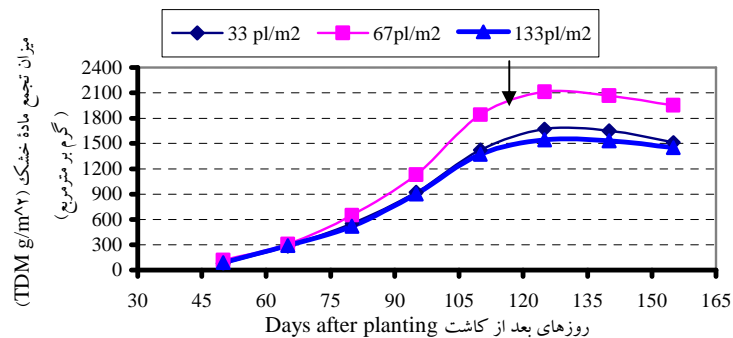
شکل ۲- روند تجمع ماده خشک رقم گلبرگ دار با آرایش کاشت مستطیل در سه تراکم بوته  
Fig. 2. Dry matter accumulation in petalled rapeseed at rectangular planting pattern and three plant densities.



شکل ۱- روند تجمع ماده خشک رقم گلبرگ دار با آرایش کاشت مربع در سه تراکم بوته  
Fig. 1. Dry matter accumulation in petalled rapeseed at square planting pattern and three plant densities.



شکل ۴- روند تجمع ماده خشک رقم بدون گلبرگ با آرایش کاشت مستطیل در سه تراکم بوته  
Fig. 4. Dry matter accumulation in apetalous rapeseed at rectangular planting pattern and three plant densities.



شکل ۳- روند تجمع ماده خشک رقم بدون گلبرگ با آرایش کاشت مربع در سه تراکم بوته  
Fig. 3. Dry matter accumulation in apetalous rapeseed at square planting pattern and three plant densities.

اما با رشد سریع گیاه و افزایش سطح برگ جذب تابش افزایش پیدا کرده و CGR هم افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از این آزمایش با یافته‌های سایر محققان موافقت دارد. (تولیت ابوالحسنی، ۱۳۷۴؛ امیرمرادی، ۱۳۷۸؛ قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۳؛ حسین‌زاده، ۱۳۸۵).

#### سرعت جذب خالص

تجزیه واریانس داده‌ها در مرحله گل‌دهی نشان داد که اثر آرایش کاشت، رقم و تراکم بوته و اثر برهمکنش آرایش کاشت  $\times$  تراکم و اثر سه جانبه آنها بر سرعت جذب خالص در مرحله گل‌دهی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های حاصل از اثر برهمکنش نشان داد که (جدول‌های ۲ تا ۴)، بالاترین میزان سرعت جذب خالص مربوط به آرایش کاشت مربع، تراکم ۶۷ بوته در مترمربع و رقم بدون گلبرگ بود (شکل ۱۴). رقم بدون گلبرگ در تمام مراحل رشدی دارای بیشترین NAR بود (به شکل‌های ۱۳ تا ۱۶ مراجعه شود). مقایسه میانگین بین تراکم‌های بوته نیز نشان داد که در تراکم‌های بوته بالاتر، میزان کاهش NAR شدیدتر بود و در این تراکم‌ها نیز NAR در انتهای دوره افزایش یافت. تولیت ابوالحسنی (۱۳۷۴) نیز روند نزولی NAR با گذشت زمان را در کلزا گزارش نمود. افزایش NAR در انتهای دوره می‌تواند به کاهش رقابت در اثر ریزش برگ‌ها و فتوسنتز شدید خورجین‌ها که سطح فتوسنتز کننده قابل توجهی را تشکیل می‌دهند، نسبت داد (Allen et al., 1975). در مراحل اولیه رشد که شاخص سطح برگ کم است، برگ‌ها به طور کامل در معرض نور قرار داشتند، بنابراین سرعت جذب خالص آنها در حداکثر مقدار بود. از ۵۰ تا ۱۱۰ روز پس از کاشت مقدار جذب خالص روند نزولی پیدا کرد، که این موضوع عمدتاً ناشی از افزایش شاخص سطح برگ‌ها و افزایش تعداد برگ در بوته‌های کلزا و در نتیجه زیاد شدن سایه‌اندازی بین آنها می‌باشد. سرعت جذب خالص از ۱۱۰ تا ۱۵۵ روز پس از کاشت از یک روند کاهشی کندتری برخوردار بود که به نظر می‌رسد

کاشت مربع، تراکم ۶۷ بوته در مترمربع و رقم بدون گلبرگ بود (۲/۸۱ گرم بر مترمربع در روز، شکل ۱۰، جدول ۴). رقم بدون گلبرگ به دلیل داشتن سطح برگ بیشتر و تولید ماده خشک بیشتر نسبت به رقم گلبرگ‌دار، سرعت رشد بیشتری داشت و آرایش مربع نیز به دلیل نفوذ بهتر تابش به داخل پوشش گیاهی از سرعت بالایی برخوردار بود. تراکم ۶۷ بوته در متر مربع نیز به دلیل این که بوته‌ها از فضا و سایر منابع به اندازه کافی استفاده نموده و رقابت گیاهی در حداقل بود. جامعه گیاهی در این تراکم بیشترین سرعت رشد را داشت. همان طور که مشاهده می‌شود در اوایل رشد، به دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب تابش، کوتاه بودن روزها و دمای پایین هوا، گیاه از سرعت رشد کمتری برخوردار بودند (به شکل‌های ۹ تا ۱۲ مراجعه شود). با خروج از مرحله روزت و افزایش سطح برگ و در نتیجه بهره‌گیری بهتر از تابش خورشیدی، میزان تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش یافت و به تبع آن سرعت رشد گیاه نیز روند افزایشی داشت. در مراحل بعدی، بر اثر سایه‌اندازی اندام‌های فوقانی بر روی برگ‌ها، کاهش قدرت فتوسنتزی گیاه، پیری و ریزش برگ‌ها، سرعت رشد گیاه به سرعت کاهش یافت (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۳). برخی از محققان معتقدند که CGR رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتز کننده دارد، به طوری که در تراکم‌های مطلوب توزیع بوته‌ها و سطح برگ در واحد سطح یکنواخت‌تر شده و برگ‌ها موقعیت مناسب‌تری برای جذب تابش و فتوسنتز پیدا می‌کنند و در نتیجه مقدار CGR افزایش می‌یابد (Sidlauskas and Bernotas, 2003). 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.

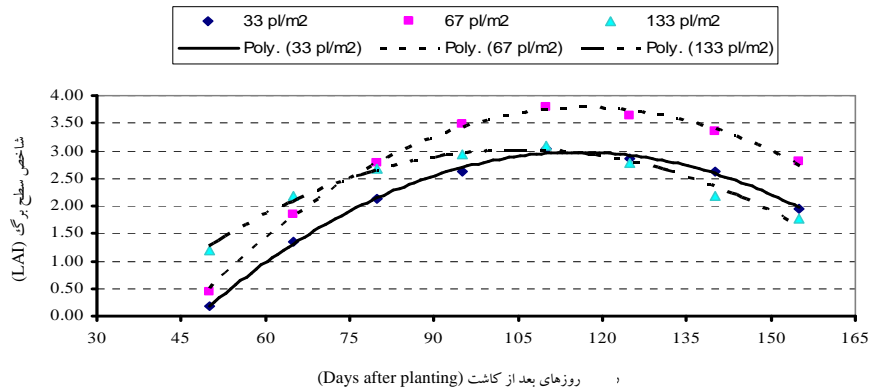
که این موضوع ناشی از مسن شدن برگ‌ها و کاهش ظرفیت تولید مواد پرورده، تخریب تدریجی کلروفیل و کاهش غلظت آن در سطح برگ و همچنین افزایش تنفس در مقایسه با فتوسنتز در اثر نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانست.

### کارآیی مصرف تابش

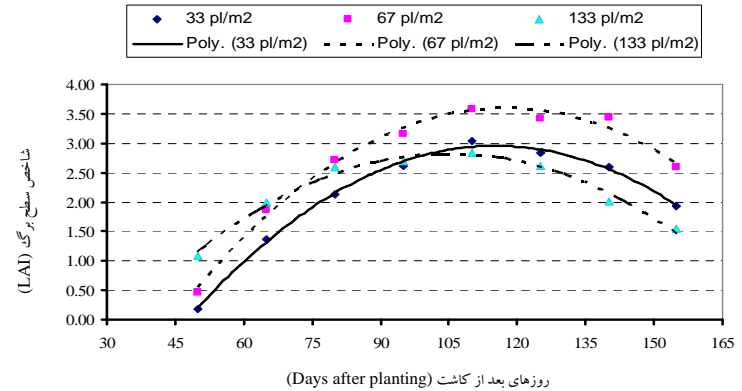
تجزیه واریانس داده‌های حاصل از کارآیی مصرف تابش نشان داد که در اثر رقم، تراکم بوته، آرایش کاشت و اثر برهمکنش آنها بر کارآیی مصرف تابش در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۵). جدول مقایسات میانگین اثر برهمکنش آرایش کاشت در رقم نشان داد (جدول ۶) که بیشترین کارآیی مصرف تابش از آرایش کاشت مربع و از رقم بدون گلبرگ حاصل شد (۲/۴۲ گرم بر مگاژول) و کمترین میزان آن نیز از آرایش کاشت مستطیل برای رقم کلزای گلبرگ‌دار حاصل شد (جدول‌های ۶ تا ۸). با توجه به اینکه میزان فتوسنتز خالص یا تولید ماده خشک یک گیاه به وسیله میزان فتوسنتز ناخالص، تنفس نوری و تنفس تاریکی تعیین می‌شود، اثر توزیع یکنواخت بوته در واحد سطح بر توزیع مناسب تابش دریافتی در درون پوشش گیاهی آشکار می‌شود (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۷۳). گزارش شده است که میزان تابش جذب شده به وسیله پوشش گیاهی کلزا به سال، فاصله ردیف‌ها و تراکم بوته‌ها بستگی دارد. تراکم بوته‌ها تعداد برگ‌ها و سطح خورجین‌ها را تحت تأثیر قرار داده و با افزایش تراکم از یک حد مطلوب، میزان تابش جذب شده و کارآیی مصرف تابش کاهش می‌یابد، به طوری که میزان تابش دریافتی در کلزای کاشته شده با میزان بذریکسان در فاصله ردیف‌های ۱۵ سانتی‌متر نسبت به ۳۰ سانتی‌متر، بیشتر بود (Morrison, et al., 1990). گزارش شده است که در گیاه ذرت یک دلیل برای برتری RUE در آرایش کاشت مربع می‌تواند توزیع بهتر جریان تابش فعال فتوسنتزی (PAR) در داخل پوشش گیاهی باشد و دلیل احتمالی دیگر فتوسنتز ناخالص بیشتر و یا کاهش تنفس

نسبت به سایر آرایش‌های کاشت است (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۱). بیشتر بودن میزان شاخص سطح برگ و وزن خشک و بطور کلی سرعت رشد گیاهی و سرعت جذب خالص در آرایش کاشت مربع نسبت به آرایش کاشت مستطیل، منجر به افزایش کارآیی مصرف تابش در این آرایش شده و در نتیجه میزان ماده خشک در این آرایش بیشتر از آرایش مستطیل بود. نتایج حاصل از این آزمایش با یافته‌های سایر محققان (احمدوند و همکاران، ۱۳۷۷؛ حسین‌زاده، ۱۳۸۵؛ Andersen et al., 1996) مطابقت دارد. بالا بودن میزان کارآیی مصرف تابش در رقم بدون گلبرگ نشان دهنده این است که این رقم در تبدیل انرژی تابشی به ماده خشک بهتر عمل کرده و از یک واحد تابش، مقدار بیشتری زیست توده تولید کرد. از طرف دیگر بالاتر بودن شاخص سطح برگ و میزان سرعت جذب خالص در این رقم (به ترتیب ۵ درصد و ۳/۷ درصد نسبت به رقم گلبرگ‌دار) باعث شد که این رقم نسبت به رقم گلبرگ‌دار توانایی بالاتری در جذب انرژی خورشیدی داشته باشد.

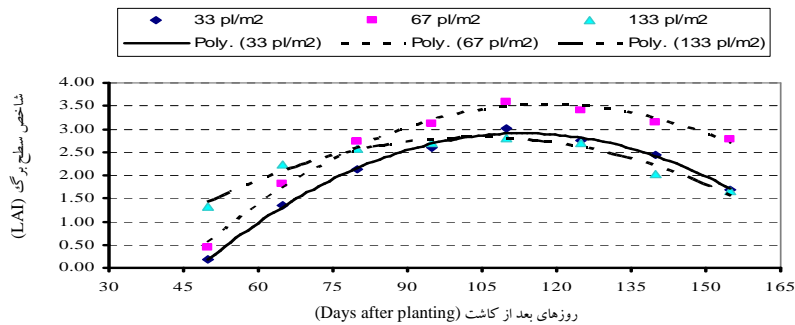
مقایسه میانگین اثر برهمکنش آرایش کاشت × تراکم بوته نشان داد (جدول ۷) که بیشترین میزان کارآیی مصرف تابش مربوط به آرایش کاشت مربع در تراکم ۶۷ بوته در مترمربع بود (۲/۶۳ گرم بر مگاژول بر مترمربع). به نظر می‌رسد که در تراکم ۶۷ بوته در مترمربع و آرایش کاشت مربع، به علت توزیع مطلوب تر بوته‌ها، نفوذ تابش فعال فتوسنتزی به درون پوشش گیاهی بهتر صورت گرفته و در نتیجه گیاهان از میزان تابش نفوذی به نحو مطلوب‌تری استفاده نمودند. نتایج مقایسات میانگین اثر برهمکنش رقم و تراکم بوته نیز نشان داد که بیشترین میزان کارآیی مصرف تابش مربوط به رقم بدون گلبرگ در تراکم ۶۷ بوته در مترمربع (۲/۶۹ گرم بر مگاژول بر مترمربع) بود (جدول ۸). مندهام و همکاران (Mendham, et al., 1981) کارآیی مصرف تابش برای کلزای زمستانه را در انگلستان



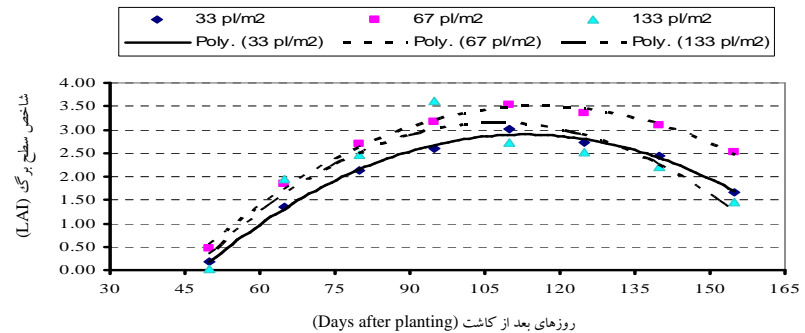
شکل ۶- شاخص سطح برگ در رقم بدون گلبرگ با آرایش کاشت مربع در سه تراکم بوته  
Fig. 6. LAI variation in apetalous rapeseed at square planting pattern and three plant densities



شکل ۵- شاخص سطح برگ در رقم گلبرگ‌دار با آرایش کاشت مربع در سه تراکم بوته  
Fig 5. LAI variation in petalled rapeseed at square planting pattern and three plant densities

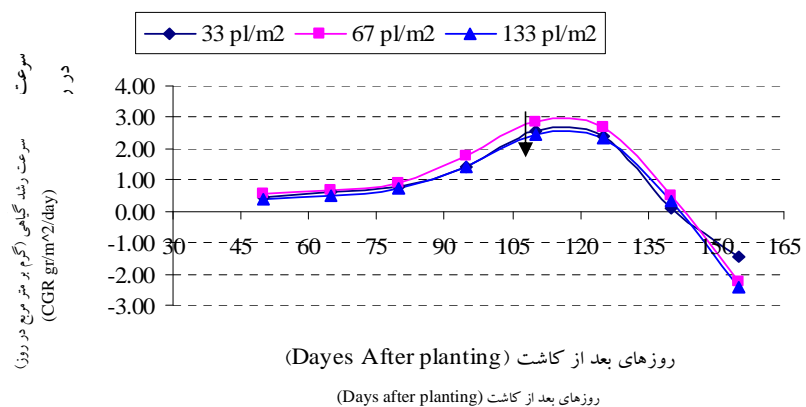


شکل ۸- شاخص سطح برگ در رقم بدون گلبرگ با آرایش کاشت مستطیل در سه تراکم بوته  
Fig. 8. LAI variation in apetalous rapeseed at rectangular planting pattern and three plant densities.



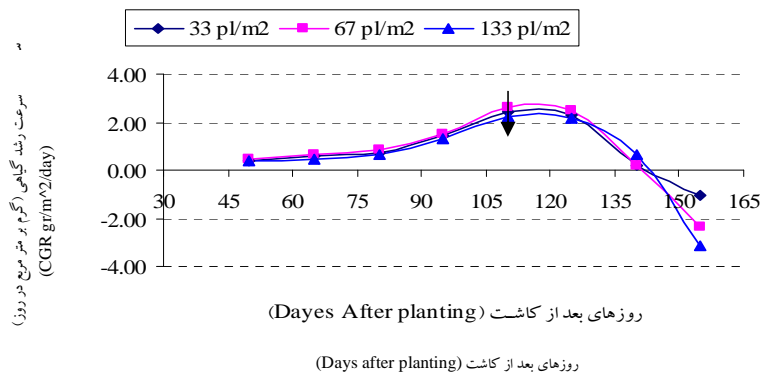
شکل ۷- شاخص سطح برگ در رقم گلبرگ‌دار با آرایش کاشت مستطیل در سه تراکم بوته  
Fig. 7. LAI variation in petalled rapeseed at rectangular planting pattern and three plant densities.

\* اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر...\*



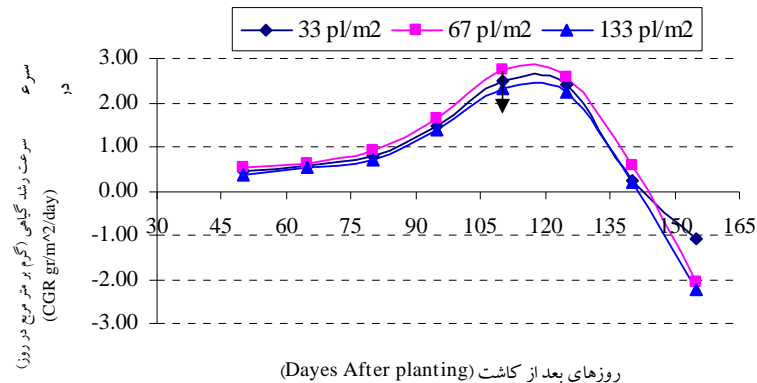
شکل ۱۰- روند سرعت رشد گیاهی در رقم بدون گلبرگ با آرایش کاشت مربع در سه تراکم

Fig. 10. CGR variation in apetalous rapeseed at square planting pattern and three plant densities.



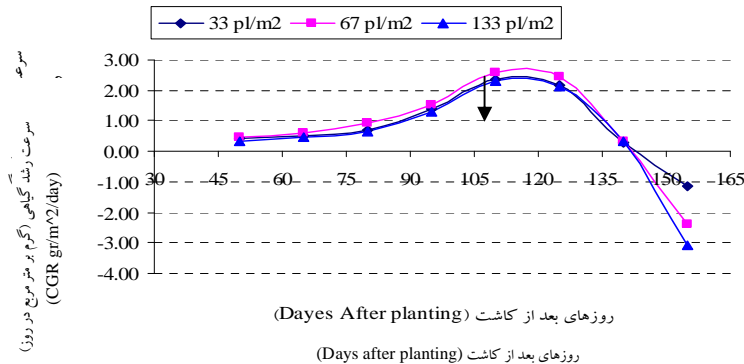
شکل ۱۲- روند سرعت رشد گیاهی در رقم بدون گلبرگ با آرایش کاشت مستطیل در سه تراکم

Fig. 12. CGR variation in apetalous rapeseed at rectangular planting pattern and three plant densities.



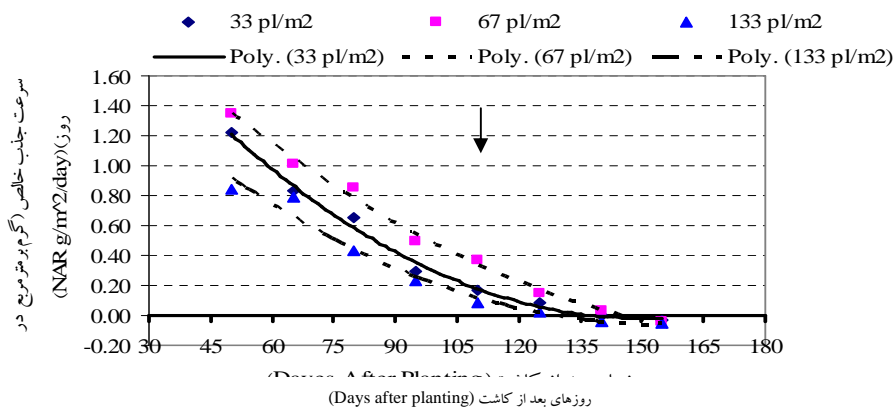
شکل ۹- روند سرعت رشد گیاهی در رقم گلبرگدار با آرایش کاشت مربع در سه تراکم

Fig. 9. CGR variation in petalled rapeseed at square planting pattern and three plant densities.



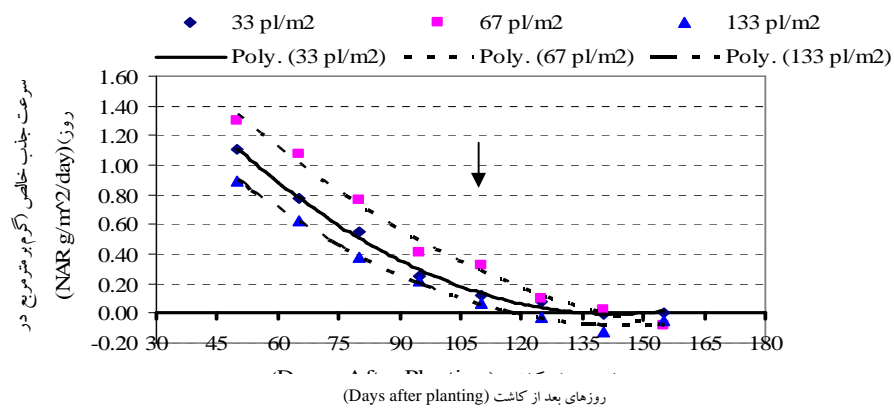
شکل ۱۱- روند سرعت رشد گیاهی در رقم گلبرگدار با آرایش کاشت مستطیل در سه تراکم

Fig. 11. CGR variation in petalled rapeseed at rectangular planting pattern and three plant densities.



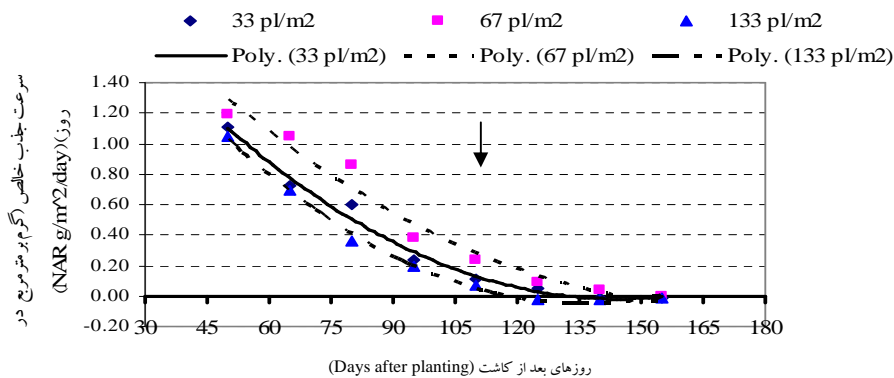
شکل ۱۴- روند سرعت جذب خالص در رقم بدون گلبرگ با آرایش کاشت مربع در سه تراکم بوته

Fig. 14. NAR variation in apetalous rapeseed at square planting pattern and three plant densities.



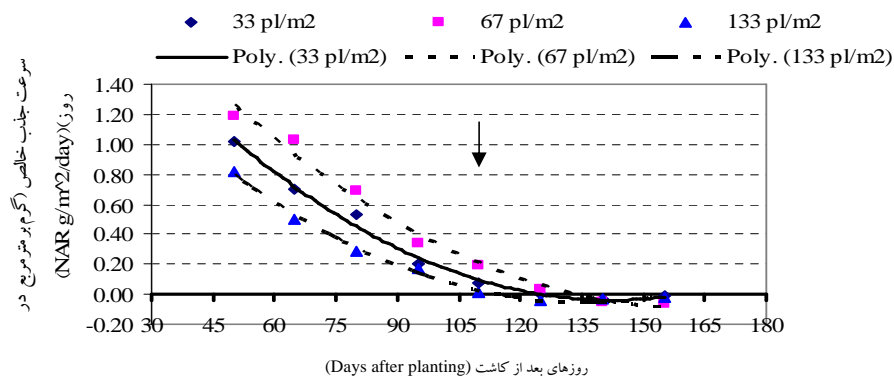
شکل ۱۳- روند سرعت جذب خالص در رقم گلبرگ‌دار با آرایش کاشت مربع در سه تراکم بوته

Fig. 13. NAR variation in petalled rapeseed at square planting pattern and three plant densities.



شکل ۱۶- روند سرعت جذب خالص در رقم بدون گلبرگ با آرایش کاشت مستطیل در سه تراکم بوته

Fig. 16. NAR variation in apetalous rapeseed at rectangular planting pattern and three plant densities.



شکل ۱۵- روند سرعت جذب خالص در رقم گلبرگ‌دار با آرایش کاشت مستطیل در سه تراکم بوته

Fig. 15. NAR variation in petalled rapeseed at rectangular planting pattern and three plant densities.

جدول ۵- تجزیه واریانس کارایی مصرف تابش و ضریب استهلاک نوری در دو رقم گلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ در آرایش کاشت‌ها و تراکم‌های بوته مختلف

Table 5. Analysis of variance of radiation use efficiency and light extinction coefficient in apetalous and petalled rapeseed cultivars in different planting patterns and plant densities flowers.

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares	
			کارایی مصرف تابش Radiation use efficiency	ضریب استهلاک نوری Light extinction coefficient
Replication (R)	تکرار	2	0.0000013 <sup>ns</sup>	0.00002 <sup>ns</sup>
Planting pattern (PP)	آرایش کاشت	1	0.0924 <sup>**</sup>	0.005 <sup>**</sup>
Error (a)	خطای (الف)	2	0.00000033	0.0000322
Cultivar (C)	رقم (C)	1	0.44578 <sup>**</sup>	0.0138 <sup>**</sup>
Plant Density(D)	تراکم بوته (D)	2	0.5298 <sup>**</sup>	0.1159 <sup>**</sup>
P.p × C	آرایش کاشت × رقم	1	0.0023 <sup>**</sup>	0.00189 <sup>**</sup>
PP × D	آرایش کاشت × تراکم بوته	2	0.04293 <sup>**</sup>	0.000843 <sup>**</sup>
C × D	رقم × تراکم بوته	2	0.0682 <sup>**</sup>	0.0007 <sup>**</sup>
C × PP × D	رقم × آرایش کاشت × تراکم بوته	2	0.0013 <sup>**</sup>	0.000126 <sup>**</sup>
Error (b)	خطای (ب)	20	0.00000043	0.0000314

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد. \* and \*\*: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.  
ns: Non-Significant.

جدول ۶- مقایسه میانگین کارایی مصرف تابش و ضریب استهلاک نوری در دو رقم گلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ در آرایش کاشت‌های مختلف

Table 6- Mean comparison of radiation use efficiency and light extinction coefficient in apetalous and petalled rapeseed cultivars in square (S.P.P.) and rectangular (R.P.P) planting patterns

Cultivar	رقم	کارایی مصرف تابش (گرم بر مگا ژول) Radiation use efficiency (g MJ <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )		ضریب استهلاک نوری Light extinction coefficient	
		آرایش مربع S.P.P.			
Petalled	گلبرگ‌دار	2.21	c	0.48	c
Apetalous	بدون گلبرگ	2.42	a	0.53	c
آرایش مستطیل R.P.P.					
Petalled	گلبرگ‌دار	2.10	d	0.47	d
Apetalous	بدون گلبرگ	2.34	b	0.49	b
اثر اصلی آرایش کاشت Main effect of planting pattern					
S.P.P	آرایش مربع	2.32	a	0.506	a
R.P.P	آرایش مستطیل	2.22	b	0.482	b

میانگین‌های، در هر ستون، دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.  
Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey's Test.

کارایی مصرف تابش بهتر بودند. راثو و همکاران (Rao, et al., 1991) در آزمایشی که بر روی کلزا با سه تراکم ۳۳، ۶۷ و ۱۳۳ بوته در مترمربع انجام دادند نتیجه گرفتند که کارایی مصرف تابش برای این سه تراکم به ترتیب ۲/۷۱، ۳/۵۸ و ۳/۱۵

۲/۶۷ گرم بر مگاژول بر مترمربع برآورد کردند. آنها گزارش کردند که از بین ۳ تراکم گیاهی ۴۲، ۸۳ و ۱۶۷ بوته در مترمربع، افزایش اندکی در کارایی مصرف تابش در تراکم بالا در مراحل اولیه رشد وجود داشت اما در مرحله گل‌دهی تراکم متوسط و پایین، از نظر

جدول ۷- مقایسه میانگین کارآیی مصرف تابش و ضریب استهلاک نوری در دو رقم کلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ در دو آرایش کاشت و سه تراکم بوته

Table 7- Mean comparison of radiation use efficiency and light extinction coefficient in apetalous and petalled rapeseed cultivars in two planting patterns and three plant densities

تراکم Density	کارآیی مصرف تابش (گرم بر مگاژول بر مترمربع)	ضریب استهلاک نوری
	Radiation use efficiency (g MJ <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Light extinction coefficient
آرایش مربع S.P.P.		
33	2.15 e	0.61 a
67	2.63 a	0.47 c
133	2.18 c	0.44 d
آرایش مستطیل R.P.P.		
33	2.09 f	0.59 b
67	2.39 b	0.46 c
133	2.17 d	0.39 e
اثر اصلی تراکم Main effect of plant density		
33	2.12 c	0.60 a
67	2.50 a	0.46 b
133	2.17 b	0.41 c

میانگین‌های، در هر ستون، دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.  
Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey's Test.

جدول ۸- مقایسه میانگین کارآیی مصرف تابش و ضریب استهلاک نوری در دو رقم کلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ در سه تراکم بوته

Table 8- Mean comparison of radiation use efficiency and light extinction coefficient in apetalous and petalled rapeseed cultivars in three plant densities

تراکم Density	کارآیی مصرف تابش (گرم بر مگاژول بر مترمربع)	ضریب استهلاک نوری	
	Radiation use efficiency (g MJ <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Light extinction coefficient	
گلبرگ‌دار Petalled			
33	2.00 f	0.59 b	
67	2.33 b	0.44 d	
133	2.14 e	0.40 f	
بدون گلبرگ Apetalous			
33	2.25 c	0.62 a	
67	2.69 a	0.49 c	
133	2.20 d	0.43 e	
اثر اصلی رقم Main effect of cultivar			
Petalled	گلبرگ‌دار	2.16 b	0.48 b
Apetalous	بدون گلبرگ	2.38 a	0.51 a

میانگین‌های، در هر ستون، دارای حروف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.  
Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey's Test.

گرم بر مگاژول در مترمربع بود. از آنجا که عملکرد دانه در ارقام بدون گلبرگ به طور میانگین ۱۴/۶ درصد بیشتر از رقم گلبرگ‌دار بود (به ترتیب ۳۴۴۱/۹ و ۲۹۳۸/۱ کیلوگرم در هکتار) (اوزونی دوجی و همکاران، ۱۳۸۶)، به نظر می‌رسد که این اختلاف عملکرد، به علت کارآیی مصرف تابش بالاتر، شاخص



سطح برگ، میزان ماده خشک و سرعت جذب خالص  
کشت متراکم-تر این رقم نسبت به رقم  
بالاتر رقم بدون گلبرگ می باشد و نشان دهنده قابلیت  
گلبرگ دار است.

## References

## منابع مورد استفاده

- احمدوند، گن. و ع. کوچکی. ۱۳۷۷. اثر تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک سویا بعنوان کشت دوم در مشهد. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ج ۱۲، ش ۱، ص ۲۲-۱۵.
- امام، ی. و م. نیک نژاد. ۱۳۷۳. مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ صفحه.
- امیر مرادی، ش. ۱۳۷۸. اثرات تراکم کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد برخی از شاخص های رشد ارقام کلزای پاییزه. پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان. ۱۶۱ صفحه.
- اوزونی دوجی، ع.، م. اصفهانی، ح. سمیع زاده لاهیجی و م. ربیعی. ۱۳۸۶. اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه دو رقم کلزای گلبرگ دار و بدون گلبرگ. مجله علوم زراعی ایران. ج ۹، شماره ۱، ص ۷۶-۶۰.
- بهشتی، ع.، ع. کوچکی. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۱. تأثیر آرایش کاشت بر جذب و راندمان تبدیل نور در کانوپی سه رقم ذرت. مجله نهال و بذر. ج ۱۸، ش ۴، ص ۴۱۷-۴۳۱.
- تولیت ابوالحسنی م. ۱۳۷۴. بررسی اثر تراکم و آرایش کاشت بر خصوصیات زراعی و کیفی کلزای زمستانه در منطقه مشهد. پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. ۱۴۲ صفحه.
- حسین زاده، ه. ۱۳۸۵. اثرات فواصل ردیف کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص های رشد ارقام کلزای نشایی (*Brassica napus* L.) به صورت کشت دوم در اراضی شالیزاری. پایان نامه کارشناسی ارشد؛ دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان. ۱۴۰ صفحه.
- زواره، م. و ی. امام. ۱۳۷۹. راهنمایی شناسایی مراحل زندگی در کلزا (*Brassica napus* L.). مجله علوم زراعی ایران. ج ۲، ش ۱، ص ۱۴-۱.
- شیرانی راد، ا. ح.، و. م. ر. احمدی. ۱۳۷۵. اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر صفات زراعی، روند رشد و عملکرد دو رقم کلزای روغنی پاییزه در منطقه کرج. چهارمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه صنعتی اصفهان؛ اصفهان. ص ۱۴۶.
- فتحی، ق. ا. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر الگو و تراکم کاشت بر ضریب استهلاک نوری، جذب تشعشع و عملکرد دانه در ذرت شیرین (هیبرید 402 SC). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. س ۱۲، ص ۱۴۳-۱۳۱.
- فرهنگی، ا. ۱۳۷۵. بررسی روند رشد سویا در سطوح مختلف تراکم بوته. چهارمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان؛ ص ۱۵۴.
- قلی پور، ع.، ن. لطیفی، ک. قاسمی گلعدانی، ه. آلیاری. و م. مقدم. ۱۳۸۳. مقایسه رشد و عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط دیم گرگان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ج ۱۱، ش ۱، ص ۱۴-۵.
- گنجعلی، ع.، س. ملک زاده. و ع. باقری. ۱۳۷۹. بررسی تراکم بوته و آرایش بر روند تغییرات شاخص های رشد نخود تحت شرایط فاریاب در منطقه نیشابور. مجله علوم و صنایع غذایی کشاورزی. ج ۱۴، ش ۲، ص ۴۱-۳۳.
- مهرداد، ک. م. کریمی. و ع. ا. رضایی. ۱۳۷۴. اثرات تراکم بوته و رقم بر شاخص های رشد و ارتباط آن با عملکرد دانه آفتابگردان. چهارمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه صنعتی اصفهان؛ ص ۱۵۸ - ۱۵۷.
- Allen, E. J., and D. J. Morgan. 1975. A quantitative comparison of the growth, development and yield of

- different varieties of oilseed rape. *J. Agric. Sci. Camb.* 85(1): 159-174.
- Andersen, M. N., T. Heidmann and F. Plauborg. 1996.** The effects of drought and nitrogen on light interception, growth and yield of winter oilseed rape. *Soil and Plant Sci.* 46(1): 55-67.
- Fray, M. J., E. J. Evans, D. J. Lydiate and A. Arthur. 1996.** Physiological assessment of apetalous flowers and erectophile pods in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Sci. Camb.* 127: 193-200.
- Justes, E., P. Denoroy, B. Gabrielle and G. Gosse. 2000.** Effect of crop nitrogen status and temperature on the radiation use efficiency of winter oilseed rape. *Euro of. J. Agron.* 13: 165-177.
- McGregor, D. I. 1987.** Effect of plant density on development and yield of rapeseed and its significance to recovery from hail injury. *Can. J. Plant Sci.* 67(1) 43-51.
- Mendham, N. J., P. A. Shipway and R.K. Scott. 1981.** The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Sci. Camb.* 96: 389- 416.
- Morrison, M. J. P. B. E. McVetty and R. Scarth. 1990.** Effect of row spacing and seedling rates on summer rape in southern Manitoba. *Can. J. Plant. Sci.* 70:127-137.
- Morrison, M. J. and D. W. Stewart. 1995.** Radiation use efficiency in summer rape. *Agron. J.* 87:1139-1142.
- Rao, M. S. S., N. J. Mendham and G. C. Buzza. 1991.** Effect of the apetalous flower character on radiation distribution in the crop canopy, yield and its components in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *J. Agric. Sci. Camb.* 117: 189-196.
- Rietveld, M. R. 1987.** A new method for estimating the regression coefficient in the formula relating solar radiation to sunshine. *Agric. Meteo.* 19: 243- 252.
- Sidlauskas, G. and S. Bernotas. 2003.** Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agron. Res.* 1(2): 229-243.
- Wells, R. 1991.** Soybean growth response to plant density. Relationship among canopy photosynthesis, leaf area and light interception. *Crop Sci.* 31: 755-761.

## Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous flowres and petalled flowers rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars

Ozoni Davaji, A<sup>1</sup>., M. Esfahani<sup>2</sup>, H. Sami Zadeh<sup>3</sup> and M. Rabiei<sup>4</sup>

### ABSTRACT

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 apetalous flowres and petalled rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. **Iranian Journal of Crop Sciences**. 9 (4):382-400.

In order to evaluate the effects of plant density and planting pattern on yield, yield components of apetalous flowers and petalled rapeseed, a field experiment was conducted in Rice Research Institute of Iran located in Rasht in 2005- 2006. The experimental design was arranged as a split plot-factorial in a randomized complete block with three replications in which, planting pattern (rectangular and square) assigned to main plot and two rapeseed cultivars (petalled = Hyola 401 and apetalous = Hylite 201) and plant densities (33, 67 and 133 plants per unit area) as factorial in sub-plots. Results showed that there were significant differences between cultivars, plant density and planting patterns in growth indices and radiation use efficiency (RUE). At the flowering, the leaf area index in apetalous cultivar was 3% greater than the petalled rapeseed (3.22 and 3.12, respectively). Dry Matter of apetalous rapeseed was 11% higher than the petalled rapeseed (1441 and 1280 g/m<sup>2</sup>, respectively). Similar results were obtained for crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) (1.5 and 23%, respectively). Maximum LAI and TDM were obtained earlier with the high plant density. Leaf area index, Dry Weight, CGR and NAR in square planting pattern were higher than the rectangular planting pattern. Radiation use efficiency in apetalous rapeseed was 9.2% higher than the petalled cultivar (2.38 and 2.16 g/Mj) which caused 14.6% increase in grain yield.

**Key words:** Planting pattern, Plant density, Growth indices, Radiation Use Efficiency, Apetaluos, Petalled, Rapeseed (*Brassica napus* L.).

---

**Recived: December, 2007**

1- Former M.Sc. Student, Faculty of Agricultural Sciences, University of Gilan, Rasht, Iran.

2- Assistant Prof., Faculty of Agricultural Sciences, University of Gilan, Rasht, Iran (Corresponding author)

3- Assistant Prof., Faculty of Agricultural Sciences, University of Gilan, Rasht, Iran.

4- Researcher, Rice Research Institute of Iran (RRII), Rasht, Iran.