

## اثر تراکم بوته بر مراحل عملکرد کلزا

از :

۱- فهیمه علیزاده :

دانشجوی دکتری زراعت و کارشناس مسئول گیاهان زراعی و باغی و مسئول باشگاه کشاورزان شرکت خدمات  
حمایتی کشاورزی مازندران

۲- فائزه زعفریان - ۳- بنیامین ترابی - ۴- رحمت عباسی

( اعضاء هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری )

### چکیده

**سابقه و هدف:** کلزا به علت دارا بودن صفات مثبت زراعی نظیر مقاومت به سرما و کم آبی، تحمل شوری و عملکرد بیشتر در واحد سطح نسبت به سایر دانه‌های روغنی مورد کشت در کشور برتری دارد. از جمله عوامل مؤثر بر عملکرد گیاهان، استفاده از ارقام مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی هر منطقه در تراکم مناسب کاشت است؛ به نحوی که حداقل رقابت تخریبی بین بوته‌ها وجود داشته باشد. با توجه به اینکه هر گیاه یا به بیان بهتر هر رقم واکنش خاصی به عوامل محیطی نشان می‌دهد و همچنین با عنایت به ظرفیت بالای گیاه کلزا جهت افزایش عملکرد در نتیجه تغییر عوامل محیطی، این پژوهش با هدف تعیین مناسب‌ترین تراکم بوته و رقم جهت بهبود عملکرد و اجزای عملکرد کلزا به عنوان مهم‌ترین محصول دانه‌های روغنی انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** این آزمایش به صورت 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 ۴۲/۱۰، ۶۶/۶۶، ۸۸/۸۸، ۱۱۴/۲۸ و ۱۳۳/۳۳ بوته در متر مربع و چهار رقم کلزا شامل: هایولا ۴۰۱، آگامکس، هایولا ۴۸۱۵ و تراپر که در سه تکرار اجرا شد. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل: شاخص سبزیگی، طول دوره گلدهی و تعداد روز تا پایان گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت بود.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد زیستی و عملکرد دانه به ترتیب با میانگین ۱۶۵۰ و ۷۰۳۱/۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم هایولا ۴۰۱ با تراکم ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع بوده است. اثر اصلی تراکم و رقم بر شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد شاخه فرعی معنی‌دار بود؛ به گونه‌ای که تراکم ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع بیشترین دانه در غلاف (۲۱/۵۸)، وزن هزار دانه (۴/۲۴ گرم) و شاخص برداشت (۵۹/۱۹ درصد) را به خود اختصاص داد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تراکم ۶۶/۶۶ بوته در متر مربع و حداکثر تعداد شاخه فرعی مربوط به تراکم ۴۲/۱۰ بوته در مترمربع بوده است. در تمامی صفات به جزء تعداد شاخه فرعی، رقم هایولا ۴۰۱ عملکرد بهتری را نسبت به سایر ارقام نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تراکم‌های کاشت و ارقام مختلف کلزا، در مورد عملکرد و اجزای عملکرد وجود دارد. رقم هایولا ۴۰۱ با تراکم ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع بهترین نتیجه را از نظر عملکرد زیستی و عملکرد دانه داشت. لذا با توجه به نتایج حاصله، رقم هایولا ۴۰۱ و تراکم ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع برای دستیابی به عملکرد بالا در کلزا در شرایط آب و هوایی مازندران قابل توصیه می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** تراکم، شاخص برداشت، شاخص سبزیگی، هایولا ۴۰۱.

مقدمه

رشد جمعیت، بهبود سطح تغذیه و افزایش مصرف کنجاله دانه‌های روغنی در تغذیه دام و طیور، نیاز به تولید دانه‌های روغنی را در سطح جهان افزایش داده است؛ بنابراین توسعه کشت محصولات روغنی برای خودکفایی بسیار جدی است که مستلزم برنامه‌ریزی منسجم و درازمدت با هدف نیل به خودکفایی می‌باشد. محصولات دانه روغنی در محدوده وسیعی از خاک، آب و شرایط آب و هوایی می‌توانند رشد کنند که در این میان کلزا با نام علمی *Brassica napus L.* یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی می‌باشد که بیش از ۸۰ درصد روغن خوراکی ایران را تامین می‌کند (۱). همچنین به علت سازگاری بالا با شرایط مختلف آب و هوایی اکثر نقاط کشور و تولید عملکرد بالاتر نسبت به بقیه محصولات روغنی به عنوان یک گیاه صنعتی مهم در جهان به شمار می‌رود که از نظر تولید روغن پس از سویا (*Glycine max L.*) و نخل روغنی (*Elaeis guineensis*) مقام سوم را دارا می‌باشد (۱۵، ۲۵، ۳۹). بذر کلزا به میزان ۴۰-۴۸ درصد روغن، ۳۸-۴۵ درصد پروتئین دارد و نسبت اسید لینولئیک به اسید لینولنیک آن ۲:۱ می‌باشد که برای سلامتی انسان مناسب است (۱). همچنین با میزان روغن بالا و کمترین اسید چرب اشباع شده بیشترین ارزش غذایی را در بین گیاهان دانه روغنی دیگر دارا می‌باشد.

مجتبی و ایمران (۲۰۰۳) در بررسی اثر تراکم کاشت و سطوح مختلف کودی بر عملکرد کلزا به این نتیجه رسیدند که تراکم‌های مختلف کاشت بر عملکرد دانه کلزا معنی‌دار می‌باشد (۳۱). در آزمایشات دیگر نیز محققین اظهار داشتند که افزایش تراکم بوته در واحد سطح موجب کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و همچنین سبب افزایش ارتفاع بوته و طول میانگره‌های ساقه می‌شود که در زمان تشکیل خورجین، احتمال بروز خوابیدگی بوته به دلیل سنگینی بخش‌های بالایی را تشدید می‌کند؛ همچنین در تراکم گیاهی بالا سایه‌انداز گیاه منظم‌تر، ساقه‌ها نازک‌تر، شاخه‌های جانبی کوتاه‌تر و رسیدگی همگام‌تر می‌شود که هر کدام از این عوامل سبب تسهیل در برداشت مکانیزه می‌شود (۸، ۳۵). آزمایش انجام شده توسط یانتای و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که افزایش تراکم بوته در کلزا سبب کاهش روزهای رسیدگی می‌شود و عملکرد بذر نیز ۷۵ درصد افزایش پیدا می‌کند (۴۰). همچنین احمدی و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی پنج سطح تراکم کلزا شامل ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ بوته در متر مربع گزارش کردند که بیشترین میزان روغن در تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع و کمترین آن در تراکم ۲۰۰ بوته در متر مربع به‌دست آمد (۱). سیادت و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی سه تراکم شامل ۱۶/۶، ۲۵ و ۵۰ بوته در متر مربع روی رقم تارو کلزا گزارش دادند که با افزایش تراکم، تعداد غلاف در متر مربع افزایش، ولی تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه کاهش نشان داد (۳۶).

تعیین تراکم مطلوب در یک گیاه به فاکتورهای زیادی نظیر نوع گیاه، رقم، حاصلخیزی خاک، آب قابل دسترس و عوامل محیطی بستگی دارد (۴۰). ژنوتیپ‌های کلزا از لحاظ تعداد دانه در خورجین (۲۶)، تعداد خورجین در واحد سطح (۳۲)، وزن دانه (۱۹) و تعداد شاخه در بوته (۳۰) با یکدیگر تفاوت دارند. در نتیجه تعیین ارقام مناسب کاشت روشی موثر در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا می‌باشد. کلزا از جمله گیاهان روغنی است که در سال‌های اخیر مورد توجه سازمان جهاد کشاورزی و مراکز ترویج کشاورزی قرار گرفته است (۲۱). آب و هوای معتدل و خنک با رطوبت بالای استان مازندران بهترین شرایط لازم را برای رشد کلزا فراهم ساخته است و ارقام پرمحصول و سازگار این گیاه را می‌توان به عنوان یک محصول در تناوب زراعی با گندم (*Triticum aestivum*) و پر نمودن اراضی شالیزاری در زمان پس از برداشت برنج (*Oryza sativa* L.) در نظر گرفت. اگرچه دامنه میزان تراکم بذر برای کشت کلزا مشخص شده است؛ اما تعیین میزان دقیق‌تر آن برای دستیابی به عملکرد قابل قبول بسیار ضروری می‌باشد (۳۳). لذا هدف از مطالعه حاضر دستیابی به این اطلاعات و تعیین تراکم گیاهی مناسب برای حصول بالاترین عملکرد دانه و تشخیص نقش اجزای عملکرد در تولید محصول در شرایط آب و هوایی استان مازندران، شهرستان قائمشهر در مرکز تحقیقات کشاورزی قراخیل می‌باشد. همچنین جنبه نوآوری این مقاله بحث تعیین تراکم بوته بر اساس مقدار بذر مصرفی برای ارقامی است که در حال حاضر کشاورزان مورد کشت قرار می‌دهند و این گونه تحقیقات که بر اساس مقدار بذر مصرفی توسط کشاورزان تیمارها مرتب شده باشند قابل استفاده و بسیار کاربردی خواهد بود.

### مواد و روش‌ها:

این آزمایش به صورت 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 نسبتاً معتدل می‌باشد. تیمارها شامل تراکم با تراکم‌های ۴۲/۱۰، ۶۶/۶۶، ۸۸/۸۸، ۱۱۴/۲۸ و ۱۳۳/۳۳ 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. هر کرت آزمایشی دارای چهار خط کاشت به طول سه متر و فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. عملیات

آماده‌سازی زمین زراعی برای تهیه بستر بذر شامل شخم، دیسک و ماله‌کشی در ماه مهر انجام شد و کاشت بذور در ۱۶ آبان ماه بعد از انجام کوددهی پایه صورت 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. در نهایت پس از دریافت نتایج حاصله، کودهای نیتروژنه (اوره) به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، پتاسه (سولفات پتاسیم) و فسفات (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 فسفات نیز به صورت پایه اعمال گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Chemical properties of soil

عمق Depth (cm)	بافت Texture	کربن آلی OC (%)	پتاسیم K (mg/kg)	فسفر P (mg/kg)	نیتروژن (%) N (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m <sup>-1</sup> )
0-30	سیلتی Silty	1.2	56	8.9	0.23	7.8	0.52

برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش ترفلان به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار و به صورت 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 تا استقرار بوته‌ها، هر چهار تا شش روز یکبار و پس از آن تا انتهای فصل رشد به کمک بارندگی‌های پاییزه انجام شد. همچنین مشخصات ارقام مورد استفاده در این تحقیق در قالب جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- خصوصیات ارقام کلزای مورد استفاده در این تحقیق

Table 2. Properties of rapeseed varieties was used in this study

خصوصیات ارقام Cultivars characteristics	Trapper	Agamax	Hyola 4815	Hyola 401
مبدأ Origin	آلمان Germany	آلمان Germany	کانادا Canada	کانادا Canada
نوع رقم of cultivar Type	هیبرید Hybrid	هیبرید Hybrid	هیبرید Hybrid	هیبرید Hybrid
میزان روغن (%) Oil content (%)	۴۳-۴۴	۴۳-۴۴	۴۳-۴۶	۴۴-۴۷
کیفیت روغن Oil quality	دو صفر 00	دو صفر 00	دو صفر 00	دو صفر 00
طول دوره رشد (روز) Growth period (day)	بسیار زودرس	زودرس	۱۴۵-۱۷۵	۱۵۰-۱۸۰
مناطق کشت Areas of cultivation	Very early maturing گرم مرطوب شمال و گرم خشک جنوب Warm and wet northern and warm	Early maturing گرم مرطوب شمال و گرم خشک جنوب Warm and wet northern and warm	145-175 گرم و مرطوب شمال و گرم خشک جنوب Warm and wet northern and warm	150-180 گرم و مرطوب شمال و گرم خشک جنوب Warm and wet northern and warm

	dry south	dry south	dry south	dry south
ویژگی خاص Special feature	زودرسی، مقاوم به ریزش دانه و ورس Early maturing, Resistant to grain shattering and lodging	متحمل به ریزش دانه و ورس و پایداری عملکرد Resistant to grain shattering and lodging and yield sustainability	زودرسی، مناسب کشت دوم در اراضی شالیزار Early maturing, proper for second planting in rice land	یکنواختی رسیدگی، پایداری عملکرد Homogeneity in maturing, yield sustainability

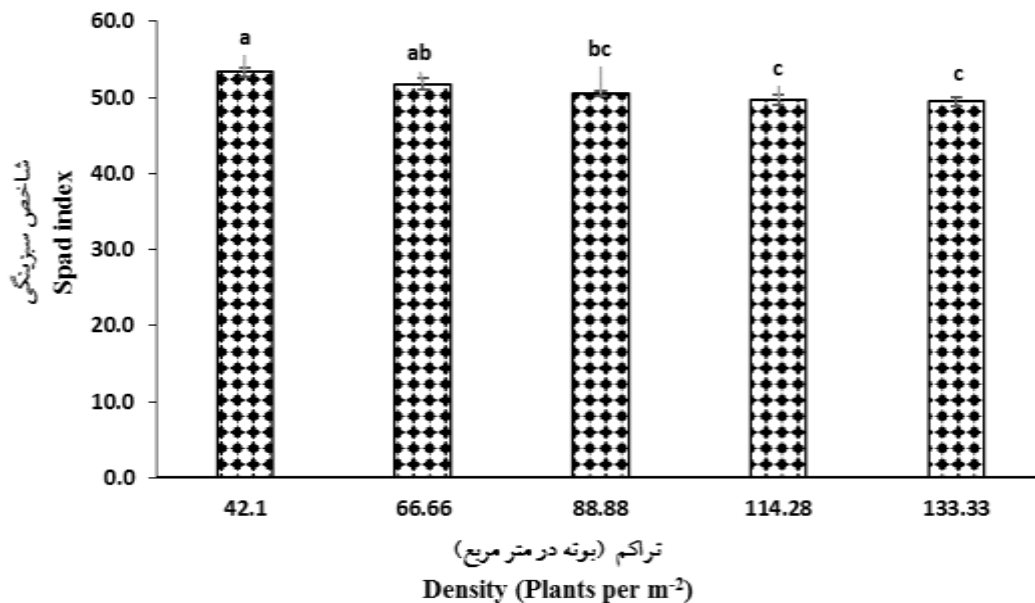
جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل بوته‌های کلزا نمونه‌برداری در ۱۳ اسفند ماه (۱۱۷ روز پس از کاشت) و به وسیله کلروفیل‌متر (SPAD-502, Konika-Minolta Co.) انجام پذیرفت. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل هر بوته به سه بخش بالایی، میانی و زیرین تقسیم شد. در هر بخش نیز برگ‌ها به سه قسمت فرضی تقسیم شد و پس از اندازه‌گیری SPAD هر سه قسمت، میانگین هر قسمت به عنوان عدد SPAD برگ و میانگین هر سه بخش به عنوان عدد SPAD در نظر گرفته شد. برای برآورد تعداد روز تا پایان گلدهی، تعداد روزهای از زمان کاشت تا پایان دوره گلدهی در نظر گرفته شد. همچنین طول دوره گلدهی نیز از زمان شروع گلدهی تا انتهای گلدهی در نظر گرفته شد. در مرحله رسیدگی با در نظر گرفتن اثر حاشیه، پنج بوته از هر کرت بطور تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. سپس بذور از غلاف‌ها جدا گردیده و توسط ترازوی حساس (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) توزین شدند. بعد از تعیین عملکرد دانه و عملکرد زیستی، درصد شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به زیستی محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ver. 9.4) انجام شده و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز از طریق آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### شاخص سبزی‌نگی

نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفت شاخص سبزی‌نگی نشان داد که از بین اثرات مورد بررسی تنها اثر اصلی تراکم بوته بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود؛ ولی اثر اصلی رقم و برهمکنش تراکم در رقم تاثیر معنی‌دار بر این صفت نداشت (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین مربوط به شاخص سبزی‌نگی برگ کلزا برای اثر اصلی تراکم بوته نشان داد که بیشترین مقدار (۵۳/۳۳) مربوط به تراکم ۴۲/۱۰ بوته در متر مربع بود و کمترین میزان (۴۶/۴۵) نیز از تراکم بوته ۱۳۳/۳۳ بوته در متر مربع حاصل شد (شکل ۱). کاهش شاخص سبزی‌نگی در تراکم‌های بالا را می‌توان به کاهش مقدار نفوذ نور به درون

سایه‌انداز گیاه و افزایش رقابت درون بوته‌ای برای منابع تغذیه‌ای به‌ویژه نیتروژن نسبت داد (۸). همچنین در تحقیق صورت گرفته توسط غیائی اسکویی و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثر مقدار نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد و کارایی نیتروژن در گیاه خار مقدس (*Cnicus benedictus* L.) گزارش شده است که افزایش تراکم بوته موجب کاهش سبزیگی بوته‌های گیاه خار مقدس گردید، ایشان نیز دلیل این امر را کاهش نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاه در تراکم‌های بالا ذکر نمودند (۱۸).



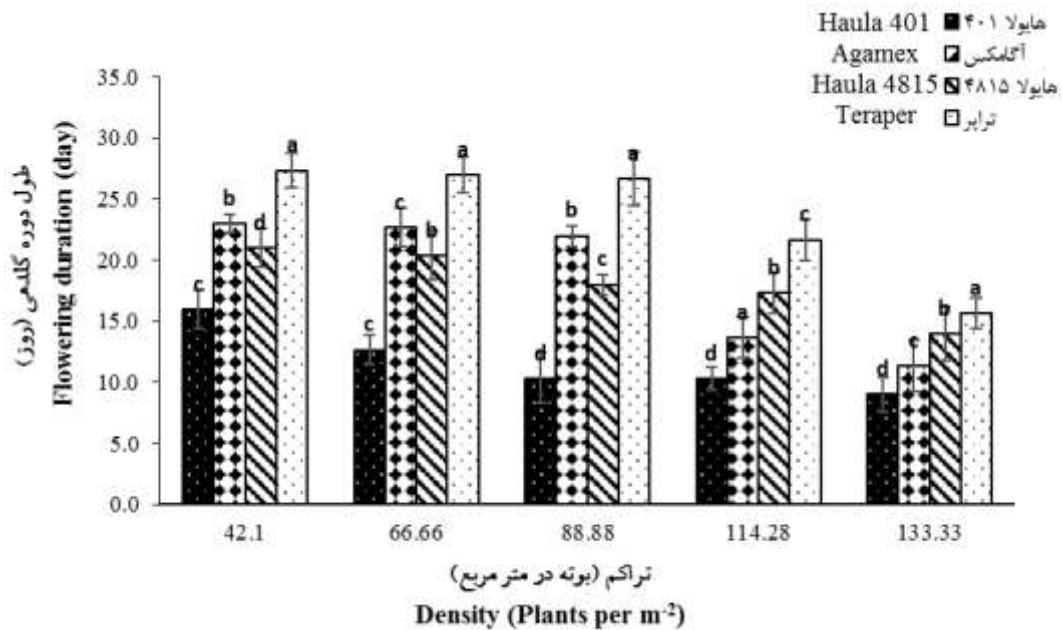
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تراکم بوته بر شاخص سبزیگی برگ کلزا (استاندارد ارور مقدار انحراف تکرارها از میانگین آن تیمار می‌باشد)

**Figure 1- Mean comparisons for the effect of plant density on leaf greenness of rapeseed (Error bar: the division value of repetitions from means of each treatment)**

### طول دوره گلدهی و تعداد روز تا پایان گلدهی

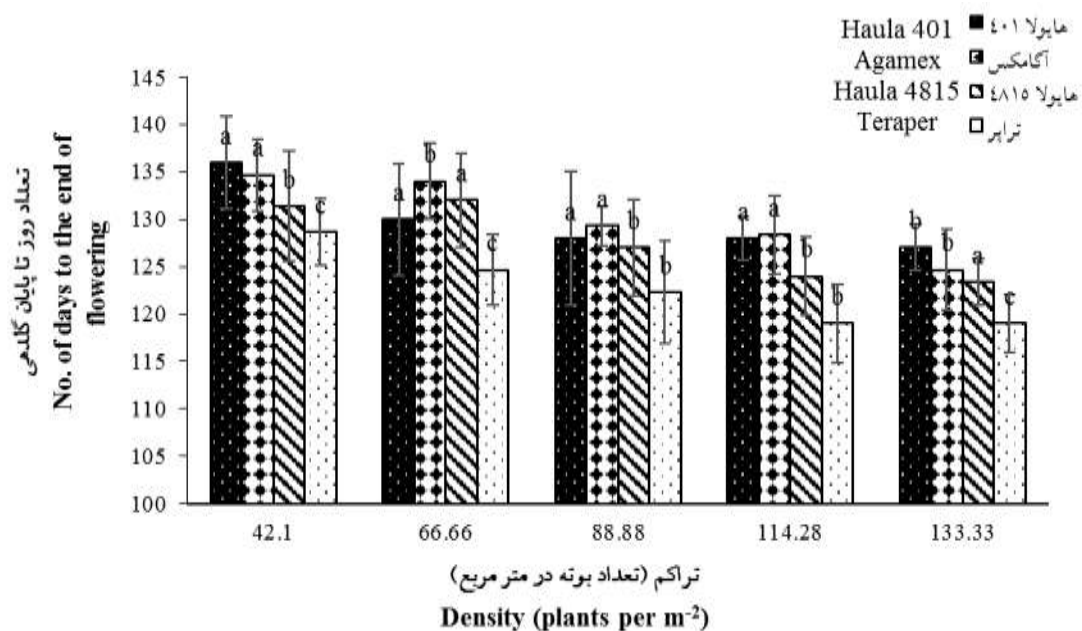
نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داده است که اثر تراکم و رقم و برهمکنش آنها بر طول دوره گلدهی و تعداد روز تا پایان گلدهی در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳) و با افزایش تراکم بوته طول دوره گلدهی و روز تا پایان گلدهی گیاه کاهش می‌یابد (شکل ۲ و ۳). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تراکم و رقم و برهمکنش آنها بر طول دوره گلدهی و تعداد روز تا پایان گلدهی در سطح یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۴-۱) و با افزایش تراکم بوته طول دوره گلدهی و روز تا پایان گلدهی گیاه کاهش می‌یابد. به طوری که بیشترین طول دوره گلدهی با تعداد روز ۲۷/۵ مربوط به تراکم ۴۲/۱۰ بوته در مترمربع و کمترین آن با تعداد روز ۹ مربوط به تراکم ۱۳۳/۳۳ بوته در مترمربع بوده است. همانگونه که در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است، بین ارقام نیز در تمامی تراکم‌های مورد بررسی، رقم تراپر طول دوره گلدهی طولانی‌تری داشته است ولی با این وجود کوتاه‌ترین تعداد روز تا پایان گلدهی مربوط به همین رقم بود. به نظر می‌رسد رقم تراپر زمان گلدهی را سریع‌تر از سایر ارقام شروع کرده، ولی در مجموع طول دوره رشد تا پایان گلدهی کمتری را به خود اختصاص داده است. افزایش تراکم بوته موجب تسریع در زمان شروع گلدهی شده است که دلیل آن، رقابت بین بوته‌ها بر سر منابع موجود است. با افزایش تراکم بوته و در نتیجه افزایش رقابت بوته‌ها برای آب و مواد غذایی، گیاهان تمایل به تکمیل

سریع چرخه زندگی خود و عدم برخورد با شرایط نامساعد و کمبود منابع غذایی را دارند. در واقع یک مکانیسم فیزیولوژیک در گیاهان زراعی سبب می‌شود که گیاهان حفظ بقاء و ادامه نسل خود را بر ادامه رشد و تولید بیشتر ترجیح دهند (۱۵). همچنین در بین ارقام مورد بررسی، رقم تراپر بیشترین طول دوره گلدهی و رقم هایولا ۴۰۱ کمترین طول دوره گلدهی را داشته است. اختلاف طول دوره گلدهی در ارقام کلزا بیشتر جنبه ژنتیکی دارد و کمتر تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد (۳۵).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته بر طول دوره گلدهی ارقام مختلف کلزا (استاندارد ارور مقدار انحراف تکرارها از میانگین آن تیمار می‌باشد)

Figure 2- Mean comparison interaction effect of plant density on flowering duration of different rapeseed varieties (Error bar: the division value of repetitions from means of each treatment)



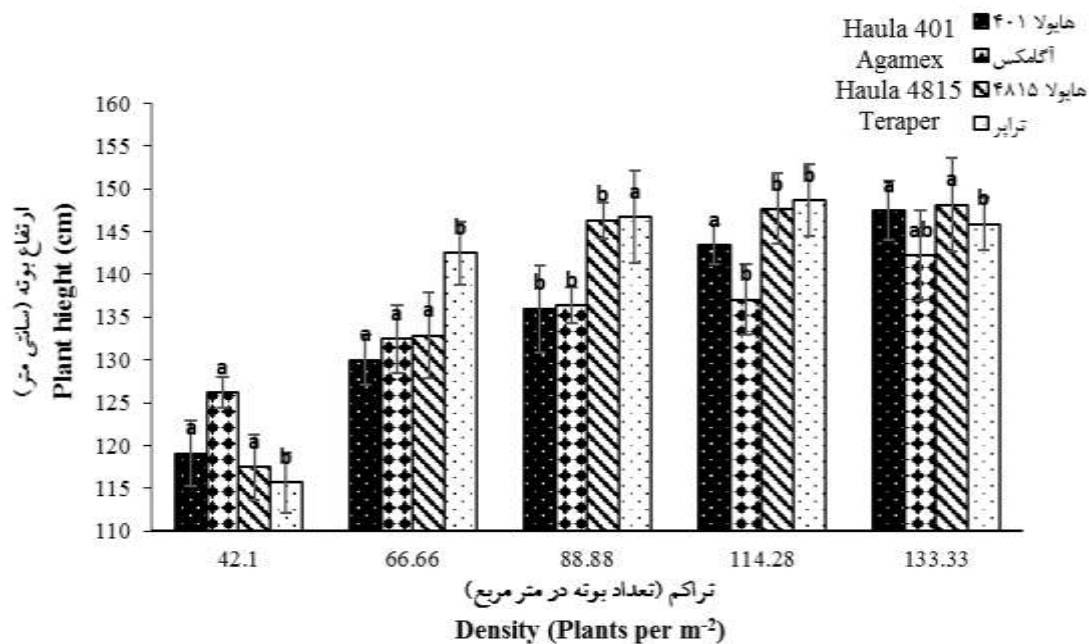
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته بر روز تا گلدهی در ارقام مختلف کلزا (استاندارد ارور مقدار انحراف تکرارها از میانگین آن تیمار می باشد)

**Figure 3- Mean comparison interaction effect of plant density on numbers of days to flowering stage of different rapeseed varieties (Error bar: the division value of repetitions from means of each treatment)**

### ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۳ نشان داد که اثرات اصلی و برهمکنش تراکم و رقم بر صفت ارتفاع بوته کلزا معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر برهمکنش نشان داد که ارتفاع بوته در تراکم‌های بالا افزایش یافته است. شکل ۴ نشان می‌دهد که تمامی ارقام (به جزء تراپر) در تراکم  $133/33$  بوته در متر مربع بالاترین ارتفاع بوته را دارا بودند و کمترین ارتفاع بوته بین تراکم‌های مورد بررسی نیز مربوط به تراکم  $42/10$  بوته در متر مربع بود. واکنش ارقام به افزایش تراکم متفاوت بود، به طوری که بالاترین ارتفاع بوته در تراکم  $42/10$  بوته در متر مربع با میانگین  $126$  سانتی‌متر مربوط به رقم آگامکس بود ولی در تراکم‌های بالاتر رقم تراپر ارتفاع بالاتری داشت. در مقایسه کلی بین تراکم‌های مختلف، افزایش ارتفاع بوته با افزایش تراکم بوته در اثر افزایش مقدار بذر مصرفی در هکتار مشاهده گردید که دلیل این امر را می‌توان رقابت درون گونه‌ای بیان نمود که سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه افزایش ارتفاع شده است. تغییرات ارتفاع بوته در بسیاری از ارقام کلزا اثر قابل ملاحظه‌ای بر محصول دانه داشته است. در این تحقیق این مطلب به وضوح مشاهده می‌شود که ارقام با ارتفاع بیشتر ضمن تشکیل غلاف روی ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی فوقانی، نسبت به ارقام دیگر دارای عملکرد دانه بیشتری نیز بودند (۲۲). نتایج حاصل از بررسی ضرایب همبستگی نیز بیانگر ارتباط مثبت معنی‌دار بین ارتفاع بوته با وزن هزار دانه و عملکرد زیستی بود (جدول ۵). ساقه طویل‌تر به معنی داشتن سطح فتوسنتزکننده بیشتر و تولید مواد متابولیکی بیشتر برای پرکردن خورجین‌ها و دانه‌ها می‌باشد. با افزایش تراکم بوته و ایجاد رقابت بین بوته‌ها بخصوص بوته‌های روی ردیف، رشد مریستم انتهایی تحریک شده و بدلیل جذب و انتقال مواد فتوسنتزی به مریستم انتهایی، به ارتفاع گیاه افزوده می‌شود. البته دلیل اصلی افزایش ارتفاع بوته در تراکم‌های بالا، افزایش تعداد زیاد بوته در واحد سطح و افزایش رقابت بین آنها برای دریافت تشعشعات فتوسنتزی می‌باشد (۱۱). افزایش ارتفاع بوته در تراکم زیاد به کاهش نفوذ نور در سایه‌انداز گیاهی و افزایش رقابت بین بوته‌ها جهت دریافت نور نسبت داده می‌شود. طی نتایج پژوهشی افزایش تراکم بوته گیاهی موجب افزایش سنتز هورمون جیبرلین محرک رشد در میانگره‌های ساقه شده و در نتیجه طول میانگره‌ها در گیاه افزایش می‌یابد (۲۲). علت بیشتر بودن ارتفاع در رقم هایولا ۴۰۱ نیز احتمالاً دارا بودن طول دوره رشدی بیشتر این رقم در منطقه مورد کشت نسبت به ارقام دیگر بود.





شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته بر ارتفاع بوته در ارقام مختلف کلزا (استاندارد ارور مقدار انحراف تکرارها از میانگین آن تیمار می باشد)

Figure 4- Mean comparison interaction effect of plant density on height plant of different rapeseed varieties (Error bar: the division value of repetitions from means of each treatment)

#### تعداد شاخه فرعی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از بین عوامل مورد بررسی، اثر اصلی تراکم بوته و رقم بر تعداد شاخه فرعی معنی دار بود اما اثر متقابل تراکم و رقم نتوانست تاثیر معنی داری بر تعداد شاخه فرعی داشته باشد (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین اثر اصلی تراکم بوته نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی با میانگین های ۹/۱۴ و ۸/۲۰ به ترتیب از تراکم های ۴۲/۱۰ و ۱۳۳/۳۳ بوته در متر مربع بدست آمد (جدول ۴). نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی رقم نیز نشان داد که بیشترین و کمترین شاخه فرعی در بوته مقدار به ترتیب با میانگین های ۹/۰۷ و ۷/۱۱ مربوط به رقم آگامکس و تراپر بود (جدول ۳). با افزایش تراکم از تعداد شاخه های فرعی کاسته شد که احتمالاً در ارتباط با نفوذ نور در سایه انداز بوده است کاهش تعداد شاخه فرعی در بوته را به کاهش میزان نفوذ نور در بخش پایینی سایه انداز گیاهی و عدم فعالیت جوانه های تشکیل دهنده شاخه و همچنین افزایش فاصله طوقه تا ظهور اولین شاخه فرعی در بوته نسبت داده اند؛ که با نتایج دانشمند و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد (۱۱). تعداد شاخه فرعی رابطه مثبت و معنی داری با صفت عملکرد دانه دارد (جدول ۵). همچنین رقم آگامکس دارای بیشترین تعداد شاخه فرعی بود که با ارقام هایولا ۴۰۱ و هایولا ۴۸۱۵ در یک گروه آماری قرار گرفت.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم کلزا بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف کلزا

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for effect of rapeseed density on yield and yield components of different rapeseed varieties

منابع تغییرات S.O.V	تکرار Repetition	تراکم (A) Density (A)	رقم (B) Cultivar (B)	A×B	خطا Error	ضریب تغییرات (%) (C.V)
df	2	4	3	12	38	
شاخص سبزیگی SPAD index	22.95*	30.97**	2.74 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>ns</sup>	4.56	4.19
طول دوره گلدهی Flowering duration stage	5.00	30.98**	386.55**	68.41**	7.00	14.45
تعداد روز تا پایان گلدهی No. of days to the end of flowering	4.55	24.64**	246.95**	37.29**	5.56	1.86
ارتفاع بوته Plant height	20.92	726.76**	83.88*	75.07**	21.92	3.46
تعداد شاخه فرعی Number of sub branches per plant	0.27	1.63*	12.96**	0.60 <sup>ns</sup>	0.49	8.23
تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	188.14	5598.19**	10105.78**	688.85 <sup>ns</sup>	573.64	13.84
تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	13.79	31.11**	40.86**	2.35 <sup>ns</sup>	3.85	10.23
وزن هزار دانه 1000 seeds weight	0.06	2.55**	1.21**	0.20 <sup>ns</sup>	0.13	10.01
عملکرد دانه Seed yield	63579.50	13322367.55**	16776426.03**	2242194.46**	379152.1	17.11
عملکرد زیستی Biological yield	220515.1	22964919.9**	58121750.7**	4792678.2*	2077055.1	19.89
شاخص برداشت Harvest index	114.94	953.23**	528.23*	224.43 <sup>ns</sup>	185.58	27.50

ns, \* و \*\*: به ترتیب نشان دهنده غیرمعنی داری و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می باشد.  
ns, \* and \*\*: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- نتایج مقایسات میانگین مربوط به صفات عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا در تراکم‌های مختلف

**Table 4. Mean comparison related to yield and yield components of different rapeseed varieties under different plants density**

تیمار Treatment	تعداد شاخه فرعی Number of branches	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
تراکم (بوته در متر مربع) Density (plants.m <sup>-2</sup> )					
42.10	9.14a	144.62c	18.31c	3.62d	47.30b
66.66	8.34b	198.69a	19.75b	3.55c	53.65ab
88.88	8.41b	190.08a	21.58a	4.24a	59.19a
114.28	80.40b	167b	19.00b	3.90b	51.94ab
133.33	8.20b	164.47b	17.31bc	3.00bc	35.51c
رقم Cultivar					

هایولا ۴۰۱ Haula 401	8.98a	205.81a	21.18a	3.90a	56.03a
آگامکس Agamex	9.07a	168.04b	19.81a	3.76a	41.77b
هایولا ۴۸۱۵ Haula 4815	8.83a	175.28b	18.34b	3.75a	51.25ab
تراپر Teraper	7.11b	142.67c	17.43b	3.25b	49.03ab

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.  
Means which follow the same letter are not statistically different at 5% probability level based on LSD test.

### تعداد غلاف در بوته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول ۳ تنها اثر اصلی تراکم و رقم بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تراکم در رقم تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین اثر اصلی تراکم بوته نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته به ترتیب با میانگین‌های ۱۹۸/۶۹ و ۱۴۴/۶۲ غلاف از تراکم ۶۶/۶۶ و ۴۲/۱۰ بوته در متر مربع بدست آمد (جدول ۴). موندال و وهاب (۲۰۰۱) اظهار داشتند که بین تشعشع خورشیدی دریافت شده توسط کل کانوپی به ازای هر گل و احتمال تبدیل آن به غلاف، رابطه‌ی مثبت وجود دارد که تغییر در تراکم بوته می‌تواند عاملی مهم و تأثیرگذار بر این شاخص باشد (۲۹). کاهش تعداد خورجین در بوته در تراکم بالاتر از حد مطلوب را می‌توان به انبوهی شاخ و برگ‌های سایه‌انداز و عدم دستیابی گیاهان به نور کافی نسبت داد. طبق نتایج تحقیق چاپمن و همکاران (۱۹۸۴) افزایش تراکم بوته در کلزا موجب کاهش نفوذ نور به درون سایه‌انداز گیاهی شده و در نتیجه تعداد خورجین در بوته کاهش یافته است (۹) که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. باقری و صفاهانی (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که افزایش تراکم باعث کاهش تعداد خورجین در گیاه کلزا می‌شود (۶). در بین ارقام مورد بررسی در این پژوهش، بیشترین (۲۰۵/۸۱) و کمترین (۱۴۲/۶۷) تعداد غلاف کل به ترتیب مربوط به رقم هایولا ۴۰۱ و تراپر بود (جدول ۳). راثو و مندهام (۱۹۹۱) نیز اظهار داشتند که توانایی ارقام در تولید و نگهداری خورجین متفاوت است (۳۴). دانش شهرکی و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تراکم بوته در سه سطح ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ بوته در متر مربع روی رقم هایولا ۴۰۱ نشان دادند که با افزایش تراکم تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابد (۱۰). افزایش تراکم بوته در کلزا موجب کاهش تعداد شاخه‌های جانبی و در نتیجه کاهش تعداد غلاف در بوته می‌گردد (۱۶). بر اساس نتایج مشاهده شده در پژوهش حاضر نیز این صفت همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی، تعداد شاخه فرعی، روز تا پایان گلدهی و عملکرد دانه نشان داد (جدول ۵).

## تعداد دانه در غلاف:

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، مشخص شد که در مورد صفت تعداد دانه در غلاف، اثر اصلی تراکم و رقم در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده، اما برهمکنش دو عامل معنی‌دار نبود (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسات میانگین اثر اصلی تراکم نشان داد که تیمار ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع بیشترین تعداد دانه در غلاف (۲۱/۵۸) را به خود اختصاص داد (جدول ۴). علاوه بر این، تیمار ۱۳۳/۳۳ بوته در متر مربع دارای کمترین تعداد دانه در غلاف بود که با میانگین ۱۷/۳۱ دانه در غلاف به‌دست آمد (جدول ۴). با افزایش تراکم تا مرز ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع، سبزی صعودی در تعداد دانه در غلاف کلزا رویت شد. ولی پس از آن با روندی کاهشی مواجه شد (جدول ۴). به عبارت دیگر تراکم زیادتر بوته باعث کاهش عملکرد دانه از طریق کاهش تعداد غلاف در بوته و همچنین کاهش تعداد دانه در غلاف شد. در این پژوهش نیز این صفت با تعداد شاخه فرعی، وزن هزار دانه، طول دوره گلدهی، عملکرد زیستی و عملکرد دانه همبستگی مثبتی را نشان دادند (جدول ۵). مهم‌ترین دلیل کاهش تعداد دانه در غلاف تحت تاثیر افزایش تراکم بوته است که میزان مواد فتوسنتزی تولیدی در تراکم‌های زیاد بدلیل کاهش جذب نور کم می‌شود، این عامل منجر به سقط دانه‌ها و در نتیجه کاهش تعداد دانه در غلاف می‌گردد (۲۸). که با یافته‌های فتحی و همکاران (۲۰۰۸) همخوانی دارد (۱۷). همچنین نتایج گویای این مطلب بود که رقم هایولا ۴۰۱ با میانگین ۲۱/۱۸ دارای تعداد دانه در غلاف بیش‌تری نسبت سایر ارقام بود (جدول ۴). اگرچه با رقم آگامکس به لحاظ آماری تفاوت چندانی را نشان نداد. بالاتر بودن تعداد دانه در غلاف در رقم هایولا ۴۰۱ بدلیل تشکیل غلاف‌های بیشتر در این رقم نسبت به سایر ارقام می‌باشد از طرفی وجود تعداد دانه‌های بیشتر در غلاف‌ها باعث می‌شود مواد فتوسنتزی تولید شده بیشتر ذخیره گردد و عملکرد دانه افزایش یابد (۳). سینا و رامنه (۲۰۱۲) نیز اظهار داشتند که رقم هایولا ۴۰۱ بیشترین تعداد دانه در غلاف را به خود اختصاص داده است (۳۷).

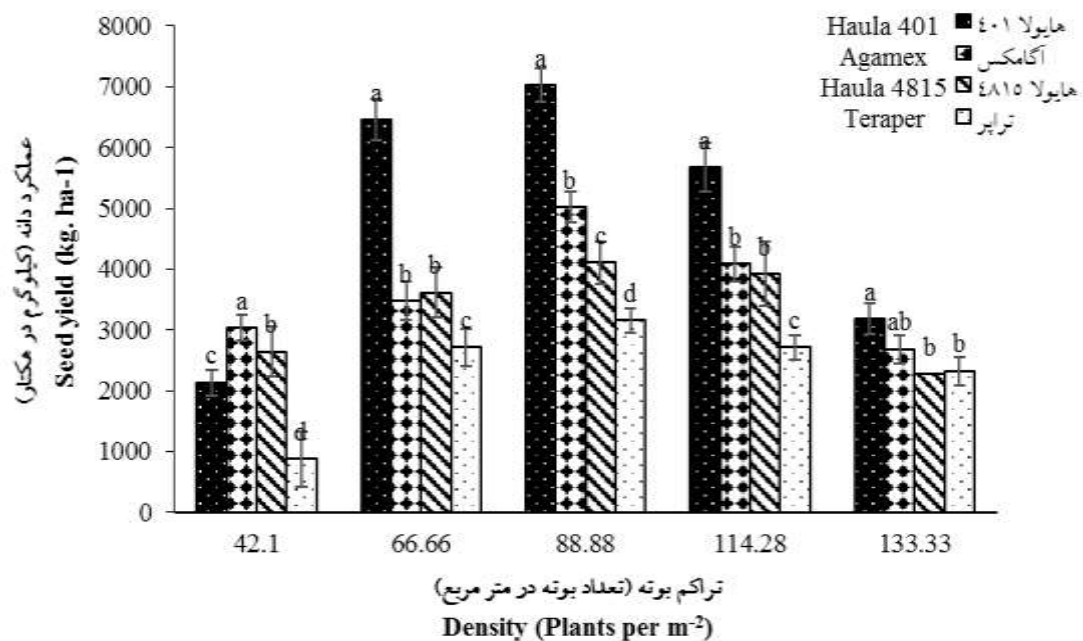
## وزن هزار دانه:

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری وزن هزار دانه نشان داد که در سطح احتمال یک درصد اثر اصلی تراکم و رقم کلزا معنی‌دار بود (جدول ۳). در حالی که برهمکنش تراکم و رقم تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه کلزا نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی تراکم بوته نشان داد که بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به‌ترتیب با میانگین‌های ۴/۲۴ و ۳/۰۰ گرم در تراکم ۸۸/۸۸ و ۱۳۳/۳۳ بوته در متر مربع به‌دست آمد (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسات میانگین مربوط به اثر اصلی رقم نیز نشان داد که ارقام هایولا ۴۰۱، آگامکس و هایولا ۴۸۱۵ به‌ترتیب با میانگین‌های ۳/۹۰،

۳/۷۶ و ۳/۷۵ گرم وزن هزار دانه بالاتری نسبت به رقم تراپر (۳/۲۵ گرم) داشتند (جدول ۳). در گیاه کلزا دیده شده که با کاهش تعداد دانه و خورجین، وزن دانه‌های باقیمانده افزایش می‌یابد (۴۱)، یعنی مواد منتقل شده به دانه بین دانه‌های کمتری تقسیم شده و سهم هر دانه نسبت به زمانی که تعداد دانه بیشتر می‌باشد؛ مقدار بیشتر است. طبق نتایج این پژوهش این جزء از عملکرد با عملکرد دانه، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد زیستی و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داشت (جدول ۵). علاوه بر آن رقم هایولا ۴۰۱ نیز رکورددار بالاترین میزان وزن هزار دانه بود که با ارقام آگامکس و هایولا ۴۸۱۵ تفاوت آماری چندانی را نشان نداد (جدول ۴). که این تفاوت وزن هزار دانه در بین ارقام مختلف مربوط به تفاوت‌های ژنتیکی موجود بین ارقام مورد بررسی می‌باشد که با نتایج سایر پژوهشگران همخوانی دارد (۴، ۳۶). بر اساس نتایج در تراکم‌های بالاتر از ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع روندی نزولی در میزان وزن هزار دانه رویت شد. در همین راستا طباطبایی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، وزن هزار دانه کلزا کاهش معنی‌داری یافت که این نتایج پیش از این نیز توسط سیادت و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است (۳۸ و ۳۶). در تراکم‌های زیاد، به دلیل افزایش تنفس جامعه گیاهی و نیز کوتاه شدن دوره پر شدن مؤثر دانه که هر دو رشد دانه را محدود می‌سازند، وزن هزار دانه کاهش یافته است. در بین ارقام مورد بررسی در این آزمایش نیز، رقم هایولا ۴۰۱ بیشترین تعداد غلاف در بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۴). نتایج حاصله از تحقیقات دیگر نیز موید این مطلب بود که بین ارقام از لحاظ تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری وجود دارد و به عبارتی تعداد غلاف در بوته به رقم بستگی دارد (۲۷).

### عملکرد دانه

با استناد به نتایج به دست آمده مشخص شد که اثرات اصلی رقم و تراکم بوته و برهمکنش این دو، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۲). در تمامی تراکم‌های مورد بررسی به جزء تراکم ۴۲/۱۰ بوته در متر مربع، رقم هایولا ۴۰۱ بالاترین مقدار را دارا بود (شکل ۵). بالاتر بودن عملکرد دانه در تراکم ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع نسبت به چهار تراکم دیگر احتمالاً بدلیل تعداد غلاف بیشتر در سطح و در نتیجه تعداد دانه در غلاف بیشتر در این تراکم می‌باشد (جدول ۴). همچنین این تراکم با ایجاد پوشش سبز بیشتر در واحد سطح احتمالاً توانسته بطور کارآمدتری از تشعشع خورشید در جهت تولید عملکرد اقتصادی بهره‌برداری کند.



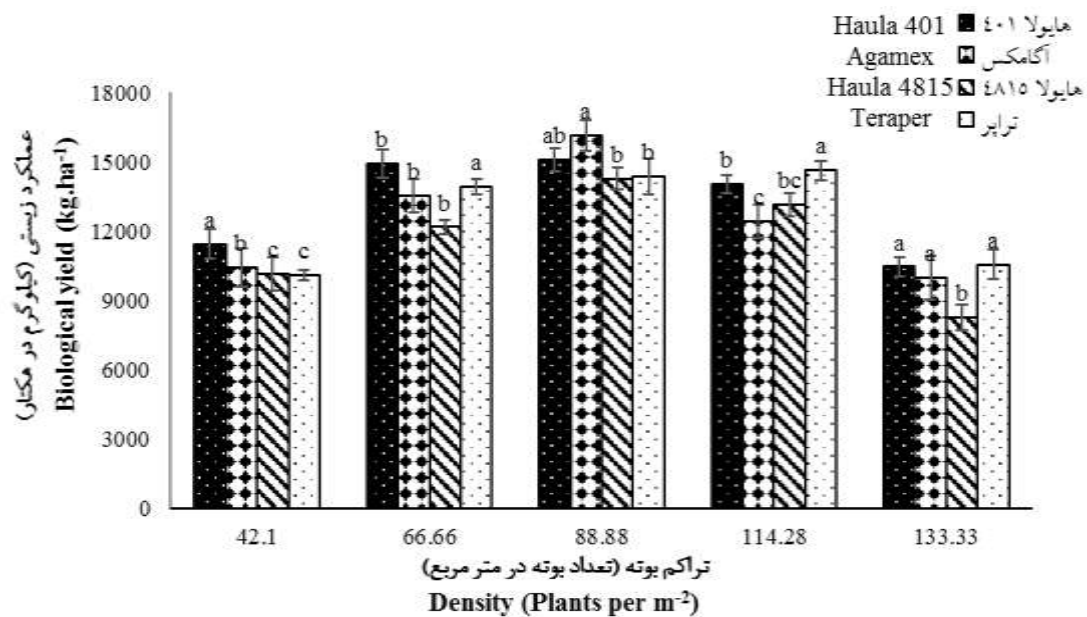
شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته بر عملکرد دانه ارقام مختلف کلزا (استاندارد ارور مقدار انحراف تکرارها از میانگین آن تیمار می باشد)

**Figure 5-Mean comparison interaction effect of plant density on grain yield of different rapeseed varieties (Error bar: the division value of repetitions from means of each treatments)**

افزایش تراکم بوته از طریق کاهش تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد غلاف در بوته، باعث کاهش عملکرد دانه در تک بوته می‌شود، اما افزایش مطلوب تراکم منجر به جبران کاهش شاخه‌های فرعی و اجزای عملکرد گیاه از طریق افزایش تعداد بوته خواهد شد. همچنین براساس نتایج بدست آمده برای صفات سبزیگی، طول دوره گلدهی، روز تا پایان گلدهی که در اثر افزایش تراکم بوته کاهش یافته بود (شکل ۱، ۲ و ۳) می‌تواند دلیلی برای کاهش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا باشد چرا که با کاهش هریک از صفات فوق عملکرد تاثیر منفی و مستقیمی می‌پذیرد و کاهش می‌یابد. در همین راستا جوزی و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که افزایش تراکم تا ۱۰۰ بوته در متر مربع موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه کلزا گردید. همچنین گزارش کردند که رقم هایولا ۴۰۱ بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (۲۲)، که با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد. طباطبایی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت (۱، ۱۰ و ۲۰ شهریور ماه) و تراکم‌های مختلف (۴۴، ۶۷ و ۱۳۳ بوته در متر مربع) روی ارقام طلائی، آکاپی و لیکورد کلزا اظهار داشتند که افزایش تراکم بوته صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در متر مربع، عملکرد دانه را افزایش و درصد روغن را کاهش داد (۳۸).

## عملکرد زیستی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی تراکم، رقم و همچنین اثر متقابل دو عامل تاثیر معنی‌داری بر عملکرد زیستی داشت (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسات میانگین ارائه شده در شکل ۶ واکنش ارقام مختلف به تراکم بوته متفاوت بود؛ به طوری که در تراکم‌های ۴۲/۱۰ و ۶۶/۶۶ بوته در متر مربع، رقم هایولا ۴۰۱ مقدار بالاتری نسبت به سایر ارقام دارا بود ولی در تراکم‌های ۱۱۴/۲۸ و ۱۳۳/۳۳ بوته در متر مربع، مقدار عملکرد زیستی در رقم تراپر بالاتر از سایر ارقام بود. در بین تراکم‌های مورد بررسی در این پژوهش، تراکم ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع نسبت به سایر تراکم‌ها برای هر چهار رقم شرایط مطلوبتری داشته و مقدار عملکرد زیستی برای ارقام هایولا ۴۰۱، آگامکس، هایولا ۴۸۱۵ و تراپر به ترتیب برابر با ۱۵۰۹۹، ۱۶۱۵۰، ۱۴۳۵۶ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (شکل ۶). تفاوت بین ارقام در عملکرد زیستی نشان می‌دهد که واکنش ارقام مورد بررسی به پتانسیل ژنتیکی آنها و سپس عوامل به زراعی (تراکم گیاهی) مربوط می‌شود (۱۷). همچنین افزایش تراکم تا حدی سبب بالارفتن عملکرد می‌شود سپس به علت افزایش رقابت درون گونه‌ای کاهش می‌یابد. تراکم مطلوب و ایده‌آل بدلیل افزایش ماده خشک و سطح برگ مناسب، سبب افزایش عملکرد زیستی می‌شود (۳). طباطبایی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت (۱، ۱۰ و ۲۰ شهریور ماه) و تراکم‌های مختلف (۴۴، ۶۷ و ۱۳۳ بوته در متر مربع) روی ارقام طلائی، اُکاپی و لیکورد کلزا اظهار داشتند که افزایش تراکم بوته صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد غلاف در متر مربع، عملکرد زیستی و دانه را افزایش و درصد روغن را کاهش داد (۳۸). زاهد و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که با افزایش تراکم عملکرد زیستی تک بوته گندم کاهش می‌یابد؛ اما عملکرد زیستی در واحد سطح افزایش پیدا می‌کند، آن‌ها همچنین افزایش عملکرد زیستی در تراکم بالا را به تعداد بیش‌تر پنجه بارور در واحد سطح نسبت دادند. باور (۲۰۰۸) و دونالدسون و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که با افزایش تراکم، عملکرد زیستی به صورت خطی افزایش می‌یابد (۷)، (۱۲). حمزه‌ئی و همکاران (۲۰۱۵) افزایش عملکرد زیستی را در اثر افزایش تراکم بوته به افزایش شاخص سطح برگ و استفاده بهتر از نور خورشید و سایر منابع طی فصل رشد و افزایش فتوسنتز نسبت دادند؛ اما آن‌ها بیان داشتند که اصلی‌ترین دلیل افزایش عملکرد زیستی در تراکم بالاتر مربوط به افزایش تعداد بوته در واحد سطح است.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته بر عملکرد زیستی ارقام مختلف کلزا (استاندارد ارور مقدار انحراف تکرارها از میانگین آن تیمار می باشد)

**Figure 6- Mean comparison interaction effect of plant density on biological yield of different rapeseed varieties (Error bar: the division value of repetitions from means of each treatments)**

### شاخص برداشت

نتایج به دست آمده از این پژوهش مؤید این موضوع است که شاخص برداشت کلزا تحت تاثیر اثرات اصلی تراکم و رقم قرار گرفت؛ ولی اثر متقابل تراکم و رقم نتوانست تاثیر معنی داری بر صفت مذکور بگذارد (جدول ۳). با افزایش تراکم تا ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع، شاخص برداشت کلزا نیز افزایش یافت و بیشترین و کمترین میزان شاخص برداشت به ترتیب در تراکم های ۸۸/۸۸ و ۱۳۳/۳۳ بوته در متر مربع با میانگین ۵۹/۱۹ و ۳۵/۵۱ درصد به دست آمد (جدول ۴). همچنین رقم هایولا ۴۰۱ با ۵۶/۰۳ درصد بیشترین شاخص برداشت را به خود اختصاص داد که با رقم های هایولا ۴۸۱۵ و تراپر در یک گروه آماری قرار گرفتند. اما رقم آگامکس با میانگین ۴۱/۷۷ درصد کمترین شاخص برداشت دانه را داشت (جدول ۳). در مطالعات جوزی و همکاران (۲۰۱۳) نیز رقم هایولا ۴۰۱ بیشترین شاخص برداشت را داشته است (۲۲). افزایش شاخص برداشت، نشان دهنده توانایی بیشتر گیاه، در انتقال و اختصاص بیشتر مواد پرورده به مقصد یا محل ذخیره مواد فتوسنتزی است و یکی از شاخص های مورد استفاده، جهت ارزیابی کارایی تقسیم ماده خشک گیاه زراعی معرفی می گردد (۵). نتایج این پژوهش نیز دال بر همبستگی مثبت و معنی دار شاخص برداشت با عملکرد دانه دارد (جدول ۵). عملکرد دانه بالاتر، از تراکم هایی به دست می آید که دارای وزن خشک بیشتری می باشند. در اثر افزایش رشد اندام های هوایی گیاه در تراکم های بالاتر، رشد اندام های



رویشی و زایشی به یک نسبت مشخص بوده است و این بدین معنی است که تولید دانه در کلزا تابع رشد رویشی است و به همان نسبت که رشد رویشی بالاتر می‌رود عملکرد دانه بیشتر افزایش می‌یابد؛ به عبارت دیگر در چنین شرایطی سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به دانه بیشتر است. آردوینی و همکاران (۲۰۰۶) معتقدند که با افزایش تراکم از ۲۰۰ به ۲۵۰ و ۴۰۰ بوته در متر مربع به ترتیب شاخص برداشت گندم معادل ۳۲، ۳۴ و ۳۵ درصد بوده است که این بوسیله کاهش وزن خشک تمام اندام‌های گیاهی در تراکم‌های بالاتر و افزایش عملکرد آن‌ها توجیه شد (۴). اما با افزایش تراکم بالاتر از ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع، شاخص برداشت روندی نزولی یافت (جدول ۴). افزایش تراکم گیاهی فراتر از حد مطلوب و کاهش شاخص برداشت می‌گردد، و این کاهش شاخص برداشت به خاطر کاهش تشعشع در جوامع گیاهی با تراکم بالاست (۱۲).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا تحت تیمارهای تراکم

**Table 5. Correlation coefficients between yield and yield components of rapeseed cultivars under drought treatments**

عملکرد دانه	شاخص برداشت	تعداد شاخه فرعی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد زیستی	سبزیبگی SPAD (y <sub>8</sub> )	ارتفاع بوته	طول دوره گلدهی	تعداد روز تا پایان گلدهی
Seed yield (y <sub>1</sub> )	Harvest index (y <sub>2</sub> )	Number of sub branches (y <sub>3</sub> )	Number of pod per plant (y <sub>4</sub> )	Seed number per pod (y <sub>5</sub> )	Seeds weight (y <sub>6</sub> )	Biological yield (y <sub>7</sub> )	SPAD (y <sub>8</sub> )	Plant height (y <sub>9</sub> )	Flowering duration (y <sub>10</sub> )	No. of days to the end of flowering (y <sub>11</sub> )
y <sub>1</sub>	1									
y <sub>2</sub>	0.47**	1								
y <sub>3</sub>	0.39**	0.005ns	1							
y <sub>4</sub>	0.55**	0.19ns	0.57**	1						
y <sub>5</sub>	0.62**	0.19ns	0.43**	0.55**	1					
y <sub>6</sub>	0.53**	0.17ns	0.31*	0.36**	0.47**	1				
y <sub>7</sub>	0.72**	-0.16ns	0.45**	0.50**	0.57**	0.50**	1			
y <sub>8</sub>	0.23ns	0.15*	0.39**	0.34ns	0.11ns	0.02ns	0.11ns	1		
y <sub>9</sub>	0.19ns	-0.001ns	0.004ns	0.23ns	0.14ns	0.44**	0.33**	-0.18ns	1	
y <sub>10</sub>	-0.14**	-0.004ns	-0.44**	-0.42**	-0.47**	-0.37**	-0.53**	-0.27**	-0.29ns	1
y <sub>11</sub>	0.23ns	0.08ns	0.44**	0.31*	0.10ns	0.02ns	0.21ns	0.5**	0.14ns	-0.18 ns

ns, \* و \*\*: به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

ns, \* and \*\*: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصله از این تحقیق نشان داد که میزان بذر مصرفی و رقم روی عملکرد و اجزای عملکرد کلزا تأثیر معنی‌داری دارد. با انتخاب رقم مناسب می‌توان به عملکرد قابل قبول دست یافت. در بین ارقام مورد بررسی رقم هایولا ۴۰۱ دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و زیستی گردید. بر اساس نتایج پژوهش حاضر تراکم بوته مطلوب برای ارقام مورد بررسی، تراکم ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع می‌باشد. بنابراین بر اساس نتایج این بررسی،

جهت دستیابی به بیشترین عملکرد دانه کلزا در منطقه مورد آزمایش، استفاده از رقم هایولا ۴۰۱ با تراکم ۸۸/۸۸ بوته در متر مربع می‌تواند مؤثر واقع شود.

#### منابع:

1. Ahmadi, B., Shirani Rad, A.H. and Khorgami, A. 2014. The effect of plant population densities and cultivars on forage yield, qualitative traits and growth indices in canola forage (*Brassica napus* L.). European Journal of Zoological Research. 3:1.62-70.
2. Aien, A. 2008. Study on yield potential of advanced rapeseed varieties in Jiroft area. Pajouhesh and Sazandegi. 20: 119-124. (In Persian with English abstract)
3. Arasteh, E. and Farnia, A. 2013. Investigation the effect of drought tension and plant density on quality and quantity characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars in Lorestan climate conditions. Crop Physiology Journal. 5(19):99-111. (In Persian with English abstract)
4. Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L. and Mariotti, M. 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat affected by variety and seeding rate. European Journal Agronomy. 25: 309-318.
5. Azizi, KH., Mirzavand, k. and Draiiifard, A.R. 2011. The effects of different fertilization methods on seed yield and yield components of lentil (*lens culinaris*) under Khorramabad climatic condition, Iran. Agronomy Science. 2(4): 15-22. (In Persian with English abstract)
6. Bagheri, M. and Safahani, A.R. 2010. Evaluation of sowing date and plant density on quantitative and characteristics of two canola cultivars. Plant Production Science. 2(4): 23-35. (In Persian with English abstract)
7. Bavar, M. 2008. Effects of planting date and density on growth indices, yield and yield components of barley. M.Sc. Thesis in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 84 p. (In Persian with English abstract)
8. Cavero, J. Gil Ortega R. and Gutierrez, M. 2001. Plant density affects yield, yield components, and color of direct-grained paprika pepper. Horticultural Science. 36(1), 76-79.
9. Chapman, J.E., Daniels, W. and Scarisbrick, D.H. 1984. Field studies on C assimilation fixation and movement in oilseed rape (*Brassica.napus* L.). The Journal of Agricultural Science. 102: 23-31.
10. Danesh Shahrkari, A.A.R., Kashani, A., Mesgarabashi, M., Nabipour, M. and Kouhi Dehkordi, M. 2008. The effect of plant Densities and Time of nitrogen application on some agronomic characteristic of Rapeseed. Pajouhesh and Sazandegi. 21(2): 10-17. (In Persian with English abstract)
11. Daneshmand, A.R., Nickhah Kuchaksarayy, H., Goldoust, M. and Moradpoor, S. 2012. Study of the Quantitative and qualitative yield of rapeseed (*Brassica napus* L. var Huola 401) in different rates of nitrogen and plant density condition. 4(16): 103-116. (In Persian with English abstract)
12. Donald, C.M. and Hamblin, J. 1976. The biological yield and harvest index of cereal as agronomic and plant breeding criteria. Advances in. Agronomy. 28: 361-405.
13. Donaldson, E., Schillinger, F.W. and Dofing, S.M. 2001. Straw production and grain yield in relationships winter wheat. Crop Science. 41: 100-106.
14. Epplin, F.M., Hossain, I. and Krenzer, E.G. 2000. Winter wheat fall winter forage yield and grain yield response to planting date in dual-purpose system. Agricultural System. 63: 161-173.
15. Eskandari Torbaghan, M. 2015. Effect of seed rate on grain yield and some agronomic characteristics of rapeseed in spring planting in dryland conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 8:2.149-158. (In Persian with English abstract)
16. Faraji, A. 2013. The role of yield components to determine seed yield of canola (*Brassica napus* L.) in Gonbad area. Journal of Plant Production. 20(2): 217-233.
17. Fathi, GH. 2008. Grain yield response of three rapeseed cultivars to different plant densities. Iranian Journal of Field Crop Science. 39(1): 1-10. (In Persian with English abstract)

18. Ghiasy-Oskoe, M., Aghaalikhani, M., Sefidkon, F., Mokhtassi-Bidgoli, A. And Ayyari, M. 2018. Effects of nitrogen rate and plant density on grain yield and nitrogen use efficiency of blessed thistle (*Cnicus benedictus* L.). *Crop Improvement*. 20(3): 643-654.
19. Hajazy, A. 1998. Effect of plant density on yield and yield components of fall canola in Karaj and Varamin environments. *Paghouash and Sazandegi*. 40: 25-29. (In Persian with English abstract)
20. Hamzehaye, J., Seyedi, M. and Babaei, M. 2015. Effect of density and nitrogen on seed quantity and quality of winter rapeseed in Hamedan conditions. *Crop Production*. 8(1): 143-159. (In Persian with English abstract)
21. Jabbari, H., Khosh kholgh Sima, N.A., Akbari, G.H.A., Allahdadi, I., Shirani rad, A.H. and Hamed, A. 2016. Study of root system relationship with water relations in Rapeseed under drought stress conditions. *Journal of Crop Improvement*. 18(1):1-15. (In Persian with English abstract)
22. Joozi, S., Sadeghi, M. and Tohidi, M. 2013. Effect of plant density on grain yield components of three rapeseed hybrids under Dezful climate. *Journal of Management System*. 7:1.1-9. (In Persian with English abstract)
23. Kazemeini, S.A., Edalat, M., Shekoofa, A. and Hamidi, R. 2010. Effects of nitrogen and plant density on rapeseed (*Brassica napus* L.) yield and yield components in Southern Iran. *Journal of Applied Sciences* 10: 1461-1465. (In Persian with English abstract)
24. Khan, S.H., Anwar, S., Kuai, J., Noman, A., Shahid, M., Din, M., Ali, A. and Zhou, G. 2018. Alteration in yield and oil quality traits of winter rapeseed by lodging at different planting density and nitrogen rates. *Scientific Reports*. 1-13
25. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R. and Mansoori, H. 2014. Optimizing water, nitrogen and crop density in canola cultivation using response surface methodology and central composite design. *Soil Science and Plant Nutrition*. 60(2): 286-298. (In Persian with English abstract)
26. Kuchtova, P. and Vasak, J. 1998. The effect of nitrogen and phosphorous fertilization and plant population on *Brassica campestris*. *Field Crop Science*. 63: 93-103.
27. Leach, J.E, Stevenson, H.J. Roinbow, A.J. and Mullen. L.A. 1999. Effects of high plant population on the growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *The Journal of Agricultural Science*. 132(2): 173-180.
28. Matinfar, M., Mahjoor, M., Shirani Rad, A.H. and Mahmmadi, R. 2013. Effect of Plant Density on Yield and Yield Seed Components of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars. *Crop Ecophysiology Journal*. 6(4):405-414. (In Persian with English abstract)
29. Mondal, M.R.I. and Wahhab, M.A. 2001. Production technology of oil crops. Oilseed Research Center. *Bangladesg Journal of Agricultural Science*. 20 (1): 29-33.
30. Morrison, M., Mcvetty, P. and Scarth, R. 1995. Effect of altering plant density on growth characteristics of summer rape. *Canadian Journal of Plant Science*. 70:139-149.
31. Mujtaba, M. and Imran, R. 2003. Impact of row spacing and fertilizer levels (*Diammonium phosphate*) on yield and yield components of canola. *Asian Journal of Plant Science*. 26: 234-456.
32. Prasad, S. and Shakla, D.N. 1991. The response of nitrogen and plant population on growth and yield, percent oil seed of *Brassica napus*. *Canadian Journal of Plant Science*. 38:283-291.
33. Ranjbar, H., Shoja, M.R., Samei, H., Pirasteh-Anosheh, H. and Salar, M.R. 2015. Influence of planting method and density on yield, yield components and oil percentage of rapeseed in different tillage systems. *Journal of Plant Ecophysiology*. 7:23.95-103.(In Persian with English abstract)
34. Rao, M.S.S. and Mendham, N.J. 1991. Camparion of chinoil (*Brassica campestris* sub sp. *olifera* sub sp. *chinesis*) and *B.napus* oil seed rape using different growth regulators, plant population densities and irrigation treatments. *Agriculture Science*. 117: 177-187.
35. Safahani Langeroudi, A. and Bagheri, M. 2014. Evaluation of sowing date and plant density on growth and seed yield of two canola (*Brassica napus* L.) cultivars in Gorgan's climatic condition. *Journal of Crop Breeding*. 6:2.59-69. (In Persian with English abstract)
36. Siadat, S.A., Sadeghipour, O. and Hashemi Dezfoli, A. 2010. Effect of nitrogen and plant density on yield and yield components of rapeseed. *Journal of Crop Production Research*. 2:1.49-61. (In Persian with English abstract)

37. Sina, V. and Rameeh, V. 2012. Effect of seeds rates on yield and yield components of three rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties in Neka, Mazandaran. *Agroecology Journal*. 3:4.500-505. (In Persian with English abstract)
38. Tabatabai, S.A., Hosseini, S.M., Teymori, G.H. and Shakeri, E. 2013. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of canola cultivars in Eghlid region. *Crop Production Research*. 5(2): 121.133. (In Persian with English abstract)
39. Taghinezhad, J. 2017. Comparison of technical and economical effect of different planters using varied seed rates on canola yield in moghan region. *Journal of Agricultural Machinery*. 7(2):527-535. (In Persian with English abstract)
40. Yantai, G., Harker, K.N., Kutcher, H.R., Gulden, R.H., Irvine, B., May, W.E. and O'Donovan, J.T. 2015. Canola seed yield and phenological responses to plant density. *Canadian Journal of Plant Science*. 96:151-159.
41. Yates, D.J. and Steven, M.D. 1987. Reflection and absorption of solar radiation by flowering canopies of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *The Journal of Agricultural Science*. 109: 495-502.
42. Yazdifar, SH. and Ramea. V. 2009. Effects of row spacing and seeding rates on some agronomical traits of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Journal of Central European Agriculture*. 10(1): 115-122.
43. Zahed, M., Galeshi, S., Latifi, N., Soltani, A. and Calate, M. 2012. The effect of plant density on seed yield and yield components in modern and old wheat cultivars. *Crop Production*. 4(1): 201-215. (In Persian with English abstract)