بررسی اثر تراکم بوته بر شاخصهای رشدی ارقام مختلف کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط آب و هوایی مازندران

از :

۱- فهیمه علیزاده : کارشناس مسئول گیاهان زراعی و باغی و مسئول باشگاه کشاورزان شرکت خدمات حمایتی کشاورزی مازندران

۲- رضا افراسیابی معاون اداری ، مالی و بازرگانی شرکت خدمات حمایتی کشاورزی مازندران

چکیده

سابقه و هدف: تعیین تراکم مناسب کشت برای ارقام کلزا بسیار حائز اهمیت می‌باشد و نقش تعیین کننده ای برای دستیابی به عملکرد مطلوب دارد. عملکرد کلزا در دامنه وسیعی از میزان بذر به‌مقدار ناچیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد؛ افزایش تراکم باعث کاهش عملکرد دانه در تک بوته خواهد شد؛ اما افزایش مطلوب تراکم منجر به افزایش عملکرد می شود. تراکم گیاهی یک نقش کلیدی دارد و بهترین وسیله برای بهبود بخشیدن به عملکرد گیاه و استفاده موثر از آب می‌باشد ، کاشت محصول باید در تراکمی صورت گیرد که گیاه به‌خوبی سبز شده، استقرار یافته و در هر یک از مراحل رشد، فضای کافی جهت حداکثر استفاده از عوامل محیطی را داشته باشد و تا حد امکان با شرایط نامساعد روبرو نشود. زیرا مراحل نموی و رشد گیاه تحت تأثیر تراکم و آرایش کاشت قرار می‌گیرد و این می‌تواند بر عملکرد گیاه زراعی مؤثر واقع شود. به‌طورکلی با یک آرایش کاشت و تراکم مناسب ترکیب مطلوبی از عوامل محیطی برای حصول حداکثر عملکرد تأمین می‌شود

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه‌ی تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی قراخیل در شهرستان قائمشهر اجرا شد. تیمارها شامل: تراکم‌های ۴۲، ۶۶، ۸۸، ۱۱۴ و ۱۳۳ بوته در متر مربع و چهار رقم کلزا شامل: هایولا ۴۰۱، آگامکس، هایولا ۴۸۱۵ و تراپر که در سه تکرار اجرا شد. صفات مورد ارزیابی شامل شاخص‌های رشد نظیر میزان ماده خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت فتوسنتز خالص بود

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر متقابل رقم و تراکم بوته تنها برای شاخص‌های رشدی ماده خشک کل و شاخص سطح برگ تفاوت معنی داری داشته است؛ بیشترین مقدار ماده خشک کل(۹۱۰) و شاخص سطح برگ(۳/۹۴) برای رقم هایولا۴۸۱۵ مربوط به تراکم ۸۸ بوته در مترمربع و کمترین مقدار ماده خشک کل در رقم تراپر(۳۹۳) و شاخص سطح برگ(۲/۲۳) در رقم هایولا ۴۰۱ در تراکم ۴۲ بوته در مترمربع مشاهده شد. طبق جدول تجزیه واریانس تنها اثر اصلی تراکم بر سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت فتوسنتز خالص معنی‌دار بود که بر اساس آن بیشترین سرعت رشد محصول با میانگین ۱۱/۳۶ گرم در مترمربع در روز مربوط به تراکم ۸۸ بوته در مترمربع و کمترین مقدار آن نیز با میانگین ۵/۹۱ گرم در مترمربع در روز از تراکم ۴۲ بوته در مترمربع بدست آمد همچنین حداکثر میزان سرعت رشد نسبی با میانگین ۰/۰۵۸۰ گرم بر گرم در روز در تراکم ۸۸ بوته در مترمربع و کمترین مقدار با میانگین ۰/۰۵۳۰ گرم بر گرم در روز از تراکم ۴۲ بوته در مترمربع بدست آمده است. بیشترین سرعت فتوسنتز خالص با میزان ۳/۴۹ گرم در مترمربع در روز با تراکم ۸۸ بوته در متر مربع بوده و کمترین میزان این صفت نیز (۲/۹۹) مربوط به تراکم ۴۲ بوته در مترمربع بوده است

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که از بین شاخص‌های رشدی اثرات متقابلتراکم‌های کاشت و ارقام مختلف کلزا، تنها در مورد ماده خشک کل و شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بیشترین میزان ماده خشک و شاخص سطح برگ در رقم هایولا ۴۸۱۵ از تراکم ۸۸ بوته در متر مربع بهترین نتیجه را داشته و بیشترین میزان سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت فتوسنتز خالص در تراکم ۸۸ بوته در متر مربع بدست آمد . لذا با توجه به نتایج حاصله، رقم هایولا ۴۸۱۵ و تراکم ۸۸ بوته در متر مربع برای دستیابی به عملکرد بالا در کلزا در شرایط آب و هوایی مازندران قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص های رشدی، عملکرد دانه، تراکم، رقم

مقدمه

با افزایش جمعیت و بهبود سطح تغذیه و جایگزین شدن روغن نباتی به‌جای روغن حیوانی نیاز به توسعه کمی و کیفی دانه‌های روغنی به‌شدت افزایش یافته است (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۴). کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. از تیره چلیپائیان گیاهی زراعی و یک‌ساله بوده و بدلیل دارا بودن میزان زیادی از روغن ذخیره شده در دانه، یکی از مهمترین دانه‌های روغنی است که در کشور ما مورد توجه خاصی قرار گرفته است؛ به‌طوری‌که سطح زیر کشت آن به‌سرعت رو به افزایش است. توسعه کشت کلزا به‌علت دارا بودن سازگاری بالا با شرایط مختلف آب و هوایی کشور، به‌عنوان نقطه امیدی جهت تامین روغن خام مورد نیاز کشور و رهایی از هرگونه وابستگی به‌شمار می‌رود (تقی‌نژاد، ۱۳۹۶). کاهش مناطق تحت کشت این گیاه صنعتی مهم بدلیل فقدان رطوبت و دمای بالا در زمان برداشت این محصول می‌باشد (وجاکوویک و همکاران، ۲۰۱۵). این گیاه برخلاف بیشتر گیاهان روغنی در فصل پاییز نیز قابل کشت بوده و حتی در کشت پاییزه عملکرد بیشتری نیز تولید می‌کند و به‌علت دارا بودن صفات مثبت زراعی نظیر مقاومت به سرما، کم‌آبی، تحمل شوری و عملکرد بیشتر در واحد سطح، نسبت به دانه‌های روغنی دیگر و همچنین بخاطر درصد روغن و پروتئین کنجاله بالا و کیفیت مطلوب در جهت تامین روغن داخلی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (دانش شهرکی و همکاران، ۱۳۸۷؛ رنجبر و همکاران، ۱۳۹۴؛ موسوی و همکاران، ۲۰۱۱؛ کاظمینی و همکاران، ۱۳۹۰).

ارقام مختلف مانند گونه‌های مختلف به شرایط اقلیمی معینی سازگار هستند، بنابراین انتخاب رقم برای موفقیت در تولید حائز اهمیت می‌باشد. در انتخاب رقم باید به گونه، نوع و سازگاری رقم، کیفیت بذر، ویژگی‌های خاک، شرایط آب و هوایی، عملکرد دانه، زودرسی، مقاومت به ریزش و ورس، بیماری‌ها و سایر خصوصیات زراعی دیگر توجه کرد (سینا و رامئه، ۱۳۹۰). متغیرهای زیادی رشد و نمو گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند که از آن جمله طول روز، مقدار دریافت انرژی خورشیدی، میزان بارندگی، تعداد بوته در مترمربع، درجه حرارت در دوره رشد و مقدار عناصر مورد نیاز گیاه در خاک را می‌توان ذکر کرد (میکانیکی و همکاران، ۱۳۹۲). یکی از راهکارهای افزایش عملکرد در واحد سطح استفاده از ارقام مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی هر منطقه در تراکم مناسب کاشت است، به‌نحوی که حداقل رقابت تخریبی بین بوته‌ها وجود داشته باشد. در تراکم‌های بیش از حد ایجاد میکروکلیمای نامناسب و به‌دنبال آن خطر شیوع بیماری‌ها و آفات، عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (موسوی و همکاران، ۲۰۱۱).

تولید ماده خشک گیاهی به عنوان تابعی از نور جذب شده در طول دوره رشد و راندمان استفاده از نور، تحت تأثیر ساختار کانوپی این هدف با تغییر تراکم بوته و توزیع بوته ها در واحد سطح زمین میسر است. توزیع یکنواخت بوته بر توزیع مناسب تابش در درون پوشش گیاهی مؤثر است، در این ارتباط محققان اظهار داشتند که آرایش هندسی مناسب گیاهان در مزرعه موجب توزیع یکنواخت تابش در داخل پوشش گیاهی شده و ممکن است عملکرد را افزایش دهدیکی از راهکارها برای رسیدن به این هدف تغییر فواصل ردیف کاشت است. محققان وجود همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ موجود در اواسط گلدهی را در کلزا گزارش کردند (Gabrielle et al., 1998 و Thurling, 1974).نقش برگها در عملکرد میتواند در تعیین اندازه مقصد هایی نظیر تعداد خورجین در گیاه مهم باشد. در همین رابطه برخی محققان معتقدند که در شاخص سطح برگ برابر، در ردیفهای باریک تر، به علت توزیع یکنواختتر برگها، جذب تابش بیشتر از ردیفهای پهن بود (Shaw and Weber,).

1967 موریسون و همکاران(Morrison et al.,1990b) (در همین مورد اظهار داشتند که گیاهانی که در فاصله ردیف ۱۵ سانتی متر کاشته شده بودند، در مقایسه با فاصله ردیف 30سانتیمتر، مقدار ماده خشک در واحد سطح و طول رویش آنها زیادتر بود و در نتیجه شاخص سطح برگ بیشتری داشتند. در ضمن تحقیقات نشان داده است که یکی از اهداف مهم در کشاورزی، مدیریت بهینه در استفاده از عوامل تولید و تعیین بهترین تراکم گیاهی برای حصول عملکرد مطلوب است (احمدی و همکاران، ۲۰۱۴) که نه تنها در میزان عملکرد نقش مهمی دارد بلکه در کنترل علف‌های هرز نیز نقش بسزایی ایفاء می‌کند (سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۹). بطور کلی، عملکرد کلزا در دامنه وسیعی از میزان بذر به‌مقدار ناچیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد. مطالعات انجام شده نشان داده است که تراکم گیاهی یک نقش کلیدی در عملکرد کلزا و توزیع یکنواخت دارد؛ که مستلزم ثبات عملکرد می‌باشد. تراکم گیاهی اثر معنی‌داری روی تعداد غلاف، شاخه‌های جانبی و تعداد بذر در هر بوته دارد و بهترین وسیله برای بهبود بخشیدن به عملکرد گیاه و استفاده موثر از آب می‌باشد (نصیری و همکاران، ۲۰۱۷) و بنابراین، یکی از عوامل مهم و موثر در عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. افزایش عملکرد با افزایش تراکم تا حدی بالا می‌رود، سپس به‌علت افزایش رقابت درون‌گونه‌ای کاهش می‌یابد در طی خاصیت انعطاف‌پذیری بالا، این گیاه در تراکم‌های پایین با تولید شاخه‌های جانبی زیاد و غلاف‌های پربارتر تراکم پایین را می‌تواند جبران کند (یانتایی و همکاران، ۲۰۱۵). در تراکم‌های زیاد، خوابیدگی بوته و تخریب کلروفیل در گیاه افزایش یافته و این خود باعث افزایش مرگ و میر ناشی از رقابت شده و نتیجه این تغییرات موجب افت عملکرد می‌شود. در تراکم‌های پایین، رقابت بین بوته‌ها کمتر بوده و با افزایش تراکم گیاهی ارتفاع بوته‌ها و رقابت بین آنها افزایش می‌یابد (جوزی و همکاران، ۱۳۹۲).

اگر چه کلزا به‌طور کامل نمی‌تواند تراکم‌های پایین را جبران کند، اما شرایط محیطی نقش قابل ملاحظه‌ای در قدرت جبران‌کنندگی عملکرد آن دارد؛ توانایی یک بوته به جبران تراکم‌های پایین‌تر از حد مطلوب، به‌میزان منابع قابل دسترس مانند نور، آب و مواد غذایی بستگی دارد. امتیاز بالا بودن تراکم بوته، جلوگیری از توسعه زیاد شاخه‌ها و تعداد غلاف در آن‌ها می‌باشد که این واکنش، سبب یکنواختی رسیدگی در کلزا می‌شود (آراسته و فرنیا، ۱۳۹۲).

راستگو و همکاران گزارش کردند که با افزایش تراکم خردل وحشی به دلیل افزایش ماده خشک تجمعی آن سبب کاهش ماده خشک تجمعی گندم شد. فهر و کاونس و هارگود و همکاران به ترتیب کاهش شاخص سطح برگ سویا را در نتیجه رقابت علفهای هرز گزارش کردند.

سرعت رشد محصول CGR و سرعت رشد نسبیRGR که معیاری کمی از خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه و شرایط محیطی میباشد و میتواند به عنوان مبنایی برای مقایسه قدرت رقابت گونهها قرار گیرد از آنجایی که این خصوصیت در راستای بهرهگیری فرصتطلبانه از محیط است میتواند به عنوان رمز موفقیت گونههای رقیب باشد

گیاهان در شرایط جغرافیایی و اقلیمی مختلف برای تطبیق خود با شرایط موجود، فعالیت‌های حیاتی‌شان را تنظیم می‌کنند و با اتخاذ روش‌های مناسب در کنار استفاده از ارقام مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی هر منطقه و نیز حداکثر استفاده از منابع محیطی نظیر نور، آب و مواد غذایی می‌توان به عملکرد بیشتر در گیاهان زراعی دست یافت (خوشحال دستجردی و براتیان، ۱۳۸۸؛ جوزی و همکاران، ۱۳۹۲).

کلزا در ایران گیاه نسبتا جدیدی است و اطلاعات کمی در زمینه عملکرد ارقام در شرایط مختلف محیطی وجود دارد (جباری و همکاران، ۱۳۹۵). آب و هوای معتدل و خنک با رطوبت بالای استان مازندران بهترین شرایط لازم جهت رشد کلزا را فراهم ساخته است و ارقام پرمحصول و سازگار این گیاه را می‌توان به‌عنوان یک محصول مناسب در تناوب زراعی با گندم و

پرنمودن اراضی شالیزاری در زمان پس از برداشت برنج (*Oryza sativa*) درنظر گرفت. اگرچه دامنه کلی میزان تراکم بذر برای کشت کلزا مشخص شده است؛ اما تعیین میزان دقیق‌تر آن برای دستیابی به عملکرد قابل قبول بسیار ضروری می‌باشد (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۴).

لذا پژوهش حاضر با هدف تعیین بهترین تراکم جهت افزایش عملکرد برای هر یک از ارقام کلزا شامل هایولا ۴۰۱، آگامکس، هایولا ۴۸۱۵ و تراپر در شرایط آب و هوایی استان مازندران اجرا شد و اینکه تراکم‌های مختلف چه تاثیری روی شاخص های رشدی این گیاه می‌گذارد؟

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مرکز تحقیقات کشاورزی قراخیل واقع در شهرستان قائمشهر در سال ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. ایستگاه تحقیقات قراخیل در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه و عرض جغرافیایی شمالی ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه در قسمت غربی شهرستان قائمشهر قرار گرفته است. ارتفاع از سطح دریا ۱۴/۷ متر بوده و منطقه محل اجرای طرح دارای آب و هوای نسبتا معتدل می‌باشد. تیمارها شامل تراکم با تراکم‌های ۴۲، ۶۶، ۸۸، ۱۱۴ و ۱۳۳ بوته در متر مربع و همچنین چهار رقم هایولا ۴۰۱، آگامکس، هایولا ۴۸۱۵ و رقم تراپر می‌باشند. بذور از شرکت دانه‌های روغنی استان مازندران تهیه شد. برای اطمینان از دستیابی به تراکم مورد نظر، پس از استقرار بوته‌ها در مرحله سه الی چهار برگی عملیات تنک کردن انجام شد. کاشت به صورت خطی و با دست انجام گرفت. قبل از اجرای آزمایش، جهت مشخص شدن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، خاک منطقه کشت مورد آزمایش قرار گرفت که در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۳-۳- برخی از خصوصیات شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

EC (dS/m)	اسیدیته (pH)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	کربن آلی (درصد)	بافت
۰/۵۲	۷/۸	۰/۲۳	۸/۹	۵۶	۰/۵	سیلتی

در نهایت پس از دریافت نتایج حاصله، کودهای نیتروژنه (اوره) به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، پتاسه (سولفات پتاسیم) و فسفاته (فسفات آمونیوم) هر کدام ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اعمال شد؛ که یک سوم کود اوره در زمان کاشت، یک سوم در مرحله ساقه‌دهی و یک سوم باقیمانده قبل از گلدهی اعمال شد. همچنین، کل دو کود پتاسه و فسفاته نیز به صورت پایه اعمال گردید. برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش ترفلان به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار و به‌صورت پیش از کاشت استفاده

شد. طی فصل رشد نیز به دفعات لازم وجین دستی (در مرحله شروع روزت و شروع گلدهی) انجام شد. آبیاری‌های اولیه تـا استقرار بوته‌ها، هر چهار تا شش روز یکبار و پس از آن تا انتهای فصل رشد به کمک بارندگی‌های پاییزه انجام شد. همچنـین مشخصات ارقام مورد استفاده در این تحقیق در قالب جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۳-۲- خصوصیات ارقام کلزای مورد استفاده در این تحقیق

خصوصیات ارقام	Hyola 401	Hyola 4815	Agamax	Trapper
مبدأ	کانادا	کانادا	آلمان	آلمان
نوع رقم	هیبرید	هیبرید	هیبرید	هیبرید
میزان روغن (٪)	۴۴-۴۷	۴۳-۴۶	۴۳-۴۴	۴۳-۴۴
کیفیت روغن	دو صفر	دو صفر	دو صفر	دو صفر
طول دوره رشد (روز)	۱۵۰-۱۸۰	۱۴۵-۱۷۵	زودرس	بسیار زودرس
مناطق کشت	گرم و مرطوب شمال و گرم خشک جنوب	گرم و مرطوب شمال و گرم خشک جنوب	گرم مرطوب شمال و گرم خشک جنوب	گرم مرطوب شمال و گرم خشک جنوب
ویژگی خاص	یکنواختی رسیدگی، پایداری عملکرد	زودرسی، مناسب کشت دوم در اراضی شالیزار	متحمل به ریزش دانه و ورس و پایداری عملکرد	زودرسی، مقاوم به ریزش دانه و ورس

بذر در عمق ۲/۵-۱/۵ سانتی‌متری خاک و مورخ ۹۶/۸/۱۶ کشت شد. طول کرت‌ها سه متر، عرض آن یک متر، فاصله کرت‌ها از هم به اندازه نیم متر، فاصله بین هر تکرار دو متر و فاصله بین ردیف‌های کاشت از هم بیست و پنج سانتی‌متر درنظر گرفته شد. هر کرت شامل ۴ خط کاشت بود. پس از کاشت بذر اقدامات لازم جهت مبارزه با یک سری آفات نظیر راب که وجود آن منجر به خسارت زیادی در مراحل اولیه رشدی و روزت می‌شود، به‌وسیله سم متالدهاید با نام تجاری متالانجی انجام شد. سایر

به‌منظور محاسبه شاخص‌های رشد، نمونه‌گیری از ۳۰ روز پس از کاشت و به فاصله ۱۴ روز یک‌بار انجام گرفت. در هر بار نمونه‌برداری از هر کرت پس از حذف اثر حاشیه، ۵ بوته به‌طور تصادفی برداشت و وزن خشک ساقه و برگ بعد از قرار گرفتن در آون اندازه‌گیری شد. برای اندازه گیری سطح برگ نیز از دستگاه Leaf area meter مدل LI-3100 استفاده شد. برای بررسی روند تغییرات وزن خشک کل (TDM)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت فتوسنتز خالص (NAR) به‌ترتیب از روابط ۳-۱ تا ۳-۵ استفاده گردید (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۴).

$TDM^{1} = Exp(a + bx + cx^2)$ معادله (۳-۱)

$LAI^{2} = Exp(a' + b'x + c'x^2)$ معادله (۳-۲)

$CGR^{3} = NAR \times LAI$ معادله (۳-۳)

$RGR^{4} = b + 2cx$ معادله (۳-۴)

$NAR^{5} = (b + 2cx) \times Exp[(a-a') + (b-b')x + (c-c')x^2]$ معادله (۳-۵)

در این معادلات a، b و c ضرایب ثابت معادله و x روزهای پس از کاشت می‌باشد.

پس از رسیدگی محصول و زمان برداشت از بین دو ردیف میانی هر کرت و با حذف اثرات حاشیه‌ای و حذف بوته ابتدا و انتهای هر ردیف کاشت، بوته‌ها کف‌بر شده و وزن خشک، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، ارتفاع، قطر ساقه، طول کمباین‌گیر، تعداد شاخه‌های جانبی و وزن هزار دانه نیز اندازه‌گیری شد. وزن خشک بوته‌ها و وزن خشک غلاف و عملکرد دانه پس از قرار گرفتن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد.

پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، آنالیز واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (Ver. 9.4) انجام شد. مقایسه میانگین بوسیله آزمون TUKEY در سطح پنج درصد صورت پذیرفت. همچنین برای صفاتی که اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار شد؛ برش‌دهی فیزیکی برای صفات مربوطه انجام شد. آنالیز رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot 11 انجام شد.

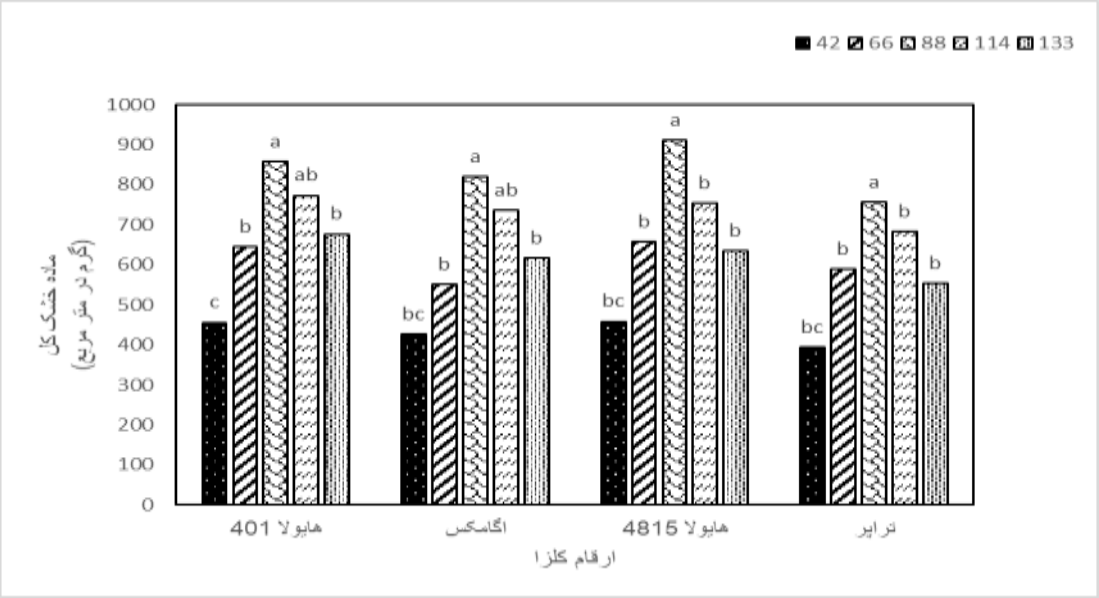
نتایج و بحث

ماده خشک کل

نتایج تجزیه واریانس مربوط به حداکثر ماده خشک کل بوته‌های کلزا حاکی از معنی‌داری اثر متقابل رقم در تراکم بوته بر ماده خشک کل داشت (جدول ۴-۴). و نشان داد که بیشترین مقادیر ماده خشک کل در هر ۴ رقم هایولا ۴۰۱، اگامکس، هایولا۴۸۱۵ و تراپر به‌ترتیب با میانگین‌های ۸۵۷، ۸۲۰، ۹۱۰ و ۷۵۶ گرم در مترمربع مربوط به تراکم ۸۸ بوته در مترمربع بود و کمترین مقادیر نیز با میانگین‌های ۴۵۶،

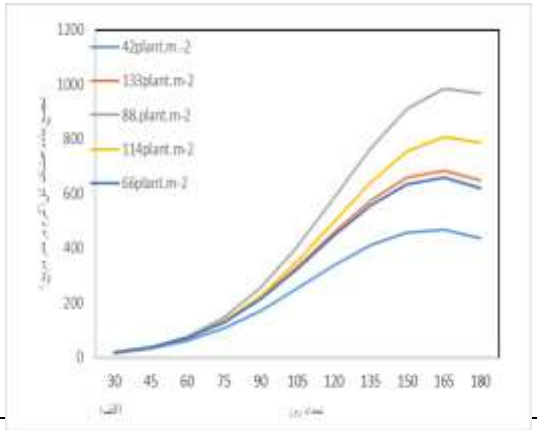
1. Total Dry Matter
2. Leaf Area Iindex
3. Crop Growth Rate
4. Relative Growth Rate
5. Net Assimilation Rate

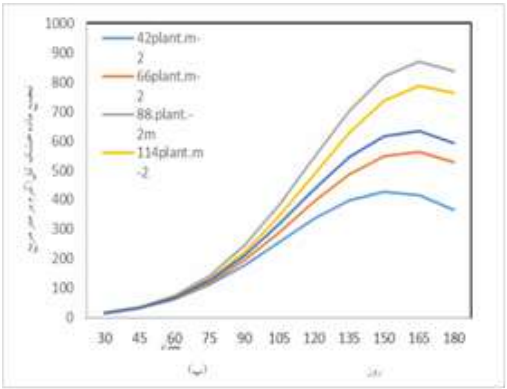
۴۲۷،۴۵۸ و ۳۹۳ گرم در مترمربع مربوط به تراکم ۴۲ بوته در مترمربع بود

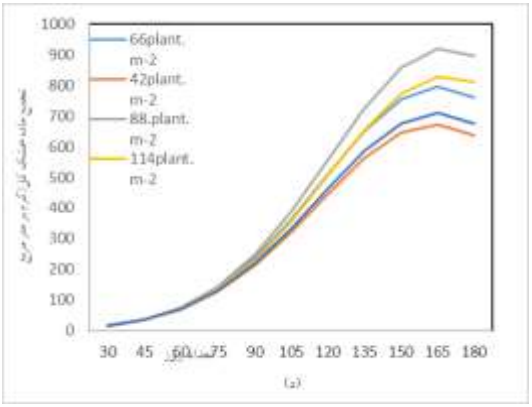


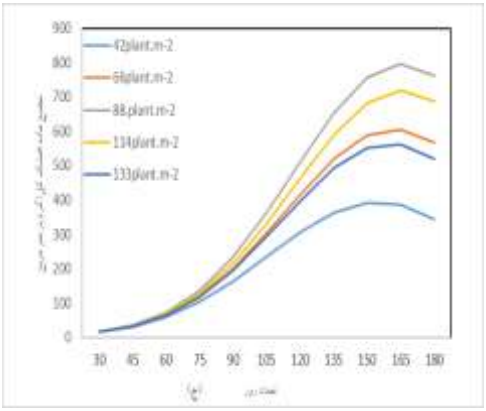
نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل رقم در تراکم بوته بر ماده خشک کل بوته کلزا

وزن خشک گیاه تابعی از میزان تشعشع جذب شده در طول دوره رشد است. از طرفی میزان تشعشع جذب شده به‌وسیله گیاه بستگی کامل به شاخص سطح برگ و رشد تاج‌پوشش گیاه دارد. در بیشتر گیاهان هنگامی که شاخص سطح برگ به ۴ تا ۵ برسد بیش از ۸۰٪ تشعشع فعال فتوسنتزی توسط گیاه جذب می‌شود. شکل ۴-۷ نشان می‌دهد که روند افزایش ماده خشک در تیمارهای مختلف از یک روند معقولی پیروی می‌کند؛ به‌طوری‌که در ابتدای فصل رشد به‌دلیل پایین بودن دما و کم بودن سطح فتوسنتزی، تجمع ماده خشک روند کندی داشته و این روند در همه تیمارها مشاهده می‌شود و با گذشت زمان و همراه با افزایش شاخص سطح برگ میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش یافت و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفت تا در روز ۱۵۰ پس از کاشت به‌حداکثر مقدار خود رسید. مقادیر ماده خشک در شکل ۴-۷ بیانگر روند تغییرات در تراکم‌های مختلف و در ارقام هایولا ۴۰۱، اگامکس، هایولا ۴۸۱۵ و تراپر می‌باشد که تفاوت در بین ارقام در شکل‌های مختلف و تفاوت در بین تراکم‌های کشت در هر رقم در شکل‌های ۴-۷ مشاهده می‌شود.









شکل ۴-۷- روند تغییرات ماده خشک کل در ارقام هایولا ۴۰۱ (الف)، اگامکس (ب)، هایولا ۴۸۱۵ (ج) و تراپر (د) تحت تیمارهای مختلف تراکم بوته

جدول ۴-۴- نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات حداکثر مقادیر شاخص‌های رشد تحت تیمارهای مختلف رقم و تراکم بوته کلزا

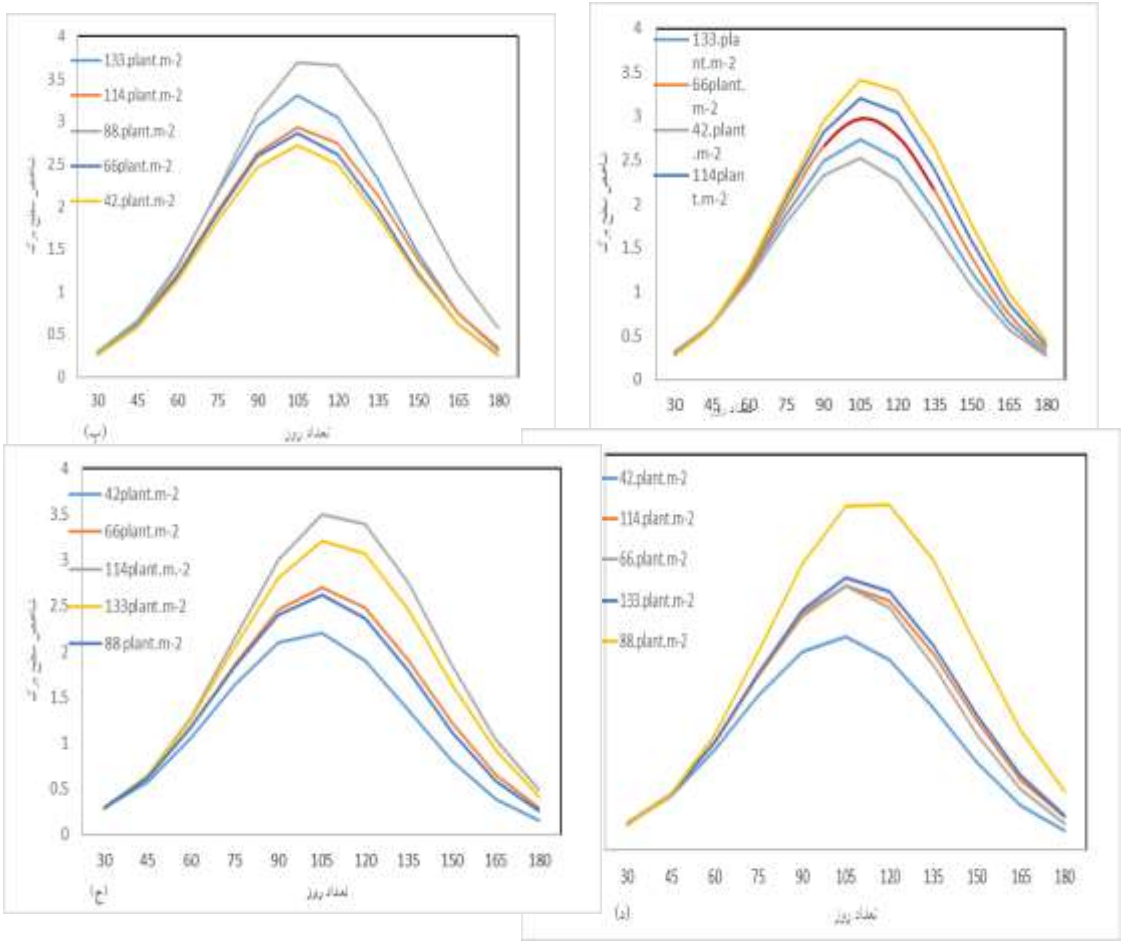
	میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	ماده خشک کل	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول	سرعت رشد نسبی	سرعت فتوسنتز خالص
تکرار	۲	۶۹۱۴۳/۹۶	۰/۰۸۱	۳/۵۴	۰/۰۷۴	۰/۰۰۰۲۰۹
رقم	۳	۶۱۵۷۵/۹۱**	۰/۲۱**	۲/۴۰^{ns}	۰/۰۲۰^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۲۰^{ns}
تراکم بوته	۴	۱۹۱۲۱۳/۷۱**	۱/۰۶**	۵۰/۸۲**	۰/۴۸**	۰/۰۰۰۰۴۰**
رقم × تراکم بوته	۱۲	۱۳۶۶۵/۴۴**	۰/۴۷**	۴/۲۸^{ns}	۰/۰۶۰^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۳۰^{ns}
خطا	۳۸	۲۷۴۹/۵۷	۰/۰۳۷	۳/۰۷	۰/۰۱۲	۰/۰۰۰۰۱۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۷/۹۱	۶/۴۰	۲۰/۷۱	۳/۴۶	۷/۹۸

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

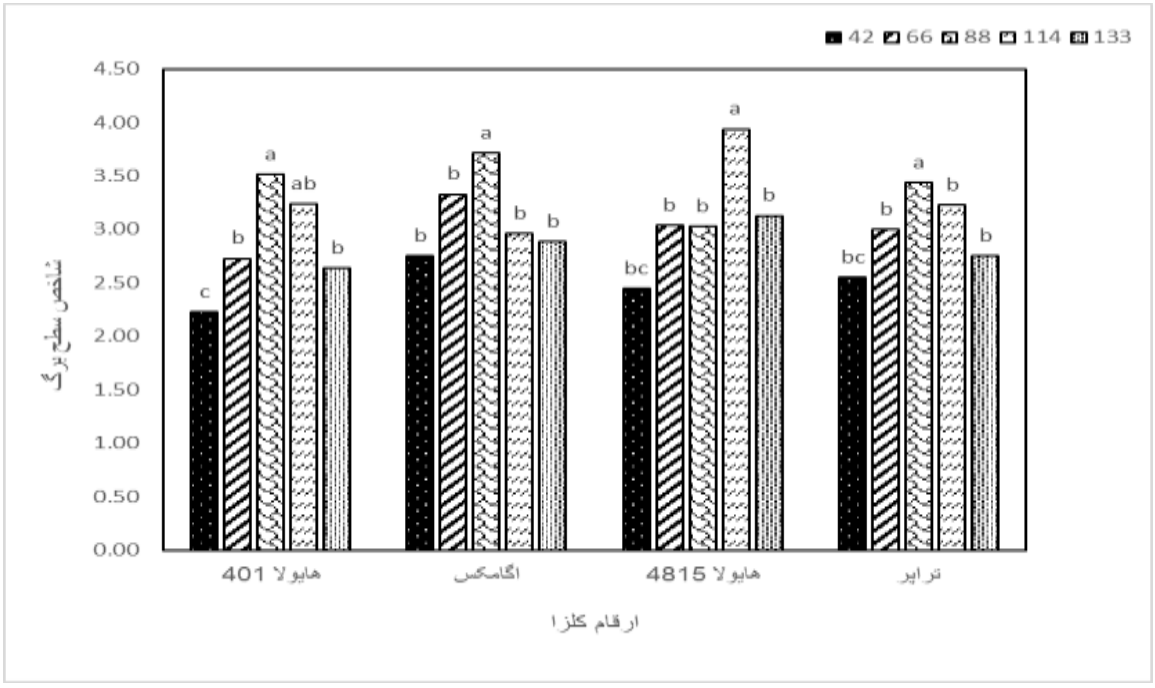
شاخص سطح برگ

در تیمارهای تراکم و رقم کلزا بیشترین شاخص سطح برگ در روز ۱۰۵ پس از کاشت به‌حداکثر مقدار خود رسید بود. در بین ارقام همانگونه که در جدول ۴-۵ و شکل ۴-۸ نیز مشاهده گردید بالاترین شاخص سطح برگ مربوط به تراکم ۸۸ بوته در مترمربع بود و کمترین شاخص سطح برگ نیز مربوط به تراکم ۴۲ بوته در مترمربع می‌باشد در تراکم‌های بالاتر از ۸۸ بوته در مترمربع نیز به‌دلیل رقابت شدید درون‌گونه‌ای، شاخص سطح برگ کمتر از حد مطلوب تراکم بوده است. همچنین در بین ارقام نیز بالاترین مقادیر مربوط به رقم هایولا ۴۰۱ و هایولا ۴۸۱۵ بود و ارقام اگامکس و تراپر مقادیر کمتری از شاخص سطح برگ را دارا بودند شاخص سطح برگ بطور صعودی افزایش می‌یابد و کمی قبل از گلدهی به بیشترین میزان خود می‌رسد و بعد از آن به‌علت انتقال مواد فتوسنتزی برگ‌ها به اندام های زایشی و در نهایت پژمرده شدن و ریزش برگ‌های پایین‌تر پوشش گیاهی در دوره پرشدن دانه روبه کاهش می‌گذارد. کروتسر و ویت (۲۰۰۰) نشان دادند که هرچه سطح برگ گیاه زراعی بیشتر باشد؛ میزان تشعشع دریافتی توسط گیاه بیشتر خواهد بود. هافل و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که شاخص سطح برگ بالاتر در تراکم‌های بالا با کاهش عملکرد همبستگی منفی دارد. شاخص سطح برگ گیاه زراعی یکی از تاثیرگذارترین شاخص‌ها بر قابلیت رقابت گیاه می‌باشد. این شاخص می‌تواند برای نشان دادن اثر تراکم بر عملکرد و

کیفیت گیاه زراعی استفاده شود و با تولید زیست توده و رقابت‌پذیری مرتبط است (سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین نشانگر ظرفیت فتوسنتزی گیاه بوده و به تعداد و اندازه برگ‌ها در هر مرحله از رشد بستگی دارد. از دلایل اصلی بالا بودن مقدار شاخص سطح برگ در تراکم‌های ۸۸ بوته در مترمربع می‌تواند تراکم مطلوب بوته‌های کلزا و عدم رقابت درون‌گونه‌ای باشد. این درحالی است که با افزایش تراکم بیش از حد مطلوب رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های کلزا موجب کاهش رشد و سطح برگ می‌گردد و در بین ارقام مختلف نیز بر اساس خصوصیات ژنتیکی آنها شاخص سطح برگ ارقام هایولا ۴۰۱ و هایولا ۴۸۱۵ بیشتر از دو رقم دیگر بود.



شکل ۴-۸- روند تغییرات شاخص سطح برگ در ارقام هایولا ۴۰۱ (الف)، اگامکس (ب)، هایولا ۴۸۱۵ (ج) و تراپر (د) تحت تیمارهای مختلف تراکم بوته



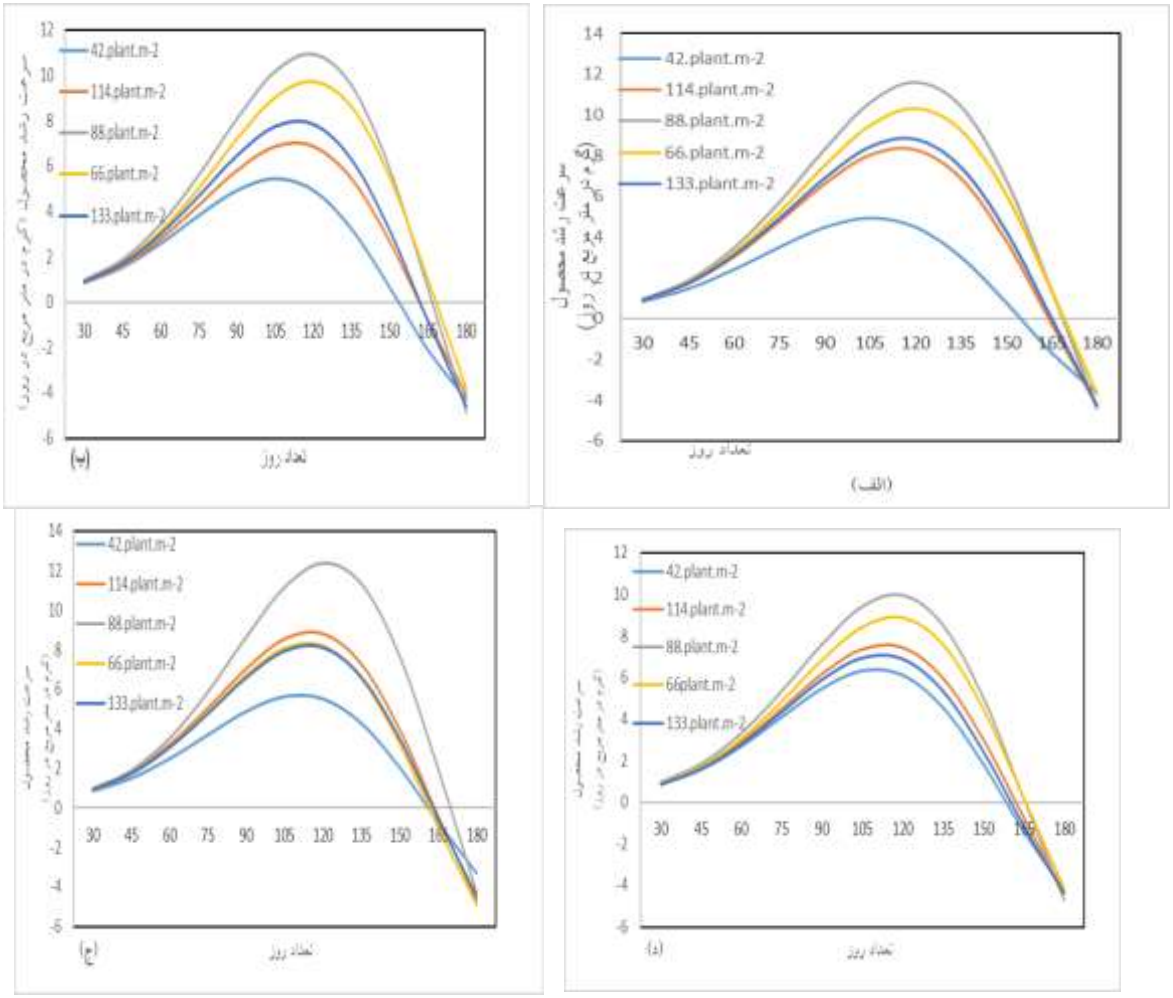
- نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل رقم در تراکم بوته بر شاخص سطح برگ کلزا

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشد.

سرعت رشد محصول

نتایج نشان می‌دهد که تراکم ۸۸ بوته کلزا در مترمربع موجب حصول حداکثر سرعت رشد محصول گردیده است ولی کمتر و بیشتر از این مقدار بوته در مترمربع موجب کاهش در سرعت رشد محصول شد که این امر در تراکم‌های پایین به‌دلیل حجم کم کانوپی و در تراکم‌های بالا به‌دلیل رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های کلزا می‌باشد. در خصوص تاثیر تراکم بوته بر سرعت رشد محصول توسط سیرتی و همکاران (۲۰۰۲) و انیی (۲۰۰۷) به‌ترتیب در لوبیا و سویا گزارش شده است. ترابی جفرودی و همکاران (۱۳۸۸) نیز اظهار داشتند که با کاهش فاصله بین دو بوته در ردیف و یا افزایش تراکم کاشت بر میزان سرعت رشد لوبیا افزوده شد. الگوی سرعت رشد کلزا در تمامی تیمارها نسبتا یکسان بود؛ بطوریکه سرعت رشد کلزا در ابتدای فصل بدلیل کوچک بودن گیاهان به‌کندی افزایش یافت و سپس به‌علت افزایش سطح برگ این شاخص تا مرحله اواخر گلدهی و اوایل غلاف‌بندی کلزا افزایش پیدا کرد و به‌حداکثر مقدار خود رسید (سلیمانی و همکاران، ۱۳۸۹). سرعت رشد محصول نمایانگر میزان تجمع ماده خشک گیاهان در یک فاصله‌ی زمانی مشخص در واحد سطح زمین است و مقدار آن زمانی که شاخص سطح برگ در حد مطلوب است بیشترین مقدار بوده و سپس با سایه‌اندازی و پیری برگ‌ها کاهش می‌یابد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۴). شاخص سرعت رشد محصول از طرفی وابسته به شاخص سطح برگ بوده و میزان کارایی تاج‌پوشش و جذب تابش خورشید را نشان می‌دهد و از طرفی در روند افزایش تجمع ماده خشک تاثیرگذار است (گاردنر و همکاران، ۱۹۹۰). بین سرعت رشد محصول و مقدار تابش جذب شده توسط برگ‌های یک گیاه رابطه مستقیم وجود دارد، به‌طوری‌که در ابتدا و انتهای فصل رشد به‌دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و کم بودن سطح دریافت‌کننده تابش (برگ‌ها) تولید ماده خشک کمتر شده و مقدار سرعت رشد محصول هم کم بود. اما با رشد سریع گیاه و افزایش سطح برگ، جذب تابش و سرعت رشد محصول افزایش یافت. در اواخر فصل رشد روند کاهشی در سرعت رشد محصول مشاهده می‌شود و این زمانی رخ می‌دهد که گیاه بجای تولید مواد فتوسنتزی بیشتر به انتقال مواد از اندام‌های مختلف به دانه‌ها می‌پردازد. به‌همین دلیل CGR حتی منفی هم می‌شود (کریمی و سیدیکو، ۱۹۹۱). نتایج مربوط به تفاوت بین تراکم‌های مختلف برای رقم‌های هایولا ۴۰۱، اگامکس، هایولا ۴۸۱۵ و تراپر در قالب شکل ۴-۹ ارائه شده است. سرعت رشد محصول مهم‌ترین شاخص تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی است که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح

زمین در یک واحد زمان مشخص می‌باشد (کوسین و همکاران، ۱۹۹۳).

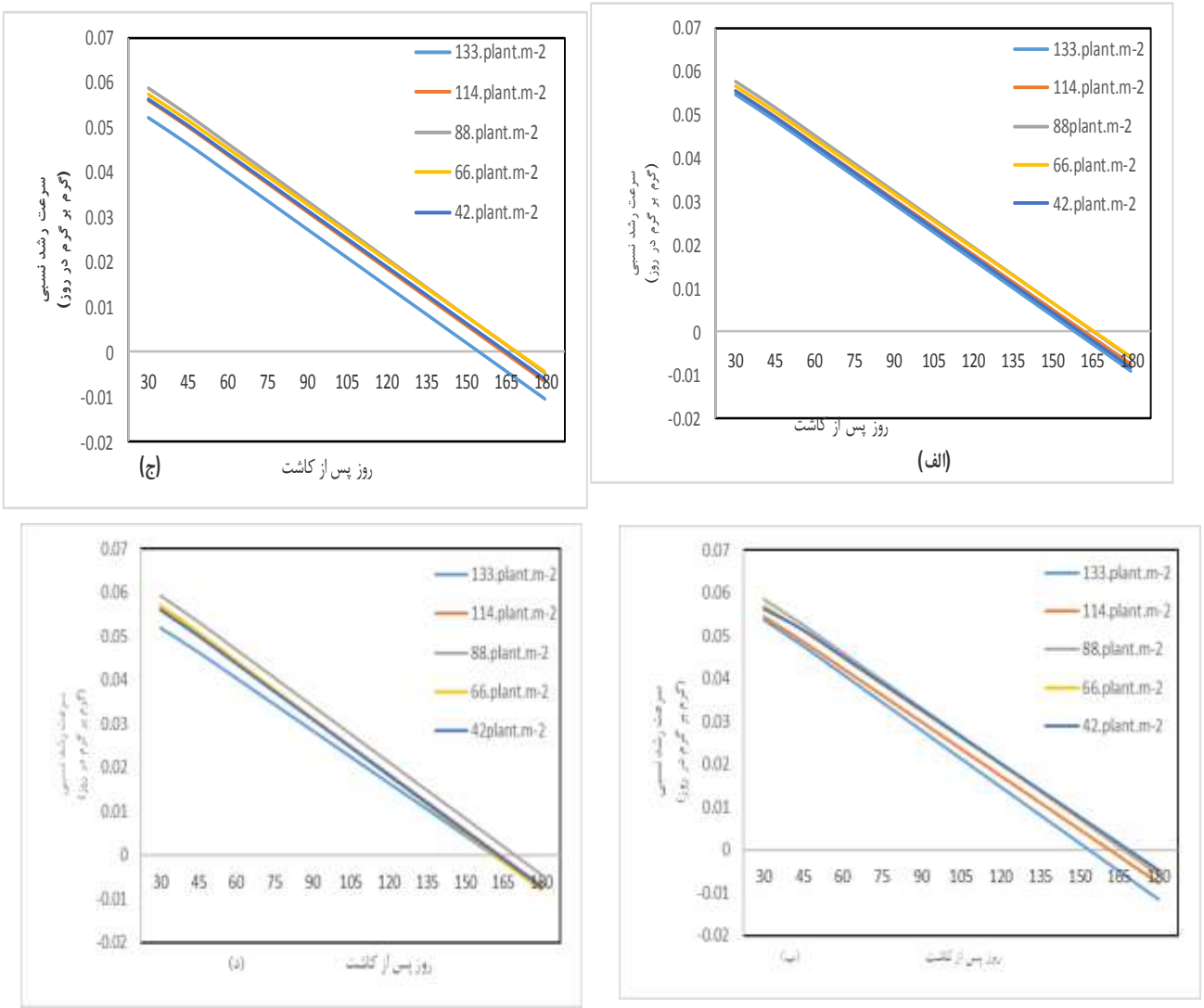


شکل ۴-۹- روند تغییرات سرعت رشد محصول در ارقام هایولا ۴۰۱ (الف)، اگامکس (ب)، هایولا ۴۸۱۵ (ج) و تراپر (د) تحت تیمارهای مختلف تراکم بوته

حداکثر سرعت رشد نسبی

سرعت رشد نسبی بیان‌کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است و معمولا بر حسب گرم بر گرم در روز بیان می‌شود. هدف از اندازه‌گیری این شاخص ارزیابی راندمان تولید است. تغییرات سرعت رشد نسبی بر مبنای روزهای پس از کاشت در ترکیبات تیماری مختلف نشان می‌دهد که در تمام ترکیبات تیماری، سرعت رشد نسبی، با افزایش سن گیاه کاهش یافته است (شکل ۴-۱۰). در بین تراکم‌های مختلف و واکنش ارقام کلزا به این تراکم‌ها رقم هایولا ۴۰۱ در تراکم ۸۸ بوته در مترمربع با میزان ۰/۰۵۷۵۷۲ گرم بر گرم در روز بیشترین و همین رقم در تراکم ۱۳۳ بوته در متر مربع با میزان ۰/۰۰۸۴- گرم بر گرم در روز کمترین میزان سرعت رشد نسبی را دارا بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی تنها اثر اصلی تراکم بوته بر سرعت رشد نسبی معنی‌دار بود و سایر اثرات تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴-۴). نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی تراکم بوته نشان داد که بیشترین سرعت رشد نسبی با میانگین ۰/۰۵۸۰ گرم بر گرم در روز مربوط به تراکم ۸۸ بوته در مترمربع بود. این در حالی بود که مقادیر کمتر و بیشتر از این مقدار بوته در مترمربع موجب کاهش سرعت رشد محصول گردید و کمترین مقدار با میانگین ۰/۰۵۳۰ گرم بر گرم در روز نیز از ۴۲ بوته در مترمربع بدست آمد (جدول ۴-۵). سرعت رشد نسبی مشتق دوم معادله سیگموییدی روند تجمع ماده خشک بوده و بیانگر وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است، اما توصیف‌کننده سرعت رشد

ثابت در طول یک چارچوب زمانی مشخص نیست و می‌توان با مقادیر لحظه‌ای RGR متفاوت باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۶). سرعت رشد نسبی به تنهایی نمی‌تواند در تجزیه و تحلیل شرایط رشد گیاهان و به‌خصوص جوامع گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، توصیه محققین برای محاسبه تولید ماده خشک در گیاهان با استفاده توام از سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی که به‌عنوان دو شاخص مهم در تجزیه و تحلیل رشد مطرح می‌باشند؛ توصیه می‌گردد (کونلی و همکاران، ۲۰۰۲). کاهش سرعت رشد نسبی گیاه در طی فصل رشد، می‌تواند به پیری برگ‌های پایینی، در سایه قرار گرفتن آنها و همچنین افزایش بافت‌ها و کربوهیدرات‌های ساختمانی (که در فتوسنتز نقشی ندارند) نسبت به بافت‌های متابولیکی فعال نسبت داده شود (مصطفوی‌راد و همکاران، ۱۳۹۲).به‌نظر می‌رسد که در تراکم‌های پایین به‌دلیل عدم پوشش کامل سطح خاک کارایی استفاده از منابع طبیعی کاهش یافته است، بنابراین کاهش فاصله بین ردیف-های کاشت با افزایش دریافت نور (ناصری و همکاران، ۱۳۹۴)، کاهش تبخیر از سطح خاک (زاهد و همکاران، ۱۳۹۲)، بهبود جذب عناصر غذایی خاک (طالعی و صیادیان، ۱۳۸۱) و جلوگیری از رشد علف‌های هرز توانسته است سرعت رشد نسبی را بهبود بخشد (مظاهری و چغاکور، ۱۳۹۱). در این ارتباط موسوی و همکاران (۲۰۱۱) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

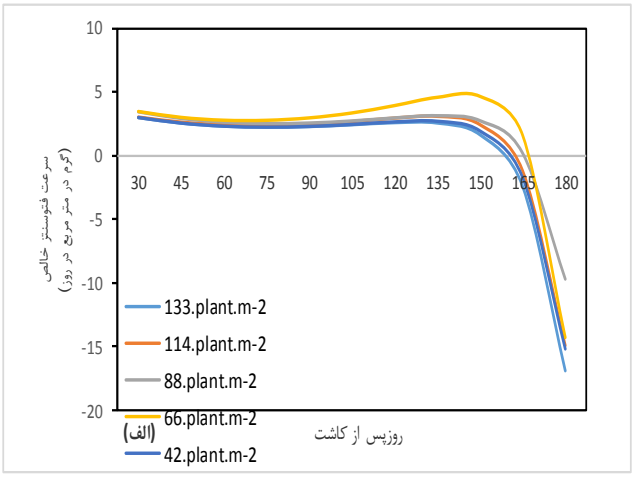


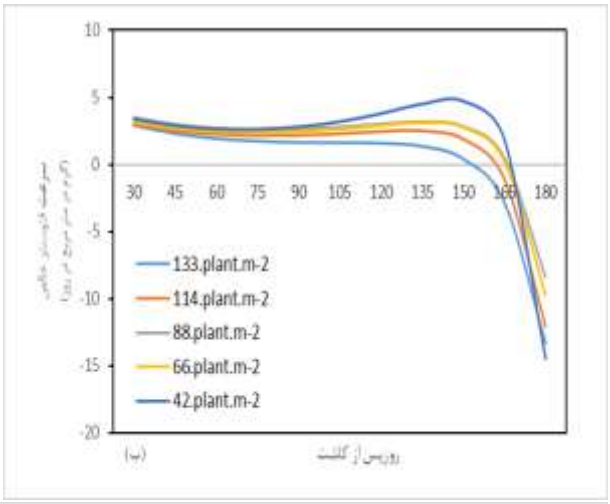
روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام هایولا ۴۰۱ (الف)، اگامکس (ب)، هایولا ۴۸۱۵ (ج) و تراپر (د) تحت تیمارهای مختلف تراکم بوته

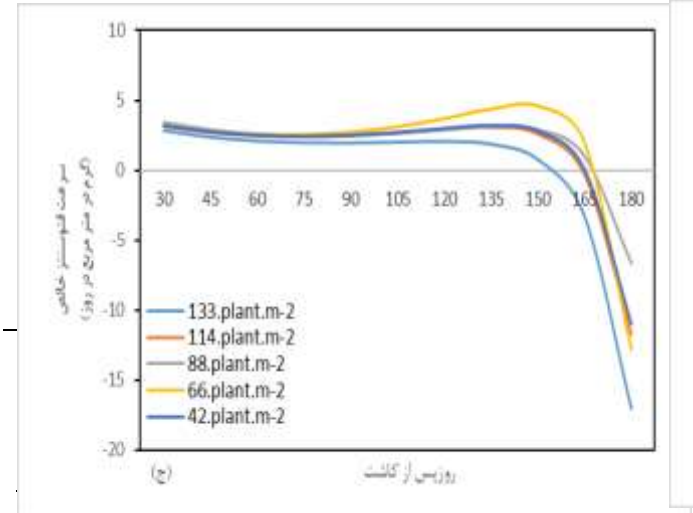
سرعت فتوسنتز خالص

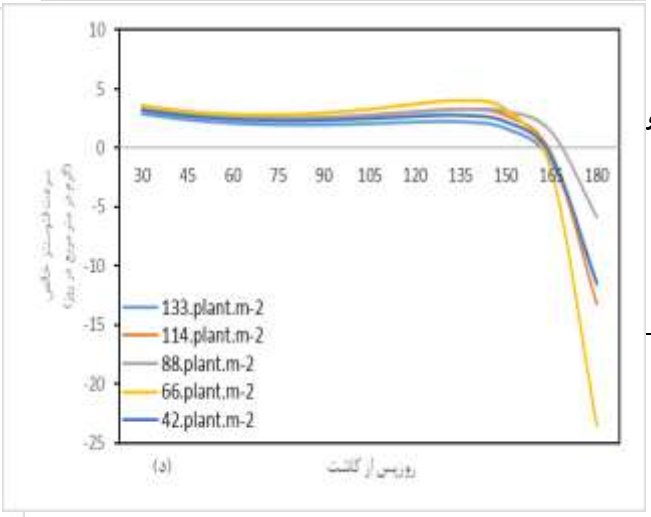
سرعت جذب خالص عبارتست از مقدار ماده خشک تولید شده در واحد سطح برگ در واحد زمان است کـه شباهت خیلی زیادی به CGRدارد. مقدار جـذب خـالص تخمینـی از فتوسـنتز خـالص بـرگ اسـت. مقـدار جـذب خالص زمانی در حداکثر مقـدار خـود اسـت کـه تمـامی برگ‌ها به‌طور کامل تابش خورشیدی را دریافـت کننـد. این مقدار با زمانی کـه انـدازه گیاهـان کوچـک اسـت و برگ‌ها به اندازه‌ای هستند که روی یکدیگر سایه‌اندازی ندارنـد، منطبـق اسـت. در ابتدای فصل رشد همه برگ‌ها کوچک بوده و هیچ گونه سایه‌اندازی روی یکدیگر ندارند در نتیجه سرعت جذب خالص در بالاترین مقدار خود قرار دارد. هنگامی که برگ‌ها شروع به توسعه می‌نمایند؛ سایه‌اندازی آنها روی یکدیگر بیشتر می‌شود و کارایی فتوسنتز برگ‌ها کاسته شده در نتیجه سرعت جذب خالص روند نزولی پیدا می‌کند؛ که به‌نظر می‌رسد این امر به‌دلیل سایه‌اندازی و ریزش برگ‌ها در مراحل انتهایی رشد باشد. دادرسی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی روند تغییرات شاخص رشدی ذرت به نتایج مشابهی دست یافتند و گزارش نمودند که با نزدیک شدن به مراحل انتهایی رشد سرعت فتوسنتز خالص کاهش می‌یابد و این مقدار کاهش در تیمارهایی که شرایط مطلوب‌تری داشتند کمتر از سایر تیمارها مشاهده گردید.

محققان اظهار داشته‌اند که نوع الگوی پوشـش گیـاهی، حتـی در صـورت ثابـت بـودن تعـداد گیاهان در واحد سـطح، بـر NAR مـؤثر اسـت و بنـابراین کـارایی فتوسـنتز جامعـه گیـاهی در الگوهـای مختلـف کاشت، متفاوت خواهـد بـود (گنجعلی و همکاران، ۱۳۷۹). نتایج بررسی ها حاکی از آن بود که اثر رقم و همچنین اثر متقابل رقم در تراکم بر مقدار حداکثر سرعت فتوسنتز خالص کلزا تاثیر معنی‌داری نداشت و تنها اثر تراکم برای این صفت معنی‌دار شده است (جدول ۴-۴). طبق نتایج بیشترین سرعت فتوسنتز خالص ۳/۴۹ گرم در مترمربع در روز بوده که مربوط به تراکم ۸۸ بوته در متر مربع بوده است و از نظر آماری با تراکم ۱۱۴ بوته در متر مربع در یک گروه قرار گرفته است. کمترین میزان این صفت نیز (۲/۹۹) به تراکم ۴۲ بوته در مترمربع تعلق گرفته است.









رقم			
هایولا ۴۰۱	۸/۸۴^{a}	۰/۰۵۵۶^{a}	۳/۳۱^{a}
اگامکس	۸/۲۳^{a}	۰/۰۵۵۴^{a}	۳/۲^{a}
هایولا ۴۸۱۵	۸/۷۷^{a}	۰/۰۵۵۶^{a}	۳/۲۳^{a}
تراپر	۸/۰۳^{a}	۰/۰۵۵۴^{a}	۳/۲۴^{a}
تراکم (تعداد بوته در مترمربع)			
۴۲	۵/۹۱^{d}	۰/۰۵۳۰^{b}	۲/۹۹^{d}
۶۶	۷/۵۳^{c}	۰/۰۵۴۷^{ab}	۳/۱۴^{c}
۸۸	۱۱/۳۶^{a}	۰/۰۵۸۰^{a}	۳/۴۹^{a}
۱۱۴	۹/۴۵^{b}	۰/۰۵۶۲^{ab}	۳/۴۰^{a}
۱۳۳	۸/۰۸^{bc}	۰/۰۵۵۵^{ab}	۳/۲۵^{b}

جدول ۴-۵- نتایج مقایسات میانگین اثرات اصلی تراکم و رقم بر مقادیر شاخص‌های رشد ارقام مختلف کلزا

در خصوص نتایج مربوط به بررسی شاخص‌های رشدی در این آزمایش روند تغییرات شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت فتوسنتز خالص در ارقام و تراکم‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت مطلوب‌ترین تراکم تعداد ۸۸ بوته در مترمربع و رقم هایولا ۴۰۱ و هایولا ۴۸۱۵ تعیین شد. همچنین با افزایش تراکم بوته رقابت درون‌گونه‌ای بر سر منابع موجب کاهش هریک از شاخص‌های رشدی گردید، در مورد تراکم‌های پایین‌تر از حد مطلوب (۸۸ بوته در مترمربع) نیز به‌دلیل عدم بسته شدن تاج‌پوشش گیاهی و عدم استفاده مناسب از منابع توسط گیاه روند رشدی مطلوبی نداشتند.