

مطالعه دامنه وسیع تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)

علیرضا کوچکی^{1*}، مهدی عزیزی²، علی نوروزیان³ و سمانه نجیب‌نیا³

تاریخ دریافت: 1393/08/09

تاریخ پذیرش: 1393/10/18

کوچکی، ع.، عزیزی، م.، نوروزیان، ع. و نجیب‌نیا، س. 1399. مطالعه دامنه وسیع تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) بوم‌شناسی کشاورزی، 12(1): 1-13.

چکیده

به منظور تعیین بهترین تراکم بوته ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 90-1389 به اجرا در آمد. فاکتورها شامل دو رقم کلزا (هایولا 401 و مودنا) و شش سطح تراکم بوته (40، 70، 100، 130، 160 و 190 بوته در مترمربع) بودند. نتایج نشان داد که بین تیمارها از نظر تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد روغن اختلاف معنی‌داری وجود داشت. میانگین عملکرد دانه در رقم مودنا 13/5 درصد بیشتر از رقم هایولا بود. تعداد خورجین در بوته در رقم مودنا به طور معنی‌داری بیشتر از رقم هایولا بود. با افزایش تراکم از 40 تا 190 بوته در مترمربع تعداد شاخه فرعی در بوته کاهش و ارتفاع بوته افزایش یافت. تراکم 70 بوته در مترمربع از نظر تعداد دانه در خورجین، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد روغن نسبت به سایر تراکم‌های گیاهی برتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: روغن، شاخص برداشت، عملکرد دانه

مقدمه

دست‌یابی به این هدف با تغییر تراکم بوته و توزیع بوته‌ها در واحد سطح زمین میسر است (Ganjali et al., 2004)، توزیع یکنواخت بوته در واحد سطح باعث توزیع مناسب نور دریافتی در درون سایه‌انداز گیاهی می‌شود، بنابراین اثر اصلی آرایش کاشت و تراکم گیاهی بر محصول، عمدتاً به علت تفاوت در چگونگی توزیع انرژی تابشی خورشید است و افزایش جذب تابش خورشیدی منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Ozonidoji, 2007).

تراکم گیاهی، یکی از عوامل مهم و مؤثر بر عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. با افزایش تراکم عملکرد تا حدی بالا می‌رود و از آن به بعد، افزایش تراکم تأثیری بر افزایش عملکرد نخواهد داشت (Aliari et al., 2002). شیرانی راد و احمدی (Shiranirad & Ahmadi, 1996) گزارش کردند که در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) با افزایش تراکم گیاهی از 40 به 120 بوته در مترمربع، تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه، تعداد خورجین در گیاه و تعداد دانه در خورجین کاهش یافت، ولی ارتفاع گیاه افزایش یافت. از (Ozer,

نتایج تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که عملکرد دانه، اغلب تحت تأثیر رقابت بین بوته‌ای و درون بوته‌ای قرار می‌گیرد. برای به حداقل رساندن این رقابت و دست یافتن به حداکثر عملکرد دانه، علاوه بر تراکم، نحوه توزیع بوته در واحد سطح نیز از اهمیت زیادی برخوردار است (Zamani & Koocheki, 1994). یکی از پیش‌شرط‌های لازم برای دستیابی به عملکرد بالا، تأمین شرایط مطلوب جهت استفاده از تابش خورشیدی به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی آن است (Beheshti et al., 2000; Gasta et al., 2004).

1- استاد، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
2- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ایران.
3- دانش‌آموخته دکتری آگرواکولوژی، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

* نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir)

Doi: 10.22067/jag.v12i1.40807

در ماه مهر پیش از کاشت، اجرا شد و تیمارها در کرت‌هایی به ابعاد 1/2×3 متر قرار گرفتند. در داخل هر کرت، دو پشته به طول سه متر و عرض 60 سانتی‌متر ایجاد شد و دو طرف هر پشته، دو خط کشت قرار داشت. کاشت بذر به صورت دستی در آبان ماه انجام شد. بعد از سپری شدن مرحله چهاربرگی، بوته‌ها تنک شدند، با تغییر فواصل بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت، تراکم‌های مورد نظر به دست آمدند. کودهای شیمیایی سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب به میزان 100 و 150 کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به زمین اضافه شد. کود اوره نیز به میزان 150 کیلوگرم در هکتار در طی دو مرحله یکی پس از کاشت و دیگری در اسفند ماه استفاده گردید. وجین علف‌های هرز در طی فصل رشد به صورت دستی و بدون استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی صورت پذیرفت. آبیاری در پاییز تا قبل از شروع سرما و در ابتدای فروردین تا زمان رسیدگی به فاصله زمانی یک هفته بر اساس عرف انجام شد.

در زمان رسیدگی کامل خورجین‌ها (زرد شدن خورجین)، در پایان فصل رشد با حذف یک ردیف از طرفین و 0/25 متر از ابتدا و انتهای هر کرت، برداشت نمونه‌های اندام هوایی به منظور تعیین میزان عملکرد بیولوژیک (BY)² و اقتصادی (EY)³ انجام و اجزای عملکرد شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه که با انتخاب تصادفی پنج بوته در هر کرت تعیین شد، شاخص برداشت دانه (HI)⁴ نیز با استفاده از نسبت عملکرد دانه (EY) به کل ماده خشک تولیدی (BY) محاسبه شد.

برای تعیین درصد روغن دانه، از سوکسله (Soxtec System HT, Tecator, Sweden) استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver 9.1 انجام پذیرفت. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید. برای گروه‌بندی تیمارهای تراکمی از تجزیه خوشه‌ای و نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اگر چه بین ارقام و برهم‌کنش

نیز در تحقیقی روی کلزا نتیجه گرفت که از سه فاصله کشت 15، 30 و 45 سانتی‌متر بین ردیف‌ها، فاصله کشت 45 سانتی‌متر بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی را تولید کرد که سبب افزایش تعداد خورجین در گیاه شد. علی و همکاران (Ali et al., 1996) در آزمایشی تراکم 10، 40، 70 و 100 بوته در مترمربع بر روی کلزا نتیجه گرفتند که در تراکم 10 بوته در مترمربع، ارتفاع و تعداد شاخه‌ها در گیاه افزایش یافت، در تراکم 40 بوته در مترمربع، بیشترین تعداد خورجین و در تراکم 70 بوته در مترمربع بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح تولید شد. در تراکم‌های کم کلزا، علی‌رغم شاخه‌بندی بیشتر، به علت کاهش تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد نامطلوبی در واحد سطح حاصل می‌شود. علاوه بر این به علت رقابت، نرسیدن نور به اعماق سایه‌انداز گیاهی و افزایش رطوبت نسبی در خرد اقلیم در مزرعه، بوته‌ها در برابر بیماری‌ها حساس‌تر می‌شوند (Amirmoradi, 1999)، تولیت ابوالحسنی (Toliatabolhasan, 1995) نیز در بررسی اثر تراکم و آرایش کاشت بر خصوصیات زراعی و کیفی کلزای زمستانه گزارش کرد که عملکرد دانه تحت تأثیر رقم و آرایش کاشت قرار گرفت، ولی سطوح مختلف تراکم بر عملکرد بی‌تأثیر بود، این واکنش را می‌توان به قدرت تراکم‌پذیری بالای کلزا نسبت داد. هدف از اجرای این تحقیق، مقایسه تأثیر تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه دو رقم کلزا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 90-1389 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 38 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا به مرحله اجرا در آمد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. خاک مزرعه در سال قبل آزمایش به صورت آیش بود و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول 1 آورده شده است. عامل اول شامل دو سطح (رقم پاییزه مودنا¹ و رقم بهاره مقاوم به سرما هایولا 401) و عامل دوم شامل تراکم بوته در سطوح 40، 70، 100، 130، 160 و 190 بوته در مترمربع بود.

عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاواهن برگردان دار و دیسک

2- Biological yield
3- Economical yield
4- Harvest index

1- Modena

دارای بیشترین ارتفاع بودند و به ترتیب گیاهان در تراکم‌های 160 و 130 بوته در مترمربع در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول 3). بر اساس مقایسه‌های میانگین رقم مودنا در تراکم 190 بوته در مترمربع دارای بیشترین ارتفاع بود و بعد از آن در تراکم 160 بوته در مترمربع همین رقم بالاترین ارتفاع بوته مشاهده شد (جدول 4).

ارقام و تراکم‌های مختلف از نظر ارتفاع کلزا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما ارتفاع گیاه در تراکم‌های مختلف از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت (جدول 2)، رقم هایولا 401 با ارتفاع 125/48 سانتی‌متر نسبت به رقم مودنا با ارتفاع 123/93 سانتی‌متر برتری داشت، گیاهان در تراکم 190 بوته

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of field soil used in the experiment

نیترژن N (%)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
0.05	31.5	267	19	41	40	7.3	6.6

این خصوصیت کارآمدترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتز قرار می‌دهد. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با گزارش برخی از محققان از جمله شیرانی راد و احمدی (Shiranirad & Ahmadi, 1996) و علی و همکاران (Ali et al., 1996) مطابقت داشت.

از آن جایی که نوسانات ارتفاع معمولاً بارزترین مشخصه گیاهی است که تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی و تغییر شرایط محیطی می‌باشد (Azizi et al., 2004)، لذا افزایش ارتفاع یک مزیت برای رقابت با سایر گیاهان در جامعه گیاهی محسوب می‌شود که یکی از نتایج آن تشکیل برگ‌های جدید در بالای سایه‌انداز گیاهی می‌باشد.

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of yield and yield components of rapeseed as affected by plant density and cultivars

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	درصد روغن Oil percentage	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزار دانه 1000- grain weight	تعداد دانه در خورجین No. of grain per pod	تعداد خورجین در بوته No. of pod per plant	تعداد شاخه فرعی No. of branch per plant	ارتفاع بوته Plant height
تکرار Replication	2	0.04 ^{ns}	0.1 ^{ns}	22542.7*	134604.8*	0.0004 ^{ns}	0.1 ^{ns}	0.3 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.02 ^{ns}
رقم Cultivar (A)	1	0.3*	22.16**	1436522.1**	5651555.3**	0.05**	1.4 ^{ns}	51.8**	50.6**	21.7 ^{ns}
تراکم Density (B)	5	3.4**	107.8**	7169830.8*	29972776.4**	1.5**	4.7*	8435.8**	275.7**	948.2**
A×B	5	0.03 ^{ns}	11.3**	78002.8**	361384.9**	0.02*	3.2**	14.9*	19.3**	5.7 ^{ns}
خطا Error	22	0.01	0.07	4676.1	36487.3	0.0093	0.05	3.7	1.4	13.07

ns, *, * *: به ترتیب نشانه غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.
ns, * and * *: are non- significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

رقم هایولا 401 بود. تراکم 70 بوته در مترمربع دارای بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته و پس از آن تراکم‌های 100 بوته و 40 بوته در مترمربع قرار داشتند، به عبارت دیگر با افزایش تراکم از 70 بوته تا 190 بوته در مترمربع تعداد شاخه فرعی در گیاه کاهش یافت (جدول 3). نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که با افزایش تراکم گیاهی،

تعداد شاخه فرعی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ارقام، تراکم بوته و برهم‌کنش رقم و تراکم بوته از نظر تعداد شاخه فرعی در گیاه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول 2). رقم مودنا دارای 14 درصد شاخه فرعی بیشتر در بوته نسبت به

معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت و برهم‌کنش رقم و تراکم برای این صفت در سطح احتمال پنج درصد به معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت (جدول 2). همان‌طور که در جدول 3 مشاهده می‌شود رقم مودنا از لحاظ میانگین تعداد خورجین در بوته نسبت به رقم هایولا 401 برتری معنی‌داری نشان داد و هم‌چنین تراکم 40 بوته در مترمربع با میانگین 98/85 خورجین در بوته دارای بهترین رتبه در بین تیمارهای تراکمی بود و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت و بعد از آن تراکم 70 بوته در مترمربع (86/15) خورجین در بوته) قرار داشت و تیمار 190 بوته در مترمربع با 9/35 خورجین در بوته دارای کمترین مقدار میانگین صفت مورد اندازه‌گیری بود. مقایسه‌های میانگین برهم‌کنش رقم و تراکم نشان داد که بیشترین تعداد خورجین در بوته متعلق به رقم مودنا (100/3) خورجین در بوته) در تراکم 40 بوته در مترمربع و کمترین تعداد خورجین در بوته در تراکم 190 بوته و در رقم هایولا 401 مشاهده شد (جدول 4).

اگر چه در تراکم‌های زیادتر، به‌علت افزایش رقابت درون‌بوته‌ای و کاهش نفوذ نور به اعماق سایه‌انداز گیاهی، تعداد خورجین در بوته کاهش می‌یابد، اما در تراکم‌های مطلوب، چنین به نظر می‌رسد که به‌علت بالا بودن سرعت رشد و در نتیجه بهبود شاخص سطح برگ، خصوصیات رشدی و به تبع آن فتوسنتز افزایش می‌یابد که در نتیجه باعث بهبود اجزای عملکرد از جمله تعداد خورجین در گیاه می‌شود (Rao et al., 1994). لیچ و همکاران (Leach et al., 1989) با انجام آزمایش‌هایی روی کلزا، گزارش کردند که با افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد خورجین در کلزا به‌دلیل افزایش رقابت کاهش یافت. شیرانی راد و احمدی (Shiranirad & Ahmadi, 1996) نیز اظهار داشتند که در گیاه کلزا با افزایش تراکم گیاهی از 40 به 120 بوته در مترمربع، تعداد خورجین در گیاه کاهش یافت. از آنجایی که عملکرد دانه در گیاه با تعداد خورجین در گیاه همبستگی مثبت و نزدیکی دارد، تعداد خورجین در گیاه را می‌توان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد به‌حساب آورد، زیرا خورجین حاوی دانه بوده و در مراحل اولیه پر شدن دانه از طریق انجام فتوسنتز در رشد و تکامل دانه مشارکت می‌کنند (Azizi et al., 2004).

تعداد شاخه فرعی کاهش می‌یابد (Amirmoradi, 1999; Azizi et al., 2004; Malhi & Gill, 2004). بر اساس مقایسه‌های میانگین اثرات متقابل از لحاظ تعداد شاخه فرعی، رقم هایولا در تراکم 70 بوته و بعد از آن نیز رقم هایولا در تراکم 100 و 40 بوته در مترمربع در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند، این امر نشان‌دهنده خاصیت تراکم‌پذیری مطلوب این رقم است (جدول 4). کاهش تراکم منجر به افزایش تعداد شاخه فرعی می‌شود که این امر جبران‌کننده کاهش تعداد بوته‌ها می‌باشد، از طرف دیگر افزایش تراکم بوته کاهش تعداد شاخه فرعی را به‌دنبال دارد (Omid et al., 2005). از آن‌جا که در تراکم‌های پایین، فضای لازم برای رشد گیاهان بیشتر از تراکم‌های بالاتر می‌باشد، لذا گیاهانی مانند کلزا که قدرت تولید شاخه‌های فرعی را دارند از فضای لازم استفاده کرده و تعداد شاخه‌های جانبی را افزایش می‌دهند و از این طریق می‌توانند عملکرد را در تراکم پایین جبران کنند، از طرف دیگر، در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب به‌دلیل رقابت نوری بین بوته‌های گیاه قادر به تولید شاخه‌های فرعی بیشتر نیست (Gasta et al., 2004; Malhi & Gill, 2004). شیرانی راد و احمدی (Shiranirad & Ahmadi, 1996) اظهار داشتند که در کلزا با افزایش تراکم گیاهی از 40 به 120 بوته در مترمربع، تعداد شاخه فرعی در گیاه کاهش یافت. راثو و همکاران (Rao et al., 1991) در آزمایشی در تاسمانی استرالیا روی یک لاین رایج کلزا به‌نام مارنو و یک لاین بدون گلبرگ، نتیجه گرفتند که لاین بدون گلبرگ در تراکم‌های 33، 67 و 133 بوته در مترمربع در مقایسه با رقم مارنو، انشعابات ثانویه بارور بیشتری تولید کرد، درحالی‌که در مارنو با افزایش تراکم، این انشعابات کاهش یافته و در تراکم 133 بوته در مترمربع به صفر رسید که عامل این موضوع را به افزایش سایه‌اندازی در تراکم‌های بالا مربوط دانستند، ولی لاین بدون گلبرگ (آرایش برگ مناسب‌تر) به‌دلیل نفوذ بهتر و بیشتر تابش به درون سایه‌انداز گیاهی، حتی در تراکم‌های بالا نیز انشعاب‌های فرعی بیشتری تولید کرد.

تعداد خورجین در بوته

تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام هایولا 401 و مودنا و تراکم‌های مختلف کاشت از نظر تعداد خورجین در بوته، اختلاف

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده رقم و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن کلزا
Table 3- Mean comparison of cultivars and density effects on yield, yield components and oil percentage of rapeseed

تیمار Treatment	درصد روغن Oil percentage (%)	شاخص برداشت Harvest Index (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک yield Biological (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد دانه در خوچین No. of grain per pod	تعداد خوچین در بوته No. of silique per plant	تعداد شاخه فرعی No. of branch per plant	ارتفاع Plant height (cm)
رقم Cultivar									
هائولا ۴۰۱ Hayola 401	35.37 ^{b*}	30.31 ^b	2544.15 ^b	8165.28 ^b	3.8 ^b	23.42 ^a	51.16 ^b	15.3 ^b	125.48 ^a
مودنا Modena	35.56 ^a	31.88 ^a	2944.15 ^a	8957.71 ^a	3.88 ^a	23.82 ^a	53.56 ^a	17.5 ^a	123.93 ^a
تراکم بوته Plant density (plants.m ⁻²)									
40	34.83 ^d	32.41 ^c	3051.57 ^c	9397.4 ^b	3.64 ^c	23.8 ^b	98.85 ^a	19.2 ^c	108.53 ^f
70	36.66 ^a	37.44 ^a	4525.9 ^a	1271 ^a	4.72 ^a	25.3 ^a	86.15 ^b	24.96 ^a	115.61 ^e
100	36.15 ^b	33.41 ^b	3247 ^b	9562.8 ^b	4.04 ^b	23.55 ^{bc}	70.7 ^c	21.9 ^b	120.41 ^d
130	35.3 ^c	28.98 ^d	2247 ^d	7740.9 ^c	3.73 ^c	23.25 ^{bc}	33.55 ^d	13.65 ^d	125.71 ^e
160	34.95 ^d	27.08 ^e	1746.72 ^e	6445.84 ^d	3.65 ^c	23.05 ^c	16.61 ^e	10.55 ^e	136 ^b
190	34.9 ^d	26.71 ^f	1643.95 ^f	6151.1 ^e	3.24 ^d	22.8 ^c	9.35 ^f	7.6 ^f	142 ^a

* Means with the different letters in each column and for each factor are significantly different based on Duncan's multiple range test (p ≤ 0.05).
میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون و برای هر جزء، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات ارقام کلزا در تراکم‌های مختلف بوته
Table 4- Mean comparison of some traits of rapeseed cultivars in different plant densities

رقم Cultivar	تراکم Plant density (plant.m ⁻²)	درصد روغن Oil percentage (%)	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژی Biological yield (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تراکم Plant density (plant.m ⁻²)	تعداد دانه در خورچین No. of grain per silique	تعداد خورچین در بوته No. of silique per plant	تعداد شاخه فرعی No. of branch per plant	ارتفاع Plant height (cm)
مدونا Modena	40	34.9 ^{a*}	33.44 ^d	3325 ^d	9941.3 ^c	3.5 ^{ed}	40	24.1 ^{bc}	100.3 ^a	20.3 ^c	108.76 ^e
	70	36.77 ^a	38.2 ^a	4484.23 ^a	12758.2 ^a	4.68 ^a	70	25 ^a	88.6 ^c	28.63 ^a	115.53 ^d
	100	36.3 ^a	34.39 ^c	3487 ^c	10141 ^c	3.99 ^b	100	23.7 ^{bc}	71.6 ^e	22.8 ^b	120.3 ^{ed}
	130	35.5 ^a	30.51 ^f	2427 ^e	7954.7 ^e	3.77 ^{ed}	130	23.3 ^{bc}	35.1 ^f	14.3 ^e	126.3 ^c
	160	35 ^a	27.58 ^g	1658.9 ^j	6650.2 ^g	3.6 ^{ed}	160	23 ^c	16.9 ^g	11 ^f	138 ^{ab}
	190	34.9 ^a	27.14 ^g	1598.6 ^j	6273.6 ^h	3.26 ^f	190	22.86 ^e	9.5 ^h	8 ^h	144 ^a
هایولا 401 Hayola401	40	34.77 ^a	31.37 ^c	2778 ^f	8853.2 ^d	3.79 ^c	40	23.5 ^{bc}	95.4 ^b	18.1 ^c	108.3 ^c
	70	36.55 ^a	36.49 ^b	4167 ^b	11356.8 ^b	4.77 ^a	70	24.7 ^{ab}	84.3 ^d	21.3 ^b	115.7 ^d
	100	36 ^a	33.47 ^d	3007 ^e	8853.5 ^d	4.1 ^b	100	23.4 ^{bc}	69.8 ^f	21 ^b	120.5 ^{ed}
	130	35.11 ^a	27.45 ^g	2067 ^h	7527 ^e	3.7 ^{ed}	130	23.2 ^{bc}	32 ^f	13 ^e	125.1 ^b
	160	34.9 ^a	26.57 ^h	1700.2 ⁱ	6241.4 ^h	3.7 ^{ed}	160	23 ^c	16.2 ^g	10.1 ^g	134 ^{ab}
	190	34.9 ^a	26.29 ^h	1558 ⁱ	6228.7 ^h	3.22 ^f	190	22.73 ^c	9.2 ^h	7.3 ^h	140 ^a

* میانگین‌هایی با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

* Means with the different letters in each column are significantly different based on Duncan's multiple range test (p ≤ 0.05).

تعداد دانه در خورجین

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اگر چه تراکم‌های بوته و برهم‌کنش رقم و تراکم بوته از نظر تعداد دانه در خورجین، به‌ترتیب اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد نشان دادند، ولی بین ارقام کلزا از لحاظ صفت مذکور اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 2). بر اساس مقایسه‌های میانگین تراکم‌های 70 و 40 بوته در مترمربع (به‌ترتیب با 25/3 و 23/8 دانه در خورجین) بیشترین و تراکم 190 بوته در مترمربع (22/8 دانه در خورجین) کمترین تعداد دانه در خورجین را به خود اختصاص دادند (جدول 3). مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش رقم و تراکم بوته نشان داد که تشکیل دانه در خورجین متفاوت تحت تأثیر ژنوتیپ‌های مختلف کلزا متفاوت است و بر این اساس بیشترین تعداد دانه در خورجین برای رقم مودنا در تراکم 70 بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول 4).

با توجه به اینکه کاهش یکی از اجزای عملکرد معمولاً منجر به افزایش سایر اجزای عملکرد تحت تأثیر خاصیت جبرانی اجزای عملکرد می‌شود و همچنین با توجه به اینکه وزن هزار دانه معمولاً کمتر دستخوش تغییر می‌شود، بنابراین بیشترین تغییرات در تعداد دانه در خورجین مشاهده می‌شود. نتایج برخی بررسی‌ها همبستگی بسیار بالایی را بین عملکرد دانه و تعداد دانه در خورجین نشان داده است (Omidi et al., 2000). بنابراین انتخاب ارقامی که تعداد دانه در خورجین بیشتر و اندازه دانه‌های بزرگ‌تری تولید می‌کنند، برای حصول عملکرد بالا مفید می‌باشند. با افزایش تعداد دانه در خورجین، مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Azizi et al., 2004). به نظر می‌رسد که در تراکم‌های زیادتر به‌دلیل رقابت بیشتر بین دانه‌های در حال نمو جهت دریافت مواد پرورده، بسیاری از این دانه‌ها در ابتدای تکامل چروکیده شده و از بین می‌روند و در نتیجه تعداد دانه در خورجین کاهش می‌یابد (Leach et al., 1999; Malhi & Gill, 2004). نتایج برخی دیگر از بررسی‌ها (Amirmoradi, 1999; Chai et al., 1989; Diepenbrock, 1999; Leach et al., 2000) نشان داده است که با کاهش تراکم بوته، تعداد دانه در خورجین افزایش می‌یابد. مندهام و همکاران (Mandham et al., 1981) دریافتند که افزایش تعداد دانه در خورجین، عامل کلیدی در افزایش عملکرد ارقام جدید کلزای

استرالیایی به شمار می‌رود، درحالی‌که در برخی منابع افزایش تعداد دانه در خورجین را وابسته به طول خورجین اعلام کردند و بیان کردند که این صفت تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه قرار می‌گیرد (Azizi et al., 2004).

وزن هزار دانه

در این تحقیق بین دو رقم کلزا و اثر متقابل رقم و تراکم‌های بوته از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد و بین تراکم‌های مختلف در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول 2). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم مودنا با وزن هزار دانه معادل 3/88 گرم نسبت به رقم هایولا 401 با وزن هزار دانه 3/8 گرم برتری داشت، تراکم 70 و 190 بوته در مترمربع به‌ترتیب با 4/72 و 3/24 گرم دارای بیشترین و کمترین وزن هزار دانه بودند (جدول 3). مقایسه‌های میانگین اثر متقابل رقم و تراکم نشان می‌دهد که رقم مودنا در تراکم 70 بوته در مترمربع نسبت به سایر تیمارها برتری دارد (جدول 4)، درحالی‌که بیان شده است که وزن هزار دانه از جمله مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد دانه محسوب شده و به‌شدت تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است و تا حدودی ثابت است (Omidi et al., 2005). تفاوت وزن هزار دانه در ارقام و تراکم‌های مختلف بوته کلزا به‌وسیله سایر محققان نیز گزارش شده است (Ahmadzadeh, 2007; Amirmoradi, 1999; Gholipoor et al., 2004).

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ارقام و تراکم‌های بوته و برهم‌کنش رقم و تراکم از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول 2). با توجه به مقایسه‌های میانگین تراکم 70 بوته در مترمربع با عملکرد بیولوژیکی معادل 12071 کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تراکم‌ها مطلوب‌تر بود (جدول 3). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم مودنا در تراکم 70 بوته در مترمربع از نظر عملکرد بیولوژیک نسبت به رقم دیگر از برتری برخوردار بود، ولی دو رقم در تراکم 190 بوته در مترمربع تفاوتی از نظر عملکرد بیولوژیک نداشتند (جدول 4). به نظر می‌رسد در رقم مودنا به‌علت آرایش برگ مناسب‌تر نفوذ نور به

سطح به‌طور نسبی کمتر می‌باشد بنابراین، عملکرد دانه نسبت به تراکم‌های دیگر در پایین‌ترین سطح قرار می‌گیرد. مقایسه نتایج حاصل از این آزمایش در رابطه با عملکرد دانه با یافته‌های بسیاری از محققان مطابقت داشت. در همین راستا شیرانیراد و همکاران (Amirmoradi, Shiranirad & Ahmadi, 1996)، امیرمرادی (Amirmoradi, 1999)، تولیت‌ابوالحسنی (Toliatabolhassani, 1995) و لیچ و همکاران (Leach et al., 1999) گزارش کردند که عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف کاشت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشت و تراکم‌های مطلوب از حیث این صفت برتری داشتند.

شاخص برداشت

بین دو رقم کلزا، تراکم‌های مورد بررسی و اثرات متقابل رقم و تراکم از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0/01$) وجود داشت، (جدول 2). رقم مودنا دارای شاخص برداشت بهتری نسبت به رقم هایولا 401 بود و تراکم 70 بوته در مترمربع با شاخص برداشت 37 درصد نسبت به تراکم‌های دیگر از نظر شاخص برداشت برتری داشت (جدول 3)، همان‌طور که در جدول 4 مشاهده می‌شود رقم مودنا در تراکم 70 بوته در مترمربع و رقم هایولا 401 در تراکم 190 بوته در مترمربع به‌ترتیب با 38/2 و 26/29 درصد دارای بیشترین و کمترین شاخص برداشت بودند. به نظر می‌رسد که درصد انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن و ضریب تبدیل و کارایی استفاده از تابش خورشیدی در تراکم 70 بوته در مترمربع بالاتر از تراکم‌های دیگر است، به همین دلیل این تراکم از شاخص برداشت بالاتری برخوردار بود. این نتایج با یافته‌های حاصل از آزمایش رانو و همکاران (Rao et al., 1991) مطابقت داشت. از آن‌جا که شاخص برداشت نشان‌دهنده درصد انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن می‌باشد، لذا می‌تواند به‌عنوان عامل مهمی در افزایش عملکرد مد نظر قرار گیرد (Ahmadzadeh, 2007; Toliatabolhassani, 1995).

درصد روغن

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ارقام و تراکم‌های مختلف بوته از نظر درصد روغن اختلاف معنی‌داری به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد مشاهده شد، اما از این نظر اختلاف معنی‌داری بین اثرات متقابل رقم و تراکم مشاهده نشد (جدول 2). مطابق جدول 2 رقم مودنا درصد روغن بیشتری نسبت به رقم هایولا

داخل سایه‌انداز بهتر صورت گرفته و به‌لحاظ فتوسنتز بیشتر، میزان تجمع ماده خشک آن‌ها افزایش یافته باشد. در تراکم 70 بوته در مترمربع، گیاه کلزا با داشتن فضای مناسب جهت رشد، حداکثر سرعت رشد و حداکثر ماده خشک را نسبت به سایر تراکم‌ها داشت. امیرمرادی (Amirmoradi, 1999) گزارش کرد که بین تراکم‌های بوته کلزا از نظر صفت عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که عملکرد بیولوژیک را برای تراکم‌های 20، 40، 26 و 80 بوته در مترمربع، به‌ترتیب ۱۱۸۴۹،۹۷۰۴، ۸۰۲۲، ۹۹۹۱ و ۹۹۹۱ کیلوگرم در هکتار اعلام نمود. لیچ و همکاران (Leach et al., 1999) گزارش نمودند که در تراکم کمتر و زیادتر از حد مطلوب، عملکرد بیولوژیک حداقل و در تراکم مطلوب، عملکرد بیولوژیک حداکثر بود.

عملکرد دانه

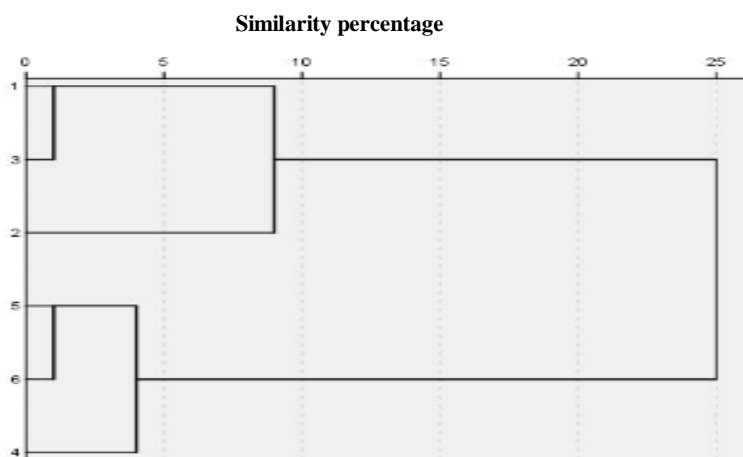
بین ارقام، تراکم و اثر متقابل ارقام و تراکم مورد آزمایش از نظر عملکرد اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول 2). بیشترین عملکرد دانه به رقم مودنا تعلق داشت که نسبت به رقم دیگر تفاوت معنی‌داری نشان داد، عملکرد دانه رقم مودنا 1/4 برابر رقم هایولا 401 بود، بیشترین عملکرد دانه برای تراکم 70 بوته در مترمربع مشاهده شد که نسبت به سایر تراکم‌ها تفاوت معنی‌داری نشان داد، پس از تراکم 70 بوته، سایر تراکم‌ها به‌ترتیب 100، 40 و 130 بوته در مترمربع در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول 3). بررسی نتایج حاصل از مقایسه‌های میانگین اثرات متقابل حاکی از این است که بیشترین عملکرد به رقم مودنا در تراکم 70 بوته در مترمربع تعلق داشت و پس از آن رقم هایولا 401 در تراکم 70 بوته عملکرد دانه بیشتری داشت (جدول 4). تحقیقات انجام شده بر روی کلزا نشان می‌دهد که واکنش همه ارقام نسبت به تراکم کاشت یکسان نیست، بدین معنی که ممکن است برخی ارقام با توجه به تعداد برگ و آرایش برگ در طیف مختلف و وسیعی از تراکم، عملکرد نزدیک و یکسانی تولید نمایند و قابل تعمیم به تمام ارقام نباشد. محققین این‌گونه اعتقاد دارند که با افزایش تراکم از حد مطلوب افزایش عملکرد دانه کاهش می‌یابد و از تراکم کم تا حد مطلوب افزایش عملکرد دانه وجود خواهد داشت (Ahmadi, 1996; Ahmadzadeh, 2007; Leach et al., 1999; Shiranirad & Ahmadi, 1996). اگرچه در تراکم پایین تعداد خورجین، تعداد شاخه و وزن دانه در گیاه بیشتر است، ولی از آن‌جایی‌که در تراکم‌های پایین عملکرد دانه در واحد

روغن دانه تأثیر دارند (Azizi et al., 2004). نتایج حاصل از آزمایش حاضر با یافته‌های سایر محققان همچون حسن و همکاران (Hassan et al., 1996)، تولیت‌ابوالحسنی (Toliatabolhassani, 1995) و لیچ و همکاران (Leach et al., 1999) مطابقت داشت که گزارش نمودند با افزایش تراکم گیاهی، در اثر رقابت بین گیاهان، درصد روغن کاهش می‌یابد.

گروه‌بندی تیمارهای تراکمی مختلف بر اساس صفات اندازه‌گیری شده

تیمارهای تراکم مختلف بر اساس صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر در هکتار و شاخص برداشت تحت تجزیه خوشه‌ای قرار گرفتند. در سطح تشابه 90 درصد، تیمارهای تراکمی در دو گروه مجزا قرار گرفتند. تیمارهای 40، 70 و 100 بوته در مترمربع که در اکثر صفات اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها داشتند، در یک خوشه قرار گرفتند، و تیمارهای 130، 160 و 190 بوته در مربع، در خوشه مستقل دیگری قرار گرفتند (شکل 1). همان‌طور که قبلاً در نتایج مشاهده شد (جدول 2 و 3) مطلوب‌ترین میزان صفات مورد اندازه‌گیری در تراکم‌های تیمارهای 40، 70 و 100 بوته در مترمربع مشاهده شد، بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که تراکم‌های مذکور جهت کشت دو رقم مورد مطالعه مناسب‌تر از سایر تراکم‌ها بودند.

401 داشت و تراکم 70 بوته در مترمربع دارای بیشترین درصد روغن در میان تراکم‌های مختلف گیاهی بود (جدول 3). به نظر می‌رسد که در تراکم 70 بوته در مترمربع، فضا برای رشدونمو و استفاده از شرایط محیطی مناسب‌تر بوده و بنابراین، میزان روغن تولیدی نیز بیشتر شده است، اما در تراکم بالا، به دلیل رقابت شدید و در تراکم کم نیز به علت کاهش تعداد بوته از حد مطلوب، درصد روغن کاهش یافته است. نتایج شیرانی راد و احمدی (Shiranirad & Ahmadi, 1996) نشان داده است که تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن کلزا داشته و تراکم‌های 40 و 80 بوته نسبت به تراکم‌های 120 بوته در مترمربع برتری داشتند. این پژوهشگران گزارش نمودند که میزان روغن با تغییر تراکم تغییر و با افزایش تراکم از حد مطلوب درصد روغن کاهش می‌یابد. در زمان گل‌دهی کلزا، با ریزش برگ‌ها، مقدار زیادی از سطوح سبز فتوسنتزی گیاه از دست می‌رود و تعداد اندکی برگ، ساقه‌های سبز و خورجین‌ها جایگزین آن می‌شوند. نخستین قطره‌های روغن نیز در حدود 18 روز بعد از گرده‌افشانی در لپه‌ها قابل تشخیص می‌شوند (Azizi et al., 2004). بنابراین به نظر می‌رسد بین گیاهان مجاور که سطوح فتوسنتزی آن‌ها نیز کاهش یافته، عاملی مانند تراکم بوته بالا موجب افزایش رقابت می‌شوند و باعث کاهش درصد روغن دانه‌ها می‌شوند. گزارش شده است که میزان روغن دانه کلزا عمدتاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است و گزارش‌های دیگری نیز نشان دادند که علاوه بر عوامل ژنتیکی، عوامل محیطی نیز بر درصد



شکل 1- گروه‌بندی تراکم‌های مختلف بر اساس برخی صفات رشدی و عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا

Fig. 1- Grouping of different density on yield and yield components of rapeseed

(1: 40 بوته در مترمربع، 2: 70 بوته در مترمربع، 3: 100 بوته در مترمربع، 4: 130 بوته در مترمربع، 5: 160 بوته در مترمربع و 6: 190 بوته در مترمربع)
(1:40, 2:70, 3:100, 4:130, 5: 160 and 6:190 plants.m⁻²)

نتیجه‌گیری

سیاسگزاری

بودجه این پژوهش از محل طرح پژوهش شماره 16033/2 مورخ 89/8/30 معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سیاسگزاری می‌شود.

در تراکم 70 بوته در مترمربع بهترین عملکرد در دو رقم کلزای بهاره و زمستانه مشاهده شد، رقم مودنا در تمامی صفات از رقم بهاره مقاوم به سرمای هایولا 401 برتری داشت که نشان‌دهنده آن است که رقم زمستانه مودنا سازگاری مناسب‌تری جهت کشت در پاییز نسبت به رقم دیگر دارد.

References

- Ahmad Zadeh, M., 2007. Genetic diversity in the various layers of rapeseed using morphological traits. M.Sc. Thesis, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran. (In Persian with English Summary)
- Ali, M.H., Zaman, S.M.H., and Hossain, S.M.A., 1996. Variation in yield, oil and protein content of rapeseed (*Brassica campestris* L.) in relation to levels of nitrogen, sulphur and plant density. *Indian Journal of Agronomy* 41 (2): 290-295.
- Aliari, H., Shirani rad, A., and Dehshiri, A., 2002. Canola Guide. Journal of Agricultural Education Publication. Tehran, Iran.
- Amirmoradi, S., 1999. Effects of planting density on yield, yield components of winter canola cultivars, growth index. M.Sc. Thesis, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran. (In Persian with English Summary)
- Andersen, M.N., Heidmann, T., and Plavborg, F., 1996. The effects of drought and Nitrogen on light interception, growth and yield of winter oilseed rape. *Soil and Plant Science* 46(1): 55-67.
- Azizi, M., Soltani, A., and khavari, S., 2004. Rapeseed (Physiology, Agronomy, Biological Technology). Mashhad University Press Jihad Daneshgahi, Mashhad, Iran. 232 pp. (In Persian)
- Beheshti, A., Koocheki A., and Nassiri Mahallati, M., 2002. Effect of planting pattern on light absorption and conversion efficiency in three varieties of maize canopy. *Seed and Plant Production Journal* 18(4): 417-431 (In Persian with English Summary)
- Chay, P., and Thurling, N., 1989. Variation in pod length in spring rape (*Brassica napus* L.) and its effect on seed yield and yield components. *Journal of Agricultural Sciences, Cambridge* 113: 139- 147.
- Degenhart, D.F., and Kondra, Z.P., 1984. Relationships between seed yield and growth characters, yield components, seed quality of summer-type oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Euphytica* 33(3): 885-889.
- Diepenbrock, W., 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. *Field Crops Research* 67(1): 35-49.
- Ganjali, A., Malekzadeh, S., and Bagheri, A., 2000. Review of plant density and arrangement of peas grown under irrigation in the region Neyshabur trend indicators. *Journal of Food Science and Agriculture* 14(2): 535-536
- Gholipour, A.S., Latifi, N., Glzany, K., Ghasemi, E., and Lyary Front, M., 2004. Comparative growth and yield of canola in Gorgan dryland conditions. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 11(1): 14-28. (In Persian with English Summary)
- Gusta, L., Johnson, E.N., Nesbitt, T., and Kirkland, K., 2004. Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. *Canadian Journal of Plant Science* 84: 463-471.
- Hassan, K.H., and Hakeem, M.S.E., 1996. Response of some rapeseed cultivars to nitrogen rates and plant density under saline conditions at Siwa Oasis. *Annals of Agricultural Science Cairo* 41(1): 229-242.
- Keating, B.A., and Carberry, P.S., 1993. Resource captures and use in intercropping solar radiation. *Field Crops Research* 34: 273-301.
- Kemanian, A.R., Stockle, C.O., and Huggins, D.R., 2004. Variability of barley radiation use efficiency. *Crop Science* 44: 1662-1672.
- Kiniry, J.R., Jones, C.A., and Sarel, D.A., 1989. Radiation use efficiency in biomass accumulation prior to grain filling for five grain crop species. *Field Crops Research* 20: 51-64.
- Kiniry, J.R., Simpson, C.E., Schuber, A.M.T., and Reed, J.D., 2005. Peanut leaf area index, light interception

radiation use efficiency and harvest index at three sites in Texas. *Field Crops Research* 91: 297-306.

Leach, J.E., Stevenson, H.J., Rainbow A.J., and Mullen, L.A., 1999. Effects of high plant populations on the growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science* 132(2): 173-180.

Malhi, S., and Gill, K.S., 2004. Placement, rate and source of N, seed row spacing and seeding depth effects on canola production. *Canadian Journal Plant Science* 84: 719-729.

Mendham, N.J., Shipway, P.A., and Scot, R.K.T., 1981. The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Sciences, Cambridge* 96: 389-416.

Montieth, J., and Unsworth, M., 1990. *Principles of environmental physics*. Edward Arnold. London, UK. 291 pp.

Morgan, D.G., 1982. The regulation of yield components in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 33: 1266-1268.

Omidi, H., Tahmasbi Sarvestani, Z., Ghalavand, A., and Modares Sanavi, S.A.M., 2005. Assessment of tillage systems and row spacing on seed yield and oil content of rapeseed cultivars. *Iranian Journal of Crop Science* 7(2):97-111 (In Persian with English Summary)

Ozer, H., 2003. The effect of plant population densities on growth, yield and yield components of two spring rapeseed cultivars. *Plant Soil Environment* 49(9): 422-426.

Rao, M.S.S., Mendham, N.J., and Buzza, G.C., 1991. Effect of the apetalous flower character on radiation distribution in the crop canopy, yield and its components in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 117: 189-196.

Rietveld, M.R., 1987. A new method for estimating the regression coefficient in the formula relating solar radiation to sunshine. *Agricultural Meteorology* 19: 243-252.

Shirani Rad, H., and Ahmadi, M.R., 1996. Kashtv history of plant density on crop yield, growth and yield of two cultivars of winter rapeseed oil in Karaj. *Congress on Agronomy and Plant Breeding, University of Isfahan, Isfahan, Iran*. P. 146. (In Persian)

Sidlauskas, G., and Bernotas, S., 2003. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agronomy Research* 1(2): 229-243.

Toliatabolhasani, M., 2005. Effect of planting density and arrangement on agronomic and quality characteristics of winter rapeseed in Mashhad. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, University Tarbiat Modares, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Wells, R., 1991. Soybean growth response to plant density: Relationship among canopy photosynthesis, leaf area and light interception. *Crop Science* 31: 755- 761.

Zamani, G., and Koocheki, A., 2004. The arrangement and plant density on radiation absorption, seed yield and yield components of maize. *Journal of Food Science and Agriculture* 8(2): 30-44 (In Persian with English Summary)

Zavareh, M., and Imam, Y., 2000. Help identify stages in the life of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 2(1): 14-26 (In Persian with English Summary)



Evaluation of a Wide Range of Plant Density on Yield and Yield Components of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars

A. Koocheki^{1*}, M. Azizi², A. Norooziyan³ and S. Najibnia³

Submitted: 31-10-2014

Accepted: 08-01-2015

Koocheki, A., Azizi, M., Norooziyan A., and Najibnia, S., 2020. Study the wide range of plant density on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Journal of Agroecology 12 (1):1-13.

Introduction

Canola (*Brassica napus*) is a major oilseed crop in the world, and its oil is used not only for salad and frying but also in the processing of margarines, shortenings, and other food products. Canola (*Brassica napus* L.) is often called a flexible or plastic crop because individual plants can adjust the number and size of branches and pods they produce in response to available moisture, light and nutrients. Therefore, canola naturally compensates for variations in plant population over relatively wide ranges with very little effect on final yield. At plant densities of 70-100 plants per square meter (approximately 7-10 plants per square foot), canola plants normally produce 3-5 secondary branches, in addition to the main stem. At low densities of 20-30 plants per m², this plant can produce up to four times the number of branches that stands of 70-100 plants per m² produce. Extension of canola cultivation varieties need effective instruments to follow up characters associated with yield and yield components. Therefore, determination of the response of canola cultivars to plant density is principally important and in general plant density is the most important factor which limit yield production on farmlands.

Materials and Methods

In order to determine the best planting density for rapeseed cultivars, this experiment was conducted at the agricultural research field of Ferdowsi University of Mashhad, in 2011. A factorial experiment based on RCBD with three replications was used. Factors were cultivars (Hayola401 and Modena) and planting density (40, 70, 100, 130, 160 and 190 plants.m⁻²). A composite sample of soil from the surface of the ground down to the depth of 30 cm was taken and sent to a laboratory for determining the physical and chemical features of the soil. Results of tests carried out on these samples showed that the available phosphorous, and the available potassium contents of the soil were 31.5 mg.kg⁻¹ and 267 mg.kg⁻¹, respectively. The soil pH was 7.3 with texture containing 40% clay, 41% silt, and 19% sand. Distance between plots was 0.5 meter and between replications 1 meter used as passage way. At crop maturity, five plants were randomly selected from each plot and the seed yield and yield components (including number of seeds per pod, number of pods per plant and the 1000-seed weight) were measured. Analysis of the variance was performed using the SAS statistical software, and comparison of the means was performed on the basis of Duncan's multiple range test at five percent probability level.

Results and Discussion

Results showed that there were significantly differences between plant densities on rapeseed cultivars. Canola crops need 30-40 plants per m² (approximately 3-4 plants per square foot) to maintain yield potential. Plant populations lower than this is more likely to have yield loss. The average grain yield in Modena cultivar was 13.5% higher than in Hayola401 cultivar. Number of pods per plant in Modena was significantly higher than in the Hayola401. When plant density decreased from 40 to 190 plants.m⁻², plant height of rapeseed increased. The greatest number of seeds per pod, biological yield, harvest index and oil percentage were observed in 70 plants.m⁻².

Conclusion

1- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

2- Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, Iran.

3- Ph.D. in Agroecology, Graduated Student, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)

Doi:10.22067/jag.v12i1.40807

Rapeseed cultivars responded strongly to changes in plant density. The average grain yield in Modena cultivar was higher than in Hayola401 cultivar. The maximum seed yield was observed in 70 plants.m⁻².

Acknowledgement

This research was funded by Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Harvest Index, Oil, Planting density, Yield