Archive of SID

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۴۵-۳۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 1, Spring. 2017, p. 31-45

اثر تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.)

علیرضا کوچکی[1*]- مهدی نصیری محلاتی[1]- فرانک نوربخش[2]- علیرضا نه بندانی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۲۷

چکیده

تعیین آرایش کاشت و تراکم بوته مناسب باعث بهره‌وری بهتر از منابع و افزایش عملکرد در واحد سطح می‌گردد، لذا در همین راستا آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در دو سال متوالی (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) انجام شد. در این آزمایش از طرح اسپلیت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. فاکتور اصلی شامل تراکم بوته (۳۰، ۴۰، ۵۰ بوته در مترمربع) و فاکتور فرعی آرایش کاشت (مستطیل، مربع، لوزی) بود. اثر متقابل آرایش کاشت و تراکم بر ماده خشک کل، عملکرد، تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته معنی‌دار بود. همچنین شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد شاخه در بوته نیز تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفت. حداکثر ماده خشک در آرایش کاشت لوزی با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع حاصل شد که به ترتیب ۸ و ۱۳ درصد بیشتر از آرایش کاشت مربع و مستطیل بود. بیشترین عملکرد دانه مربوط به آرایش کاشت لوزی و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع به میزان ۱۱۰۰ گرم در مترمربع در سال ۱۳۹۱ بود. بیشترین تعداد دانه و کپسول در بوته در آرایش کاشت لوزی با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به ترتیب به میزان ۴۷ و ۱۹/۲ عدد در سال ۱۳۹۱ به‌دست آمد. با افزایش تراکم بوته از ۳۰ به ۵۰ بوته در مترمربع، وزن هزار دانه حدود ۱۳ درصد کاهش یافت. افزایش تراکم بوته از ۳۰ به ۵۰ بوته در واحد سطح منجر به کاهش شاخص برداشت از ۳۱ به ۲۸ درصد شد. براساس نتایج این آزمایش، آرایش کاشت لوزی با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع برای کشت کنجد در مشهد مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تعداد کپسول، عملیات مدیریتی، ماده خشک کل، وزن هزار دانه

مقدمه

افزایش تراکم گیاه زراعی روشی برای بالا بردن عملکرد محصول در واحد سطح است. از این طریق کانوپی گیاه زراعی سریع‌تر بسته شده و توانایی گیاه زراعی برای جذب تشعشع فتوسنتزی بیشتر خواهد بود. در آغاز فصل رشد که اندازه گیاهچه‌ها کوچک و نیازهای آن‌ها محدود است، تداخل مستقیم بین گیاهان مجاور حداقل می‌باشد و با بزرگتر شدن اندازه‌ی بوته‌ها و محدود شدن منابع، فشار ناشی از تراکم افزایش می‌یابد (Yaneq *et al.*, 2013)

توزیع فضایی گیاهان در یک جامعه زراعی با جذب تشعشع در ارتباط است و این صفت نقش تعیین‌کننده‌ای در ظرفیت فتوسنتزی و عملکرد دارد، زیرا سرعت رشد محصول تابعی از انرژی تشعشعی مورد استفاده در فتوسنتز است (Kashiri *et al.*, 2006). به‌طور کلی افزایش کارآیی جذب تشعشع و عملکرد در گیاهان زراعی نیاز به سطح برگ کافی و توزیع یکنواخت برگ در پوشش گیاهی دارد.

Ahmad *et al.* (2002) کنجد (*Sesamum indicum*) را با فواصل بین ردیف مختلف (۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر) کشت کردند، آن‌ها گزارش کردند که فاصله ۴۵ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته و عملکرد دانه در هکتار را به‌همراه داشت. Rahnama and Bakhshandeh (2006) نیز کنجد را با فواصل بین بوته‌ای ۳۷/۵، ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر کشت کردند و گزارش نمودند که تعداد کپسول در بوته، وزن دانه در بوته و همچنین روغن دانه در تک بوته، با افزایش فاصله بین بوته‌ها افزایش یافت. Karaaslan *et al.*, (2007) در بررسی فاصله ردیف‌های مختلف کنجد گزارش کردند که با کاهش فاصله ردیف، عملکرد دانه افزایش ولی تعداد کپسول در بوته کاهش یافت. Roy *et al.* (2009) در بررسی اثر فواصل بین ردیف مختلف (۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر) بر عملکرد کنجد مشاهده کردند که عملکرد

۱- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانش‌آموخته گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir
DOI: 10.22067/gsc.v15i1.33089

www.SID.ir

Archive of SID

و اجزاء عملکرد با افزایش فاصله بین بوته از ۱۵ بـه ۳۰ سـانتی‌متـر، افزایش یافت. Noorka *et al.* (2011) گزارش کردند که با کـاهش فاصله بین بوته‌ها از ۲۰ به ۱۵ و ۱۰ سانتی‌متر ارتفـاع بوتـه، ارتفـاع نخستین شاخه کپسول‌دار و عملکرد دانه و روغن افزایش یافت.

Caliskan *et al.* (2004) عملکرد و اجزاء عملکـرد کنجـد را در دو روش کشت ردیفی و دست‌پاش با تراکم‌های ۱۰۲، ۱۲۷/۵، ۱۷۰، ۲۵۵ و ۵۱۰ هزار بوته در هکتار بررسی کردند و گزارش نمودنـد کـه عملکـرد کنجـد در روش کاشـت ردیفـی ۳۴ درصـد بیشـتر از روش دست‌پاش بود و بیشترین عملکرد دانه نیز در تراکم ۵۱۰ هزار بوته در هکتار بدست آمد.

Menon (1967) در بررسی آرایش کاشت مناسب کنجد گزارش کرد که بیشترین عملکرد کنجد از آرایش کاشت ۱۵ سانتی‌متـر بـین ردیف و ۲/۵ سانتی‌متر روی ردیف حاصل شد. Öztürk and Şaman (2012) در بررسی تأثیر تراکم‌های مختلف بر عملکـرد کنجـد بیـان داشتند که بیشترین عملکرد دانه و روغن زمانی حاصل شد که فواصل بین و روی ردیف به ترتیب۳۰ و ۵ سانتی‌متر بودند و کمترین عملکرد نیز از تیماری بدست آمد که در آن فواصل بین و روی ردیف به ترتیب ۷۰ و ۳۰ سانتی‌متر بود.

Azari and Khajepoor (2005) در بررسی اثر آرایـش کاشـت بر رشد و نمو، اجزای عملکرد و عملکردهای دانه و گلبرگ در کشـت تابستانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) گزارش کردند که فاصله ردیف کاشت تاثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ، تعـداد طبـق در شاخه فرعی، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد تک بوتـه و شاخص برداشت نداشت و افزایش فاصله ردیف‌های کاشت بـه طـور معنی‌داری موجب تسریع بیشتر مراحل نمو، افزایش تعداد شاخه فرعی در بوته و در مترمربع گردید ولی موجب کاهش معنی‌دار تعداد طبق در بوته، تعداد طبق در متر مربع و عملکردهای دانه و گلبرگ شد. تراکم بوته تاثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد تک بوته و عملکرد دانه نداشت. افزایش تراکم به‌طور معنی‌داری سبب تسریع بیشتر مراحـل نمـو، افـزایش شـاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی و تعداد طبق در متر مربع گردیـد، امـا موجب کاهش معنی‌دار تعداد طبق در شاخه فرعی و در بوته، عملکرد گلبرگ و شاخص برداشت شد.

Rafiee (2007) در بررسی تراکم و آرایش کاشت مناسـب ذرت (*Zea mays*) گزارش کرد کـه بـا الگـوی کاشـت دو ردیفـه امکـان افزایش تراکم وجود دارد به طوری که در آرایش کاشت دو ردیفـه بـا فاصله ردیف کاشت ۷۵ سانتی‌متر و تراکم ۹۵ هـزار بوتـه در هکتـار عملکرد دانه برتری معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها داشت.

Beheshti *et al.* (2002) در بررسی تاثیر آرایش کاشت بر جذب و کارآیی مصرف نور در کانوپی سـه رقـم ذرت گـزارش کردنـد کـه آرایش کاشت و رقم اثر معنی‌داری بـر میـزان جـذب تشعشـع فعـال فتوسنتزی و کارآیی مصرف نور به‌عنوان مولفه‌هـای مـوثر در تجمـع ماده خشک در مراحل فنولوژیک رشد و بخصوص پس از آغاز مرحله رشد زایشی داشتند. شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی نور تحـت تأثیر منابع تغییر در این آزمایش قرار گرفت و در نتیجه میزان تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده تحت تأثیر آرایش کاشـت و رقـم تفـاوت نشان داد. نتایج نشان داد که افزایش تجمع ماده خشـک در آرایـش کاشت مربع ناشی از جذب بیشتر تشعشع فعال فتوسنتزی و به‌صورت بارزتری در نتیجه افزایش کارآیی مصرف نور در این آرایـش کاشـت نسبت به آرایش کاشت لوزی و مستطیل بود، لذا با تغییـر در آرایـش کاشت ذرت از روش کاشت مستطیل به مربع می‌توان انتظـار داشـت که بیوماس تولیدی افزایش یابد.

کنجد گیاهی سازگار با نواحی خشک و نیمه خشـک دنیـا اسـت. زراعت کنجد در ایران از زمان‌های قدیم مرسوم بوده و ویژگی‌هـایی همچون تحمل آن به خشکی، آشنایی کشاورزان با زراعت این گیـاه، امکان کشت آن پس از برداشت گندم و جو در مناطق گرمسیر و بالا بودن کمیت و کیفیت روغن آن از جمله مواردی است که باعث توجه به این گیـاه شـده اسـت (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2013). تعیین آرایش کاشت و تراکم بوته مناسب در کنجد، به‌دلیـل اسـتفاده بهینه از منابع موجود سبب بهبود عملکرد دانه می‌گردد، لذا این مطالعه به‌منظور بررسی اثرات آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجـزاء عملکرد کنجد انجام شد تا آرایش مناسب و تراکم مطلوب آن جهـت افزایش عملکرد کنجد مشخص گردد.

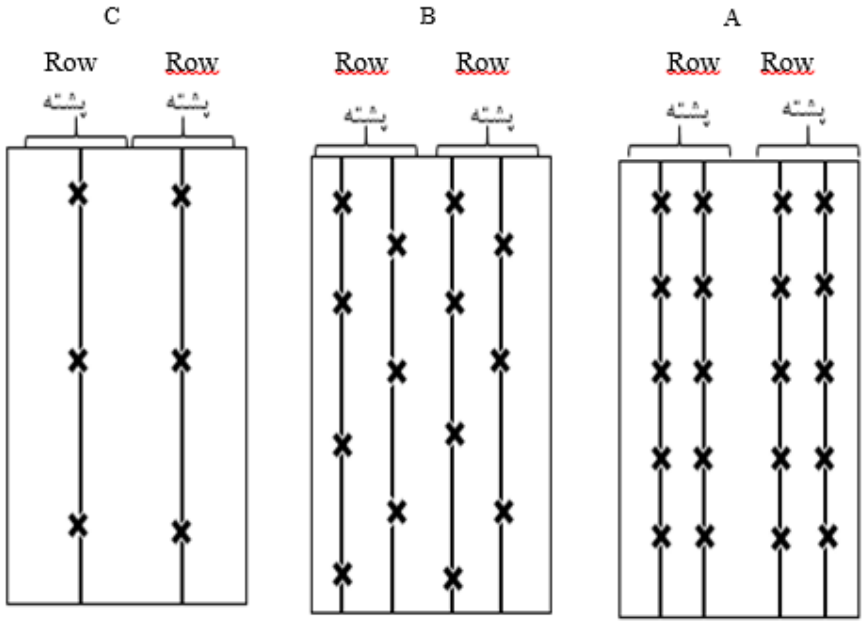
مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تراکم بوته و آرایـش کاشـت بـر عملکـرد و اجزای عملکرد کنجد آزمایشی در دو سال متوالی (۱۳۹۱ و ۱۳۹۲) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشـگاه فردوسـی واقـع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ عرض جغرافیـایی درجـه و ۱۵ دقیقـه عـرض شـمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر) به اجرا درآمد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خـرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجـام شـد. برای این منظور تراکم بوته با سه سطح (۳۰،۴۰،۵۰ بوته در مترمربع) به‌عنوان فاکتور اصلی و سه آرایش کاشت (مسـتطیل، مربـع، لـوزی) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. ابعاد هر کـرت فرعـی ۲×۳ متر بود. فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ و فاصله بین تکرارها یک متر در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف برای هر سه آرایش کاشت ۵۰ سانتی‌متر درنظر گرفته شد. فاصله روی ردیف برای آرایش کاشت مسـتطیل در تراکم‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب ۶، ۵ و ۴ سانتی‌متر تعیین شد. در آرایش کاشت مربع و لوزی بر روی هر پشـته دو خـط کشت و برای رسیدن به تراکم‌هـای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوتـه در مترمربـع

www.SID.ir

Archive of SID

فاصله روی ردیف به‌ترتیب ۱۸، ۱۶ و ۱۴ سانتی‌متر انتخاب شد (شکل ۱).



شکل ۱- آرایش کاشت مربع (A)، لوزی (B) و مستطیل (C) بر روی یک پشته

Figure 1- Square planting pattern (A), rhombic planting pattern (B) and rectangle planting pattern (C) on a row

رقم کنجد اسفراین برای کاشت انتخاب شد که از مرکز تحقیقات کشاورزی طرق مشهد تهیه و در هر دو سال، کاشت در اواخر اردیبهشت ماه انجام شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با فواصل هر ۷ روز یکبار انجام شد. علف‌های هرز در طول فصل رشد از طریق وجین دستی کنترل شدند و از هیچ گونه کود و سم شیمیایی در طول فصل رشد استفاده نشد. در پایان فصل رشد به منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد کنجد، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، سطحی مشخص (یک متر مربع) برای نمونه‌برداری مدنظر قرار گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد اقتصادی پس از هوا خشک نمودن بوته‌ها، دانه‌ها پاک و وزن شدند. برای عملکرد بیولوژیک نیز کل بوته‌های برداشت شده وزن شدند. برای ارزیابی اجزای عملکرد نیز تعداد کپسول‌ها و تعداد دانه در کپسول‌ها شمارش و از این طریق تعداد دانه در بوته محاسبه شد. به منظور بررسی وضعیت آرایش کاشت و تراکم بوته در طی دو سال اجرای آزمایش، تجزیه مرکب داده‌ها با نرم‌افزار SAS ver 9.1 و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL 2010 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ماده خشک کل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آرایش کاشت و تراکم‌های مختلف بوته و همچنین اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری در میزان ماده خشک ایجاد کرد (جدول ۱). در هر دو سال، بیشترین ماده خشک در هر کدام از آرایش کشت‌ها مربوط به تراکم۵۰ بوته درمترمربع بود. حداکثر ماده خشک از آرایش کاشت لوزی حاصل شد که به ترتیب حدود ۸ و ۱۳ درصد بیشتر از آرایش کاشت مربع و مستطیل بود. کمترین میزان ماده خشک کل نیز مربوط به آرایش کاشت مستطیل با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع بود (شکل۲). Rezvani Moghaddam *et al.,* (2005) گزارش کردند که افزایش تراکم کنجد از ۲۰ به ۵۰ بوته در مترمربع تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک تک بوته داشت به‌طوری‌که با افزایش تراکم کنجد، ماده خشک تک بوته کاهش یافت. آن‌ها دلیل این امر را کاهش رقابت بین بوته‌ای در تراکم های کم ذکر نمودند که موجب می‌شود امکانات محیطی از قبیل فضا، آب و موادغذایی به مقدار بیشتری در اختیار هر گیاه قرار گیرد. Ghosh and Patar, (1994) در بررسی اثر تراکم بر خصوصیات کنجد و Osei Bonsu (1977) در بررسی فاصله ردیف در کنجد نیز بیان داشتند که بیشترین میزان ماده خشک تک بوته در

www.SID.ir

Archive of SID

تراکم‌های پایین به‌دست آمد. آن‌ها علت این امر را وجود رقابت شدید بین گیاهان، کاهش دسترسی به منابع، کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک در تراکم‌های بالا ذکر کردند.

عملکرد: اثر متقابل آرایش کاشت و تراکم بوته در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری در میزان عملکرد ایجاد کرد (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه کنجد

Table 1- Analysis of variance (mean square) yield and yield components of sesame

منابع تغییر Sources variation	درجه آزادی Degree of freedom	بیوماس Biomass	عملکرد Yield	وزن هزار دانه 1000 seed weight	تعداد دانه در کپسول The number of seeds per capsule	شاخص برداشت Harvest Index (HI)	تعداد کپسول در بوته The number of capsules per plant	تعداد شاخه در بوته The number of branches per plant
سال Year	1	275240 ns	3301 ns	0.024 ns	5.50 ns	0.24 ns	5.65 ns	0.22 ns
تکرار در سال Repeated a year	4	552690	32310	0.020	9.94	3.30	9.95	0.01
تراکم Density	2	2113070 *	18145 *	0.579 **	5.03 *	17.25 *	4.70*	1.18*
تراکم*سال Density * Year	2	1611644 ns	45157 ns	0.011 ns	83.84 ns	3.60 ns	5.45 ns	0.85 ns
خطا ۱ Error 1	12	301425	22503	0.021	19.45	1.24	9.60	0.01
آرایش کاشت Planting pattern	2	3610600*	3612280*	0.001 ns	15.20 ns	0.36 ns	150.2 *	0.01 ns
تراکم*آرایش Density* Planting pattern	4	1752498 **	66255 **	0.012 ns	65.44 *	3.20 ns	4.32*	1.01 ns
آرایش*سال Planting pattern * Year	2	1501654 ns	55347 ns	0.001 ns	75.80 ns	3.44 ns	4.44 ns	0.87 ns
تراکم*آرایش*سال Planting pattern* density *year	4	1802996 ns	80295 ns	0.003 ns	90.25 ns	2.25 ns	5.55 ns	0.65 ns
خطای ۲ Error 2	22	321560	24564	0.032	18.87	2.85	9.30	0.01

** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد

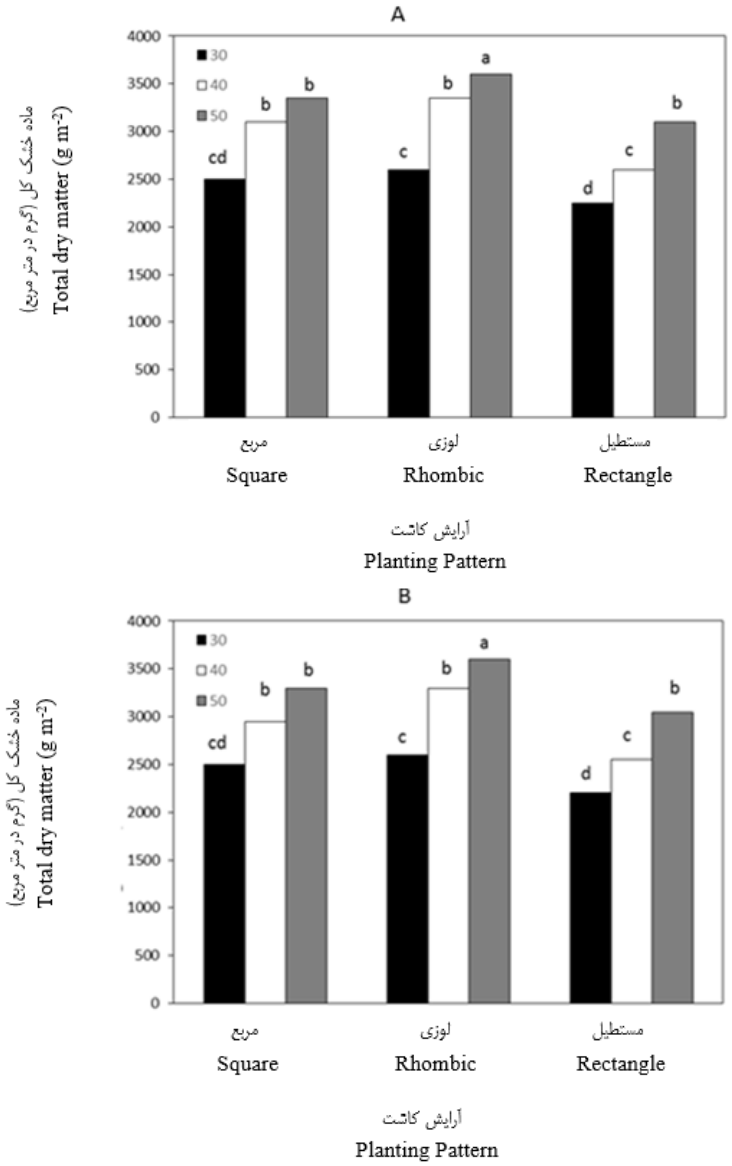
** and * are significant at 1% and 5% respectively and ns is non-significant differences.

در هر دو سال اجرای آزمایش بیشترین عملکرد دانه مربوط به آرایش کاشت لوزی و تراکم ۵۰ بوته درمترمربع بود که در سال ۱۳۹۱ این میزان (۱۱۰۰ گرم در متر مربع) بصورت معنی‌داری از سایر تیمارها بیشتر بود. کمترین عملکرد دانه نیز مربوط به آرایش کاشت مستطیل با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به میزان ۷۴۰ گرم در مترمربع در سال ۱۳۹۲ بود (شکل ۳). احتمالاً در آرایش کاشت لوزی به دلیل استفاده بهتر از منابع و رقابت کمتر گیاهان با یکدیگر بیشترین عملکرد کنجد حاصل شد. در هر یک از آرایش‌های کاشت، با کاهش تراکم بوته در واحد سطح عملکرد نیز کاهش پیدا کرد. افزایش تراکم بوته منجر به کاهش تعداد کپسول و تعداد دانه در بوته شد و بنابراین عملکرد تک بوته کاهش پیدا کرد. اما افزایش تعداد بوته در واحد سطح توانست کاهش عملکرد در تک بوته را جبران کند. افزایش تعداد بوته در واحد سطح منجر به افزایش عملکرد دانه در واحد سطح شد. Caliskan *et al.* (2004)؛ Chimanshette and Dhoble (1992) و Majumdar and Roy (1992) نیز در کنجد به نتایج مشابه‌ای دست یافتند و گزارش نمودند که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، عملکرد دانه در واحد سطح افزایش پیدا کرده است. Ball *et al.* (2000) و Gan *et al.* (2002) نیز در مورد سویا (*Glycine max*) گزارش کردند که کاهش تعداد بوته در واحد سطح سبب کاهش تعداد غلاف و دانه در واحد سطح شده و این امر عملکرد سویا در واحد سطح را نیز کاهش داد. Ball *et al.* (2000) بیان داشتند با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، کانوپی گیاه در زمان کوتاه‌تری بسته شده، جذب نور بیشتری صورت گرفته و درنتیجه گیاه در واحد سطح ماده خشک بیشتری تولید کرده و این امر منجر به افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد در واحد سطح می‌شود. نتایج آزمایش حاضر نیز مؤید همین مسئله می‌باشد.



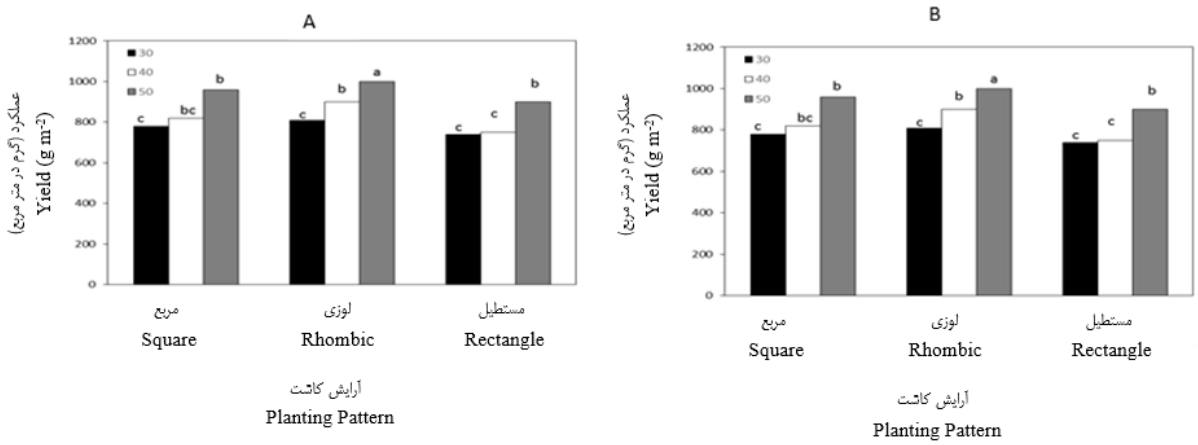
شکل ۲- مقادیر ماده خشک کل کنجد در آرایش‌ها (مربع، لوزی و مستطیل) و تراکم‌های مختلف کاشت (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) در سال ۱۳۹۱ (A) و ۱۳۹۲ (B)

Figure 2- Sesame total dry matter in planting pattern (square, rhombus, rectangle) and different densities (30, 40 and 50 plants per square meter) in 2012 (b) and 2013 (a)

تعداد دانه و کپسول در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تراکم بوته بر تعداد دانه و تعداد کپسول در بوته در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل آرایش کاشت و تراکم بوته نیز در سطح ۵ درصد موجب اختلاف معنی‌دار تعداد دانه و تعداد کپسول در بوته شد. در هر دو سال اجرای آزمایش بیشترین تعداد دانه و کپسول در بوته در آرایش کاشت لوزی با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد (که البته از نظر آماری با آرایش کاشت لوزی و تراکم ۴۰، همچنین آرایش مربع و تراکم ۳۰ بوته در متر مربع اختلاف معنی‌دار نداشت) و کمترین تعداد دانه و کپسول در بوته نیز مربوط به آرایش کاشت مستطیل و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بود (شکل ۴ و ۵).

www.SID.ir

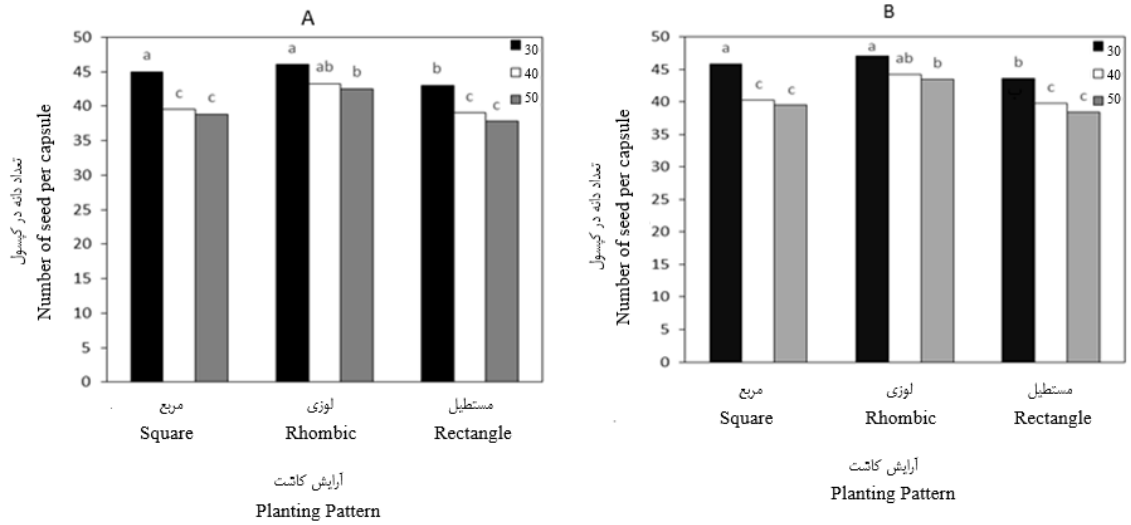
Archive of SID



شکل ۳- عملکرد کنجد در آرایش‌ها (مربع، لوزی و مستطیل) و تراکم‌های مختلف کاشت (۳۰، ٤٠ و ٥٠ بوته در مترمربع) در سال ۱۳۹۱ (B) و ۱۳۹۲ (A)

Figure 3- Sesame yield in planting pattern (square, rhombus, rectangle) and different densities (30, 40 and 50 plants per square meter) in 2012 (b) and 2013 (a)

در تراکم‌های کم به دلیل وجود فضای کافی رشد رویشی بیشتری صورت گرفته و ماده خشک بیشتری برای شاخه زایی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. همچنین در تراکم‌های کم رقابت کمتری برای جذب آب و عناصر غذایی وجود دارد. از سوی دیگر در تراکم‌های کم گل‌های بیشتری تبدیل به کپسول شده و در نهایت تعداد کپسول باقی مانده در زمان برداشت نیز بیشتر گردید. در تراکم‌های بالا نفوذ نور به درون کانوپی کاهش یافته و سبب افزایش رشد رویشی می‌شود و سبب می‌گردد نفوذ نور به پایین بوته محدود شد و بنابراین سبب شد گره‌های پایین گیاه تعداد کمتری کپسول داشته و گاه بدون کپسول باشند. بنابراین مجموع این عوامل منجر به افزایش تعداد کپسول و دانه در تراکم‌های کم نسبت به تراکم‌های زیاد شد. Yaneq *et al*. (2013) در بررسی رقابت بین کنجد و تاج خروس نشان دادند که در تیمارهای رقابت کامل تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) و کنجد به دلیل وجود رقابت برای دریافت نور تعداد کپسول در ساقه اصلی در کنجد کاهش پیدا کرد.

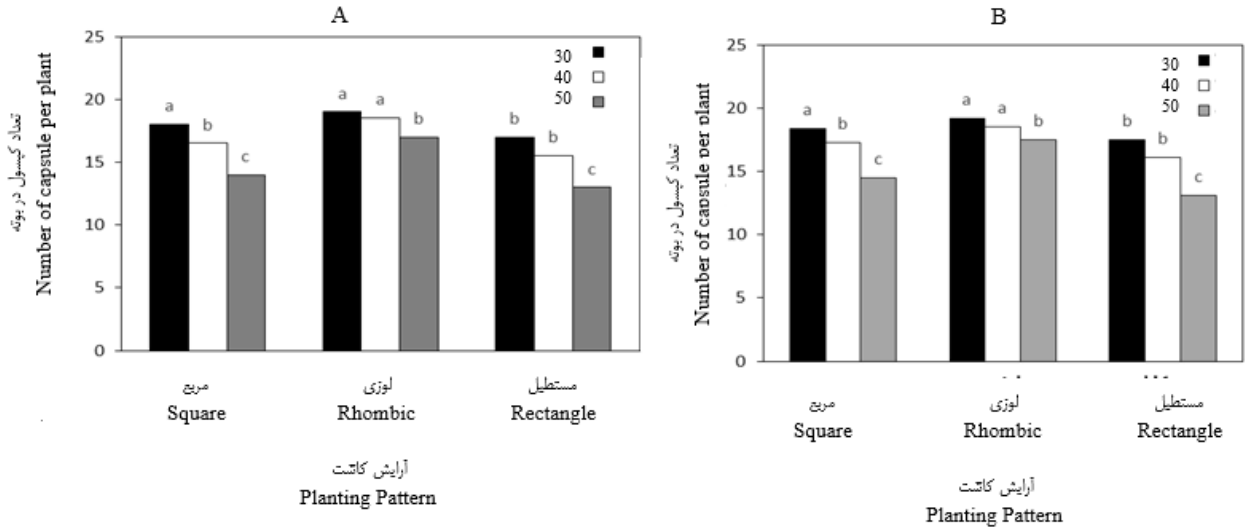


شکل ٤- تعداد دانه در کپسول کنجد در آرایش‌ها (مربع، لوزی و مستطیل) و تراکم‌های مختلف کاشت (۳۰، ٤٠ و ٥٠ بوته در مترمربع) در سال ۱۳۹۱ (ب) و ۱۳۹۲ (الف)

Figure 4- Sesame number of seed per capsule in planting pattern (square, rhombus, rectangle) and different densities (30, 40 and 50 plants per square meter) in 2012 (b) and 2013 (a)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- تعداد کپسول در بوته کنجد در آرایش‌ها (مربع، لوزی و مستطیل) و تراکم‌های مختلف کاشت (۳۰، ٤٠ و ٥٠ بوته در مترمربع) در سال ۱۳۹۱ (B) و ۱۳۹۲ (A)

Figure 5- Sesame number of capsule per plant in planting pattern (square, rhombus, rectangle) and different densities (30, 40 and 50 plants per square meter) in 2012 (b) and 2013 (a)

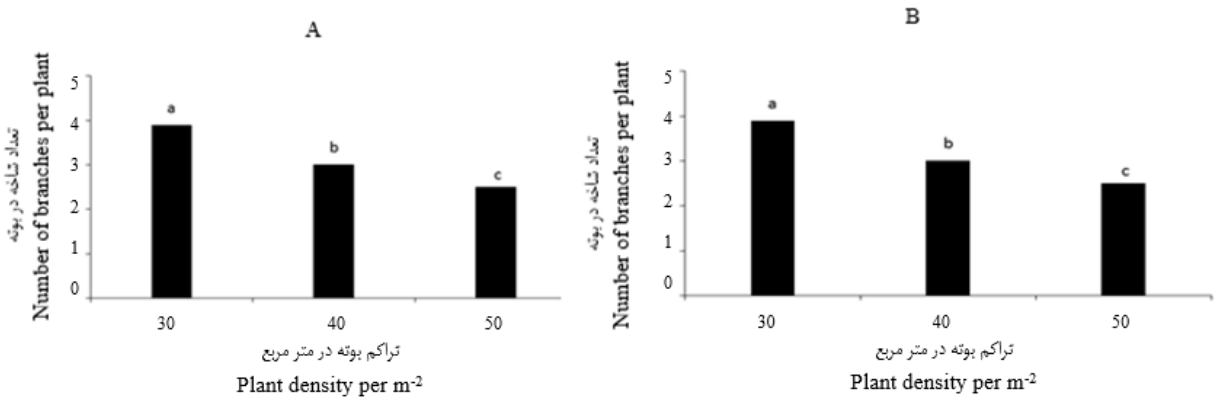
همچنین آنها گزارش کردند که تراکم تأثیر معنی‌داری بر تعداد کپسول در بوته کنجد داشته و بیشترین تعداد کپسول را در تراکم کم بوته مشاهده کردند و علت آن را کاهش منابع در دسترس گیاه در تراکم‌های بالا دانستند. Jakusko *et al.* (2013) در بررسی تأثیر سه فاصله ردیف (۱۵× ۶۰، ۱۰×۶۰ و ۱۰ × ۷۵ سانتی‌متر) گزارش کردند با افزایش فاصله ردیف در کنجد، تعداد دانه در کپسول افزایش می‌یابد و بیشترین تعداد دانه (۶۴/۱۴ عدد) مربوط به فاصله ردیف ۱۰ × ۷۵ سانتی‌متر بود. همچنین آنها بیان داشتند که حداکثر تعداد کپسول در بوته مربوط به فاصله ردیف ۱۰× ۶۰ سانتی‌متر بود. Caliskan *et al.* (2004)؛ Jadhav *et al.* (1992) و Majumdar and Roy (1992) نیز نتایج مشابه‌ای را در کنجد گزارش کردند.

تعداد شاخه در بوته: تعداد شاخه در بوته تحت تأثیر تراکم قرار گرفت. در هر دو سال اجرای آزمایش بیشترین تعداد شاخه مربوط به تراکم ۳۰ بوته در مترمربع و کمترین تعداد شاخه مربوط به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بود (شکل ۶). به عبارت دیگر افزایش تراکم از ۳۰ بوته در متر مربع به ۵۰ بوته در مترمربع سبب کاهش حدود ۴۵ درصد تعداد شاخه فرعی در بوته شد. در تراکم‌های بالا به علت رقابت بین بوته‌های مجاور، گیاه، ترجیح می‌دهد که تعداد کمتری شاخه فرعی تولید کند، در صورتی‌که در تراکم‌های پایین گیاه فضای کافی در اختیار دارد و تعداد شاخه فرعی را افزایش می‌دهد. Rezvani Moghaddam *et al.* (2005) در بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد دانه و روغن کنجد در تراکم‌های مختلف بوته و فواصل مختلف آبیاری بیان داشتند که با افزایش فواصل آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح، تعداد شاخه فرعی در کنجد کاهش می‌یابد. Beheshti, (1995) و Khajeh Hosseini, (1991) در سویا گزارش کردند که با افزایش تراکم رقابت گیاهان مجاور افزایش می‌یابد و در نتیجه تعداد شاخه فرعی، غلاف‌ها و دانه در هر بوته کاهش می‌یابند.

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن هزار دانه تحت تأثیر آرایش کاشت قرار نگرفت ولی تراکم بوته در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشت (جدول ۱). در هر دو سال اجرای آزمایش با افزایش تراکم بوته از ۳۰ به ۵۰ بوته در مترمربع وزن هزار دانه حدود ۱۳ کاهش یافت (شکل ۷). به‌نظر می‌رسد که بهتر بودن شرایط رشد برای گیاه در تراکم کم و کمتر بودن رقابت بین گیاهان سبب گردیده است که مواد فتوسنتزی بیشتری برای هر دانه اختصاص پیدا کند و در نتیجه وزن هزار دانه در این تراکم‌ها بیشتر می‌شود.

www.SID.ir

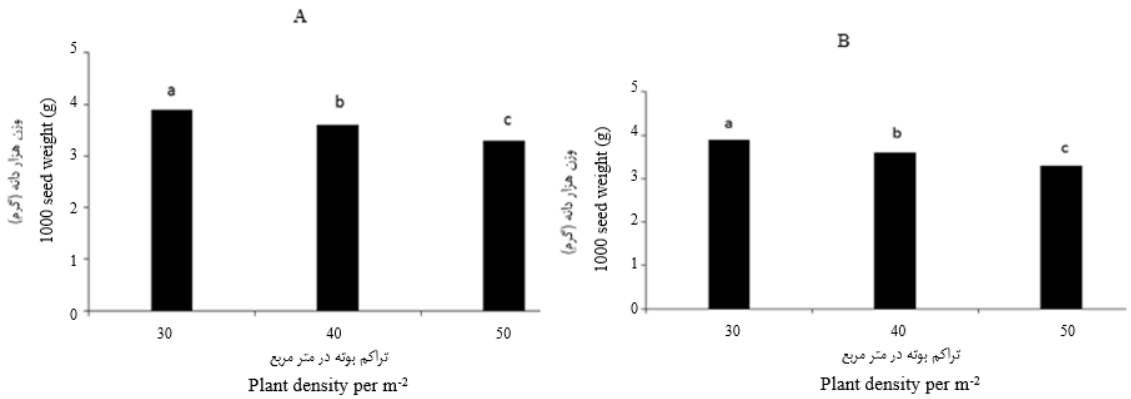
Archive of SID



شکل ٦- تعداد شاخه در بوته کنجد در تراکم‌های ۳۰، ٤٠ و ٥٠ بوته در مترمربع در سال ۱۳۹۱ (B) و ۱۳۹۲ (A)

Figure 6- Sesame number of branches per plant in different densities (30, 40 and 50 plants per square meter) in 2012 (b) and 2013 (a)

واکنش وزن هزار دانه به تراکم در منابع متضاد گزارش شده است. Jakusko *et al.* (2013) بیان داشتند وزن هزار دانه در کنجد به‌صورت معنی‌داری با افزایش فاصله ردیف افزایش می‌یابد. آن‌ها بیان داشتند که بیشترین وزن هزار دانه (به میزان ۳/۲۸ گرم) مربوط به فاصله ردیف ۱۰ ×۷۵ سانتی‌متر بود. Ngala *et al.* (2013) نشان دادند که بین وزن هزار دانه کنجد در سه فاصله ردیف (۲۵×۲۵، ۲۵×۵۰ و ۲۵×۷۵ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی مقدار وزن دانه در فاصله ردیف ۲۵×۷۵ سانتی‌متر اندکی بیشتر از سایر فاصله ردیف‌ها بود. کاهش وزن هزار دانه با افزایش تراکم بوته در کنجد توسط Caliskan *et al.* (2004) و Majumdar and Roy (1992) نیز گزارش شده است. Rezvani Moghaddam *et al.* (2005) بیان داشتند که تراکم تأثیر معنی‌داری بر وزن دانه دارد به‌طوری‌که با افزایش تراکم، وزن دانه در بوته شدیداً کاهش می‌یابد. Yaneq *et al.* (2013) نیز گزارش کردند تأثیر تراکم بوته بر وزن هزار دانه در کنجد معنی‌دار می‌باشد به‌طوری‌که تراکم دو بوته در هر گلدان وزن هزار دانه بیشتری نسبت به تیمار یک و چهار بوته داشت. آن‌ها بیان داشتند که با افزایش تراکم سهم هر یک از گیاهان از منابع کاهش می‌یابد بنابراین گیاهان ضعیف شده و دانه‌های سبک‌تری تولید می‌کنند.



شکل ۷- وزن هزار دانه کنجد در تراکم‌های ۳۰، ٤٠ و ٥٠ بوته در مترمربع در سال ۱۳۹۱ (B) و ۱۳۹۲ (A)

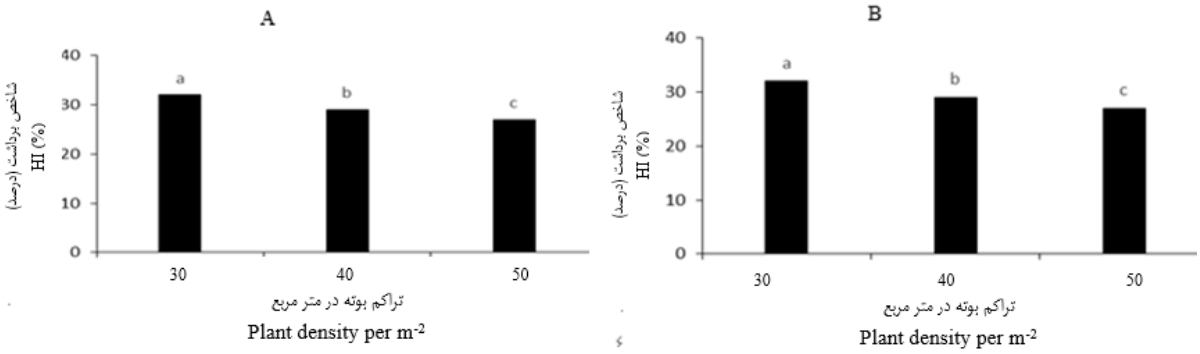
Figure 7- Sesame 1000 seed weight in different densities (30, 40 and 50 plants per square meter) in 2012 (b) and 2013 (a)

شاخص برداشت: تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشت به طوری‌که در هر دو سال اجرای آزمایش، افزایش تراکم بوته از ۳۰ به ۵۰ بوته در واحد سطح منجر به کاهش شاخص برداشت از حدود ۳۱ به ۲۸ درصد شد (شکل ۸). به‌نظر می‌رسد افزایش تراکم موجب افزایش رقابت بین گیاهان و افزایش ارتفاع آن‌ها به منظور جذب نور می‌گردد، لذا اختصاص مواد به بخش زایشی

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش یافته که این امر موجب کاهش شاخص برداشت شده است. Caliskan *et al.* (2004) و Majumdar and Roy (1992) نیز در کنجد گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته به علت افزایش رقابت درون گونه‌ای برای جذب نور، گیاه سعی در افزایش ارتفاع داشته و سهم بیشتری از مواد را به بخش رویشی اختصاص داده، لذا مقدار شاخص برداشت کاهش پیدا می‌کند. Yaneq *et al.* (2013) نیز در کنجد گزارش کردند که افزایش تراکم موجب کاهش معنی‌دار شاخص برداشت شد، آن‌ها نیز علت این امر را افزایش رشد رویشی گیاه در تراکم‌های بالا ذکر کردند.



شکل ۸- شاخص برداشت کنجد در تراکم‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع در سال ۱۳۹۱ (A) و ۱۳۹۲ (B)

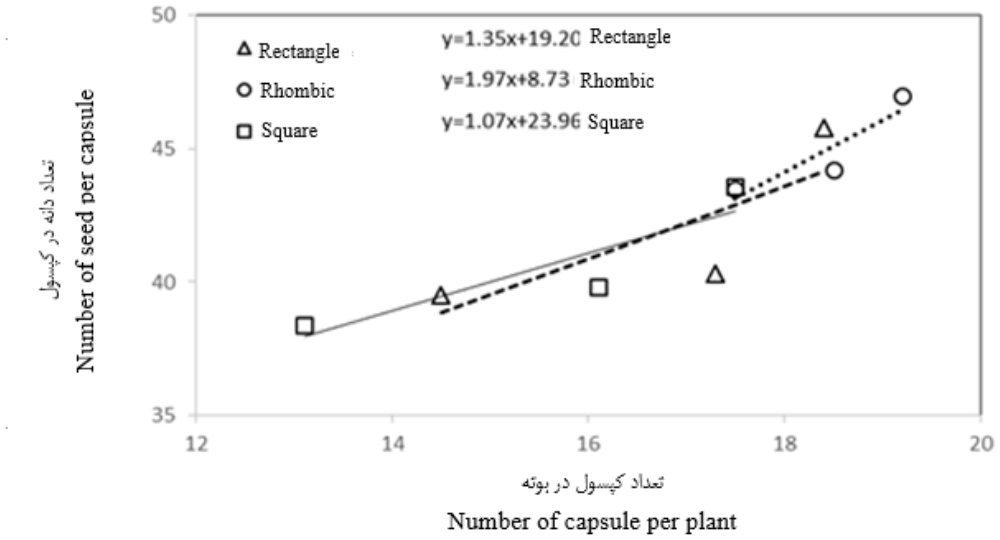
Figure 8- Sesame harvest index in different densities (30, 40 and 50 plants per square meter) in 2012 (b) and 2013 (a)

شکل ۹ برازش رگرسیون خطی بین تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته را در سه آرایش کاشت مربع، لوزی و مستطیل را نشان می‌دهد. با افزایش تعداد کپسول در بوته تعداد دانه در کپسول افزایش پیدا کرد و میانگین شیب این افزایش در دو سال برای آرایش لوزی، مربع و مستطیل به ترتیب ۱/۹۷، ۱/۳۵ و ۱/۰۷ بود (به‌علت عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دو سال، میانگین دو سال در نظر گرفته شد). به‌نظر می‌رسد در صورت وجود شرایط مناسب برای رشد و اختصاص مواد به بخش زایشی، امکان افزایش هم سوی اجزای عملکرد وجود دارد و گیاه ضمن تولید تعداد کپسول بیشتر در بوته، می‌تواند تعداد دانه در بوته و در نتیجه عملکرد را افزایش دهد. در فواصل کم و با تراکم بیش‌تر به دلیل سایه‌اندازی بر روی خاک و حفظ رطوبت، عملکرد افزایش می‌یابد، از طرفی فواصل بیشتر با کاهش سایه‌اندازی سبب تحریک رشد رویشی خواهد شد Mehmet *et al.*, 1991). طبعاً توزیع یکنواخت بوته‌ها سبب استفاده موثر از منابع و تاخیر در زمان آغاز رقابت درون گونه‌ای خواهد شد، که این امر باعث انتشار نور در سیستم شده و جذب خالص نور را بالا خواهد برد. در این صورت ضمن اینکه رقابت برای جذب نور به حداقل می‌رسد سایه‌انداز گیاه تشعشع موجود را بطور کامل دریافت کرده و به این ترتیب راندمان عملکرد در گیاه افزایش می‌یابد، این افزایش ممکن است به خاطر تغییراتی باشد که در تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی رخ می‌هد و مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های زایشی پیش می‌روند، در این رابطه آنچه از اهمیت بیشتری برخوردار است، میزان و نحوه توزیع نهاده‌های مصرفی یا فضای تغذیه‌ای بوته‌ها (تراکم) در واحد سطح می‌باشد (Duncan, 1986) که با ایجاد آرایش و تراکم مناسب بوته می‌توان شرایط افزایش هم‌سوی اجزای عملکرد را فراهم نمود.

شکل ۱۰ برازش رگرسیون خطی بین تعداد دانه در کپسول با وزن هزار دانه را در سه آرایش کاشت مربع، لوزی و مستطیل را نشان می‌دهد. با افزایش تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه افزایش پیدا کرد و شیب این افزایش در آرایش مستطیل بیشتر از دو آرایش کاشت دیگر بود. افزایش در وزن خشک دانه‌ها پس از شروع رشد زایشی به دلیل تشکیل یک مقصد جدید برای ذخیره مواد غذایی است. با شروع پرشدن کپسول‌ها سرعت تجمع مواد در این اندام به سرعت بالا می‌رود چرا که کپسول یک مقصد قوی برای تجمع مواد می‌باشد. در صورت وجود شرایط مناسب برای رشد و فتوسنتز، گیاه در هنگام ورود به فاز زایشی توان بیشتری برای تولید اندام‌های زایشی و پر کردن دانه‌ها خواهد داشت و ضمن تولید کپسول‌های بیشتر، در پر کردن دانه‌ها نیز موفق عمل خواهد کرد. Taleie *et al.*, (2000) نیز طی بررسی روند تغییرات عملکرد دانه در واکنش به آرایش‌های مختلف کاشت نتایج مشابهی را ارائه نمودند.

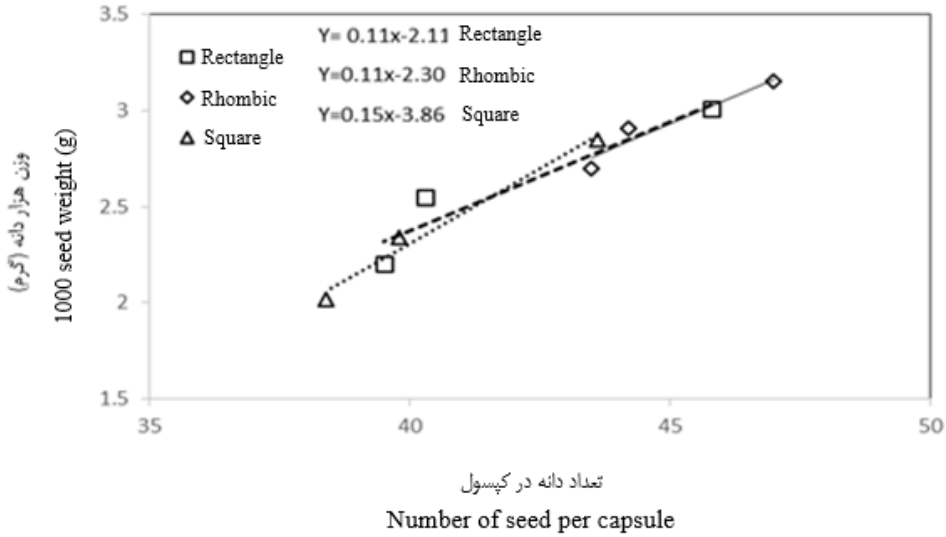
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- رابطه بین تعداد کپسول در بوته با تعداد دانه در کپسول در سه آرایش کاشت مربع، مستطیل و لوزی

Figure 9- The relationship between the number of capsule per plant with seed per capsule in three planting pattern square, rectangle and rhombic



شکل ۱۰- رابطه بین تعداد دانه در کپسول با وزن هزار دانه در سه آرایش کاشت مربع، مستطیل و لوزی

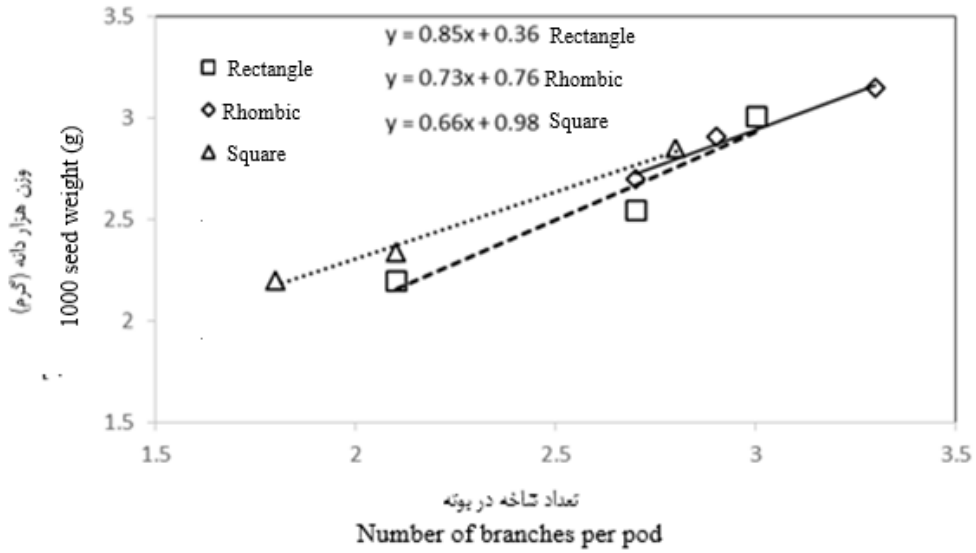
Figure 10- The relationship between number of seed per capsule with 1000 seed weight in three planting pattern square, rectangle and rhombic

شکل ۱۱ ارتباط بین تعداد شاخه در بوته را با وزن هزار دانه را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشخص است با افزایش تعداد شاخه در بوته وزن هزار دانه افزایش پیدا کرده است. مقدار شیب افزایش در آرایش مربع از دو آرایش کاشت دیگر بیشتر بود. به طور کلی با کاهش رقابت بین بوته‌ها تخصیص مواد غذایی و سایر نهاده‌ها به شاخه‌های فرعی افزایش یافته و در نتیجه بر تعداد گره و به‌تبع آن طول شاخه‌های فرعی افزوده می‌شود. این نتایج با یافته‌های Rezai and Hassanzadeh, (1995) بر روی طول

www.SID.ir

Archive of SID

شاخه‌های فرعی و تعداد گره بر روی شاخه فرعی مطابقت داشت. از طرفی تولید شاخ و برگ بیشتر در گیاه موجب افزایش جذب نور و فتوسنتز در گیاه می‌گردد که این امر موجب می‌شود تا گیاه در تولید عملکرد نهایی و افزایش وزن دانه‌ها نیز موفق عمل کند (Torabi jefrody *et al*., 2007).



شکل ۱۱- رابطه بین تعداد شاخه در بوته با وزن دانه هزار دانه در سه آرایش کاشت مربع، مستطیل و لوزی

Figure 11- The relationship between number of branches per plant with 1000 seed weight in three planting pattern square, rectangle and rhombic

نتیجه‌گیری

به‌منظور دست یافتن به بیشترین ماده خشک کل و عملکرد دانه، آرایش کاشت لوزی و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع مناسب‌تر از سایر تراکم‌ها و آرایش کشت‌ها می‌باشد. با کاهش تراکم بوته در واحد سطح به دلیل رقابت کمتر برای نور، عناصر غذایی و آب، بیوماس تک بوته افزایش می‌یابد. همچنین، بیشترین تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته از آرایش کاشت لوزی با تراکم ۳۰ بوته در مترمربع به دست آمد و به نظر می‌رسد در تراکم‌های کم به دلیل وجود فضای کافی، رشد رویشی بیشتری صورت گرفته و ماده خشک بیشتری برای شاخه‌زایی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. صفات شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد شاخه فرعی تنها تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفتند، بطوریکه بیشترین شاخص برداشت، وزن هزار دانه و تعداد شاخه فرعی در تراکم ۳۰ بوته در مترمربع بدست آمد ولی احتمال می‌رود در این تراکم کم از امکانات محیطی استفاده مناسبی صورت نگیرد و هدر رفت منابع به ویژه نور وجود داشته باشد. بنابراین در بین الگوها و تراکم‌های مختلف کاشت، الگوی کاشت لوزی و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع مطلوب می‌باشد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل پژوهه طرح ۲/۲۰۸۰۴ معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Asseng, S., Jamieson, P. D., Kimball, B., Pinter, P., Sayre, K., Bowden, J. W., and Howden, S. M. 2004. Simulated
2. Ahmad, R. M., Tariq, M. F., and Ahmad, S. 2002. Comparative performance of two sesame varieties under different row spacing. Asian Journal of Plant Science 1 (5): 546 547.
3. Azari, A., and Khajepoor, M. 2005. Effects of planting pattern on development, growth, yield components and seed and petal yields of safflower in summer planting, local populations of sharks. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 9(3): 131-141. (in Persian with English abstract).
4. Ball, R. A., Purcell, L. C., and Vories, E. D. 2000. Short-season soybean yield compensation in response to

www.SID.ir

Archive of SID

population and water regime. Crop science 40:1070-1078.
5. Beheshti, A., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2002. Effect of planting three varieties of corn on canopy light absorption and conversion efficiency. Seed and Plant Journal 18 (4): 417-431. (in Persian with English abstract)
6. Caliskan, S., Arslan, M., Arioglu, H., and Isler, N. 2004. Effect of planting method and plant population on growth and yield of sesame in a Mediterranean type of environment. Asian Journal of Plant Sciences 3: 610-613.
7. Chimanshette, T., and Dhoble, M. 1992. Effect of planting date and plant density on seed yield of sesame varieties. Indian Journal of Agronomy 37: 280-282.
8. Duncan, W. B. 1986. Planting pattern and soybean yield. Crop Science 28: 917-980.
9. Gan, Y., Stulen, I., Van, Keulen, H., and Kuiper, P. 2002. Physiological response of soybean genotypes to plant density. Field Crops Research 74: 231-241.
10. Ghosh, D. C., and Patar, A. K. 1994. Effect of plant density and fertility levels on productivity and economic of summer sesame. Indian Journal of Agronomy 39: 71-75.
11. Jadhav, A., Chavan, G., and Gungarde, S. 1992. Geometry of sesame cultivars under rainfed conditions. Indian Journal of Agronomy 37: 857-858
12. Jakusko, B., Usman, B., and Mustapha, A. 2013. Effect of row spacing on growth and yield of Sesame in Yola, Adamawa State, Nigeria. Journal of Agriculture and Veterinary Science 2: 36-39.
13. Karaaslan, D., Boydak, E., Gercek, S., and Simsek, M. 2007. Influence of irrigation intervals and row spacing on some yield components of sesame growth in Harran region. Asian Journal of Plant Science 6(4): 623-627.
14. Majumdar, D., and Roy, S. 1992. Response of summer sesame to irrigation, row spacing and plant population. Indian Journal of Agronomy 37: 758-762.
15. Mehmet, M., Huseyin, K., and Ali, T. 1991-93. Effect of different row spacing and seeding density on hay and grain yields of Hungarian vetch under rainfed conditions of central Anatolia. Field Crops Central Research Institute. 79-82.
16. Menon, E. 1967. Effect of varying spacing on yield of Sesame. Indian Journal of Agronomy 12: 274-276.
17. Ngala, A. L., Dugje, I. Y., and Yakubu, H. 2013. Effects of inter row spacing and plant density on performance of sesame in a Nigerian Sudan Savanna. Science Institute (Lahore) 25 (3): 513-519.
18. Noorka, I., Hafiz, S. I., and El-bramawy, A. 2011. Response of sesame to population densities and nitrogen fertilization on newly reclaimed sandy soils. Indian Journal of Agronomy 43 (4): 1953-1958.
19. Osei Bonsu, K. 1977. The effect of spacing and fertilizer application on the growth, yield and yield components of sesame. Acta Horticulturae. 53: 355-374.
20. Öztürk, Ö. and Şaman, O. 2012. Effects of different plant densities on the yield and quality of second crop sesame. Excellence in Research and Innovation for Humanity. 23-30.
21. Rafiee, M. 2007. Effect of planting density on yield of maize cultivar SC 700. Seed and Plant Journal 23 (2): 217-232. (in Persian with English abstract)
22. Rahnama, A., and Bakhshandeh, A. 2006. Determination of optimum row-spacing and plant density for uni-branched sesame in Khuzestan province, Journal of Agricultural Science and Technology 8: 25-33. (in Persian with English abstract)
23. Roy, N., Abdullah Mamun, S. M., and Sarwar Jahan, M. D. 2009. Yield performance of sesame varieties at varying levels of row spacing. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5 (5): 823-827.
24. Beheshti, A. 1995. Evaluation of different density ratios on yield and yield components of grain sorghum and soybeans. MSc thesis of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
25. Kashiri, H., Kashiri, M., Zeinali, E., and Bagheri, M. 2006. Effect of row spacing and plant density on yield and yield components of three soybean cultivars in summer planting. Agricultural Sciences and Natural Resources 13: 42-54. (in Persian with English abstract).
26. Khajeh Hosseini, M. 1991. Effect of intercropping soybean varieties in different densities on quality, yield and yield components. MSc thesis of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract)
27. Rezai, A., and Hassanzadeh, A. 1995. Effects of planting date and plant density on yield, yield components and its vertical distribution in three cultivar. Iranian Journal of Agricultural Sciences 26: 19-29. (in Persian with English abstract)
28. Rezvani Moghaddam, P., Nouroz pour, Gh. Nabati, J., and Mohammadabadi, A. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*). Iranian journal of Agricultural Research 3 (1): 57-68. (in Persian with English abstract).
29. Rezvani Moghaddam, P., Sabori A., Mohammadabadi, A., and Moradi, R. 2013. Effect of chemical fertilizers, manure and municipal waste compost on yield, yield components and oil content sesame genotypes in Mashhad. Iranian journal of Agronomic Research 11: 250-241. (in Persian with English abstract).
30. Taleie, A., Postini, K., and davazdah emammi, S. 2000. Effects planting pattern on physiological characteristics in several bean cultivar. Iranian Journal of Agricultural Sciences 31: 487-477. (in Persian with English abstract)
31. Torabi jefrody, A., Hassanzadeh, A., and Fayyaz moqadam, A. 2007. Effects of plant density on some

www.SID.ir

Archive of SID

morphological characteristics in two bean cultivars. Research and development in agriculture and horticulture 74: 63-71. (in Persian with English abstract).

32. Yaneq, A., Rezvani Moghaddam, P., Zarghani, H., and Mohammadian, M. 2013. Evaluation of aboveground and underground competition between sesame and amaranth and its effect on yield and yield components of sesame. Iranian agricultural research 1: 96-86. (in Persian with English abstract).

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 1, Spring. 2017, p. 31-45

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۴۵-۳۱

The Effect of Planting Pattern and Density on Yield and Yield Components of Sesame (*Sesamum indicum* L.)

A. Koocheki[1*]- M. Nassiri Mahallati[2]- F. Nourbakhsh[3]- A. Nehbandani[4]

Received: 07-03-2014
Accepted: 18-08-2014

Introduction

Crop density enhancement is a method to increase yield per unit area. The spatial distribution of plants is related to radiation absorption. Therefore, it could play an effective role in photosynthesis and yield, since Crop Growth Rate (CGR) is a function of used radiation energy in photosynthesis. Totally, increasing radiation absorption efficiency and yield need sufficient leaf area and suitable distribution of leaves in canopy. Ahmad *et al*., (2002) planted sesame with different inter row- spacing (30, 45 and 60 cm), they reported that the maximum plant height and economic yield were obtained from inter row- spacing of 45 cm. Rahnama and Bakhshandeh (2006) planted sesame with different inter row- spacing (37.5, 50 and 60 cm) and the results showed that the number of capsules per plant, seed weight as well as seed oil per plant, increased with increasing inter row-spacing. Karasan et al., (2007) reported that decreasing inter row- spacing resulted in seed yield enhancement and reduction in number of capsules per plant.

Material and Methods

An experiment using split-plot based on randomized complete blocks design was performed. The experiment was carried with three replications in two years (2012 and 2013) at the agricultural research station of Ferdowsi University of Mashhad. For this purpose, the main plot was the density per square meter with three levels (30, 40 and 50 plants per square meter) and the sub main plot was planting pattern (rectangle, square and rhombic). The size of each plot was 2×3 meters. The distance between plots and blocks were 0.5 and 1 meter, respectively. Intra row- spacing for rectangle planting pattern for densities of 30, 40 and 50 plants per square meter was 6, 5 and 4 cm, respectively. In square and rhombic planting patterns, 2 lines was planted in each row and inter row- spacing for densities of 30, 40 and 50 plants per square meter were 18, 16 and 14 cm. economic yield measured at the end of growth season. In order to study the arrangement and planting density over two years of experiment, combined analysis was performed with SAS ver 9.1 and diagrams were plotted by using EXCEL 2010. Comparison of data mean was performed with LSD test at the level of 5%.

Results and Discussions

Interaction between planting pattern and density had significant effect on total dry matter, yield, the number of seeds per capsule and the number of capsules per plant. Harvest index, 1000 seed weight and the number of branches per plant were affected by plant density. Maximum dry matter was obtained from rhombic planting pattern with density of 50 plants per square meter and it was 8 and 13% more than squares and rectangles planting pattern, respectively. The highest yield was achieved from density of 50 plants per square meter in rhombic planting pattern at a rate of 1100 g m-2 in the year 2012. Maximum number of capsules per plant and seed were achieved from density of 30 plants per square meter in rhombic planting pattern with amount of 47 and 19.2, respectively in the year 2012. Increasing plant density from 30 to 50 plants per square meter decreased 1000 seed weight about 13 percent. Increasing plant density from 30 to 50 plants per unit area leads to lower harvest index (from 31 to 28 percent).

Conclusions

In order to achieve the highest total dry matter and economic yield, diamond planting pattern and density of 50 plants per square meter were better than the other. With reducing the density per unit area, biomass per plant increases due to less competition for light, nutrients and water. The maximum number of seeds per capsule and

1 & 2- Professors of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Ph.D. in Agro-ecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4- Ph.D. Student of Agro-ecology, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)

www.SID.ir

Archive of SID

number of capsules per plant were obtained from diamond planting pattern with a density of 30 plants per square meter so it seems that at low densities, growth and branching of the plant increases because of enough space but there is no efficient use of the environmental resources. It's concluded that 50 plants per square meter in the diamond pattern is a suitable combination of treatments.

Keywords: Management practices, Number of capsule, Total dry matter, 1000 seed weight

www.SID.ir