

تأثیر فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین در شرایط آب و هوایی اصفهان

ناهید خدائیان و مرتضی زاهدی^{*۱}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۲۵)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین رقم KSC403 آزمایشی در سال ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. دو فاصله ردیف (۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر) به عنوان فاکتور اصلی و چهار تراکم بوته (۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ هزار بوته در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که با کاهش فاصله ردیف کاشت از ۷۵ به ۶۰ سانتی‌متر، شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه تر به طور معنی‌دار افزایش یافت؛ ولی ارتفاع گیاهان کاهش یافت. اثر فاصله ردیف کاشت بر تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال معنی‌دار نبود. با افزایش تراکم بوته ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی در مترمربع افزایش یافت. تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن تر ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه تر در تراکم‌های ۹۰ و ۱۱۰ نسبت به تراکم‌های ۵۰ و ۷۰ هزار بوته در هکتار به طور معنی‌داری کمتر بود. برهمکنش فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، تعداد دانه در بلال، وزن تر ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه تر از نظر آماری معنی‌دار بود. در کلیه تراکم‌های کاشت، میزان عملکرد دانه تر در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر نسبت به ۷۵ سانتی‌متر بیشتر بود. اما تفاوت بین دو فاصله ردیف در تراکم‌های ۵۰ و ۱۱۰ هزار بوته در هکتار معنی‌دار نبود. بیشترین عملکرد دانه تر (۳۳۹۴۰ کیلوگرم در هکتار) در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و تراکم ۷۰ هزار بوته در هکتار و کمترین آن (۲۰۷۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۱۱۰ هزار و فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش، برای حصول حداکثر عملکرد تر دانه ذرت شیرین در شرایط آب و هوایی اصفهان، فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و تراکم ۷۰ هزار بوته در هکتار پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ذرت شیرین، فاصله ردیف کاشت، تراکم بوته، عملکرد دانه

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mzahedi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

عملکرد دانه متأثر از رقابت درون گیاهی برای تسهیم مواد فتوسنتزی و برون گیاهی برای استفاده از عوامل محیطی رشد است. الگوی کاشت بوته‌ها در مزرعه بر میزان بهره‌وری از عوامل مؤثر بر رشد و رقابت درون و برون بوته‌ای تأثیر گذاشته و تعیین‌کننده عملکرد می‌باشد. برای به حداقل رساندن این رقابت‌ها و حصول عملکرد مطلوب، انتخاب حد مناسب تراکم گیاهی و نحوه توزیع بوته‌ها در واحد سطح از طریق تنظیم الگوی کاشت از اهمیت زیادی برخوردار است (۱۸). به علاوه، فاصله بین ردیف‌های کاشت و فاصله بوته‌ها در روی ردیف کاشت، تعیین‌کننده فضای رشد قابل استفاده هر بوته و در نتیجه عملکرد قابل حصول می‌باشد (۳۳). در آزمایش‌های متعددی، کاهش فاصله ردیف‌های کاشت ذرت نسبت به فاصله کاشت رایج (۷۵ سانتی‌متر) موجب افزایش عملکرد آن شده است (۱۱، ۱۳، ۲۳ و ۲۶). به‌طور کلی، فاصله کمتر ردیف کاشت و به تبع آن فاصله بیشتر بین بذرها در روی ردیف سبب توزیع یکنواخت‌تر بوته در واحد سطح می‌شود. در چنین شرایطی، سایه انداز گیاهی سریع‌تر بسته شده، گیاه زودتر به شاخص سطح برگ مطلوب رسیده و از فصل رشد استفاده بیشتری می‌کند. هم‌چنین کاهش رقابت بین بوته‌ها برای آب، مواد غذایی و نور به دلیل توزیع بهتر بوته می‌تواند سبب افزایش تولید گیاه گردد (۱۸ و ۲۳). در آزمایش فتحی (۱۱) ضریب استهلاک نوری برای ذرت شیرین با کاهش فواصل ردیف کاهش یافت. هم‌چنین مطالعات نشان می‌دهد که افزایش سرعت رشد رویشی اولیه و بسته شدن سریع‌تر سایه‌انداز گیاهی به دلیل کاهش تبخیر از سطح خاک و کاهش مقدار کل تبخیر و تعرق، افزایش عملکرد را در پی دارد (۱۷ و ۳۳).

با این حال، در برخی آزمایش‌ها کاهش فاصله ردیف‌های کاشت در ذرت افزایش عملکرد را به همراه نداشته است (۱۵، ۱۹ و ۳۴). یا حتی انتخاب فواصل ردیف باریک‌تر منجر به کاهش عملکرد نسبت به فاصله کاشت رایج شده است (۱۰ و ۲۸). برای مثال، در آزمایش صالحی (۲۸)، میزان عملکرد

دانه ذرت در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر نسبت به فواصل ردیف ۶۰ و ۴۵ سانتی‌متر بیشتر بود. با توجه به حصول نتایج متفاوت در آزمایش‌های مختلف، به نظر می‌رسد که میزان تأثیر تغییر فواصل ردیف بر عملکرد ذرت به میزان فراهمی عوامل محیطی محدودکننده رشد از جمله میزان رطوبت و مواد غذایی قابل دسترس گیاه و هم‌چنین به ژنوتیپ مورد استفاده و طول فصل رشد بستگی دارد (۲، ۱۳ و ۱۹). لذا ضرورت دارد واکنش گیاه به تغییر الگوی کاشت با توجه به شرایط خاص هر منطقه مورد بررسی قرار گیرد.

حد متعادل تراکم بوته به مقدار فراوانی عامل محدودکننده رشد بستگی دارد. رقابت برای نور را مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد، تحت شرایطی از تراکم زیاد و عدم محدودیت رطوبت خاک شناخته‌اند (۱۶). تراکم بوته در واحد سطح بر میزان جذب نور توسط پوشش گیاهی تأثیر گذاشته و چنانچه پوشش مزرعه بتواند حداکثر نور ورودی را جذب نماید عملکرد افزایش خواهد یافت (۱۱). با افزایش تراکم، رقابت بین بوته‌ای تشدید شده و لذا سطح برگ و وزن خشک تک بوته کاهش می‌یابد. ولی به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، با توسعه سطح برگ ممکن است میزان جذب نور و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر شده و به تبع آن وزن خشک گیاه در واحد سطح افزایش یابد (۳). به‌طور معمول، با افزایش تراکم، به دلیل افزایش وزن خشک گیاه در واحد سطح، عملکرد دانه تا حد معینی افزایش می‌یابد و پس از آن در محدوده‌ای از تراکم عملکرد ثابت می‌ماند و با افزایش بیشتر تراکم، به‌علت افزایش رقابت بین گیاهان، عملکرد کاهش می‌یابد. حد مطلوب تراکم بوته به الگوی کاشت، نحوه توزیع گیاهان در مزرعه و نوع واریته بستگی دارد (۸ و ۱۱).

ذرت شیرین در اثر جهش ژنتیکی از ذرت معمولی حاصل شده است. این تغییرات ژنتیکی باعث کاهش سنتز نشاسته و افزایش تجمع قندها در آندوسپرم دانه شده است. دانه‌های این گیاه قبل از رسیدن کامل دارای مقادیر نسبتاً زیادی قند است که به‌صورت بلال و یا برای تهیه کنسرو مورد استفاده قرار

به صورت سرک در مرحله ۴-۵ برگی مصرف شد. به دلیل کافی بودن موجودی فسفر و پتاسیم خاک، از کودهای فسفره و پتاس استفاده نشد. نمونه برداری از گیاهان در دو مرحله ظهور گل نر و زمان برداشت (شیری شدن دانه) انجام شد. در هر یک از این مراحل، پنج بوته متوالی از هر خط میانی کاشت، جمعاً ۱۰ بوته از هر کرت، با رعایت حاشیه برداشت و اندازه گیری های مورد نظر روی نمونه ها انجام شد. در مرحله ظهور گل نر، صفات شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی و در مرحله شیری شدن دانه ها ارتفاع بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن تر ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه تر اندازه گیری شدند. سطح برگ با استفاده از دستگاه مساحت سنج کامپیوتری اندازه گیری و شاخص سطح برگ محاسبه شد. برای اندازه گیری وزن خشک گیاه، ابتدا نمونه ها در آون تهویه دار، در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت نگهداری و سپس وزن خشک آنها با ترازوی دیجیتالی اندازه گیری شد. برای اندازه گیری عملکرد نهایی، بلال های گیاهان واقع در سطحی معادل ۲ مترمربع با حذف ردیف های حاشیه برداشت گردیدند. داده های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفت. برای مقایسه میانگین ها، از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

اثر فاصله ردیف و تراکم بوته بر ارتفاع گیاه به ترتیب در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی دار شد؛ ولی برهمکنش آنها معنی دار نشد (جدول ۱). ارتفاع گیاه با افزایش فاصله ردیف و تراکم بوته افزایش یافت. میزان این افزایش در فاصله ردیف ۷۵ نسبت به فاصله ۶۰ سانتی متر ۴٪ و برای تراکم های ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ نسبت به تراکم ۵۰ هزار بوته در هکتار به ترتیب ۳/۸، ۷/۷ و ۹/۴ درصد بود. با افزایش فاصله ردیف ها، به دلیل کاهش فواصل بین بوته ها در روی هر ردیف، فضای قابل دسترس گیاه کاهش یافته و رقابت بین بوته ها افزایش می یابد. هم چنین، با

می گیرند (۹، ۲۰ و ۲۱). در سال های اخیر، آزمایش هایی در رابطه با تعیین الگو و تراکم کاشت مناسب این گیاه در مناطق خوزستان (۳، ۱۱ و ۱۲)، گرگان (۲۰)، ورامین (۳۰) و مازندران (۳۱) انجام گرفته است. با عنایت به تأثیر شرایط اقلیمی هر منطقه بر انتخاب الگوی مناسب کاشت، این تحقیق به منظور بررسی اثر فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین، رقم KSC403، در شرایط آب و هوایی اصفهان انجام گرفت.

مواد و روش ها

این آزمایش به منظور بررسی اثر فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین رقم KSC403 در سال ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان به اجرا در آمد. بافت خاک مزرعه لوم رسی و وزن مخصوص ظاهری آن ۱/۳۴ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت های اصلی شامل دو فاصله ردیف کاشت (۶۰ و ۷۵ سانتی متر به صورت جوی و پشته) و کرت های فرعی شامل چهار تراکم کاشت (۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ هزار بوته در هکتار) بود. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کاشت به طول ۱۰ متر بود. زمین محل آزمایش در سال قبل به صورت آیش بود. خاک مزرعه در زمان کاشت حاوی ۰/۰۵٪ نیتروژن کل و به ترتیب ۳۵ و ۲۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر و پتاسیم بود. عملیات کاشت در تاریخ ۹ تیرماه انجام گرفت. عمق کاشت بذرها ۴ سانتی متر در نظر گرفته شد. برای کنترل علف های هرز از مخلوط علف کش آترزین به میزان ۱/۸ کیلوگرم در هکتار و علف کش لاسو به مقدار ۶ لیتر در هکتار پس از کاشت و همراه با آبیاری اول استفاده شد. به دلیل وجود زنجره های ناقل بیماری ویروس موزائیک کوتولگی، گیاهان با استفاده از سم دیازینون مایع ۶۰٪ به میزان ۳ لیتر در هکتار در مرحله ۳-۴ برگی سم پاشی گردیدند. میزان ۷۵ کیلوگرم نیتروژن به فرم کود اوره

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثرهای عوامل آزمایشی بر ارتفاع (سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی (گرم)

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
وزن خشک اندام هوایی		شاخص سطح برگ	ارتفاع گیاه		
در مترمربع	در بوته				
۴۴۱۵/۱	۷۳/۶۱	۰/۰۰۶۶	۱/۸۳	۲	بلوک
۵۰۱۶۷۲/۳**	۶۵۸۵/۲۵**	۰/۹۹**	۲۸۸/۷۷*	۱	فاصله ردیف
۵۱۲/۶	۵/۹	۰/۰۱	۱۴/۱۷	۲	خطای الف
۱۵۱۰۸۶/۳**	۱۰۹۳۵/۶۸**	۲/۷**	۳۸۷/۸۳**	۳	تراکم بوته
۵۵۰۸۷**	۲۸۴/۱۴**	۰/۴۲**	۱۹/۱۶	۳	فاصله × تراکم
۳۲۶/۹	۴/۹۱	۰/۰۰۷۳	۶/۹۱	۱۲	خطای ب
مقایسه میانگین‌ها				فاصله ردیف	
۱۵۲۱ ^a	۱۹۹ ^a	۵/۳ ^a	۱۸۰ ^b	۶۰ سانتی‌متر	
۱۲۳۲ ^b	۱۶۶ ^b	۴/۹۰ ^b	۱۸۷ ^a	۷۵ سانتی‌متر	
				تراکم بوته	
۱۱۳۹ ^c	۲۲۸ ^a	۴/۱۳ ^d	۱۷۴ ^d	۵۰۰۰۰	
۱۴۴۶ ^b	۲۰۷ ^b	۵/۲۰ ^c	۱۸۱ ^c	۷۰۰۰۰	
۱۴۴۸ ^b	۱۶۱ ^c	۵/۴۴ ^b	۱۸۸ ^b	۹۰۰۰۰	
۱۴۷۳ ^a	۱۳۴ ^d	۵/۶۴ ^a	۱۹۲ ^a	۱۱۰۰۰۰	

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪.

در هر ستون و برای هر صفت، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD معنی‌دار نمی‌باشد.

احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). شاخص سطح برگ با کاهش فاصله ردیف و با افزایش تراکم بوته افزایش یافت. میزان این افزایش در فاصله ردیف ۶۰ نسبت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر ۸/۲ درصد و برای تراکم‌های ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ نسبت به تراکم ۵۰ هزار بوته در هکتار به ترتیب ۲۰/۶، ۲۴/۱ و ۲۶/۸ درصد بود. هانتر و همکاران (۵) نیز با بررسی دو فاصله ردیف ۴۶ و ۹۱ سانتی‌متر در ذرت گزارش کردند که شاخص سطح برگ در فواصل ردیف باریک‌تر بیشتر بود. بولاک و همکاران (۵) و فتیحی (۱۱) نیز شاخص سطح برگ بیشتری را برای فواصل ردیف کمتر گزارش کردند. با کاهش فاصله ردیف کاشت، آرایش کاشت به آرایش مربعی نزدیک‌تر می‌شود که این

افزایش تراکم بوته، میزان نوری که به کف سایه‌انداز می‌رسد کمتر شده و تخریب نوری اکسین صورت نمی‌گیرد. از طرف دیگر، با افزایش تراکم، کیفیت نور دریافتی نیز تغییر می‌کند. به طوری که نور قرمز توسط برگ‌های بالایی جذب و میزان نور مادون قرمز در پایین سایه‌انداز افزایش می‌یابد، که مجموعه این عوامل می‌تواند باعث افزایش طول میانگره‌ها و ارتفاع بوته‌ها گردد (۳۲). افزایش ارتفاع بوته در اثر افزایش تراکم بوته توسط روی و بیسواس (۲۷) نیز گزارش شده است.

شاخص سطح برگ

اثر فاصله ردیف و تراکم بوته بر شاخص سطح برگ در سطح

به تبع آن افزایش تولید مواد فتوسنتزی و تجمع ماده خشک در گیاهان شده است. در مطالعه بولاک و همکاران (۵) نیز تولید ماده خشک در ذرت در الگوی کاشت مربعی بیشتر از الگوی کاشت مستطیلی بود. وزن خشک اندام هوایی در بوته در تراکم‌های ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ نسبت به ۵۰ هزار بوته در هکتار به ترتیب حدود ۹، ۲۹ و ۴۱ درصد کاهش ولی وزن خشک اندام هوایی در واحد سطح به ترتیب ۲۷، ۲۷ و ۲۹ درصد افزایش یافت (جدول ۱). در تراکم‌های بیشتر، سایه‌اندازی بیشتر و تولید مواد فتوسنتزی کمتر سبب کاهش وزن خشک تک بوته‌ها می‌شود. در آزمایش بذرافشان و همکاران (۳) نیز با افزایش تراکم، وزن تک بوته ذرت شیرین کاهش ولی میزان ماده خشک تولیدی در واحد سطح افزایش یافت.

برهمکنش فاصله ردیف و تراکم بوته بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). در کلیه تراکم‌ها، وزن خشک اندام هوایی در بوته و در مترمربع در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر نسبت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر بیشتر بود. ولیکن اختلاف بین دو فاصله ردیف در تراکم‌های مختلف مشابه نبود (جدول ۳). بیشترین وزن خشک تک بوته در فاصله ردیف ۶۰ و تراکم ۵۰ هزار و کمترین آن در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و تراکم ۱۱۰ هزار بوته در هکتار به‌دست آمد. در حالی‌که وزن خشک اندام هوایی در واحد سطح در فاصله ردیف ۶۰ و تراکم ۱۱۰ بیشترین و در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و تراکم ۵۰ هزار بوته در هکتار کمترین بود. گرچه با کاهش تراکم بوته با اختصاص فضای بیشتر به تک بوته‌ها رشد آنها بهبود می‌یابد. ولیکن در تراکم‌های بالاتر تعداد بوته بیشتر در واحد سطح می‌تواند کاهش وزن تک بوته‌ها را جبران کند. از طرف دیگر، به نظر می‌رسد که در این آزمایش فاصله کمتر ردیف کاشت و به تبع آن فاصله بیشتر بذرها روی ردیف سبب توزیع یکنواخت‌تر و کاهش رقابت بین بوته‌ها شده و در نتیجه مجموع این شرایط موجب حصول بیشترین تولید ماده خشک گیاه در بالاترین تراکم اعمال شده در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر شده است.

امر باعث کاهش رقابت درون و برون بوته‌ای و بهره‌وری بهتر از عوامل محیطی مثل نور، آب و مواد غذایی می‌گردد (۱۸ و ۲۳). افزایش شاخص سطح برگ همراه با افزایش تراکم بوته نشان می‌دهد که تعداد بوته بیشتر در واحد سطح، کاهش سطح برگ در تک بوته را جبران کرده و سطح برگ بیشتری را در تراکم‌های بیشتر موجب شده است. فتحی (۱۱) با بررسی چهار سطح تراکم ۶۵، ۷۵، ۸۵ و ۹۵ هزار بوته در هکتار، بیشترین سطح برگ ذرت شیرین را در تراکم ۹۵ هزار بوته در هکتار به‌دست آورد. نتایج مشابهی توسط کاکس و همکاران (۶) نیز به‌دست آمد.

برهمکنش فاصله ردیف و تراکم بوته بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۱). در تراکم‌های بیشتر (۹۰ و ۱۱۰ هزار بوته در هکتار) شاخص سطح برگ در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر نسبت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر به ترتیب ۱۲ و ۲۰ درصد بیشتر بود. در حالی‌که در تراکم‌های کمتر (۵۰ و ۷۰ هزار بوته در هکتار) اختلاف بین دو فاصله ردیف از این نظر معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین مقدار برای شاخص سطح برگ در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و تراکم ۱۱۰ هزار و کمترین آن در هر دو فاصله ردیف در تراکم ۵۰ هزار بوته در هکتار به‌دست آمد. با عنایت به نتایج به‌دست آمده، در شرایط این آزمایش، فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر از نظر تولید سطح برگ فقط در تراکم‌های بیشتر نسبت به فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر مزیت بیشتری داشت.

وزن خشک اندام هوایی

اثر فاصله ردیف و تراکم بوته بر وزن خشک گیاه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). وزن خشک اندام هوایی در بوته و در مترمربع در فاصله ردیف ۶۰ نسبت به فاصله ۷۰ سانتی‌متر به ترتیب حدود ۲۰ و ۲۴ درصد بیشتر بود. در این آزمایش، توزیع یکنواخت‌تر بوته‌ها در ردیف‌های باریک‌تر و نزدیک‌تر شدن الگوی کاشت به الگوی مربعی باعث ایجاد وضعیت مطلوب‌تر برای رشد گیاهان و افزایش سطح برگ و

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثرهای عوامل آزمایشی بر تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن تر ۱۰۰ دانه (گرم) و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)

میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۲	۱/۱	۲۱۶/۷	۱/۱۲	۱/۰۱
فاصله ردیف	۱	۲۳/۲۶	۴/۵	۶۸۳/۷۳	۱۸/۳۷**	۸۸/۰۵*
خطای الف	۲	۱/۵۲	۰/۹	۵۸/۲۸	۰/۰۹۱	۱/۰۲
تراکم بوته	۳	۶/۷۲**	۳۱/۲۱**	۵۰۶۹/۸**	۴۳/۵۹**	۹۴/۷**
فاصله تراکم	۳	۰/۵	۱/۲۷	۸۶۱/۲**	۶/۴۴**	۱۶/۸۴**
خطای ب	۱۲	۰/۴۶	۰/۷۹	۱۴۲/۸۱	۰/۸۱	۰/۷۷
مقایسه میانگین‌ها						
فاصله ردیف	تراکم بوته	۱۶/۴ ^a	۳۹/۵ ^a	۵۴۴ ^a	۲۵/۴ ^b	۲۴۲۳۸ ^b
۶۰ سانتی متر	۵۰۰۰۰	۱۸/۴ ^a	۴۱/۰ ^a	۵۷۵ ^a	۲۹/۹ ^a	۲۹۰۳۶ ^a
۷۵ سانتی متر	۷۰۰۰۰	۱۶/۴ ^a	۴۰/۷ ^a	۵۶۸ ^a	۲۶/۵ ^b	۲۹۷۴۸ ^a
تراکم بوته	۹۰۰۰۰	۱۶/۹ ^b	۳۸/۳ ^b	۵۴۳ ^b	۲۵/۱ ^c	۲۴۵۱۸ ^b
	۱۱۰۰۰۰	۱۶/۲ ^b	۳۶/۲ ^c	۵۱۱ ^c	۲۳/۶ ^d	۲۱۳۱۱ ^c

ns و *، ** به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیرمعنی دار

در هر ستون و برای هر صفت، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD معنی دار نمی‌باشد.

اجزای عملکرد

اثر تراکم بر تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد؛ ولی اثر متقابل آنها معنی دار نشد (جدول ۲). مقادیر این صفات در تراکم‌های ۵۰ و ۷۰ هزار بوته در هکتار بیشترین بود. ولی با افزایش تراکم، کاهش یافت. مقدار این کاهش در تراکم‌های ۹۰ و ۱۱۰ نسبت به ۵۰ هزار بوته در هکتار برای تعداد ردیف دانه در بلال به ترتیب ۷/۶ و ۱۱/۸ و برای تعداد دانه در هر ردیف ۶/۶ و ۱۱/۷ درصد بود. نتایج مشابهی توسط محققین دیگر (۳، ۲۸ و ۳۲) گزارش شده است.

اثر تراکم بوته بر تعداد دانه در بلال در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲). تعداد دانه در بلال در تراکم‌های ۹۰ و

تأثیر فاصله ردیف بر تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در هر ردیف از نظر آماری معنی دار نبود (جدول ۲). نتایج مشابهی توسط فتیحی (۱۱) و صالحی (۲۸) گزارش شده است. گرچه اثر ساده فاصله ردیف بر تعداد دانه در بلال از نظر آماری معنی دار نبود، با این حال، برهمکنش فاصله ردیف و تراکم بوته بر تعداد دانه در بلال در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲). در مطالعه سنگوئی و همکاران (۲۹) تعداد دانه در بلال در فاصله ردیف ۵۰ نسبت به فاصله ۱۰۰ سانتی متر بیشتر بود. در آزمایش بولاک و همکاران (۵) نیز تعداد دانه در بلال در الگوی کاشت مربعی نسبت به الگوی کاشت مستطیلی بیشتر بود.

جدول ۳. اثر متقابل فاصله ردیف و تراکم بوته بر شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی (گرم)، تعداد دانه در بلال، وزن تر ۱۰۰ دانه (گرم) و عملکرد تر دانه (کیلوگرم در هکتار)

تراکم بوته				فاصله ردیف (سانتی متر)
۱۱۰۰۰۰	۹۰۰۰۰	۷۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	
شاخص سطح برگ				
۶/۱۶ ^a	۵/۷۶ ^b	۵/۲۱ ^c	۴/۱ ^d	۶۰
۵/۱۲ ^c	۵/۱۱ ^c	۵/۲ ^c	۴/۱۶ ^d	۷۵
وزن خشک اندام هوایی (تک بوته)				
۱۵۷ ^e	۱۸۳ ^d	۲۱۷ ^b	۲۳۸ ^a	۶۰
۱۱۱ ^g	۱۳۹ ^f	۱۹۶ ^c	۲۱۸ ^b	۷۵
وزن خشک اندام هوایی (در مترمربع)				
۱۷۲۲ ^a	۱۶۵۰ ^b	۱۵۲۱ ^c	۱۱۹۲ ^f	۶۰
۱۲۲۳ ^{ef}	۱۲۴۷ ^e	۱۳۷۱ ^d	۱۰۸۷ ^g	۷۵
تعداد دانه در بلال				
۵۲۹ ^c	۵۵۲ ^b	۵۷۰ ^{ab}	۵۶۵ ^{ab}	۶۰
۴۹۲ ^d	۵۳۲ ^c	۵۶۵ ^{ab}	۵۸۵ ^a	۷۵
وزن ۱۰۰ دانه				
۲۳/۱ ^e	۲۵/۸ ^c	۲۷/۷ ^b	۳۱/۸ ^a	۶۰
۲۴/۱ ^{de}	۲۴/۴ ^{cde}	۲۵/۰ ^{cd}	۲۸/۰ ^b	۷۵
عملکرد تر دانه				
۲۱۸۷۰ ^{de}	۲۶۶۷۰ ^c	۳۳۹۴۰ ^a	۲۹۷۹۰ ^b	۶۰
۲۰۷۵۰ ^e	۲۲۳۶۰ ^d	۲۵۵۵۰ ^c	۲۸۲۸۰ ^b	۷۵

برای هر صفت، تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD معنی‌دار نمی‌باشد.

در هکتار نسبت به فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر به ترتیب برابر ۳/۸ و ۷ درصد بیشتر بود (جدول ۳). در حالی که در تراکم‌های ۵۰ و ۷۰ هزار، تفاوت بین دو تیمار فاصله ردیف کاشت معنی‌دار نبود. این نتایج نشان می‌دهد که تحت شرایط این آزمایش، فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر از نظر تولید تعداد دانه بیشتر در بلال فقط در تراکم‌های زیاد، نسبت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر، مزیت داشت. بیشترین تعداد دانه در بلال در هر دو فاصله ردیف در تراکم‌های ۵۰ و ۷۰ هزار و کمترین آن در فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و تراکم ۱۱۰ هزار بوته در هکتار به دست آمد.

۱۱۰ به‌طور معنی‌داری کمتر از تراکم‌های ۵۰ و ۷۰ هزار بوته در هکتار بود. کاهش تعداد دانه در بلال به دلیل کاهش مقادیر هر دو صفت تعداد ردیف و تعداد دانه در ردیف بود؛ گرچه با افزایش تراکم از ۹۰ به ۱۱۰ فقط تعداد دانه در ردیف کاهش یافت. در آزمایش فتحی (۱۱) نیز با افزایش تراکم از ۶۵ به ۹۵ هزار بوته در هکتار، تعداد دانه در بلال کاهش یافت.

برهمکنش فاصله ردیف و تراکم بر تعداد دانه در بلال در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). تعداد دانه در بلال در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر در تراکم‌های ۹۰ و ۱۱۰ هزار بوته

کمتر را جذب بیشتر نور توسط پوشش گیاهی، شاخص سطح برگ بیشتر و افزایش وزن دانه‌ها گزارش نمود. ویدیکومب و تلن (۳۵) نیز عملکرد بیشتر فواصل ردیف ۵۶ و ۳۸ نسبت به فاصله ۷۶ سانتی‌متر را گزارش نمودند. نتایج مشابهی توسط پورتر و همکاران (۲۶) و نیلسن (۲۲) به‌دست آمد.

پازکیویز (۲۴) براساس مطالعات جامع حاصل از آزمایش‌های متعددی گزارش کرد که در ایالت‌های شمالی آمریکا ذرت تولید شده با استفاده از فواصل ردیف کمتر از ۷۶ سانتی‌متر به‌طور میانگین ۸٪ افزایش عملکرد داشت. هم‌چنین کاکس و همکاران (۲۶) اظهار نمودند که در مناطق بالاتر از عرض ۴۴ درجه شمالی، ذرت کاشته شده در فواصل ردیف باریک‌تر نسبت به فواصل ردیف معمول، از نظر عملکرد برتری دارند. به‌طور کلی، احتمال بهره‌بری بهتر از مواد غذایی، نور و رطوبت توسط فواصل ردیف کمتر در طول دوره زمانی قبل از بسته شدن سایه‌انداز به حد بیشینه می‌رسد. این شرایط هم‌زمان با دوره‌ای بحرانی از رشد است که تعیین‌کننده پتانسیل تولید دانه در گیاه می‌باشد. لذا افزایش بهره‌بری از نور در عرض‌های شمالی‌تر در خلال این مرحله بحرانی ممکن است علت حصول عملکرد بیشتر در فواصل ردیف کمتر در این مناطق باشد. چنانچه کمبود عوامل مؤثر در رشد در مراحل دیرتر فصل رشد یعنی در دوره بعد از بسته شدن سایه‌انداز حادث شود، احتمال حصول عملکرد بیشتر از فواصل ردیف کمتر کاهش می‌یابد.

آندراد و همکاران (۱) گزارش کردند که تحت شرایط بهینه برای رشد در حالتی که جذب نور توسط پوشش گیاهی با فواصل ردیف عریض‌تر مطلوب است، احتمال حصول عملکرد بیشتر در فواصل ردیف کمتر به حداقل می‌رسد. از طرف دیگر، تلن (۳۳) اشاره می‌نماید که در یک خاک با بافت درشت، با ظرفیت نگهداری کم آب در اوائل فصل رشد، پوشش گیاهی تولید می‌شود که دارای جذب نور نسبتاً کمی باشد. بنابراین، امکان حصول عملکرد بیشتر در فواصل ردیف کمتر در یک خاک حاصلخیز نسبت به یک خاک با حاصلخیزی کمتر بیشتر است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در آزمایش‌های مختلف به

اثر فاصله ردیف و تراکم بوته بر وزن ۱۰۰ دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). وزن ۱۰۰ دانه در فاصله ردیف ۶۰ نسبت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر ۶/۵ درصد بیشتر بود. نتایج مشابهی توسط مطالعه سنگوئی و همکاران (۲۹) و بولاک و همکاران (۵) به‌دست آمد. به نظر می‌رسد کاهش رقابت و تولید سطح برگ بیشتر در فاصله ردیف کمتر موجب افزایش مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به هر دانه شده است. وزن تر ۱۰۰ دانه در تراکم‌های ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ نسبت به تراکم ۵۰ هزار بوته در هکتار به ترتیب حدود ۱۲، ۱۶ و ۲۱ درصد کمتر بود (جدول ۲). کاهش وزن دانه‌ها در تراکم‌های بیشتر به دلیل کاهش توان فتوسنتزی گیاه در اثر سایه‌اندازی بر یکدیگر و جذب نور کمتر توسط تک بوته‌ها می‌باشد. نتایج مشابهی توسط دیگر محققین (۴، ۷ و ۱۱) گزارش شده است.

برهمکنش فاصله ردیف و تراکم بوته بر وزن دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). در تراکم ۵۰ و ۷۰ هزار بوته در هکتار، وزن دانه در فاصله ردیف ۶۰ نسبت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر به ترتیب ۱۲ و ۹/۸ درصد بیشتر بود (جدول ۳). ولیکن تفاوت بین دو فاصله ردیف در تراکم‌های ۹۰ و ۱۱۰ هزار معنی‌دار نبود. بیشترین وزن دانه در فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر و تراکم ۵۰ هزار و کمترین آن در هر دو فاصله ردیف در تراکم ۱۱۰ هزار بوته در هکتار به‌دست آمد.

عملکرد دانه

اثر فاصله ردیف بر عملکرد دانه تر در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). عملکرد دانه در فاصله ردیف ۶۰ نسبت به فاصله ۷۵ سانتی‌متر ۱۳/۷ درصد بیشتر بود. در این آزمایش، با توجه به این‌که تعداد دانه در بلال به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار فاصله ردیف قرار نگرفت، به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه در فواصل ردیف کمتر عمدتاً به شاخص سطح برگ بیشتر، افزایش مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به دانه‌ها و افزایش وزن دانه‌ها مربوط می‌شود. فتحتی (۱۱) نیز علت حصول عملکرد بیشتر ذرت شیرین در فواصل ردیف

دانه تر (۳۳۹۴۰ کیلوگرم در هکتار) در فاصله ردیف ۶۰ سانتی متر و تراکم ۷۰ هزار بوته در هکتار و کمترین آن (۲۰۷۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۱۱۰ هزار و فاصله ردیف ۷۵ سانتی متر به دست آمد. در آزمایش ویدیکمب و تلن (۳۵) در مقایسه فواصل ردیف ۵۶ و ۳۸ با فاصله ۷۶ سانتی متر و تراکم های ۵۶ تا ۹۰ هزار بوته در هکتار، اثر متقابل فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد دانه معنی دار نبود. نتایج مشابهی توسط فرنهم (۱۰) به دست آمد. در آزمایش پورتر و همکاران (۲۶) نیز اثر متقابل فاصله ردیف و تراکم بوته در دو منطقه از سه منطقه مورد آزمایش معنی دار نبود. به عبارت دیگر، در این آزمایش ها، فاصله ردیف ۶۰ سانتی متر در کلیه تراکم های مورد مطالعه از نظر تولید عملکرد دانه برتری داشته است.

نتیجه گیری

در این آزمایش، عملکرد دانه ذرت شیرین به طور معنی داری تحت تأثیر فاصله ردیف و تراکم بوته و برهمکنش آنها قرار گرفت. گیاهان در فواصل ردیف باریک تر، از طریق تولید سطح برگ بیشتر و دانه های سنگین تر، عملکرد بیشتری تولید نمودند. گرچه با افزایش تراکم بوته، وزن خشک گیاه در واحد سطح افزایش یافت ولی عملکرد تر دانه در واحد سطح در تراکم های بیش از ۷۰ هزار بوته در هکتار در هر دو فاصله ردیف ۶۰ و ۷۵ سانتی متر کاهش یافت. بیشترین عملکرد تر دانه از رقم KSC403 ذرت شیرین در آرایش کاشت حاصل از تلفیق فاصله ردیف ۶۰ سانتی متر و تراکم ۷۰ هزار بوته در هکتار به دست آمد.

نظر می رسد که احتمال برداشت عملکرد بیشتر در فواصل ردیف کمتر نسبت به فواصل ردیف رایج ذرت در شرایط حضور عوامل محیطی محدود کننده عملکرد بیشتر است (۳۳). با این حال، چنانچه شدت کمبود رطوبت زیاد باشد حتی امکان حصول عملکرد کمتر از فواصل ردیف باریک تر وجود دارد.

اثر تراکم بوته بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۷۰ هزار بوته در هکتار به دست آمد؛ گرچه تفاوت آن با تراکم ۵۰ هزار بوته در هکتار معنی دار نبود. عملکرد دانه در تراکم های ۹۰ و ۱۱۰ نسبت به تراکم ۷۰ هزار بوته در هکتار به ترتیب حدود ۱۸ و ۲۸ درصد کمتر بود. تمدن رستگار (۳۱) با بررسی سه سطح تراکم ۵۵، ۶۵ و ۷۵ هزار بوته در هکتار بیشترین عملکرد دانه برای ذرت شیرین رقم KSC404 را در ساری در تراکم ۶۵ هزار بوته به دست آورد. در آزمایش مختارپور و همکاران (۲۰) با استفاده از تراکم های ۴۵ تا ۷۵ هزار بوته در هکتار، بیشترین عملکرد ذرت شیرین رقم KSC403 در گرگان از تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار به دست آمد. پونلیت و اگلی (۲۵) کاهش تلقیح، افزایش رقابت برای جذب نور و در نتیجه طولانی شدن فاصله گرده افشانی تا ظهور کاکل و کاهش دوره پر شدن مؤثر دانه را علت اصلی کاهش عملکرد دانه در اثر افزایش تراکم بوته در ژنوتیپ های مختلف ذرت اعلام داشتند.

اثر متقابل فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد دانه تر در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شد (جدول ۲). در کلیه تراکم ها، میزان عملکرد در فاصله ردیف ۶۰ نسبت به ۷۵ سانتی متر بیشتر بود. ولی تفاوت بین دو فاصله ردیف در تراکم های ۵۰ و ۱۱۰ هزار بوته در هکتار معنی دار نبود (جدول ۳). بیشترین عملکرد

منابع مورد استفاده

1. Andrade, F. H., P. Calvino, A. Cirilo and P. Barbieri. 2002. Yield response to narrow rows depends on increased radiation interception. *Agronomy Journal* 94: 975-980.
2. Barbieri, P. A., H. R. Sainz Rozas, F. H. Andrade and H. E. Echeverria. 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agronomy Journal* 92: 283-288.
3. Bazrafshan, F., G. Fathi, S. A. Siadat, A. Ayenehband and K. Alami-Saeed. 2005. Effects of planting pattern and plant density on yield and yield components of sweet corn. *Iranian Journal of Crop Science* 28: 117-126. (In Farsi).
4. Borrás, L., G. A. Maddonni and M. E. Otegui. 2003. Leaf senescence in maize hybrids: Plant population, row spacing and kernel set effects. *Field Crops Research* 82: 13-26.

5. Bullock, D. G., R. L. Nielsen and W. E. Nyquist. 1988. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science* 28: 254-258.
6. Cox, W. J., D. R. Cherney and J. J. Hanchar. 1998. Row spacing, hybrid, and plant density effects on corn silage yield and quality. *Journal of Production Agriculture* 11: 128-134.
7. Dastfal, M., Y. Emam and M. T. Assad. 1999. Yield and yield adjustment of nonoprolific maize hybrids in response to plant population density. *Iranian Journal of Agricultural Research* 18: 139-152.
8. Duvick, D. N. and K. G. Cassman. 1999. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. *Crop Science* 39: 1622-1630.
9. Farivar, A. 1999. Production and processing of sweet corn. *Zeitoon* 140: 38-42. (In Farsi).
10. Farnham, D. E. 2001. Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal* 93: 1049-1053.
11. Fathi, G. 2006. Effects of planting pattern and population density on light extinction coefficient, light interception and grain yield of sweet corn (hybrid SC402). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 12: 131-143. (In Farsi).
12. Hashemi Dezfuli, A., K. Alami-Saeed, A. Siadat and M. R. Komeyli. 2001. Effects of planting date on yield potential of two sweet corn hybrids in Khuzestan climatological conditions. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* 32: 681-689. (In Farsi).
13. Hodges, T. and D. W. Evans 1990. Light interception model for estimating the effects of row spacing on plant competition in maize. *Journal of Production Agriculture* 3: 190-195.
14. Hunter, R. B., L. W. Kannenberg and E. E. Gamble. 1970. Performance of five maize hybrids in varying plant populations and row widths. *Agronomy Journal* 62: 255-256.
15. Johnson, G. A., T. R. Hoverstad and R. E. Greenwald. 1998. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides and cultivation. *Agronomy Journal* 90: 40-46.
16. Joseph, K. D. S. M., M. M. Alley, D. E. Brann and W. D. Grawelle. 1985. Row spacing and seeding rate effects on yield and yield components of soft red winter wheat. *Agronomy Journal* 77: 211-214.
17. Karlen, D. L. and C. R. Camp. 1985. Row spacing, plant population and water management effects on maize in the Atlantic Coastal Plain. *Agronomy Journal* 77: 393-398.
18. Khajehpour, M. R. 2004. Principles and Fundamentals of Crop Production. Third edition, Isfahan University of Technology, Jahad-e-Daneshgahi Press, Isfahan. (In Farsi).
19. Lee, C. D. 2006. Reducing row widths to increase yield: Why it does not always work. *Crop Management*, doi:10.1094/CM-2006-0227-04-RV.
20. Mokhtarpour, H., S. A. Mosavat, M. T. Bazi and A. Saberi. 2006. Effects of sowing date and plant density on ear yield of sweet corn (*Zea mays* L. Var Saccharata) SC 403. *Iranian Journal of Crop Science* 8: 171-183. (In Farsi).
21. Neibauer, J. and E. Maynard. 2002. Sweet corn. Available online at: <http://www.Producequalityandsafety.com>.
22. Nielsen, R. L. 1988. Influence of hybrids and plant density on grain yield and stalk breakage in maize grown in 15 inch row spacing. *Journal of Production Agriculture* 1: 190-195.
23. Olson, R. A. and D. J. Sander. 1988. Corn production. PP. 639-686. In: Sprague, G. F. and J. W. Dudley (Eds.), *Corn and Corn Production*, ASA CSSA & SSSA Press, Madison, WI.
24. Paszkiewicz, S. 1997. Narrow row width influence on corn yield. Proceeding of the 51st Annual Corn and Sorghum Research Conference, *American Seed Trade Association*, Washington DC.
25. Poneleit, C. G. and D. B. Egli. 1979. Kernel growth rate and duration in maize as affected by plant density and genotype. *Crop Science* 19: 385-388.
26. Porter, P. M., D. R. Hicks, W. E. Lueschen, J. H. Ford, D. D. Warnes and T. R. Hoverstad. 1997. Corn response to row width and plant density in the Northern Corn Belt. *Journal of Production Agriculture* 10: 293-300.
27. Roy, S. K. and P. K. Biswas. 1992. Effect of plant density and detopping following silking on cob growth, fodder and grain yield of maize (*Zea mays*). *Journal of Agricultural Science Cambridge* 119: 297-301.
28. Salehi, B. 2005. Effect of row spacing and plant density on grain yield and yield components in maize (cv. SC 704) in Miyaneh. *Iranian Journal of Crop Sciences* 6: 383-394. (In Farsi).
29. Sangoi, L., M. Ender, A. F. Guidolin, M. L. De. Almeida and E. P. C. Heberle. 2001. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. 36: *Pesquisa Agropecuária Brasileira* doi: 10.1590/S0100-204X2001000600003.
30. Sarlak, S. and M. Aghaalikhani. 2009. Effect of plant density and mixing ratio on crop yield in sweet corn (*Zea Mays* L. Var Saccharata) and mungbean (*Vigna Radiata* L.) intercropping. *Iranian Journal of Crop Sciences* 11: 367-380. (In Farsi).
31. Tamaddon Rastegar, M. 2000. Effects of planting date and densities on yield and yield components of sweet corn of KSC 404 in Mazandaran climatic condition (Sari). MSc. Thesis, Mazandaran University, Sari, Iran. (In Farsi).

32. Tetio-kagho, F. and F. P. Gardner. 1988. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. *Agronomy Journal* 80: 935-940.
33. Thelen, K. D. 2006. Interaction between row spacing and yield: Why it works. *Crop Management*, doi: 10.1094/CM 2006-0227-03-RV.
34. Westgate, M. E., F. Forcella, D. C. Reicosky and J. Somsen. 1997. Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: Radiation-use efficiency and grain yield. *Field Crops Research* 49: 249-258.
35. Widdicombe, W. D. and K. D. Thelen. 2002. Row width and plant density effects on corn grain production in the Northern Corn Belt. *Agronomy Journal* 94: 1020-1023.