

تأثیر آرایش کاشت و تراکم بوته بر رشد و عملکرد آفتابگردان (هیبرید های سان-۳۶)

- نازنین پورسخی، دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه صنعتی اصفهان (نویسنده مسئول)
- محمدرضا خواجه پور، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۹۰

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۱۲۹۳۰۸۵

پست الکترونیک نویسنده مسئول: n_poursakhy@yahoo.com

چکیده:

آرایش کاشت و تراکم بوته از طریق تغییر در فضای رشد هر بوته، بر ویژگیهای رشد و عملکرد آفتابگردان تأثیر می گذارند. به منظور بررسی این اثر، مطالعه ای در بهار ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام گرفت. آزمایش با آرایش کرت های یکبار خردشده در قالب بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار با استفاده از هیبرید های سان-۳۶ اجرا گردید. فاصله ردیف کاشت (۶۰ و ۷۵ سانتیمتر) به عنوان عامل اصلی و فاصله بوته در روی ردیف کاشت (۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۱۸ سانتیمتر) به عنوان عامل فرعی منظور گردیدند. با افزایش فاصله ردیف کاشت، ارتفاع و قطر ساقه به ترتیب به طور بسیار معنی دار ($p \leq 0.01$) و معنی دار ($p \leq 0.05$) افزایش، ولی وزن خشک ساقه و برگ در واحد سطح، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در واحد سطح و شاخص برداشت کاهش یافت. این کاهش در مورد وزن خشک برگ و عملکرد دانه در واحد سطح بسیار معنی دار و در خصوص شاخص برداشت معنی دار بود. با کاهش فاصله بوته از ۱۸ به ۱۲ سانتیمتر، قطر ساقه و قطر طبق به طور بسیار معنی داری کاهش، ولی ارتفاع گیاهان به طور بسیار معنی داری افزایش یافت. با کاهش فاصله بوته از ۱۸ به ۱۲ سانتیمتر وزن خشک ساقه و برگ در واحد سطح نیز به طور بسیار معنی داری افزایش پیدا کرد؛ در حالیکه عملکرد دانه در واحد سطح و شاخص برداشت به طور بسیار معنی داری کاهش یافت. بر مبنای نتایج این مطالعه، به نظر می رسد که هیبرید های سان-۳۶ (با عملکرد ۴۴۲۸ کیلوگرم در هکتار) با استفاده از ترکیب فاصله ردیف کاشت ۶۰ سانتیمتر و فاصله بوته در روی ردیف کاشت ۱۴ سانتیمتر (تراکم ۱۱/۹ بوته در مترمربع) برای دستیابی به بیشینه عملکرد آفتابگردان در شرایط مشابه با بررسی حاضر مناسب باشد.

کلمات کلیدی: آفتابگردان، فاصله ردیف، فاصله بوته، تراکم بوته، عملکرد دانه

Effect of planting pattern and plant density on growth and yield of sunflower (Hisun-36 hybrid)

By:

- N. Poursakhy, (Corresponding Author; Tel: 09131293085), M.Sc. of Isfahan University of Technology
- M. Khajehpour, Associate Professor of Isfahan University of Technology

Received: December 2010

Accepted: February 2013

Planting pattern and plant density affect growth characteristics and yield of sunflower via changes in space available for growth of each plant. To evaluate these effects in sunflower cv., Hisun-36 hybrid, an experiment was conducted in the spring 2006 at The Agricultural Research Station, Isfahan University of Technology, using a split-plot layout within a randomized complete block design with three replications. Row distance (60 and 75 cm) was the main plot and plant distances over the row (12, 14, 16, and 18 cm) were the sub-plots. Plant height and stem diameter were significantly increased, as row distance increased. Dry weights of stem and leaves per unit area, seed and biological yield per unit area and harvest index were decreased as row distance increased, but these decreases were only significant for dry weight of leaves and seed yield per unit area and harvest index. Stem diameter and head diameter were significantly reduced and plant height was significantly increased as planting distance decreased. Dry weights of stem and leaves per unit area were significantly increased, but seed yield per unit area and harvest index were significantly reduced as planting distance decreased. The results obtained in this experiment indicate that the combination of 60 cm row distance and 14 cm between plants (11.9 plants m⁻²) might be suitable for production Hisun-36 hybrid under the conditions similar to this study.

key Words: sunflower, row distance, plant distance, plant density, grain yield

مقدمه

عمل کرد گیاهان زراعی هم چون آفتابگردان تحت تأثیر شرایط محیطی، خصوصیات ژنتیکی گیاه و شیوه مدیریت مزرعه قرار می گیرد (Villalobos et al., 1994). آرایش کاشت و تراکم، از راه های مختلف هم چون تغییر در فضای موجود برای رشد هر بوته و در نتیجه تغییر در رقابت گیاه برای کسب مواد غذایی و عوامل محیطی مانند نور بر ویژگی های گیاه تأثیر می گذارد (Khajehpour, 2009). کاشت محصول باید در تراکمی صورت گیرد که گیاه به خوبی سبز شده، استقرار یافته و در هر یک از مراحل رشد، فضای کافی جهت بیشینه استفاده از عوامل محیطی را داشته باشد؛ و تا حد امکان با شرایط نامساعد روبه رو نشود (Khajehpour, 2005). مراحل نموی و رشد گیاه تحت تأثیر آرایش کاشت و تراکم قرار می گیرد؛ و این می تواند بر عمل کرد گیاه زراعی مؤثر واقع شود. به طور کلی، با یک آرایش کاشت و تراکم مناسب، ترکیب مطلوبی از عوامل محیطی برای دستیابی به بیشینه عمل کرد تأمین می شود (Diepenbrock et al., 2001). مطالعه فاصله ردیف های کاشت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی متر در آفتابگردان (رقم سان داک) نشان داد که با افزایش فاصله ردیف کاشت، ارتفاع گیاهان افزایش معنی داری یافت (Holt and Zentner, 1985). طهماسبی با انتخاب دو فاصله ردیف کاشت ۶۰ و ۷۵ سانتی متر در آفتابگردان دریافت که با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی متر، قطر ساقه، قطر طبق و شاخص برداشت افزایش، ولی وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، عمل کرد دانه و عمل کرد زیستی در واحد سطح کاهش یافت (Tahmasebi, 2008). افزایش تراکم بوته در

آفتابگردان، ارتفاع آن را افزایش داد (Daneshian and Jabbari, 2009). با افزایش تراکم آفتابگردان از ۳۲ به ۱۰۱ هزار بوته در هکتار، قطر ساقه از ۲۲/۸ به ۱۶/۴ میلی متر کاهش یافت (Majid and Schneiter, 1988). دلیل این امر، دسترسی بهتر به رطوبت، مواد غذایی و کاهش رقابت برای دریافت نور در تراکم های کم تر بیان شده است. مطالعه سه تراکم ۶، ۸ و ۱۰ بوته آفتابگردان در مترمربع نشان داد که افزایش تراکم، قطر طبق را کاهش داد (Sedghi et al., 2008). بررسی عمل کرد آفتابگردان (رقم رکورد) در چهار تراکم ۶۵، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ هزار بوته در هکتار حاکی از آن بود که بیشینه عمل کرد دانه از تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار حاصل شد؛ و با افزایش تراکم بوته از ۶۵ به ۸۵ هزار بوته در هکتار، مقدار آن از ۴/۲ به ۵/۶ تن در هکتار افزایش یافت؛ ولی در تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار، به نحوی کاهش یافت که با تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفت (Mojiri and Arzani, 2003). چنین به نظر می رسد که افزایش تراکم تا سقف ۸۵ هزار بوته در هکتار به نفع جزء اول عمل کرد یعنی تعداد طبق در واحد سطح بوده که علاوه بر جبران کاهش تعداد دانه در طبق، مقداری نیز بر میزان عمل کرد افزوده است؛ ولی افزایش بیش تر تراکم بوته به همراه شدید تر شدن رقابت برای دریافت نور و عناصر غذایی با کاهش تعداد دانه سبب شد که مقدار عمل کرد به رغم افزایش تعداد طبق در واحد سطح، کاهش یابد. مطالعه تراکم های ۱/۷، ۳/۵ و ۴/۶ بوته آفتابگردان در مترمربع نشان داد که بالاترین میزان عمل کرد دانه در واحد سطح متعلق به تراکم ۳/۵ بوته در مترمربع بود؛ که با افزایش به ۴/۶ بوته در مترمربع از مقدار آن کاسته شد

(Barros et al., 2004). نتیجه مطالعه چهار فاصله بوته آفتابگردان (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر) در روی ردیف کاشت حکایت از آن داشت که با کاهش فاصله بوته در روی ردیف از ۳۰ به ۱۵ سانتی‌متر، میزان عمل‌کرد زیستی در واحد سطح نقصان یافت (Gholinezhad et al., 2008). با افزایش تراکم از ۳۲ به ۸۲ هزار بوته آفتابگردان در هکتار، شاخص برداشت سیر نزولی داشت؛ و از ۳۶/۸ به ۳۳/۶ درصد کاهش یافت (Zaffaroni and Schneiter, 1991). عقیده بر آن بود که افزایش رقابت در تراکم‌های بالاتر، به‌طور نسبی بر عمل‌کرد دانه، بیش‌تر از عمل‌کرد زیستی اثر گذاشته و باعث کاهش شاخص برداشت شده است.

هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر آرایش کاشت (فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته در روی ردیف) و تراکم بوته بر رشد و عمل‌کرد آفتابگردان در شرایط آب‌وهوایی نجف‌آباد اصفهان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب‌غربی اصفهان، در منطقه لورک شهرستان نجف‌آباد در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی اجرا گردید. بافت خاک مزرعه لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری حدود ۱/۴ گرم بر سانتی‌مترمکعب و ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک به‌ترتیب ۲۳ و ۱۰ درصد وزنی بود. زمین محل آزمایش در سال زراعی قبل زیر کشت جو قرار داشت. عملیات تهیه بستر شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار و خرد کردن کلوخه‌ها با دیسک در فصل پاییز و تسطیح زمین در فصل بهار انجام شد. خاک مزرعه دارای ۱۸/۵ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، ۲۸۳ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک و ۰/۴۵ درصد ازت کل بود. بنابراین کودهای حاوی فسفر و پتاسیم مصرف نگردید. قبل از کاشت، کود نیتروژن‌دار به‌میزان ۲۳ کیلوگرم نیتروژن خالص (از منبع اوره با ۴۶ درصد نیتروژن) به‌صورت پیش‌کاشتی به هر هکتار زمین افزوده شد. آزمایش با آرایش کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار با استفاده از آفتابگردان (هیبرید های‌سان-۳۶) اجرا گردید. فاصله ردیف کاشت (۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر) به‌عنوان عامل اصلی و فاصله بوته در روی ردیف کاشت (۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۱۸ سانتی‌متر) به‌عنوان عامل فرعی منظور گردیدند. این آرایش کاشت، تراکم‌های ۱۳/۸۸، ۱۱/۹۰، ۱۰/۴۱، ۹/۲۵، ۱۱/۱۱، ۹/۵۲، ۸/۳۳ و ۷/۴۰ بوته در مترمربع را در بر می‌گرفت. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به‌صورت جوی و پشته و به‌طول ۳۰ متر بود. عملیات کاشت در ۲۲ فروردین‌ماه ۱۳۸۵ و با دست انجام گرفت. در هر نقطه کاشت، یک بذر در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری قرار داده شد. برای پیش‌گیری از گسترش علف‌های هرز، پس از کاشت و همراه با آبیاری اول، از فرمولاسیون تجاری (مایع امولسیون‌شونده ۴۸ درصد) علف‌کش ترفلان به‌میزان ۲/۵ لیتر در هکتار استفاده شد. آبیاری دوم ۵ روز پس از آبیاری اول و آبیاری‌های بعدی به‌صورت هفتگی انجام گرفت. در تاریخ ۱۲ اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۵، مکان‌های سبز نشده کاشت در ردیف‌های حاشیه از طریق بذرکاری و در ردیف‌های نمونه‌برداری به‌وسیله نشاء‌کاری پر شدند. در مرحله آغاز رویت طبق نیز معادل ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (از منبع اوره با ۴۶ درصد نیتروژن) به‌عنوان کود سرک در مزرعه توزیع و سپس آبیاری انجام گرفت. در طول دوره رشد و در

صورت مشاهده علف‌های هرز، عملیات وجین با دست انجام شد. در طول فصل رشد، هیچ‌گونه آفت و بیماری مشاهده نگردید. ردیف‌های اول، دوم و چهارم از یک سمت به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. نمونه‌برداری‌ها از ردیف کاشت سوم صورت گرفت. طبق بوته‌هایی که قرار بود در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی برداشت گردند، برای جلوگیری از خسارت گنجشک، در مرحله تکمیل گرده‌افشانی توسط توری پشه‌بندی پوشیده شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، اندازه‌گیری صفت‌های مورد بررسی با استفاده از ۱۶ بوته آفتابگردان انجام شد. ارتفاع بوته‌ها از سطح زمین تا زیر طبق به‌وسیله متر چوبی اندازه‌گیری شد. قطر ساقه در نزدیکی سطح خاک و نیز در ناحیه وسط ساقه توسط کولیس اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها جهت تجزیه آماری محاسبه گردید. قطر طبق (فاصله بین لبه‌های خارجی طبق) نیز با متر اندازه‌گیری شد. برای خشک کردن برگ، ساقه و طبق از آون تهویه‌دار با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت استفاده شد؛ و سپس اندام‌ها به تفکیک توزین گردیدند. برای تعیین عمل‌کرد دانه، دانه‌ها پس از بوجاری، به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد آون تهویه‌دار خشک و سپس توزین شدند. مجموع وزن خشک ساقه، برگ، بقایای طبق و دانه نیز به‌عنوان عمل‌کرد زیستی منظور گردید. وزن اندام‌های هوایی و عمل‌کرد دانه با توجه به تراکم بوته در واحد سطح، بر مبنای کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عمل‌کرد دانه بر عمل‌کرد زیستی محاسبه و عدد حاصل به‌صورت درصد ارائه شد.

داده‌های به‌دست آمده، با برنامه SAS (SAS Institute, 1992) تجزیه و میانگین‌ها (در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمارهای آزمایشی بر صفت مورد نظر) توسط برنامه MSTAT-C با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

اثر فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر ارتفاع

اثر فاصله ردیف کاشت بر ارتفاع گیاه بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، ارتفاع گیاه حدود ۵/۵ درصد افزایش یافت (جدول ۲). احتمالاً در فاصله ردیف کاشت ۷۵ سانتی‌متر، با توجه به فاصله یکسان بوته‌ها در روی هر دو ردیف کاشت، ارتفاع گیاهان به‌دلیل فراهم بودن فضای رشد بیش‌تر برای هر گیاه، شرایط مساعدتر خاک (افزایش حجم خاک نرم در اطراف هر گیاه)، بهبود رشد، گسترش ریشه و تسهیل دسترسی آن به آب و عناصر غذایی و در نهایت کاهش رقابت بین گیاهان برای کسب منابع محیطی، افزایش یافته است. در مطالعات پیشین بر روی آفتابگردان نیز با افزایش فاصله ردیف کاشت، ارتفاع گیاهان افزایش یافت (Abdolrahmani, 2003; Gubbels and Dedio, 1988).

اثر فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر ارتفاع گیاه نیز بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) گردید (جدول ۱). با کاهش فاصله بوته‌ها در روی ردیف کاشت از ۱۸ به ۱۲ سانتی‌متر، ارتفاع گیاهان حدود ۳ درصد افزایش یافت (جدول ۲). افزایش ارتفاع بوته‌ها با کاهش فاصله بوته‌ها در روی ردیف کاشت می‌تواند به وجود رقابت در بین گیاهان جهت کسب نور نسبت داده شود. بررسی‌های پیشین

کاشت از ۱۶ به ۱۸ سانتی‌متر، قطر ساقه از افزایش معنی‌داری برخوردار بود. مقدار این افزایش بیش‌تر از سایر فاصله‌ها بود (جدول ۳). این امر سبب معنی‌دار شدن برهم‌کنش فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر قطر ساقه شده است. ظاهراً در این فاصله بوته، رقابت کم بوده و گیاهان توانسته‌اند از شرایط مساعد برای رشد و افزایش قطر ساقه استفاده نمایند.

اثر فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر وزن خشک ساقه

اثر فاصله ردیف کاشت بر وزن خشک ساقه در واحد سطح، معنی‌دار نگردید (جدول ۱). با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، وزن خشک ساقه در واحد سطح حدود ۲/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۲). با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، با توجه به فاصله یکسان بوته‌ها در روی هر دو ردیف کاشت، تعداد بوته در واحد سطح کاهش پیدا کرد. کاهش وزن خشک ساقه در واحد سطح در اثر افزایش فاصله ردیف کاشت نشان می‌دهد که افزایش وزن خشک ساقه تک‌بوته در اثر افزایش فاصله ردیف کاشت در حدی نبوده است که جبران کاهش تعداد بوته در واحد سطح را بنماید. بنابراین وزن خشک ساقه در واحد سطح کاهش یافته است. این یافته با نتیجه بررسی قبلی آفتابگردان (Poursakhi and Khajehpour, 2010) هم‌خوانی داشت.

اثر فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر وزن خشک ساقه بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت از ۱۸ به ۱۲ سانتی‌متر، وزن خشک ساقه در واحد سطح حدود ۸/۸ درصد افزایش یافت (جدول ۲). اگرچه با کاهش فاصله بوته و افزایش میزان رقابت بین بوته‌ها، وزن خشک تک‌بوته (از جمله وزن خشک ساقه) کاهش پیدا کرد، ولی این کاهش با افزایش تراکم در واحد سطح جبران شد؛ در نتیجه وزن خشک ساقه آفتابگردان در واحد سطح افزایش یافت. این نتیجه با یافته‌های سایر محققان (Poursakhi and Khajehpour, 2010; Tahmasebi, 2008) در گیاه مزبور مشابهت داشت.

(Roshdi et al., 2009; Sedghi et al., 2008; Mojiri and Arzani, 2003; Jannati, 2002; Miller and Fick, 1978) نیز این یافته را تأیید کرده است.

اثر فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر قطر ساقه

اثر فاصله ردیف کاشت بر قطر ساقه معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود (جدول ۱). با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، قطر ساقه حدود ۹/۵ درصد افزایش یافت (جدول ۲). این روند با روند تغییرات ارتفاع همراه با افزایش فاصله ردیف کاشت (جدول ۲) هم‌آهنگ بود؛ به‌طوری که افزایش بهره‌گیری از منابع محیطی مؤثر بر رشد سبب افزایش رشد گیاه، افزایش رشد ساقه و در نهایت افزایش قطر ساقه گردید. مطالعه چهار فاصله ردیف کاشت ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر در گیاه آفتابگردان نشان داد که با زیاد شدن فاصله ردیف کاشت، قطر ساقه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Khalifa, 1984).

اثر فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر قطر ساقه نیز بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) گردید (جدول ۱). با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت از ۱۸ به ۱۲ سانتی‌متر، قطر ساقه حدود ۱۵/۳ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این روند با روند تغییرات ارتفاع همراه با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت متضاد بود (جدول ۲). با کاهش فاصله بوته‌ها در روی ردیف کاشت، رقابت بین گیاهان برای عوامل محیطی به‌ویژه نور افزایش یافت. این امر توانست در کاهش قطر ساقه نقش مؤثری داشته باشد. پژوهش‌های قبلی (Babaei et al., 2009; Khalilvand and Behrouzfar et al., 2007; Kazemi, 1998; Robinson et al., 1980) در خصوص بررسی اثر فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر قطر ساقه آفتابگردان نیز یافته ما را تأیید نموده‌اند.

برهم‌کنش فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر قطر ساقه معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود (جدول ۱). با افزایش فاصله بوته، قطر ساقه در هر دو فاصله ردیف کاشت روند افزایشی داشت (جدول ۳). در فاصله ردیف کاشت ۷۵ سانتی‌متر، با افزایش فاصله بوته در روی ردیف

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، قطر طبق، عمل کرد دانه، عمل کرد زیستی و شاخص برداشت آفتاب‌گردان (هیبرید های سان-۳۶)

میانگین مربعات				درجه آزادی				منابع تغییر	
شخص برداشت	عمل کرد زیستی	عمل کرد دانه	قطر طبق	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	قطر ساقه	ارتفاع		
۰/۰۱۸	۱۲۲۷۶۹۱	۲۶۳۶	۰/۰۴۳	۴۷۵۵۷	۲۴۶۹۶	۰/۰۰۱	۴/۵۸۲	۲	تکرار
۳۲/۰۳۹*	۵۴۰۱۷۰۸	۲۷۹۰۰۶**	۲/۶۳۳	۸۹۳۹۷۶**	۷۱۷۲۲	۰/۱۳۶*	۶۷۳/۸۴۲**	۱	فاصله ردیف کاشت
۰/۵۱۴	۳۵۷۳۱۶	۳۰۶۹	۰/۰۸۳	۷۶۴۲	۹۸۵۹۴	۰/۰۰۲	۰/۷۷۵	۲	خطای «الف»
۲۶/۹۱۱**	۴۱۷۲۸۲	۳۴۱۳۳۸**	۱۱/۷۲۳**	۲۳۷۱۰۴**	۲۵۵۳۰**	۰/۰۸۳**	۲۶/۱۰۹**	۳	فاصله بوته روی ردیف کاشت
۲۵/۱۴۰**	۵۴۷۴۷۸	۷۳۷۸۶۶**	۰/۳۵۱	۱۰۶۲۳۶**	۴۶۳۹۳	۰/۰۰۹*	۱۰/۳۴۶	۳	فاصله ردیف × فاصله بوته
۰/۶۳۹	۲۱۳۶۵۷	۳۹۸۰۹	۰/۱۲۴	۵۴۰۳	۲۸۵۳۵	۰/۰۰۱	۸/۷۳۰	۱۲	خطای «ب»

* و ** به ترتیب نشان‌گر معنی‌دار بودن اثر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر فاصله ردیف و فاصله بوته بر ارتفاع، قطر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، قطر طبق، عمل‌کرد دانه، عمل‌کرد زیستی و شاخص برداشت آفتاب‌گردان (هیبرید های‌سان-۳۶)

عامل‌های آزمایش	ارتفاع (سانتی‌متر)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	قطر طبق (سانتی‌متر)	عمل‌کرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عمل‌کرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
فاصله ردیف (سانتی‌متر)								
۶۰	۲۰۱ ^b	۱/۴۸ ^b	۴۵۹۰ ^a	۳۶۲۸ ^a	۱۴/۲۹ ^a	۴۱۶۸ ^a	۱۳۷۹۱ ^a	۳۰/۲ ^a
۷۵	۲۱۲ ^a	۱/۶۲ ^a	۴۴۷۷ ^a	۳۲۱۴ ^b	۱۴/۷۷ ^a	۳۴۸۷ ^b	۱۲۸۳۰ ^a	۲۷/۱ ^b
فاصله بوته (سانتی‌متر)								
۱۲	۲۱۰ ^a	۱/۴۴ ^c	۴۶۷۱ ^a	۳۵۹۶ ^a	۱۲/۶۰ ^c	۳۳۳۱ ^b	۱۳۰۸۳ ^a	۲۵/۴ ^c
۱۴	۲۰۸ ^b	۱/۵۱ ^b	۴۷۴۳ ^a	۳۴۱۸ ^b	۱۴/۵۳ ^b	۳۹۲۲ ^a	۱۳۶۹۲ ^a	۲۸/۶ ^b
۱۶	۲۰۶ ^c	۱/۵۶ ^b	۴۴۱۵ ^b	۳۰۹۵ ^c	۱۴/۹۸ ^b	۳۹۲۹ ^a	۱۳۰۵۶ ^a	۲۹/۷ ^a
۱۸	۲۰۴ ^d	۱/۷۰ ^a	۴۴۲۹۰ ^b	۳۴۸۱ ^b	۱۵/۸۶ ^a	۳۹۸۸ ^a	۱۳۱۷۰ ^a	۳۰/۲ ^a

برای هر عامل آزمایشی و در هر ستون، میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۳- برهم‌کنش فاصله ردیف و فاصله بوته بر میانگین‌های قطر ساقه، وزن خشک برگ، عمل‌کرد دانه و شاخص برداشت آفتاب‌گردان (هیبریدهای سان-۳۶)

فاصله ردیف (سانتی‌متر)	فاصله بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)	عمل‌کرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
۶۰	۱۲	۱/۳۰ ^d	۳۶۰۹ ^a	۴۱۸۲ ^{ab}	۲۹/۷ ^{ab}
	۱۴	۱/۴۶ ^c	۳۷۲۹ ^a	۴۴۲۸ ^a	۳۰/۳ ^{ab}
	۱۶	۱/۵۳ ^{bc}	۳۳۰۸ ^b	۴۱۶۲ ^{ab}	۳۱/۰ ^a
	۱۸	۱/۶۰ ^b	۳۷۵۱ ^a	۳۸۹۱ ^{bc}	۲۹/۱ ^b
۷۵	۱۲	۱/۵۴ ^{bc}	۳۵۸۶ ^a	۲۷۶۱ ^c	۲۲/۱ ^d
	۱۴	۱/۵۶ ^b	۳۱۰۶ ^c	۳۴۰۶ ^d	۲۷/۵ ^c
	۱۶	۱/۵۹ ^b	۲۹۵۱ ^d	۳۶۹۴ ^{cd}	۳۰/۱ ^{ab}
	۱۸	۱/۸۰ ^a	۳۲۰۹ ^{bc}	۴۰۸۲ ^{abc}	۳۱/۳ ^a

برای هر عامل آزمایشی و در هر ستون، میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

اثر فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته

در روی ردیف کاشت بر وزن خشک برگ

اثر فاصله ردیف کاشت بر وزن خشک برگ در واحد سطح بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، وزن خشک برگ در واحد سطح حدود ۱۱/۴ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این روند با روند تغییرات وزن خشک ساقه در واحد سطح (به‌واسطه افزایش فاصله ردیف کاشت) هم‌آهنگی داشت. با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، با توجه به فاصله یکسان بوته‌ها در روی هر دو ردیف کاشت، تعداد بوته در واحد سطح کاهش یافت. کاهش وزن خشک برگ در واحد سطح در اثر افزایش فاصله ردیف نشان می‌دهد که افزایش وزن خشک برگ تک‌بوته در اثر افزایش فاصله ردیف کاشت در حدی نبوده است که جبران کاهش تعداد بوته در واحد سطح را بنماید. این نتیجه در تحقیقات پیشین (Poursakhi and Khajehpour, 2010; Tahmasebi, 2008) نیز به اثبات

اثر فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته

در روی ردیف کاشت بر قطر طبق

اثر فاصله ردیف کاشت بر قطر طبق معنی‌دار نبود (جدول ۱)؛ ولی با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، قطر طبق حدود ۳/۴ درصد افزایش یافت (جدول ۲). اگرچه این روند با روند تغییرات قطر ساقه و ارتفاع همراه با افزایش فاصله ردیف کاشت (جدول ۲) هم‌آهنگ بود، ولی تفاوت‌های بین دو تیمار ناچیز به‌نظر رسید. ظاهراً تأثیر فاصله ردیف‌های نزدیک به هم با توجه به فاصله یکسان بوته‌ها در روی هر دو ردیف کاشت در حدی نبود که

بیشینه عمل کرد دانه در واحد سطح در فاصله ردیف کاشت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته در روی ردیف کاشت ۱۴ سانتی‌متر و کمینه آن در فاصله ردیف کاشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته در روی ردیف کاشت ۱۲ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). در این مطالعه، عمل کرد دانه در واحد سطح در فاصله ردیف کاشت ۷۵ سانتی‌متر با افزایش فاصله بوته در روی ردیف کاشت از ۱۲ به ۱۴ سانتی‌متر، افزایش بسیار معنی‌داری یافت. این امر در معنی‌دار شدن برهم‌کنش فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر عمل کرد دانه در واحد سطح نقش موثری داشت.

اثر فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته

در روی ردیف کاشت بر عمل کرد زیستی

اثر فاصله ردیف کاشت بر عمل کرد زیستی در واحد سطح معنی‌دار نبود (جدول ۱). با این وجود، این عمل کرد با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، حدود ۷ درصد کاهش یافت (جدول ۲). با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، با توجه به فاصله یکسان بوته‌ها در روی هر دو ردیف کاشت، تعداد بوته در واحد سطح کاهش یافت. کاهش عمل کرد زیستی در واحد سطح در اثر افزایش فاصله ردیف کاشت نشان داد که افزایش عمل کرد زیستی تک‌بوته در اثر افزایش فاصله ردیف کاشت به‌میزانی نبوده است که جبران کاهش تعداد بوته در واحد سطح را بنماید. این یافته با نتایج مطالعات پیشین (Poursakhi and Khajehpour, 2010; Tahmasebi, 2008) در آفتابگردان هم‌خوانی داشت.

اثر فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر عمل کرد زیستی در واحد سطح معنی‌دار نبود (جدول ۱). بیشینه میزان این عمل کرد در واحد سطح در فاصله بوته در روی ردیف کاشت ۱۴ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۲). مطالعه آفتابگردان در تراکم‌های ۱/۷، ۳/۵ و ۴/۶ بوته در مترمربع نشان داد که بیشینه میزان عمل کرد زیستی در واحد سطح از تراکم ۳/۵ بوته در مترمربع حاصل شد (Barros et al., 2004).

اثر فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته

در روی ردیف کاشت بر شاخص برداشت

اثر فاصله ردیف کاشت بر شاخص برداشت معنی‌دار ($p \leq 0.05$) گردید (جدول ۱). با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، شاخص برداشت حدود ۱۰/۳ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این روند با روند تغییرات عمل کرد دانه و عمل کرد زیستی همراه با افزایش فاصله ردیف کاشت هم‌آهنگی داشت. با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، عمل کرد دانه بیش از عمل کرد زیستی تحت تأثیر قرار گرفت. این امر سبب کاهش شاخص برداشت گردید. مطالعه آفتابگردان قبلاً نیز نشان داده است که با افزایش فاصله ردیف کاشت، شاخص برداشت کاهش یافته بود (Jannati, 2002).

اثر فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر شاخص برداشت نیز بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت از ۱۸ به ۱۲ سانتی‌متر، شاخص برداشت حدود ۱۵/۹ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این روند با روند تغییرات عمل کرد دانه همراه با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت هم‌آهنگ بود. به‌نظر می‌رسد با افزایش رشد گیاه و گذر از مراحل اولیه نمو میزان رقابت

باعث تفاوت زیادی در قطر طبق گردد. این یافته با نتایج مطالعات قبلی (Gholinezhad et al., 2008; Naderi, 1999; Holt and Zentner, 1985)

بر روی گیاه آفتابگردان هم‌آهنگی داشت.

اثر فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر قطر طبق نیز بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) گردید (جدول ۱). با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت از ۱۸ به ۱۲ سانتی‌متر، قطر طبق حدود ۲۰/۶ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این روند با روند تغییرات قطر ساقه همراه با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت هم‌آهنگ بود؛ ولی با روند تغییرات ارتفاع همراه با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت رابطه معکوس داشت (جدول ۲). با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت، قطر ساقه و قطر طبق کاهش، ولی ارتفاع افزایش یافت. با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت، رقابت برای بهره‌مندی از عوامل مؤثر در رشد به‌ویژه آب، عناصر غذایی و نور افزایش پیدا کرد. در اثر این رقابت اندام‌های گیاهی هم‌چون طبق کوچک‌تر شدند. سوابق پژوهش‌های پیشین (Gholinezhad et al., 2009; Hasani Jabbarlo et al., 2008; Zaffaroni and Schneiter, 1991) نیز نشان می‌دهد که با افزایش تراکم آفتابگردان، قطر طبق کاهش یافته است.

اثر فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته

در روی ردیف کاشت بر عمل کرد دانه

اثر فاصله ردیف کاشت بر عمل کرد دانه در واحد سطح بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، عمل کرد دانه در واحد سطح حدود ۱۶/۳ درصد کاهش یافت (جدول ۲). با افزایش فاصله ردیف کاشت از ۶۰ به ۷۵ سانتی‌متر، با توجه به فاصله یکسان بوته‌ها در روی هر دو ردیف کاشت، تعداد بوته در واحد سطح کاهش یافت. کاهش عمل کرد دانه در واحد سطح در اثر افزایش فاصله ردیف کاشت نشان داد که افزایش عمل کرد دانه تک‌بوته در اثر افزایش فاصله ردیف کاشت به اندازه‌ای نبوده است که جبران کاهش تعداد بوته در واحد سطح را بنماید. بنابراین عمل کرد دانه در واحد سطح کاهش یافته است. بررسی آفتابگردان در دو فاصله ردیف کاشت ۴۵ و ۹۰ سانتی‌متر نشان داد که فاصله ردیف کاشت بر عمل کرد دانه در واحد سطح تأثیر معنی‌داری داشت؛ و با افزایش این فاصله از ۴۵ به ۹۰ سانتی‌متر، عمل کرد دانه در واحد سطح حدود ۱۲/۷ درصد کاهش یافت (Gubbels and Dedio, 1988).

اثر فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر عمل کرد دانه در واحد سطح نیز بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱). با کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت از ۱۸ به ۱۲ سانتی‌متر، عمل کرد دانه در واحد سطح حدود ۱۶/۴ درصد کاهش یافت (جدول ۲). کاهش عمل کرد دانه در واحد سطح در اثر کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت نشان داد که افزایش تعداد بوته در واحد سطح در اثر کاهش فاصله بوته در روی ردیف کاشت نتوانسته است کاهش عمل کرد دانه تک‌بوته را جبران کند. این یافته با دست‌آوردهای دیگران (Samiei et al., 2010; Emami, 2003; Diepenbrock et al., 2001) مطالعه آفتابگردان مطابقت داشت.

برهم‌کنش فاصله ردیف کاشت و فاصله بوته در روی ردیف کاشت بر عمل کرد دانه در واحد سطح بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) گردید (جدول ۱).

منابع مورد استفاده

1. Abdolrahmani, B. 2003. Effect of plant density on yield and agronomic traits of sunflower cv. Armaviroski under dryland condition in Maragheh. Iranian Journal of Crop Science, 5: 216-224.
2. Afshari Behbahanizadeh, S., Akbari, Gh. A., Irannejad, H. and Farrokhi, E. 2009. Evaluate effect of plant density on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in Pakdasht. National Conference on Oilseed Crops, Isfahan, Iran, 23-24 September. p. 12.
3. Babaei Aghdam, J., Abdi, M., Seifzadeh, S. and Khiavi, M. 2009. Effects of different levels of nitrogen and plant density on yield and yield components of sunflower, Azargol cultivar in Takestan region. Journal of New Agricultural Science, 14: 1-12.
4. Barros, J. F. C., Carvalho, M. D. and Basch, G. 2004. Response of sunflower to sowing date and plant density under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy, 21: 347-356.
5. Daneshian, J. and Jabbari, H. 2009. Effect of limited irrigation and plant density on morphological characteristics and grain yield in a dwarf sunflower hybrid (CMS26 × R103) as the second crop. Iranian Journal of Crop Science, 10: 4: 377-388.
6. Diepenbrock, W., Long, M. and Feil, B. 2001. Yield and quality of sunflower as affected by row orientation, row spacing and plant density. Australian Journal of Agricultural Research, 52: 29-36.
7. Emami, B. 2003. Effect of plant pattern on yield and yield components of sunflower in summer planting in Isfahan. M. Sc. thesis in agronomy, Islamic Azad University, Khorasan Branch.
8. Gholinezhad, E., Aenehband, A., Hasanzadeh Ghorttappah, A., Bernoosi, I. and Rezaei, H. 2009. Evaluation of effective drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid Iroflor at different levels of nitrogen and plant population in Urmieh climate conditions. Journal of Plant Production, 16: 3: 1-27.
9. Gholinezhad, E., Tobeh, A., Hasanzadeh Ghorttappah, A. and Asghari, A. 2008. Effects of density and planting arrangement on yield and yield components of sunflower. Journal of New Agricultural Science, 18: 1: 87-99.
10. Gubbels, G. H. and Dedio, W. E. 1988. Response of sunflower hybrids to row spacing. Canadian Journal of Plant Science, 69: 1125-1127.
11. Hasani Jabbarlo, Kh., Roshdi, M., Ghaffari, M. and Valilo, R. 2008. Study of plant density and arrangement effect on yield and its components of two sunflower genotypes (Ksc43/128 and Lakumka) in Khoy region. Journal of Research in Crop Science, 1:1: 99-107.
12. Holt, N. W. and Zentner, R. P. 1985. Effect of plant density and row spacing on agronomic performance and economic returns of non-oilseed sunflower in Southeastern Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Science, 65: 501-509.
13. Jannati, M. R. 2002. Effect of planting pattern on growth, yield and yield components of sunflower, Hisun-33 hybrid. M. Sc. thesis in agronomy, Isfahan University of Technology.
14. Kazemi, M. 1998. Effect of planting date and plant density on yield and yield components of sunflower. M. Sc. thesis in agronomy, Ferdowsi University of Mashhad.
15. Khajehpour, M. R. 2005. Industrial plants, Jahad Daneshgahi Press of Isfahan University of Technology.
16. Khajehpour, M. R. 2009. Principles and fundamentals of crop production, Jahad Daneshgahi Press of Isfahan University of

- Technology.
17. Khalifa, F. M. 1984. Effect of spacing on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under two systems of dry farming in Sudan. *Journal of Agricultural Research*, 103: 213-222.
 18. Khalilvand Behrouzyar, E., Yarnia, M., Darbandi, S. and Alyari, H. 2007. Effects of water deficit stress on some morphological characteristics of two sunflower cultivars in different plant densities. *Journal of New Agricultural Science*, 8: 1-14.
 19. Majid, H. R. and Schneiter, A. A. 1988. Semidwarf and conventional height sunflower performance at five plant populations. *Agronomy Journal*, 80: 821-824.
 20. Miller, J. F. and Fick, G. N. 1978. Influence of plant population on performance of sunflower hybrids. *Canadian Journal of Plant Science*, 58: 597-600.
 21. Mirzaei, B. 2005. Effects of plant density and cropping pattern on yield and yield components of sunflower. M. Sc. thesis in agronomy, Tabriz University.
 22. Mojiri, A. and Arzani, A. 2003. Effect of nitrogen rate and plant density on yield and yield components of sunflower. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 7: 2: 115-125.
 23. Naderi, A. 1999. Effect of row spacing and plant population on agronomic traits, yield components of sunflower Record cultivar in Khuzestan. *Seed and Plant*, 15: 343- 353.
 24. Poursakhi, N. and Khajehpour, M. R. 2010. Effects of row and plant spacing on agronomic capabilities of sunflower, Hisun-36 hybrid in Isfahan. *The Proceeding of 11th Iranian Crop Science Congress*. 24-26 July, Tehran, Iran, Volume 1, Crop Production, p. 361.
 25. Robinson, R. G., Ford, J. H., Lueschen, W. E., Rabas, D. L., Smith, L. J., Warnes, D. D. and Wiersma, J. V. 1980. Response of sunflower to plant population. *Agronomy Journal*, 72: 869-871.
 26. Roshdi, M., Rezadoost, S., Khalili Mahalleh, J. and Haji Hasani Asl, N. 2009. Effects of plant density and defoliation at different developmental stages on yield and yield components of nuts sunflower. *Journal of New Agricultural Science*, 15: 41-54.
 27. Samiei, B., Pirdashti, H., Fallahi, H. A. and Noorirad Dooji, A. M. 2010. Effect of plant density on yield and yield components of sunflower hybrids under dry land conditions. *The Proceeding of 11th Iranian Crop Science Congress*. 24-26 July, Tehran, Iran, Volume 1, Crop Production, p. 166.
 28. SAS Institute. 1992. *SAS/STAT user's guide*. SAS Institute Inc., Cary.
 29. Sedghi, M., Seyed Sharifi, R., Namvar, A., Khandan-e-Bejandi, T. and Molaei, P. 2008. Responses of sunflower yield and grain filling period to plant density and weed interference. *Research Journal of Biological Science*, 3: 9: 1048-1053.
 30. Tahmasebi, A. 2008. Competition for environmental resources and yield compensation in sunflower. M. Sc. thesis in agronomy, Islamic Azad University, Khorasgan Branch.
 31. Villalobos, F. J., Sadras, V. O., Soriano, A. and Fereres, E. 1994. Planting density effects on dry matter partitioning and productivity of sunflower hybrids. *Field Crops Research*, 36: 1-11.
 32. Zaffaroni, E. and Schneiter, A. A. 1991. Sunflower production as influenced by plant type, plant population and row arrangement. *Agronomy Journal*, 83: 113-118.