اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ذرت شیرین (*Zea mays* var. Saccharata) در شرایط اقلیمی مشهد[1]

Effect of plant density on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* var. Saccharata) cultivars under Mashhad climatic conditions

ابوالفضل میرشکاری احمدی[1]، سرور خرم دل[2]* و علیرضا کوچکی[3]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
*- نویسنده مسئول: khorramdel@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۱/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۲۱**

چکیده

ذرت شیرین یکی از ارقام ذرت با محتوی قند بالا است که در مرحله قبل از رسیدگی، برداشت و به عنوان سبزی مصرف می‌شود. به منظور بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ذرت شیرین، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. سه تراکم بوته (۵/۲، ۶/۵ و ۷/۵ بوته در متر مربع) و چهار رقم (مریت، پاشن، بیسین و چیس) به عنوان فاکتور انتخاب شدند. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، اجزای عملکرد (عملکرد تر بلال، تعداد بلال در بوته و وزن هزار دانه)، عملکرد بیولوژیک و دانه و شاخص برداشت ذرت شیرین بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده تراکم بوته و رقم بر ارتفاع بوته، تعداد بلال در بوته، عملکرد تر بلال، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. با افزایش تراکم بوته عملکرد تر بلال و عملکرد دانه افزایش و سپس به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای کاهش یافت، به طوری‌که بالاترین عملکرد دانه مربوط به تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع (۵۹۱/۳ گرم در متر مربع) بود. بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب در تراکم ۶/۵ (۱۸۸۸ گرم در متر مربع) و ۵/۲ بوته در متر مربع (۱۷۲۰ گرم بر متر مربع) بدست آمد. اثر متقابل تراکم بوته و رقم بر عملکرد تر بلال، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت ذرت شیرین معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد در تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع و رقم پاشن با ۶۹۰/۸ گرم در متر مربع و کمترین آن مربوط به تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع و رقم چیس با ۴۲۳/۳ گرم بر متر مربع بود. به طور کلی با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد رقم مریت ظرفیت تولید بیشتری تحت تأثیر تراکم در شرایط مشابه این آزمایش در شرایط اقلیمی مشهد دارد.

واژه‌های کلیدی: ذرت شیرین، تراکم، رقم، عملکرد تر بلال، محتوی قند

۱- مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشجو (طرح شماره ۲/۳۱۹۳۹ مصوب ۱۳۹۳/۰۴/۰۸ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد) می‌باشد.

مقدمه

ذرت شیرین (*Zea mays* var. Saccharata) گیاهی از تیره گندمیان است که از نظر هیدرات‌های کربن، قند، ویتامین‌های A، B و C، مواد معدنی و پروتئین غنی می-باشد (Rahmani *et al.*, 2009). این گیاه تغییریافته ژنتیکی از ذرت معمولی است که با انجام جهش ژنتیکی در لوکوس *Su* از کروموزوم شماره چهار ذرت معمولی حاصل شده است (Farivar, 1999). تولید این محصول برای مصارف خوراکی به صورت تازه و در صنایع غذایی و تبدیلی ارزشمند و حائز اهمیت است (Rahmani *et al.*, 2009). دوره رشد کوتاه و برداشت در مرحله علوفه سبز، این گیاه را برای کاشت در تناوب زراعی و تأمین علوفه مناسب گردانیده است. خصوصیات این گیاه نظیر دوره رشد کوتاه و برداشت در مرحله سبز بودن علوفه، آن را برای کاشت در تناوب زراعی و تأمین علوفه گیاهی مناسب گردانیده است (Oktem, 2005).

تعیین تراکم کاشت یکی از اولویت‌های مهم تحقیقاتی در کاشت یک محصول در هر منطقه می‌باشد. به بیان دیگر، تغییر تراکم کاشت یکی از ابزارهای مدیریت زراعی جهت بهره‌برداری از عوامل محیطی، عناصر غذایی و به ویژه نور می‌باشد، لذا ساختار پوشش گیاهی (کانوپی) ذرت می‌تواند تأثیر مهمی در افزایش عملکرد داشته باشد، چرا که کارایی فتوسنتز و رشد در ذرت به طور معنی‌داری وابسته به چگونگی ساختار کانوپی و توزیع عمودی نور در داخل آن می‌باشد (Sidehvand, 2000). به عنوان یک اصل کلی، در تراکم‌های بیش از مطلوب رقابت درون‌گونه‌ای باعث کاهش عملکرد شده و بالعکس در تراکم‌های کم‌تر از مطلوب، امکانات محیطی اعم از نور، فضا، آب و خاک به نحو مطلوب استفاده نشده و عملکرد نیز کاهش خواهد یافت (Martin & Deo, 2000). البته در تراکم مطلوب علاوه بر استفاده مطلوب از عوامل محیطی، رقابت بین گونه‌ای و درون گونه-ای نیز حداقل می‌باشد. در شرایط انتخاب تراکم مطلوب همچنین، فضای کافی برای انجام عملیات داشت تأمین و شرایط لازم برای ارتقای کیفیت محصول نیز مهیا می‌گردد (Martin & Deo, 2000). ادوارد و همکاران (Edwards *et al.*, 2005) متداول‌ترین و ساده‌ترین روش افزایش جذب تشعشع را افزایش تعداد بوته در واحد سطح گزارش کردند. نامبردگان دلیل این امر را به افزایش شاخص سطح برگ نسبت دادند. تحقیقات نشان داده است که با افزایش تراکم، عملکرد دانه ذرت تا حدی افزایش یافته و پس از آن ثابت می‌ماند و در تراکم‌های خیلی بالا به علت رقابت شدید بین گیاهان و در نتیجه محدود شدن منابع محیطی از قبیل آب، نور و مواد غذایی عملکرد کاهش می‌یابد (Shapiro & Wortmann, 2006). هاشمی-دزفولی و همکاران (Hashemi-Dezfoli *et al.*, 2001) گزارش کردند که تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار برای ذرت شیرین در شرایط آب و هوایی خوزستان با توجه به کامل نشدن پوشش کانوپی مزرعه، کم بوده و تراکم بیش از ۷۵۰۰۰ بوته عملکرد بیشتری تولید می‌نماید. گاردنر و همکاران (Gardner *et al.*, 2000) بهترین تراکم بوته برای ذرت شیرین را درحدود ۵۰ هزار بوته اعلام کردند. رانجاراجان و همکاران (Rangaraja *et al.*, 2002) با بررسی اثر تراکم بوته و رقم برعملکرد بلال وکیفیت آن در ذرت شیرین زودرس در شرایط آب و هوایی نیویورک گزارش کردند که ارقام و فاصله بوته‌ها روی ردیف تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بلال داشت. در مطالعه دانکن (Duncan, 1984) مشخص گردید که با افزایش تراکم گیاهی در ذرت، وزن بلال در هر گیاه کاهش یافت که این کاهش وزن به سایه-اندازی بوته‌های مجاور نسبت داده شد.

نوع رقم یکی دیگر از عوامل زراعی است که از طریق پتانسیل ژنتیکی، عملکرد را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد (Akintoye *et al.*, 1997). اوکتم و همکاران (Oktem *et al.*, 2004) گزارش نمودند که واکنش ارقام ذرت نسبت به تراکم بوته متفاوت است. موریس و همکاران (Morris *et al.*, 2000) در بررسی تراکم مناسب ذرت شیرین در منطقه شمال شرقی ایالت متحده گزارش کردند که اکثر ارقام این گیاه در۵۹۳۰۰ تا ۶۹۲۰۰ بوته در هکتار حداکثر عملکرد دانه را تولید کردند. این محققان همچنین اظهار داشتند در صورتی‌که بلال‌های با طول بیش از ۱۷/۷۸ سانتی‌متر مد نظر باشد، با در نظر گرفتن خصوصیت رقم توصیه می‌شود تراکم بین ۳۵۵۰۰ تا ۵۹۳۰۰ بوته در هکتار

مورد استفاده قرار گیرد. نتایج تحقیقات رانجاراجاد و همکاران (Rangarajan *et al.*, 2002) درباره اثر تراکم بوته و رقم بر عملکرد بلال و کیفیت آن در ذرت شیرین زود کاشت در منطقه نیویورک نشان داد که اثر رقم و فاصله بوته روی ردیف بر عملکرد بلال و طول بلال معنی‌دار بود. نتایج مطالعه فرهادی و همکاران (Farhadi *et al.*, 2008) نشان داد که عملکرد دانه در هیبریدهای مختلف ذرت متفاوت است به نحوی‌که دو هیبرید KSC403 و Shimmer از نظر عملکرد دانه در واحد سطح دارای تفاوت معنی‌داری با یکدیگر بودند. افشارمنش (Afsharmanesh, 2007) با بررسی چهار رقم (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴، تری وی کراس۶۴۷، هیبرید سینگل کراس کرج ۷۰۰ و هیبرید سینگل کـراس ۷۲۰) در چهار تراکم (۵/۵، ۶/۵، ۷/۵ و ۸/۵ بوته در متر مربع) نشان داد که بـا افـزایش تـراکم، عملکرد دانه افزایش پیدا کرد و بالاترین عملکرد دانه برای تراکم ۵/۵ بوته در متر مربع (۱۸/۴۶ تن در هکتار) بدست آمد. بیشترین عملکرد در مقایسه بین ارقام نیز مربوط به هیبرید سینگل کراس ۷۲۰ (۱۸/۹۶ تن در هکتار) بود. البته معمولاً عنوان می‌شود که در بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه، صفتی است که وابستگی بیشتری به ویژگی‌های ژنتیکی ارقام داشته و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Lafond, 1994).

از آنجا که ذرت شیرین گیاه زراعی جدیدی در ایران می‌باشـــد و اطلاعات به‌زراعی در مورد این گیاه نسبتاً محدود می‌باشـــد، لذا به همین منظور آزمایشی برای بررسی اثرات تراکم‌های مختلف بذر بر عملکرد بلال (با مصرف تازه-خوری) و اجزای عملکرد ارقام ذرت شیرین و فوق شیرین در شرایط آب و هوایی مشهد به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۵۸ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به اجرا در آمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زمینی به ابعاد ۱۲×۵۴/۵ متر اجرا شد. سه تراکم ۵/۲، ۶/۵ و ۷/۵ بوته در متر مربع (به ترتیب برابر با ۵۲۰۰۰، ۶۵۰۰۰ و ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار) و دو واریته هیبرید مریت[2] و چیس[3] ذرت شیرین و دو واریته بیسین[4] و پاشن[5] ذرت فوق شیرین به عنوان فاکتورهای آزمایش مدنظر قرار گرفتند.

پس از اجرای عملیات آماده‌سازی زمین شامل دو نوبت شخم عمود بر هم و دیسک، کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ متر مربع تهیه شد. فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها به ترتیب ۵۰ سانتی‌متر و ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. بذرها به صورت دستی بر روی چهار ردیف، با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر (به ترتیب با فاصله روی ردیف ۲۶، ۲۱ و ۱۸ سانتی‌متر برای تراکم‌های ۵/۲، ۶/۵ و ۷/۵ بوته در متر مربع) در عمق ۱۰ سانتی‌متری در اوایل تیر ماه کاشته شدند. طبق سیستم زراعی مرسوم منطقه، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات تریپل قبل از کاشت با خاک مخلوط شد. همچنین ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (از منبع اوره) طی سه نوبت همزمان با کاشت، مرحله ۳-۲ برگی و ظهور گل آذین نر به صورت سرک همزمان با آبیاری به خاک اضافه شد. جهت یکنواختی در سبز شدن گیاهچه‌ها، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به شیوه نشتی با فاصله هر هفت روز یکبار تا پایان فصل رشد انجام شد. برای رسیدن به تراکم مورد نظر، عملیات تنک در مرحله ۶-۴ برگی انجام شد. وجین دستی علف‌های هرز در دو مرحله ۳ و ۵ برگی ذرت شیرین به صورت دستی انجام گرفت.

اولین نمونه‌برداری ۲۷ روز پس از کاشت و در تاریخ ۵ مرداد ماه ۱۳۹۳ و نمونه‌برداری‌های بعدی به فاصله هر ۱۴ روز یکبار تا پایان فصل رشد (پنج نوبت) جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته انجام شد. بوته‌ها به قطعات کوچک‌تر تبدیل شده و در آون (جهت تعیین میزان تجمع ماده خشک) با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند و پس از خشک شدن با ترازوی با دقت یک صدم توزین شدند.

1- Merit
2- Chase
3- Basin
4- Passion

برای اندازه‌گیری عملکرد نهایی، پس از رسیدگی کامل، عملیات برداشت بوته‌ها با حذف اثرات حاشیه‌ای از طرفین کرت از سطح ۱/۵ متر مربع انجام شد. عملکرد بیولوژیک پس از خشک شدن بوته‌ها در سایه و هوای آزاد اندازه‌گیری و تعیین شد. پس از آن، دانه‌ها جدا شده و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. همزمان با برداشت، صفات تعداد بلال در بوته، عملکرد تر بلال در بوته و وزن هزار دانه از سطح هفت بوته ثبت شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.11 تجزیه شد. رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ذرت شیرین در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ذرت شیرین

Table 1- Analysis of variance for the effects of plant density on yield and yield components of sweet corn cultivars

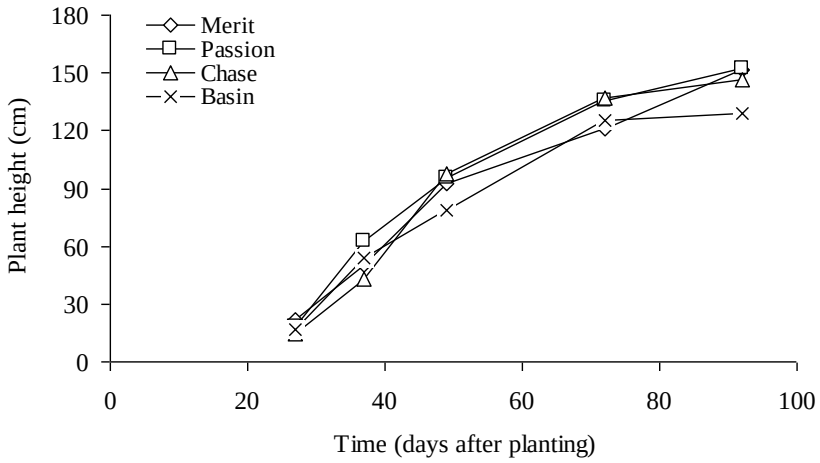
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Squares of mean						
		ارتفاع بوته Plant height	عملکرد تر بلال Fresh weight of ear	تعداد بلال Ear number	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	93^{ns}	76^{ns}	0.001^{ns}	12.07^{ns}	14178^{ns}	25^{ns}	6.83^{ns}
رقم(A) Cultivar (A)	3	1065^{**}	147414^{**}	0.14881^{**}	27.3^{**}	391204^{**}	489.8^{**}	2.8^{ns}
تراکم (B) Density (B)	2	20.68^{**}	120228^{**}	0.28740**	246.77^{**}	84009^{ns}	29889^{**}	4920^{*}
A*B	6	18.37^{ns}	3549^{**}	0.0017^{ns}	10.01^{ns}	11328^{*}	1177^{**}	44.6^{**}
خطا Error	22	78	196	0.0018	4.56	33154	65	214.49
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		6.1	1.50	3.41	0.71	10.09	1.5	10.40

ns ، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

ارتفاع بوته

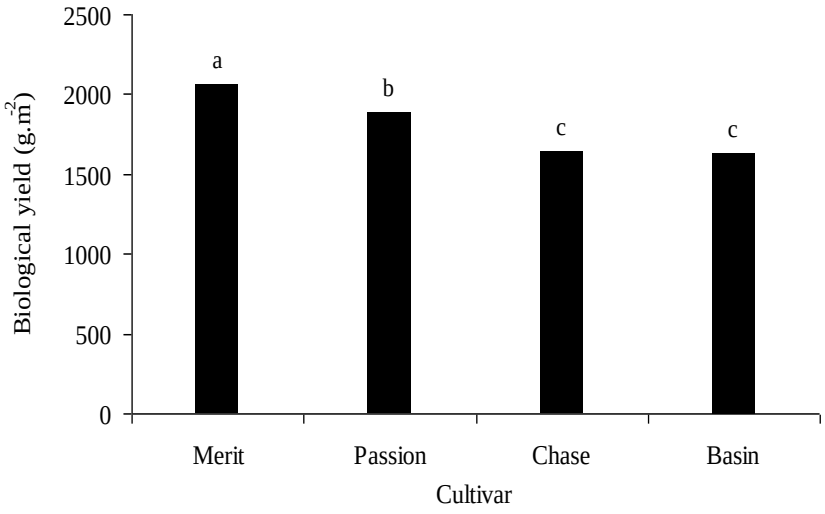
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که رقم حداکثر ارتفاع بوته ذرت شیرین را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). با گذشت زمان ارتفاع بوته ارقام مختلف افزایش یافت و در حدود ۱۰۰ روز پس از سبز شدن به حداکثر میزان خود رسید. در این زمان، رقم پاشن با ارتفاع ۱۵۲ سانتی‌متر بیشترین و رقم بیسین با ارتفاع ۱۲۸ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را داشتند (شکل ۱).



شکل ۱- اثر رقم بر روند تغییرات ارتفاع ساقه اصلی ذرت شیرین در طی فصل رشد

Figure 1- Effect of cultivar on plant height trend of sweet corn during the growing season

حداکثر ارتفاع بوته ارقام ذرت‌شیرین به طور معنی‌داری تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفت (p≤۰/۰۱) (جدول ۱). با افزایش تراکم، ارتفاع بوته ارقام مختلف به طور معنی‌داری افزایش یافت؛ به طوری‌که در طول فصل رشد بالاترین ارتفاع برای بیشترین تراکم بدست آمد (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر رقم بر عملکرد بیولوژیک ذرت شیرین

Figure 2- Mean comparisons for the eeffect of cultivar on biological yield of sweet corn

میانگین‌های دارای حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the different letter(s) have significantly difference based on Duncan test (p≤0.05).

با افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۷/۵ بوته در متر مربع ارتفاع ارقام پاشن و مریت به ترتیب برابر با ۱۹ و ۲۲ درصد افزایش یافت؛ در حالی‌که ارتفاع رقم چیس بدون تغییر ماند و در خصوص رقم بیسین ۱۶ درصد کاهش مشاهده گردید (جدول ۴). چنین استنباط می‌شود که افزایش تعداد بوته از طریق کاهش نور رسیده به کف کانوپی رقابت بین بوته‌ها را

برای جذب تشعشع افزایش داده و از طرف دیگر، به دلیل عدم تخریب نوری اکسین باعث افزایش طول میان‌گره‌ها و در نهایت، افزایش ارتفاع بوته گردید (Duncan, 1984). مختارپور و همکاران (Mokhtarpour *et al.*, 2008) در بررسی اثر تراکم بر ارتفاع بوته ذرت شیرین بیان کردند که همزمان با افزایش تراکم بوته ارتفاع نیز افزایش یافت. نتایج تحقیق مدنی و قاسمی (Madani & Ghasemi, 2010) نیز مؤید وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام ذرت شیرین از نظر ارتفاع بوته بود.

عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک ذرت شیرین به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۵) (جدول ۱). به طوری‌که رقم مریت با ۲۰۶۰/۳ گرم بر متر مربع و رقم بیسین با ۱۶۲۸/۳ گرم بر متر مربع به ترتیب بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را دارا بودند (شکل ۲). مدنی و قاسمی (۱۳۸۹) در آزمایشی نشان دادند که نوع هیبرید بر عملکرد بیولوژیک ذرت شیرین اثر معنی‌داری داشت.

اگرچه تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیک ذرت شیرین اثر معنی‌داری را نشان نداد، ولی بین تراکم‌های مختلف، بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع با ۱۸۸۸ گرم در متر مربع و کمترین میزان مربوط به تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع با ۱۷۲۰/۷ گرم بر متر مربع بود (جدول ۲). سرلک و آقاعلیخانی (Sarlak & Aghaalikhani, 2011) نیز بیان کردند که تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیک ذرت شیرین تأثیر معنی‌داری نداشت. نیکنام و فرجی (Niknam & Faraji, 2012) گزارش کردند که با افزایش تراکم از ۷۵۰۰۰ به ۱۳۰۰۰۰ بوته در هکتار، عملکرد بیولوژیک به صورت معنی‌داری از ۲۴۷۲۰ به ۳۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. این تأثیر توسط پژوهشگران دیگر از جمله بلومنتال و همکاران (Blumenthal *et al.*, 2003) نیز تأیید شده است.

در این آزمایش اثر متقابل نوع رقم و تراکم بوته در سطح احتمال ۵٪ بر این صفت اثر معنی‌دار بود (جدول ۱)؛ بطوری‌که ارقام مریت در تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع با میزان ۲۲۷۰/۲ گرم در متر مربع و بیسن در تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع با میزان ۱۴۲۵/۸ گرم در متر مربع به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند. بر این اساس، واکنش ارقام مختلف نسبت به تراکم بوته متفاوت بود؛ به طوری‌که با افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۷/۵ بوته در متر مربع عملکرد بیولوژیک ارقام پاشن، مریت و چیس به ترتیب ۱۱، ۲ و ۱۲ درصد افزایش یافت، در حالی‌که در خصوص رقم بیسین با افزایش تراکم، کاهش ۶ درصدی بدست آمد (جدول ۴).

عملکرد تر بلال

اثر ساده نوع رقم، میزان تراکم و همچنین اثر متقابل نوع رقم و میزان تراکم بر وزن تر بلال تر ذرت شیرین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). بالاترین عملکرد بلال برای رقم مریت و کمترین عملکرد بلال برای رقم چیس به ترتیب به میزان ۱۲۷۹ و ۱۰۳۳ گرم بر متر مربع مشاهده شد (جدول ۳).

تفاوت عملکرد بلال سبز در رقم‌های مختلف ذرت شیرین توسط اردال و همکاران (Erdal *et al.*, 2011) نیز گزارش شده است. هیبرید مریت و تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع با عملکرد بلال ۱۱۹۹/۴ گرم بر متر مربع بالاترین و هیبرید چیس و تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع با عملکرد ۷۳۵ گرم بر متر مربع کمترین میزان عملکرد بلال را نشان دادند. با افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۷/۵ بوته در متر مربع عملکرد تر بلال ارقام پاشن، مریت، چیس و بیسین به ترتیب برابر با ۱۴، ۹، ۱۸ و ۱۲ درصد افزایش یافت (جدول ۴).

در بین تراکم‌های مختلف، تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع بالاترین و تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع پایین‌ترین عملکرد تر بلال را به ترتیب به میزان ۱۰۲۶/۵ و ۸۲۶/۶ گرم در متر مربع را داشتند (جدول ۲). کوکس (Cox, 2001) نشان داد که با افزایش تراکم گیاهی در برخی ارقام ذرت شیرین، عملکرد تر بلال افزایش یافت، در حالی‌که در برخی ارقام عملکرد تر بلال کاهش یافت.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر ساده تراکم بوته بر اجزای عملکرد و عملکرد ذرت شیرین

Table 2- Mean comparisons for the simple effect of plant density on yield and yield components of sweet corn cultivars

تراکم (بوته در متر مربع) Density (Plant.m^{-2})	ارتفاع بوته (cm) Plant height (cm)	عملکرد تر بلال (گرم در متر مربع) Fresh weight of ear (g.m^{-2})	تعداد بلال در بوته Ear number per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) Biological yield (g.m^{-2})	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield (g.m^{-2})	شاخص برداشت دانه (٪) Grain harvest index (%)
7.5	158.25a	934.9b	1.1c	293c	1800.9a	538.5b	30.3ab
6.5	143.25b	1026.5a	1.3b	298.6b	1888a	591.3a	31.8a
5.2	132.08c	826.6c	1.4a	301.9a	1720.7a	176.1c	27.8b

*میانگین‌های دارای حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the different letter(s) have significantly difference based on Duncan test (p≤0.05).

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر ساده رقم بر اجزای عملکرد و عملکرد ذرت شیرین

Table 3- Mean comparisons for the simple effect of plant density on yield and yield components of sweet corn cultivars

رقم Cultivar	ارتفاع بوته (cm) Plant height (cm)	عملکرد تر بلال (گرم در متر مربع) Fresh weight of ear (g.m^{-2})	تعداد بلال (در بوته) Ear number (No.plant^{-1})	وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g)	شاخص برداشت دانه (٪) Grain harvest index (%)
پاشن Passion	152a	981.6b	1.3b	295.8b	30.3a
مریت Merit	151.22a	1085.1a	1.4a	299.6a	30.4a
چیس Chase	146.22a	841.6c	1.2c	297.1ab	30.1a
بیسین Basin	128.6b	809.1d	1.2c	298.8a	29.2a

*میانگین‌های دارای حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the different letter(s) have significantly difference based on Duncan test (p≤0.05).

تعداد بلال در بوته

با بررسی نتایج مربوط به تعداد بلال در بوته ذرت شیرین مشاهده شد که اثر تراکم بر تعداد بلال در متر مربع معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱) (جدول ۱). تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع با ۱/۴ بلال در بوته بیشترین و تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع با ۱/۱ بلال در بوته کمترین تعداد بلال را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

رحمانی و همکاران (Rahmani *et al.*, 2009) نیز بیان کردند که میزان تراکم بوته در واحد سطح بر تعداد بلال در بوته تأثیر معنی‌دار شد. در تراکم‌های بیشتر به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح پایین بودن تعداد بلال در بوته جبران شد. رحمانی و همکاران (Rahmani *et al.*, 2009) در آزمایشی که بر روی سه تراکم (۶۶۰۰۰، ۸۵۰۰۰ و ۱۱۰۰۰ بوته در هکتار) انجام دادند، گزارش کردند که بیشترین تعداد بلال ذرت شیرین در بوته در هکتار از تراکم ۸۵۰۰۰ بوته بدست آمد و با افزایش تراکم بوته از میزان تعداد بلال در بوته کاسته شد. بالا رفتن تراکم گیاهی باعث می‌شود که رقابت گیاهان شدیدتر شده و در نتیجه رشد و تولید بلال در هر بوته کاهش یابد (Rahmani *et al.*, 2009). بک و لیس (Back & Lees, 1990) دلیل افزایش عملکرد بلال در تراکم‌های بالا را به افزایش تعداد بوته در واحد سطح نسبت دادند. نیکنام و فرجی (Niknam & Faraji, 2012) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته از ۷۵۰۰۰ به ۱۳۰۰۰۰ بوته در هکتار، تعداد بلال به طور معنی‌داری از ۷/۴ به ۱۲/۹ بلال در مترمربع افزایش یافت.

جدول۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و تراکم بر اجزای عملکرد و عملکرد ذرت شیرین

Table 4- Mean comparisons for the interaction between cultivar and plant density of on yield and yield components of sweet corn

رقم Cultivar	تراکم (بوته در متر مربع) Density (plant.m^{-2})	ارتفاع بوته (cm) Plant height (cm)	تعداد بلال (در بوته) Ear number (No.plant^{-1})	عملکرد تر بلال (گرم در متر مربع) Fresh weight of ear (g.m^{-2})	وزن هزار دانه (گرم) 1000-grain weight (g)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) Biological yield (g.m^{-2})	شاخص برداشت دانه (درصد) Harvest index (%)
پاشن Passion	5.2	138.33bcde	1.4bc	850.3fg	300.1abc	1836.5abc	26.7b
	6.5	150.67abcd	1.3d	1121.4b	289.4b	1783abc	36.7a
	7.5	164.67ab	1.1ef	973d	297.8abc	2036.4ab	27.5ab
مریت Merit	5.2	136.67bcde	1.6a	983.2d	301.5ab	1939.9abc	29.2ab
	6.5	152abcd	1.5ab	1199.4a	303a	2270.2a	30.5ab
	7.5	167.33a	1.3cd	1072.7c	294.4bcd	1970.6ab	31.5ab
چیس Chase	5.2	133.67cde	1.3d	735h	303.2a	1585bc	27.3b
	6.5	146abcde	1.2de	920.8e	294.4bcd	1561.1bc	34.1ab
	7.5	133.67cde	1f	868.9f	293.3cd	1770.7abc	28.8ab
بیسین Basin	5.2	142abcde	1.3d	737.8h	299.8abc	1521.4bc	28.1ab
	6.5	124.33de	1.2de	864.6fg	300.6abc	1937.6abc	25.9b
	7.5	119.67e	1f	824.9g	296.2abcd	1425.8c	33.5ab

*میانگین‌های دارای حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the different letter(s) have significantly difference based on Duncan test (p≤0.05).

همچنین اثر نوع رقم بر تعداد بلال ذرت شیرین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). به طوری‌که بیشترین تعداد بلال مربوط به رقم مریت با ۱/۴ بلال در بوته و کمترین تعداد بلال مربوط به ارقام چیس و بیسین با ۱/۲ بلال در بوته بود (جدول ۲). اگرچه اثر متقابل تراکم بوته و رقم‌های مختلف بر تعداد بلال در بوته ذرت شیرین معنی‌دار نبود (جدول ۱)، با این‌حال، بیشترین تعداد بلال در تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع و برای رقم مریت با ۱/۶ بلال در بوته بدست آمد و کمترین آن در تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع و برای ارقام چیس و بیسین با یک بلال در بوته حاصل گردید (جدول ۴). همانگونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، واکنش ارقام مختلف ذرت شیرین نسبت به تراکم بوته متفاوت بود، به طوری‌که افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۷/۵ بوته در متر مربع موجب کاهش تعداد بلال در بوته در ارقام پاشن، مریت، چیس و بیسین به ترتیب برابر با ۲۱، ۱۹، ۲۳ و ۲۳ درصد شد. رانکاراجان و همکاران (Rangarajan *et al.*, 2002) با بررسی اثر تراکم بوته و رقم بر عملکرد بلال و کیفیت آن در رقم زودکاشت ذرت‌شیرین در شرایط آب و هوایی نیویورک گزارش کردند که رقم و فاصله بوته روی ردیف تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بلال در واحد سطح داشت؛ به طوری‌که با افزایش فاصله ردیف، تعداد بلال در هکتار کاهش یافت.

وزن هزاردانه

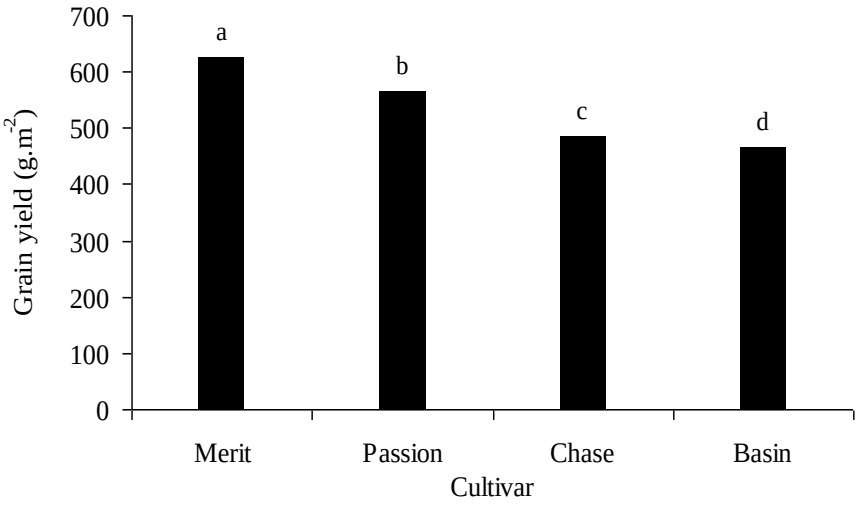
اثر تراکم بر وزن هزار دانه ذرت شیرین تأثیر معنی‌داری را نشان داد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع با وزن هزار دانه ۳۰۱/۹ گرم بالاترین وزن هزار دانه را داشت و تراکم ۷/۵ بوته در متر مربع با وزن هزار دانه ۲۹۳ گرم کمترین وزن هزار دانه را تولید کرد (جدول ۲). این نتایج با نتایج عبدالهی و همکاران (Abdolahei *et al.*, 2011) مبنی بر اثر تراکم بر وزن هزار دانه گیاه ذرت همخوانی داشت. این محققان با بررسی چهار تراکم ۶، ۷، ۸، ۹ بوته در متر مربع نشان دادند که بیشترین وزن هزار دانه به میزان ۳۷۸/۹ گرم از تراکم هفت بوته در متر مربع و کمترین آن به میزان ۳۴۳/۳ گرم برای تراکم نه بوته در متر مربع به دست آمد. نیکنام و فرجی (Niknam & Faraji, 2012) نیز نشان دادند که با افزایش تراکم بوته از ۷۵۰۰۰ به ۱۳۰۰۰۰ بوته در هکتار، وزن هزار دانه از ۲۹۰/۸ به ۲۶۹/۰ گرم کاهش یافت. به نظر می‌رسد که علت کاهش وزن هزار دانه تحت تأثیر افزایش تراکم کاشت رقابت زیادتر برای دریافت تشعشعات فعال فتوسنتزی و مواد غذایی می‌باشد (Abdolahei *et al.*, 2011). همانطور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، بین رقم‌ها از نظر وزن هزار دانه ذرت شیرین با احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. بالاترین وزن هزار دانه ۲۹۹/۶ گرم مربوط به رقم مریت و پایین‌ترین وزن هزاردانه ۲۹۵/۸ گرم مربوط به رقم پاشن می‌باشد (جدول ۳). وزن هزار دانه، صفتی است که وابستگی بیشتری به ویژگی‌های ژنتیکی ارقام داشته و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Lafond, 1994).

اگرچه اثرات متقابل تراکم و نوع رقم بر وزن هزار دانه اثر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱)، ولی با افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۷/۵ بوته در متر مربع وزن هزار دانه ارقام پاشن، مریت، چیس و بیسن کاهش یافت. البته میزان این کاهش برای ارقام مختلف متفاوت بود؛ به طوری‌که میزان این کاهش در شرایط افزایش تراکم بوته برای ارقام پاشن، مریت، چیس و بیسین به ترتیب برابر با ۱، ۲، ۳ و ۱ درصد تعیین شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که وزن هزار دانه به عنوان آخرین جزء عملکرد، عمدتاً صفتی ژنتیکی است که واکنش کمتری نسبت به عملیات زراعی نشان می‌دهد. در این راستا، عبدالهی و همکاران (Abdolahei *et al.*, 2011) نیز گزارش کردند که اثر متقابل تراکم بوته و رقم بر روی وزن هزار دانه گیاه ذرت معنی‌دار نبود.

عملکرد دانه

در این بررسی اثر نوع رقم بر عملکرد دانه ذرت شیرین معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۱). به طوری‌که بالاترین عملکرد دانه مربوط به رقم مریت با ۶۹۰ گرم بر متر مربع و کمترین آن مربوط به رقم بیسین با ۴۶۶ گرم بر متر مربع بود. بعد از رقم مریت بیشترین عملکرد مربوط به رقم پاشن با ۵۶۵ گرم در متر مربع بود (شکل ۳). نتیجه این آزمایش با گزارش فرهادی و همکاران (Farhadi *et al.*, 2008) مبنی بر اثر معنی‌دار نوع رقم بر عملکرد دانه، هم-

خوانی داشت. آنها اعلام نمودند که بالاترین عملکرد دانه مربوط به هیبرید شیمر با میانگین ۸/۳ تن در هکتار و کمترین آن مربوط به هیبرید KSC403 با ۶/۵ تن در هکتار بود. هاشمی-دزفولی و همکاران (Hashemi-Dezfoli *et al.*, 2001) بالاترین عملکرد دانه ذرت شیرین از ارقام hmx. Esteem و hmx.83 را در شرایط خوزستان شش تن در هکتار گزارش کردند. عبدالهی و همکاران (Abdolahei *et al.*, 2011) بیان کردند که بین ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد وجود داشت.



شکل۳- مقایسه میانگین اثر رقم بر عملکرد دانه ذرت شیرین

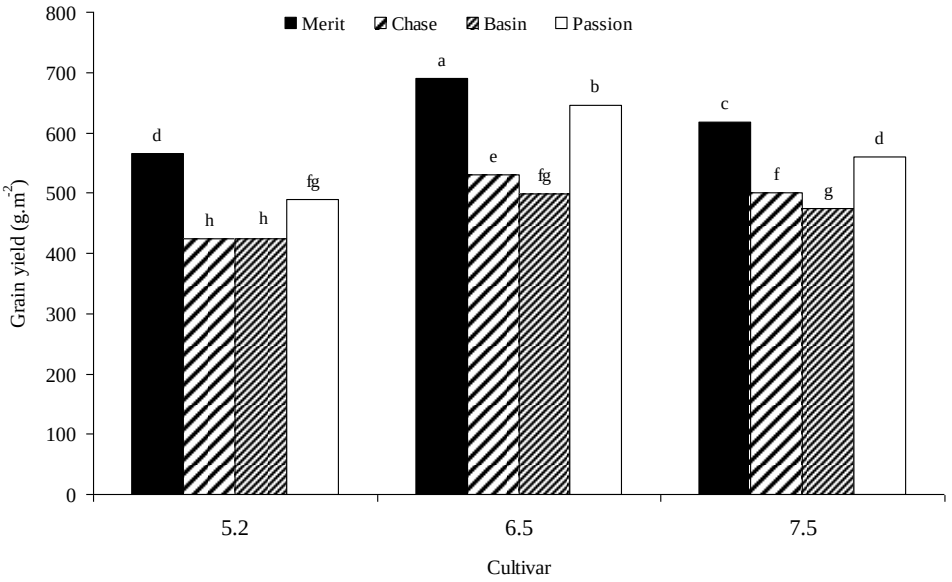
Figure 3- Mean comparisons for the eeffect of cultivar of grain yield of sweet corn

میانگین‌های دارای حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the different letter(s) have significantly difference based on Duncan test (p≤0.05).

اثر متقابل نوع رقم و تراکم‌های مختلف بوته از نظر عملکرد دانه معنی‌دار بود (p≤۰/۰۱) (جدول ۱). مقایسه میانگین این صفات نشان داد که بالاترین عملکرد در تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع و رقم پاشن با ۶۹۰/۸ گرم در متر مربع و کمترین آن مربوط به تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع و رقم چیس با ۴۲۳/۳ گرم بر متر مربع بود. اگرچه با افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۷/۵ بوته در متر مربع، عملکرد دانه ارقام مختلف ذرت شیرین افزایش یافت، ولی میزان این افزایش برای ارقام مختلف متفاوت بود، به طوری‌که این افزایش برای ارقام مریت، چیس، بیسین و پاشن به ترتیب برابر با ۹، ۱۸، ۱۲ و ۱۴ درصد تعیین شد (شکل ۴). واکنش عملکرد دانه ارقام مختلف ذرت شیرین در واکنش به تراکم-های بوته متفاوت بود، به طوری‌که با افزایش تراکم ابتدا عملکرد افزایش و سپس احتمالاً به دلیل اختلال در نسبت رشد رویشی به زایشی و افزایش رقابت ناشی از جذب منابع کاهش یافت. بدین ترتیب، در همه ارقام با افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۶/۵ بوته در متر مربع عملکرد دانه افزایش یافت و با افزایش بیشتر تراکم از ۶/۵ به ۷/۵ بوته در متر مربع عملکرد دانه کاهش یافت. همچنین با مقایسه ارقام مختلف ذرت شیرین به نظر می‌رسد که رقم پاشن بیشترین تأثیر را از تراکم پذیرفت (شکل ۴). در رقم پاشن با افزایش تراکم از ۵/۲ به ۶/۵ بوته در متر مربع، عملکرد دانه ۲۵ درصد افزایش و با افزایش تراکم از ۶/۵ به ۷/۵ بوته در متر مربع عملکرد دانه ۱۴ درصد کاهش یافت. در رقم مریت افزایش تراکم از ۵/۲ به ۶/۵ بوته در متر مربع، موجب افزایش ۱۸ درصدی عملکرد دانه شد، ولی با افزایش تراکم از ۶/۵ به ۷/۵ بوته در متر مربع کاهش ۱۱ درصدی عملکرد دانه را به دنبال داشت. در ارقام چیس و بیسین با افزایش

تراکم از ۵/۲ به ۶/۵ بوته در متر مربع، عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۲۰ و ۱۵ درصد افزایش و با افزایش تراکم از ۶/۵ به ۷/۵ بوته در متر مربع، عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۶ و ۵ درصد کاهش یافت (شکل ۴). در سطوح اولیه افزایش تراکم، میزان تولید در تک‌بوته به وسیله افزایش تعداد بلال در واحد سطح جبران می‌شود و در نتیجه، عملکرد افزایش می‌یابد، ولی با افزایش بیش از حد تراکم، کاهش اجزای عملکرد گیاه توسط مجموع بوته‌ها قابل جبران نیست و در نهایت، عملکرد کاهش می‌یابد (Morin & Dormancy, 1993). واکنش متفاوت عملکرد ارقام ذرت شیرین نسبت به تراکم در نتایج محققان زیادی گزارش شده است (William *et al.*, 2002). این نتیجه با گزارش فرهادی و همکاران (Farhadi *et al.*, 2008) مبنی بر معنی‌دار بودن اثر متقابل نوع رقم و تراکم بر میزان عملکرد دانه ذرت شیرین هم‌خوانی دارد. این محققان گزارش نمودند که بعضی ارقام عکس‌العمل کمتری نسبت به تراکم نشان می‌دهند. به طوری‌که تراکم ۷-۵ بوته در متر مربع بهترین عملکرد دانه را تولید می‌کند.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته و رقم بر عملکرد دانه ذرت شیرین

Figure 4- Mean comparisons for the interaction between plant density and cultivar on grain yield of sweet corn

میانگین‌های دارای حروف متفاوت، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن دارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the different letter(s) have significantly difference based on Duncan test (p≤0.05).

اثر تراکم بوته بر عملکرد دانه ذرت شیرین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در تراکم‌های مختلف بیشترین عملکرد دانه با ۵۹۱/۳ گرم بر متر مربع مربوط به تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع وکمترین آن مربوط به تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع با ۴۷۶/۱ گرم در متر مربع بود. بدین ترتیب، با افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۶/۵ بوته در متر مربع، عملکرد دانه ۲۰ درصد افزایش و با افزایش تراکم بوته از ۶/۵ بوته در مترمربع به ۷/۵ بوته در متر مربع عملکرد دانه ۹ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۲). افزایش عملکرد دانه در نتیجه افزایش تراکم گیاهی تا سطح مطلوب احتمالاً به واسطه بهبود رشد و افزایش اجزای عملکرد نظیر عملکرد تر بلال (جدول‌های ۲ و ۴) بوده که این موضوع توسط بلومنتال و همکاران (Blumenthal *et al.*, 2003) نیز گزارش شده است. بر اساس گزارش سینگ و آرورا (Singh & Arora, 2001) با افزایش تراکم بوته به علت کاهش فضای مورد نیاز گیاه و رقابت بر سرجذب کلیه منابع

محیطی به ویژه نور، عملکرد تک بوته کاهش می‌یابد، بنابراین، انتظار می‌رود تا سطحی از تراکم که افزایش تعداد بوته در واحد سطح زمین بتواند کاهش عملکرد در تک بوته را جبران نماید، افزایش تراکم بوته منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد و افزایش بیش از این میزان، به دلیل تشدید رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌ها برای فضا و جذب آب، عناصر غذایی و نور، موجب کاهش عملکرد می‌گردد.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نوع رقم بر شاخص برداشت ذرت شیرین اثر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۱). با این‌حال، در بین ارقام مختلف رقم مریت با شاخص برداشت ۳۰/۴ درصد بیشترین و رقم بیسین با ۲۹/۲ درصد کمترین شاخص برداشت را داشت (جدول ۳). این نتیجه با نتایج عزیزی و همکاران (۱۳۹۰) همخوانی داشت، ایشان در آزمایشی که بر روی سه رقم ذرت انجام دادند، گزارش کردند که شاخص برداشت ارقام مورد مطالعه از لحاظ آماری با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند.

تراکم بوته بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). شاخص برداشت بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های رویشی و زایشی گیاه می‌باشد (Niknam & Faraji, 2012). عزیزی و همکاران (Azizi *et al.*, 2011)، نیز بیان کردند که تراکم بوته در واحد سطح بر شاخص سطح برگ اثر معنی‌داری داشت. در بین تراکم‌های مختلف تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع با شاخص برداشت ۳۱/۸ درصد بیشترین و تراکم ۵/۲ بوته در متر مربع با شاخص برداشت ۲۷/۸ درصد کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۲).

نتایج مطالعه مختارپور و همکاران (Mokhtarpour *et al.*, 2008) بر روی چهار تراکم (۴۵، ۵۵، ۶۵ و ۷۵ هزار بوته در هکتار) ذرت شیرین نشان داد که بیشترین شاخص برداشت به تراکم ۶۵۰۰۰ بوته در هکتار اختصاص یافت. همچنین بذرافشان و همکاران (Bazrafshan *et al.*, 2005) بیان کردند که تأثیر تراکم بوته بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. عزیزی و همکاران (Azizi *et al.*, 2011) در آزمایشی بر روی چهار سطح تراکم ذرت (۶۵۰۰۰، ۷۵۰۰۰، ۸۵۰۰۰ و ۹۵۰۰۰ بوته در هکتار) بیان کردند که بیشترین و کمترین شاخص برداشت به ترتیب از تراکم‌های ۸۵۰۰۰ و ۶۵۰۰۰ بوته در هکتار بدست آمد.

اثر متقابل نوع رقم و تراکم بوته بر شاخص برداشت ذرت شیرین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین شاخص برداشت از رقم پاشن و تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع و کمترین آن از رقم بیسین و تراکم ۶/۵ بوته در متر مربع حاصل شد؛ به طوری‌که با افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۶/۵ بوته در متر مربع شاخص برداشت ارقام پاشن و چیس به ترتیب ۲۷ و ۲۵ درصد افزایش یافت و افزایش تراکم بوته تا ۷/۵ بوته در متر مربع کاهش ۲۵ و ۱۵ درصدی شاخص برداشت را موجب گردید. افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۷/۵ بوته در متر مربع، به ترتیب افزایش ۸ و ۱۹ درصدی شاخص برداشت ارقام مریت و بیسین را به دنبال داشت (جدول ۴). چنین به نظر می‌رسد که افزایش تراکم بوته تا سطح مطلوب از طریق تعادل بین نسبت رشد رویشی به زایشی باعث اختصاص سهم مطلوبی از مواد فتوسنتزی تولید شده به مخازن زایشی شده که در نهایت، شاخص برداشت را تحت تأثیر قرار داده است. البته در خصوص ارقام متفاوت، واکنش مختلفی مشاهده گردید. عزیزی و همکاران (Azizi *et al.*, 2011) نیز بیان کردند که اثر متقابل رقم و تراکم بر شاخص برداشت معنی‌دار بود.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که ارتفاع، عملکرد بیولوژیک، وزن تر بلال، عملکرد دانه و شاخص برداشت ارقام ذرت شیرین به طورمعنی‌داری تحت تأثیر سطوح تراکم بوته قرار گرفت؛ به طوری‌که با افزایش تراکم بوته تا سطح مطلوب از طریق بهبود رشد و اجزای عملکرد، وزن تر بلال و عملکرد دانه افزایش و پس از آن به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای کاهش یافت. تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام مختلف باعث بروز تفاوت در اجزای عملکرد و عملکرد گردید. به طوری‌که بالاترین عملکرد دانه در بین ارقام مورد مطالعه مربوط به رقم مریت بود. با افزایش تراکم بوته از ۵/۲ به ۷/۵ بوته در متر مربع رشد و صفات مورد مطالعه ارقام مختلف ذرت شیرین به طور متفاوتی تحت تأثیر قرار گرفت.

به طوری‌که افزایش تراکم بوته موجب افزایش به ترتیب ۱۴، ۹، ۱۸ و ۱۲ درصدی وزن تر بلال شد. با توجه به نتایج آزمایش به نظر می‌رسد که ذرت شیرین رقم مریت احتمالاً ظرفیت تولید بیشتری تحت تأثیر تراکم نسبت به دیگر ارقام مورد مطالعه در شرایط مشابه آزمایش حاضر تحت شرایط آب و هوایی مشهد دارد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره ۲/۳۱۹۳۹ مصوب ۱۳۹۳/۰۴/۰۸ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

Abdolahei, Y., Azizi, K. and Khorgami A. 2011. The effects plant density and cultivar on yield and yield component of corn (*Zea mays* L.). **J. Agron. Knowl.** 3(5): 43-52.

Afsharmanesh, G.R. 2007. Effect of planting time on yield of sweet and super sweet corn in Jiroft region. **New Knowl. Agric.** 3(1): 1-12. (In Farsi with English Summary)

Akintoye, H.A., Lucas, E.O. and Kling, J.G. 1997. Effects of density of planting and time of nitrogen application on maize varieties in different ecological zones of West Africa. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 28: 1163-1175.

Azizi, K., Mirzavand, K. and Darayee Monfared A. 2011. Evaluation of plant density and cultivar on qualitative yield of corn under Khorram Abad. **J. Knowl. Agron.** 4(4): 15-22. (In Farsi with English Summary)

Back, J.H. and Lees, J .1990. Effect of plant population on the number and weight of ear and gross income in sweet corn. **Korean J. Crop Sci.** 32: (2)117-121.

Bazrafshan, F., Fathi, G., Siadat, A., Aynehband, A., and Alami Sayeed, K. 2005. Study of planting pattern and plant density effects on yield and yield components of sweet corn. **Sci. J. Agric.** 28(2): 117-126. (In Farsi with English Summary)

Blumenthal, J.M., Lyon, D.J. and Stroup, W.W. 2003. Optimal plant population and nitrogen fertility for dry land corn in western Nebraska. **Agron. J.** 95: 878-883.

Cox, W.J. 2001. Corn silage and grain yield Response to plant densities. **J. Prod. Agric**. 70: 405-410.

Duncan, W.G. 1984. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. **Crop Sci.** 24: 114-1145.

Edwards, J.T., Purcell, L.C. and Vories, E.D. 2005. Light interception and yield potential of short-season maize (*Zea mays*) hybrids in the Mid-south. **Agron. J.** 97: 225-234.

Erdal, Ş., Pamukçu, M., Savur, O. and Teze, M. 2011. Evaluation of developed standard sweet corn (*Zea mays* sacharata L.) hybrids for fresh yield, yield components and quality parameters. **Turk. J. Field Crop.** 16(2): 153-156.

Farhadi, H., Madani, H., Shirzadi, M.H. and Nadjafi, A. 2008. Study of hybrid, weeds, and plant density on seed yield and yield components of sweet corn under Hormozgan climatic conditions. **New Knowl. Agric.** 3(2): 156-168. (In Farsi with English Summary)

Farivar, A. 1999. Production and Processing of sweet corn. **Zeytoon.** (140): 3-42. (In Farsi)

Gardner, E.H., Mansour, N.S., Mack, H.J., Jackson, T.L. and Burr, J. 2000. Sweet corn Eastern. Oregon-east of cascades Oregon state university extension service. http://eesc. Orst. Edu.

Hashemi-Dezfoli, S.A., Alemi-Saeid, K., Siadat, S.A. and Komayli, N.R. 2001. The Effect of planting data on yield potential of two sweet corn hybrids in Khuzestan climatological conditions. **Iran. J. Agric. Sci.** 32(4): 681-689. (In Farsi with English Summary)

Lafond, G.P. 1994. Effects of row spacing, seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero-till management. **Can. J. Plant Sci.** 74:703-711.

Madani, H. and Ghasemi, F. 2010. Effect of planting date on yield and yield components of sweet corn varieties under Arak climatic conditions. **Agric. New Find.** 5(2): 179-189. (In Farsi with English Summary)

Martin, R.J. and Deo, B. 2000. Effect of plant population on calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. **New Zeal. J. Crop Hort. Sci.** 28: 37-44.

Mokhtarpour, H., Mosavat, S., Bazi, M. and Saberi, A. 2007. Effects of sowing date and plant density on qualitative and quantitative forage yield of sweet corn KSC403 in spring sowing. **Seed Plant Imp. J.** 23 (4):473-487. (In Farsi with English Summary)

Mokhtarpour, H., Mosavat, S., Bazi, M. and Saberi, A. 2008. Effects of sowing date and plant density on ear yield of sweet corn in summer sowing. **Elect. J. Crop Prod.** 7(1): 101-116. (In Farsi with English Summary)

Morin, C.D. and Dormancy, H. 1993. Row spacing, plant population, and water management effect on corn in the Atlantic coastal plain. **Agron. J.** 77: 393- 398.

Morris, T., Hamilton, G. and Harney, S. 2000. Optimum plant population for fresh market sweet corn in the Northeastern United States. **Hort. Technol.** 10: 331-3.

Niknam, N. and Faraji, H. 2012. Effect of plant density and nitrogen on yield and yield components of maize var. 704. **Agron. J. (Pajouhesh & Sazandegi)** (102): 54-60. (In Farsi with English Summary)

Oktem, A. 2005. Response of sweet corn to nitrogen and intra row space in semi arid region. **Pak. J. Biol. Sci.** 160: 160-163.

Oktem, A., Eulgun Oktem, A. and Coskun, Y. 2004. Determination of sowing dates of sweet corn (*Zea mays* L. Saccharata sturt.) under Sanliurfa conditions. **Turk. J. Agric. For.** 28: 83-91.

Rahmani, A., Hossein, S., and Khavari, S. 2009. Effects of sowing date and plant density on morphological triats, yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L.). **Agroecol. J.** 2(2): 302-312. (In Farsi with English Summary)

Rangarajan, A., Ingall, B., Orfanedes, M. and Wolf, D. 2002. In row spacing and cultivar affects ear yield and quality of early-planted sweet corn. **Hort. Technol.** 12: 410-415.

Sarlak, S. and Aghaalikhani, M. 2011. Effect of plant density and mixing ratio on crop yield in sweet corn (*Zea mays* L. var Saccharata) and mungbean (*Vigna radiata* L.) intercropping. **Iran. J. Crop Sci.** 11(4): 367-380. (In Farsi with English Summary)

Shapiro, A.C. and Wortmann, S.C. 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in eastern Nebraska. **Agron. J.** 98: 529-535.

Sidehvand, M. 2000. Effects of different planting patterns and density on growth physiological indices and yield of seed and forage corn S.C. 704. MSc Thesis in Agronomy, University of Sistan and Balouchestan, Zahedan. (In Farsi with English Summary)

Singh, V.P. and Arora, A. 2001. Intraspecific variation in nitrogen up-take and nitrogen utilization efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Crop Sci.** 186: 239-244.

William, D., Widdicombe, A. and Kurt, D. 2002. Row width plant density effect on corn Forage hybrids. **Agron. J.** 42: 25-36.

Effect of plant density on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* var. Saccharata) cultivars under Mashhad climatic conditions

Abolfazl Mirshekari Ahmadi[1], Surur Khorramdel[2*] and Alireza Koocheki[3]

1- Msc Student in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
3- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

*- Corresponding author: Khorramdel@um.ac.ir

Received: 2015.04.08 **Accepted: 2015.08.12**

Abstract

Sweet corn is a cultivar of common corn with high sugar content which is harvested at grain pre-mature stage and used as a vegetable. In order to evaluate the effect of plant density on yield and yield components of sweet corn cultivars, an experiment was conducted as factorial layout based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during the growing season of 2013-2014. Three plant densities (5.2, 6.5 and 7.5 plants.m^{-2}) and four cultivars (Merit, Passion, Basin and Chase) were considered as treatments. Studied traits were plant height, yield components (fresh weight of ear, ear number per plant and 1000-grain weight), biological yield, grain yield and harvest index (HI). The results showed that the simple effect of plant density and cultivar was significant on plant height, ear number per plant and 1000-grain weight of sweet corn. By increasing plant density, fresh yield of ear and grain yield were enhanced first and declined afterwards until physiological maturity due to intra-species competition, so the highest grain yield was obtained with 6.5 plants.m^{-2} (591/3 g.m^{-2}). The maximum and minimum biological yield were observed with 6.5 plants.m^{-2} (1888 g/m^{-2}) and 5.2 plants.m^{-2} (1720 g/m^{-2}), respectively. Interaction effects between plant density and cultivar were significant for fresh weight of ear, biological yield grain yield and. In general, according to the results, Merrit has higher production potential affected by plant density under Mashhad climatic conditions.

Keywords: Sweet corn, Plant density, Cultivar, Fresh weight of ear, Sugar content