"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نهم، شماره ٤، زمستان ١٣٨٦

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[1]، مسعود اصفهانی[2]، حبیب اله سمیع زاده لاهیجی[3] و محمد ربیعی[4]

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): ۴۰۰-۳۸۲.

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 مزرعهٔ مؤسسهٔ 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 گلبرگ دار 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 به‌صورت فاکتوریل در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین ارقام، تراکم ها و آرایش‌های کاشت از نظر شاخص های رشد وکارآیی مصرف تابش (RUE) اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در مرحلهٔ 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 مادهٔ خشک نیز رقم بدون گلبرگ نسبت به رقم گلبرگ‌دار از یک برتری نسبی ۱۱ درصدی برخوردار بود (به ترتیب ۱۴۴۱ و ۱۲۸۰ گرم مادهٔ 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 (مکاتبه کننده)
۳- استادیار دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان
۴- محقق مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

مقدمه

کلزا یکي از مهم‌ترین دانه‌های روغني است که روغن آن بسته به ترکیب اسیدهای چرب آن، برای مصارف انساني و یا صنعتي مورد استفاده قرار مي‌گیرد. ویژگي‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گونه‌های مختلف کلزا، بر ساختار سایه‌انداز گیاهي[1] و در نهایت عملکرد دانه و روغن تاثیر بسزایي دارد (زواره و امام، ١٣٧٩). یکي از این صفات مورفولوژیک مهم در کلزا، صفت بدون گلبرگي[2] است. در کلزاهای طبیعي در اکثر مراحل رشد و نمو، توده گل‌های زرد رنگ در لایه بالایي سایه انداز، سطح منعکس کننده‌ای را تشکیل مي‌دهند که باعث کاهش نفوذ تابش خورشیدی و تغییر در کیفیت ان شده و در نتیجه سبب کاهش دوام سطح سبز برگ‌ها و کاهش میزان تجمع ماده خشک در طول دوره گل‌دهي مي‌شود، ولي در ژنوتیپ‌های بدون گلبرگ به دلیل عدم وجود گلبرگ ها، نفوذ نور به داخل سایه انداز بهتر صورت گرفته و به دلیل عدم وجود گلبرگ ها، قابلیت کشت در تراکم‌های بالاتر وامکان افزایش عملکرد در واحد سطح وجود دارد (Rao *et al.*, 1991).

یکي از پیش شرط های لازم برای دستیابي به عملکرد بالا، تامین شرایط مطلوب جهت استفاده از تابش خورشیدی به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایي ان است (بهشتي و همکاران، ١٣٨١). دست یابي به این هدف با تغییر تراکم بوته و توزیع بوته ها در واحد سطح زمین میسر است (گنجعلي وهمکاران، ١٣٧٩). اثر توزیع یکنواخت بوته در واحد سطح بر توزیع مناسب نور دریافتي در درون پوشش گیاهي نمایان مي شود. بنابراین اثر اصلي آرایش کاشت و تراکم گیاهي بر محصول، عمدتا به علت تفاوت در چگونگي توزیع انرژی تابشي خورشید است و افزایش جذب تابش خورشیدی منجر به افزایش عملکرد مي شود (فتحي، ١٣٨٤).

عملکرد کل مادهٔ خشک نتیجهٔ کارآیي جامعه گیاهي از نظر استفاده از تابش خورشید در طول فصل رویشي است، در این ارتباط جامعه گیاهي نیاز به سطح برگ کافي دارد که یکنواخت توزیع شده باشد و سطح زمین را کاملا بپوشاند. این هدف با تغییر تراکم بوته ها و توزیع مناسب بوته ها روی سطح زمین میسر است، بنابراین، یکي از مهم‌ترین وظایف مدیریت مزرعه انتخاب تراکم بوته و ارایش مناسب کاشت جهت جذب حداکثر تابش خورشیدی است (گنجعلي و همکاران، ١٣٧٩). از بین شاخص های رشد، میزان مادهٔ خشک به دلیل اهمیت اقتصادی بیشتر به عنوان یک عامل تعیین کنندهٔ رشد محسوب مي‌شود (حسین زاده، ١٣٨٥). شیرانی راد و همکاران (١٣٧٥) در تحقیقي 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 پایین ترین سرعت رشد گیاه را داشتند.

تولیت‌ابوالحسنی (١٣٧٤) در یک آزمایش بر روی کلزا گزارش کرد که با افزایش تراکم، حداکثر شاخص سطح برگ[3] (LAI)، وزن خشک کل، سرعت رشد گیاهي[4] (CGR) و سرعت جذب خالص[5] (NAR) در فاصله زمانی زودتری حاصل مي شود. همچنین کلارک و سیمپسون (Clark and Simpson, 1978) گزارش کردند که NAR و CGR در زمان رسیدگی دانه در تراکم های بالا مجددا افزایش مي یابد که دلیل انرا مي‌توان با فتوسنتز شدید خورجین ها و تقاضای بذر درایین دوره توجیه نمود

1- Canopy Architecture
2- Apetalous flowers
3- Leaf Area Index
4- Crop Growth Rate
5- Net Assimilation Rate

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

(به نقل از تولیت‌ابوالحسنی ۱۳۷۴). شاخص سطح برگ (LAI) در کلزا بین ۵-۲/۵ متغیر است. حداکثر شاخص سطح برگ در کلزا در اوایل گل‌دهی ایجاد می‌شود و پس از آن شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد (امیرمرادی، ۱۳۷۸). عامل مؤثر در عملکرد دانه شاخص سطح برگ مطلوب است، اگر شاخص سطح برگ در زمان کوتاه‌تری به سطح مطلوب برسد، حداکثر عملکرد دانه حاصل می‌شود. توسعه کند سطح برگ موجب توسعه ضعیف پوشش گیاهی و جذب کمتر تابش خواهد شد که نهایتا 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 خورجین‌ها 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 گرده‌افشانی 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 سانتی‌متر 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 ردیف‌های کاشت از ارایش یکنواخت به غیر یکنواخت، مقدار کل ماده خشک[1] (TDM)، LAI و CGR کاهش یافتند. کارآیی مصرف تابش خورشیدی شاخصی است که بطور گسترده در مدل‌های ارزیابی گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Morrison and Stewart, 1995). از طرفی آرایش 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 یافته تبدیل تابش فعال فتوسنتزی[2] (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[3] (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 ازجستس و همکاران (Justes *et al*., 2000). فرای و همکاران (Fray *et al*., 1996) در بررسی‌های فیزیولوژیکی گل‌های بدون گلبرگ و خورجین‌های افراشته در کلزا، با استفاده از یک لاین بدون گلبرگ، یک لاین با خورجین‌های افراشته و دو رقم محلی گلبرگ دار به این نتیجه رسیدند که لاینه 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 می‌دهند که این موضوع باعث محدود شدن راندمان فتوسنتزی می‌شود و در نتیجه مواد فتوسنتزی برای خورجین ها و دانه ها کاهش می‌یابد. در ژنوتیپ‌های بدون گلبرگ این پتانسیل وجود دارد که سقط خورجین‌ها و دانه در آنها، به علت بهبود انتقال تابش به خورجین‌های تشکیل شده تحتانی در گل آذین، کاهش یابد، بنابراین امکان بقای خورجین‌ها و دانه‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی رقم بدون گلبرگ کلزا و قابلیت آن برای افزایش عملکرد در تراکم‌های بوته بالاتر، هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر تراکم بوته و آرایش کاشت بر شاخص های رشد و کارآیی مصرف تابش دو

1- Total Dry Matter
2- Photosynthetic Active Radiation
3- Radiation Use Efficiency

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

رقم کلزای کلبرگ دار و بدون کلبرگ بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب کرت‌های خرد شده -فاکتوریل (اسپلیت پلات فاکتوریل) با طرح پایه بلوک های کامل تصادفي با سه تکرار طي سال زراعي ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعهٔ مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در کیلومتر۵ جاده رشت –تهران در شهرستان رشت که طول وعرض جغرافیایي آن به ترتیب ۵۱ درجه و ۳ دقیقه شرقي و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالي از نصف النهار گرینویچ و ارتفاع از سطح دریا ۷- متر بود، به اجرا گذاشته شد. دو تیمار آزمایشي (آرایش های کاشت مربع و مستطیل) به عنوان عامل اصلي و ارقام در دو سطح کلبرگ‌دار (Hyola 401) (بهاره، نسبتا 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 کلبرگ (Hylite 201) (بهاره، نسبتا زودرس، ارتفاع بوته حدود ۱۱۵ سانتیمتر، عملکرد دانه حدود ۳۲۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار که از ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعي گرگان تهیه شده بود) و تراکم بوته در واحد سطح (۳۳، ۶۷ و ۱۳۳ بوته در مترمربع) به ترتیب عوامل فرعي اول و دوم به صورت فاکتوریل در نظر گرفته شدند. خاک مزرعه آزمایشي دارای بافت سیلتي- رسي، هدایت الکتریکي ۰/۶۳ دسي زیمنس بر متر، pH= ۶/۹ و کربن آلي ۱/۹ درصد و کشت قبلي 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 ۹ = ۳×۳ مترمربع بود. کودهای شیمیایي پایه نیتروژن از منبع اوره و فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل هر کدام به میزان ۵۰ کیلو گرم در هکتار مصرف شدند. کود نیتروژن به صورت سرک در دو مرحله قبل از ساقه دهي و قبل از گل‌دهي به مقدار ۴۶ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره مصرف شد. و با توجه به شرایط آب و هوایي شهرستان رشت و احتمال غرقاب شدن مزرعه در اثر نزولات جوی، در بین بلوک ها و واحدهای آزمایشي زه‌کش‌هایي ایجاد شدند. کاشت بذر به صورت دستي در آبان ماه انجام شد. بعد از سپری شدن مرحلهٔ چهار برگي بوته‌ها، به تنک کردن بوته‌های اضافي 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 حاشیه ای 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 تصادفي برداشت و سپس در پاکت هایي 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 سانتي‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین) بر روی آنها انجام گرفت.

شاخص‌های رشد

برای ارزیابي شاخص‌های رشد از مقادیر سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایي 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] $TDW = W = e^{a+bt+ct^2}$،

1- Total Dry Weight

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

وزن خشک برگ Leef Dry Weight (LDW) = $e^{a'+b't+c't^2}$ و شاخص سطح برگ LAI = $e^{a''+b''t+c''t^2}$ باشند، با مشتق گیری 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:

رابطه (۱) $RGR=b+2ct$

رابطه (۲) $CGR=(b+2ct)e^{a+bt+ct^2}$

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

رابطه (۴) $LAI=e^{a''+b''t+c''t^2}$

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

کارآیی مصرف تابش (RUE)

برای محاسبهٔ کارآیی 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 محدودهٔ PAR برای هر کرت فرعی در نظر گرفته شد (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۱) و (حسین‌زاده، ۱۳۸۵). برای تعیین درصد جذب تابش (LI) Light Interception از رابطه (۵) استفاده شد (Wells, 1991):

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

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

رابطه (۶) $K= LAI / Ln (I_0 /I)$

کارآیی 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 داده های بدست آمده از ایستگاه هواشناسی، شبیه سازی شد (Rietveld, 1987):

رابطه (۷) $R_s = R_a[a+b(n/N)]$

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 حاصلضرب تابش ورودی شبیه سازی شده، و درصد تابش جذب شده در هر مرحله نمونه‌گیری، به دست آمد و نهایتا 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. داده ها نیز با استفاده از نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل گردید. جدول های و نمودارها با نرم افزار EXCEL رسم شد. برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح ۵ درصد برای کلیه صفات مورد بررسی استفاده شد. ۵ درصد برای کلیه صفات مورد بررسی استفاده شد.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

نتایج و بحث

میزان تجمع مادهٔ خشک

به‌طور کلی روند تجمع مادهٔ خشک در بین ارقام، تراکم و ارایش مختلف کاشت کلزا در این تحقیق مشابه و به صورت سیگموئیدی بود (شکل‌های ۱ تا ۴). تجزیه واریانس داده‌های حاصل از مادهٔ خشک در مرحلهٔ گل‌دهی (در اینجا فقط مرحلهٔ گل‌دهی ارائه شده است)، نشان داد که اثر ارایش‌های کاشت، رقم و تراکم بوته و برهمکنش آنها بر میزان تجمع مادهٔ خشک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های حاصل از اثر برهمکنش آرایش، رقم و تراکم کاشت نشان داد (جدول‌های ۲ تا ۴) که بالاترین میزان مادهٔ خشک مربوط به ارایش مربع و رقم بدون گلبرگ و تراکم ۶۷ بوته در مترمربع بود (شکل ۳). به نظر می‌رسد 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 قسمت‌های پایین پوشش گیاهی نفوذ می‌کند و برای آرایش کاشت نیز، آرایش مربع به جهت توزیع بهتر تابش در بین بوته‌ها، توانایی بیشتری برای جذب تابش دارد و از شروع رشد تا پایان دورهٔ رشد مادهٔ خشک بیشتری را تولید می‌نماید. بیشترین مقدار مادهٔ 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 تراکم‌ها شد (شکل‌های ۱ تا ۴). نتایج حاصل از این تحقیق با یافته‌های سایر محققان مطابقت داشت (Rao *et al.*, 1991). رائو و همکاران (Rao *et al.*, 1991) نشان دادند که خاصیت بدون گلبرگی باعث می‌شود که توزیع تابش در داخل پوشش گیاهی در زمان گل‌دهی بهتر صورت گیرد و دوام برگ‌ها در کلیه تراکم‌ها افزایش یابد، بنابراین در تراکم‌های بالاتر در سراسر فصل رشد، سطح برگ بالاتری وجود داشته و در نتیجه میزان مادهٔ خشک افزایش می‌یابد. مک گریگور (McGregor, 1987) نشان داد که علت کاهش وزن خشک در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب، سایه اندازی برگ‌ها و کاهش کارآیی فتوسنتز برگ‌ها در مرحله گل‌دهی و بعد از آن است و در تراکم کمتر بوته‌ها، 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 شاخص‌های رشد دو رقم کلزای بدون گلبرگ و گلبرگ‌دار در آرایش کاشت و تراکم بوته‌های مختلف در مرحلهٔ گل‌دهی

Table 1. Analysis of varience 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
Repelication (R)	تکرار	2	0.0001 ns	57.33 ns	0.0000028 ns	0.000044 ns
Planting pattern(PP)	آرایش کاشت	1	0.1190 **	254184.02 **	0.1778 **	0.0413 **
Error (a)	خطای (الف)	2	0.0003	11.44	0.000053	0.000011
Cultivar (C)	رقم	1	0.0930 **	232484.69 **	0.021 **	0.0152 **
Plant density (D)	تراکم بوته	2	1.9090 **	756382.33 **	0.4599 **	0.158 **
PP × C	آرایش کاشت × رقم	1	0.0272 **	13884.69 **	0.0182 **	0.000044 ns
PP × D	آرایش کاشت × تراکم بوته	2	0.0212 **	3552.11 **	0.006 **9	0.00753 **
C × D	رقم × تراکم بوته	2	0.0185 **	25025.44 **	0.0061 **	0.000053 ns
C × PP × D	رقم × آرایش بوته × تراکم بوته	2	0.0067 **	2714.11 **	0.0097 **	0.00064 **
Error (b)	خطای (ب)	20	0.0002	15.59	0.00018	0.000074

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

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

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

Table 2- Mean comparison of plant traits in petalled 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^2)	CGR ($g/m^2/day$)	NAR ($g/m^2/day$)
			آرایش مربع S.P.P		
Petalled	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
			آرایش مستطیل R.P.P		
Petalled	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
			اثر اصلی آرایش کاشت Main effect of planting pattern		
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 مرحلهٔ گل‌دهی

Table 3- Means comparison of plant traits of petalled 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^2)	CGR ($g/m^2/day$)	NAR ($g/m^2/day$)
		آرایش مربع S.P.P.		
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
		آرایش مستطیل R.P.P.		
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
		اثر اصلی تراکم Main effect of plant density		
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

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از مرحلهٔ 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 شاخص سطح برگ مربوط به رقم بدون گلبرگ در ارایش 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات گیاهی در دو رقم کلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ در تراکم‌های بوته در واحد سطح در مرحلهٔ 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^2)	CGR ($g/m^2/day$)	NAR ($g/m^2/day$)
		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

میانگین‌هایی، در هر ستون، دارای حرف مشترک بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال 5% تفاوت معنی‌دار ندارند.

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

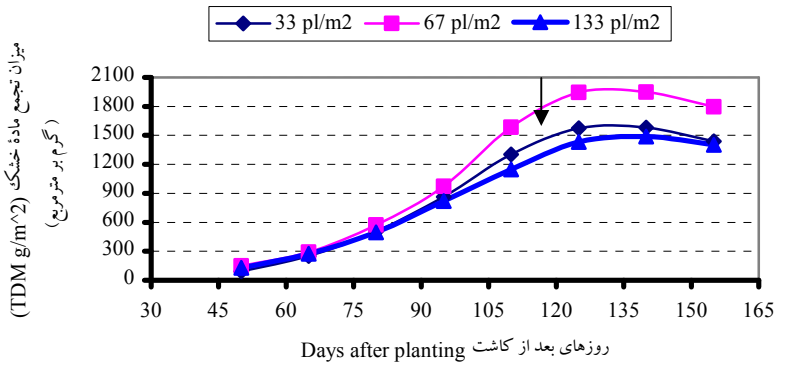
(به شکل‌های ۵ تا ۸ مراجعه شود). توسعه و گسترش سطح برگ در گیاهان زراعی به عوامل مختلفی مانند دما، تراکم بوته در واحد سطح و میزان مواد غذایی در دسترس بستگی دارد که این عوامل می‌توانند باعث به وجود آمدن تفاوت‌هایی در شاخص سطح برگ تیمارهای مختلف گردد (امام و نیک‌نژاد،۱۳۷۳). در اوایل رشد به‌دلیل متوقف شدن 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 مرحلهٔ گل‌دهی ادامه داشت (بطوری‌که در این دو رقم گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ شاخص سطح برگ در مرحلهٔ گل‌دهی به ترتیب ۳/۱۲ و ۳/۲۲ بود) و بعد از آن دوباره یک روند کاهشی 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 برگ‌ها موجب می‌شود LAI کاهش می‌یابد (حسین‌زاده، ۱۳۸۵). احتمالا 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 انها با کارآیی بالاتری فتوسنتز نمایند. نتایج حاصل از این ازمایش با یافته‌های سایر محققان مطابقت دارد (تولیت ابوالحسنی، ۱۳۷۴؛ امیرمرادی، ۱۳۷۸؛ قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۳؛ حسین‌زاده، ۱۳۸۵).

سرعت رشد گیاهی

تجزیه واریانس داده‌ها در مرحلهٔ گل‌دهی نشان داد که اثر آرایش کاشت، رقم و تراکم بوته و اثر برهمکنش انها بر سرعت رشد گیاهی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول۱). مقایسه میانگین اثر برهمکنش نشان داد که (جدول‌های ۲ تا ۴)، که بالاترین میزان سرعت رشد محصول (مرحلهٔ گل‌دهی که در شکل‌ها با پیکان نشان داده شده است) مربوط به آرایش

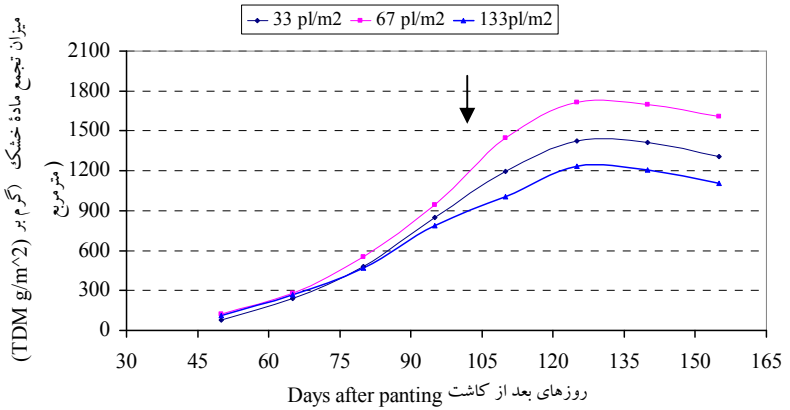
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]



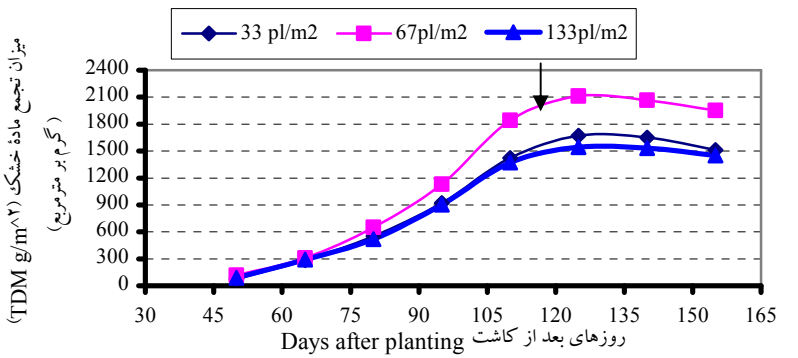
شکل ۱- روند تجمع مادهٔ خشک رقم گلبرگ‌دار با آرایش کاشت مربع در سه تراکم بوته

Fig.1.Dry matter accumulation in petalled rapeseed at square planting pattern and three plant densities.



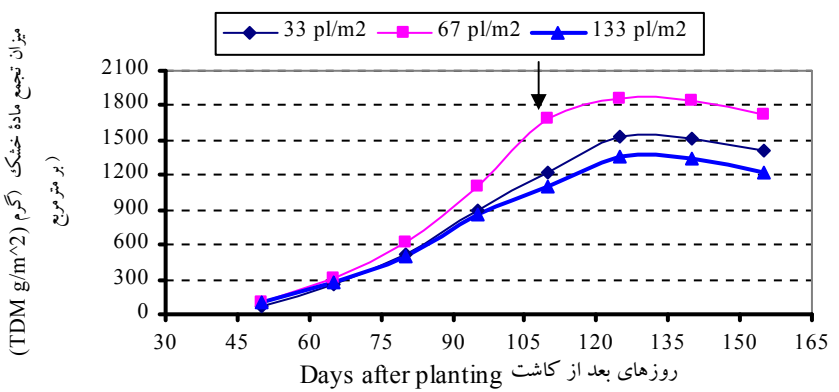
شکل ۲- روند تجمع مادهٔ خشک رقم گلبرگ‌دار با آرایش کاشت مستطیل در سه تراکم بوته

Fig. 2. Dry matter accumulation in petalled rapeseed at rectangular planting pattern and three plant densities.



شکل ۳- روند تجمع مادهٔ 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.



شکل ۴- روند تجمع مادهٔ 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

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 مادهٔ خشک بیشتر نسبت به رقم گلبرگ‌دار، سرعت رشد بیشتری داشت و ارایش 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 این‌که 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 مرحلهٔ روزت و افزایش سطح برگ و در نتیجه بهره‌گیری بهتر از تابش خورشیدی، میزان تولید مادهٔ 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 (قلی پور و همکاران، ۱۳۸۳). برخی از محققان معتقدند که CGR رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتز کننده دارد، به‌طوری 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 مادهٔ 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 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 مرحلهٔ گل‌دهی نشان داد که اثر ارایش کاشت، رقم و تراکم بوته و اثر برهمکنش آرایش کاشت × تراکم و اثر سه جانبه آنها بر سرعت جذب خالص در مرحلهٔ 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 ارایش 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. تولیت‌ابوالحسنی (۱۳۷۴) نیز روند نزولی NAR با گذشت زمان را در کلزا گزارش نمود. افزایش NAR در انتهای دوره می‌توان 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 عمدتا ناشی از افزایش شاخص سطح برگ‌ها و افزایش تعداد برگ در بوته های 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

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

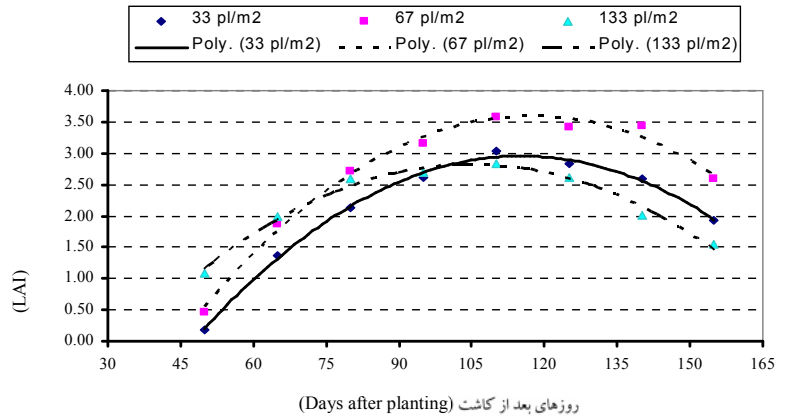
کارآیي مصرف تابش

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از کارایي مصرف تابش نشان داد که در اثر رقم، تراکم بوته، ارایش کاشت و اثر برهمکنش آنها بر کارآیي مصرف تابش در سطح یک درصد معني‌دار بود (جدول ۵). جدول مقایسات میانگین اثر برهمکنش آرایش کاشت در رقم نشان داد (جدول۶) که بیشترین کارآیي مصرف تابش از ارایش 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 مادهٔ خشک یک گیاه به وسیلهٔ میزان فتوسنتز ناخالص، تنفس نوری و تنفس تاریکي تعیین مي‌شود، اثر توزیع یکنواخت بوته در واحد سطح بر توزیع مناسب تابش دریافتي در درون پوشش گیاهي اشکار مي‌شود (امام و نیک‌نژاد، ۱۳۷۴). گزارش شده است که میزان تابش جذب شده به‌وسیلهٔ پوشش گیاهي کلزا به سال، فاصلهٔ ردیف‌ها و تراکم بوته‌ها بستگي 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 کارآیي مصرف تابش کاهش مي‌یابد، به‌طوری که میزان تابش دریافتي در کلزای کاشته شده با میزان بذر یکسان در فاصله ردیف‌های ۱۵ سانتي‌متر نسبت به ۳۰ سانتي‌متر، بیشتر بود (Morrison, *et al.*, 1990). گزارش شده است که در گیاه ذرت یک دلیل برای برتری RUE در آرایش کاشت مربع مي‌تواند توزیع بهتر جریان تابش فعال فتوسنتزی (PAR) در داخل پوشش گیاهي باشد و دلیل احتمالي دیگر فتوسنتز ناخالص بیشتر و یا کاهش تنفس نسبت به سایر ارایش‌های کاشت است (بهشتي و همکاران، ۱۳۸۱). بیشتر بودن میزان شاخص سطح برگ و وزن خشک و بطور کلي سرعت رشد گیاهي و سرعت جذب خالص در ارایش کاشت مربع نسبت به ارایش کاشت مستطیل، منجر به افزایش کارایي مصرف تابش در این آرایش شده و در نتیجه میزان مادهٔ خشک در این ارایش بیشتر از ارایش مستطیل بود. نتایج حاصل از این ازمایش با یافته‌های سایر محققان (احمدونـد و همکـاران، ۱۳۷۷؛ حسـین‌زاده، ۱۳۸۵؛ Andersen *et al*, 1996) مطابقت دارد. بالا بودن میزان کارآیي مصرف تابش در رقم بدون گلبرگ نشان دهندهٔ این است که این رقم در تبدیل انرژی تابشي به مادهٔ 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 توانایي بالاتری در جذب انرژی خورشیدی داشته باشد.

مقایسه میانگین اثر برهمکنش آرایش کاشت × تراکم بوته نشان داد (جدول ۷) که بیشترین میزان کارآیي مصرف تابش مربوط به آرایش کاشت مربع در تراکم ۶۷ بوته در مترمربع بود (۲/۶۳ گرم بر مگاژول بر مترمربع). به نظرمي‌رسد که در تراکم ۶۷ بوته در مترمربع و آرایش کاشت مربع، به علت توزیع مطلوب‌تر بوته‌ها، نفوذ تابش فعال فتوسنتزی به درون پوشش گیاهي 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 کارایي 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) کارایي مصرف تابش برای کلزای زمستانه را در انگلستان

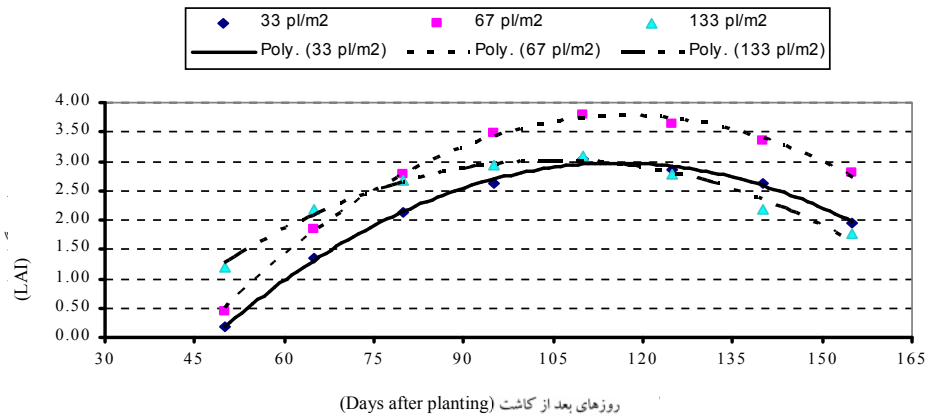
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]



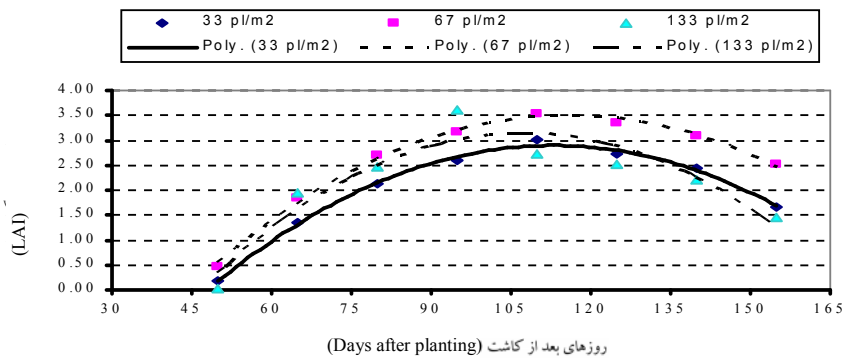
شکل ۵- شاخص سطح برگ در رقم گلبرگ‌دار با آرایش کاشت مربع در سه تراکم بوته

Fig 5. LAI variation in petalled rapeseed at square planting pattern and three plant densities



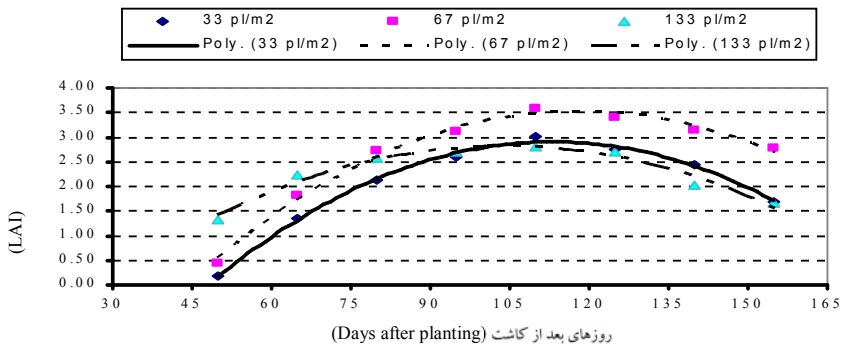
شکل ۶- شاخص سطح برگ در رقم بدون گلبرگ با آرایش کاشت مربع در سه تراکم بوته

Fig. 6. LAI variation in apetalous rapeseed at square planting pattern and three plant densities



شکل 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.

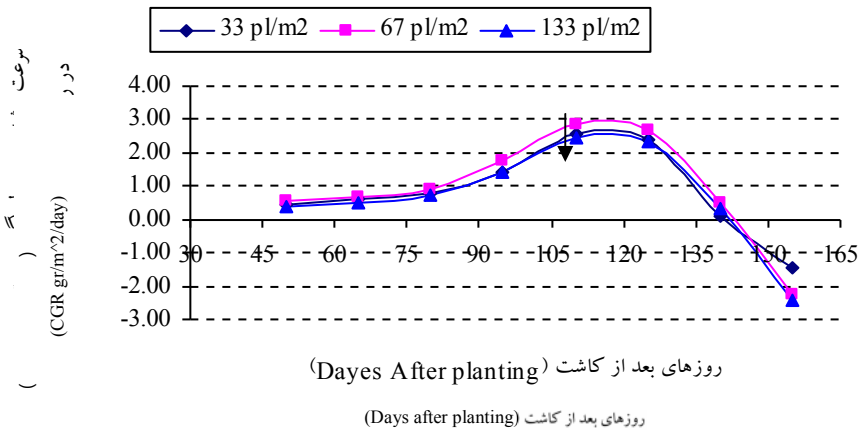


شکل ۸- شاخص سطح برگ در رقم بدون گلبرگ با ارایش کاشت مستطیل در سه تراکم بوته

Fig. 8. LAI variation in apetalous rapeseed at rectangular planting pattern and three plant densities.

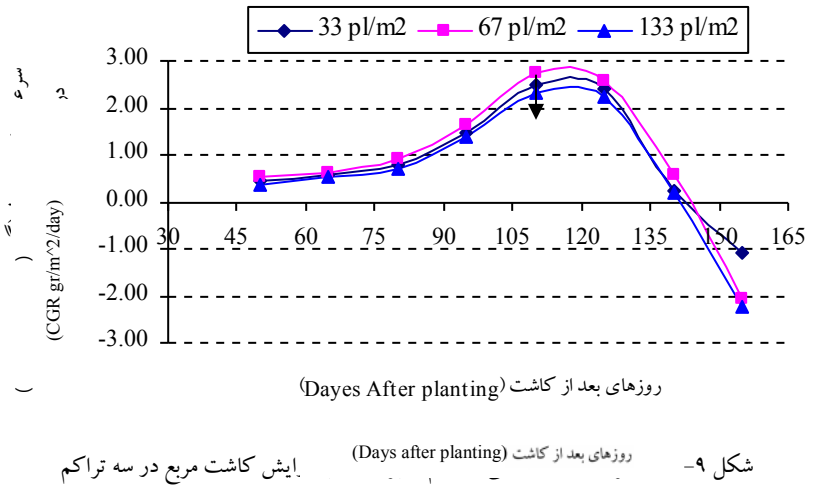
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]



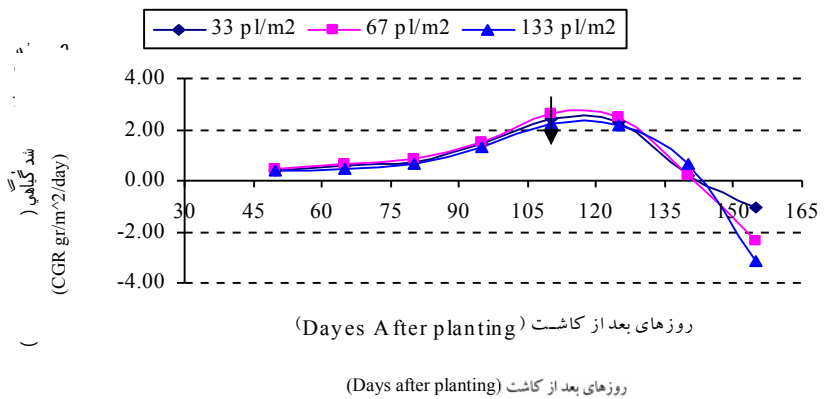
شکل ۱۰- روند سرعت رشد گیاهی در رقم بدون گلبرگ با آرایش کاشت مربع در سه تراکم

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



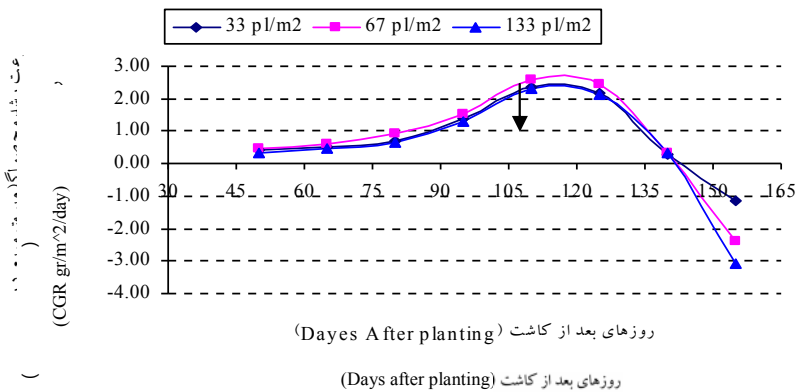
شکل ۹- ایش کاشت مربع در سه تراکم

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



شکل۱۲- 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.

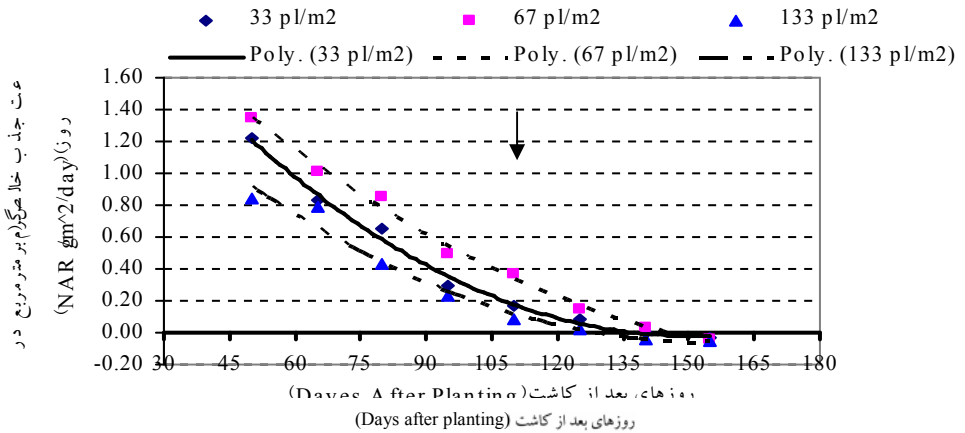


شکل ۱۱- روند سرعت رشد گیاهی در رقم گلبرگ‌دار با آرایش کاشت مستطیل در سه تراکم

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

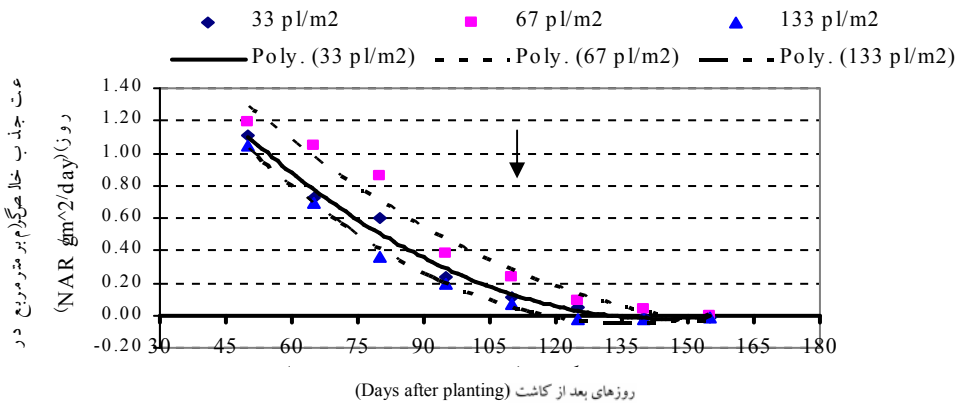
[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]



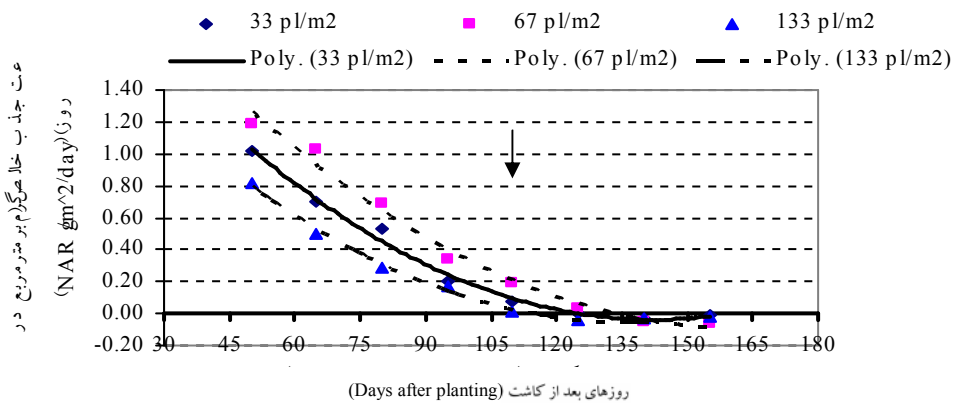
شکل ۱۳- روند سرعت جذب خالص در رقم گلبرگ‌دار با آرایش کاشت مربع در سه تراکم بوته

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



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

Fig. 14. NAR variation in apetalous rapeseed at square 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.

شکل۱۶- 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

جدول ۵- تجزیه واریانس کارآیی مصرف تابش و ضریب استهلاک نوری در دو رقم کلزای گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ در ارایش کاشت‌ها و تراکم های 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: کارآیی مصرف تابش Radiation use efficiency	ضریب استهلاک نوری Light extinction coefficient
Replication (R)	تکرار	2	0.0000013^{ns}	0.00002^{ns}
Planting pattern (PP)	آرایش کاشت	1	0.0924**	0.005**
Error (a)	خطای (الف)	2	0.00000033	0.0000322
Cultivar (C)	رقم (C)	1	0.44578**	0.0138**
Plant Density(D)	تراکم بوته (D)	2	0.5298**	0.1159**
P.p ×C	آرایش کاشت ×رقم	1	0.0023**	0.00189**
PP ×D	آرایش کاشت × تراکم بوته	2	0.04293**	0.000843**
C × D	رقم × تراکم بوته	2	0.0682**	0.0007**
C × PP ×D	رقم ×آرایش کاشت ×تراکم بوته	2	0.0013**	0.000126**
Error (b)	خطای(ب)	20	0.00000043	0.0000314

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

جدول ۶- مقایسه میانگین کارآیی مصرف تابش و ضریب استهلاک نوری در دو رقم کلزای 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	کارآیی مصرف تابش (گرم بر مگا ژول) Radiation use efficiency (g $MJ^{-1}m^{-2}$)	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.

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 کارآیی مصرف تابش در تراکم بالا در مراحل اولیه رشد وجود داشت اما در مرحلهٔ گل‌دهی تراکم متوسط و پایین، از نظر کارآیی مصرف تابش بهتر بودند. رائو و همکاران (Rao, *et al.,* 1991) در ازمایشی که بر روی کلزا با سه (تراکم ۳۳، ۶۷ و ۱۳۳ بوته در مترمربع انجام داده بودند نتیجه گرفتند که کارآیی مصرف تابش برای این سه تراکم به ترتیب ۲/۷۱، ۳/۵۸ و ۳/۱۵

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

جدول ۷- مقایسه میانگین کارایی 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 مگا ژول بر مترمربع) Radiation use efficiency (g $MJ^{-1}m^{-2}$)	ضریب استهلاک نوری 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 مگا ژول بر مترمربع) Radiation use efficiency (g $MJ^{-1}m^{-2}$)	ضریب استهلاک نوری 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 ۱۴/۶درصد 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 کارایی مصرف تابش بالاتر، شاخص

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

سطح برگ، میزان مادهٔ خشک و سرعت جذب خالص بالاتر رقم بدون گلبرگ می‌باشد و نشان دهندهٔ قابلیت کشت متراکم‌تر این رقم نسبت به رقم گلبرگ‌دار است.

منابع مورد استفاده References

احمدوند، گ. 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. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۱ صفحه.

امیر مرادی، ش. ۱۳۷۸. اثرات تراکم کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد برخی از شاخص‌های 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 گلبرگ‌دار و بدون گلبرگ. مجله علوم زراعی ایران. ج ۹، شماره ۱، ص ۷۶-۶۰.

بهشتی، ع.، ع. کوچکی. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۱. تأثیر ارایش 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.

حسین‌زاده، 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. پایان‌نامه 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 SC 402). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. س ۱۲، ص ۱۴۳-۱۳۱.

فرهنگی، ا. ر. ۱۳۷۵. بررسی روند رشد سویا در سطوح مختلف تراکم بوته. چهارمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان؛ ص ۱۵۴.

قلی‌پور، ع.، ن. لطیفی، ک. قاسمی گلعذانی، 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 شاخص‌های 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 رشدو ارتباط ان 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

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 conopy, 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]

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[1]., M. Esfahani[2], H. Sami Zadeh[3] and M. Rabiei[4]

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^2, 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 Guilan, Rasht, Iran (Corresponding author)
3- Assistant Prof., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
4- Researcher, Rice Research Institute of Iran (RRII), Rasht, Iran.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1386.9.4.7.9]