وراثت‌پذیری و هتروزیس صفات در لاین‌ها و ترکیبات سینگل کراس ذرت شیرین (*Zea mays* L.)

عبدالناصر مهدی‌پور[1]، سعید خاوری خراسانی[2]، حسن حمیدی[3]* و الهام عزیزی[4]

۱- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
۲- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
۳*- **نویسنده مسئول:** کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (Hamidy1065@yahoo.com)
۲- عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۲۷

چکیده

ذرت شیرین یکی ازگیاهان زراعی با ارزش است و به‌عنوان یکی از سبزیجات مفید و با ارزش غذایی بالا می‌تواند در سبد غذایی خانوارها وارد و تثبیت گردد. به‌منظور بررسی ترکیب‌پذیری و هتروزیس در ژنوتیپ‌های مختلف ذرت شیرین، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی انجام شد. در این تحقیق ۳۷ ژنوتیپ شامل ۱۸ لاین اینبرد و ۱۹ هیبرید سینگل کراس جدید ذرت شیرین مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات مورد مطالعه شامل صفات فنولوژیک، صفات مرفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین ژنوتیپ‌های مختلف ذرت شیرین از نظر کلیه صفات اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد دانه قابل کنسرو در هیبرید $Temptation_2 \times Chase$ با ۲۶/۲۷۳ تن در هکتار و کمترین آن در لاین $Challenger_2$ با ٤/٤ تن در هکتار حاصل شد. بررسی مقادیر وراثت‌پذیری عمومی نشان داد که بیشترین وراثت‌پذیری در صفت طول تاسل به میزان ۹٦/٦۳ درصد مشاهده شد. بیشترین میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر برای عملکرد دانه قابل کنسرو در ژنوتیپ $Temptation_2 \times Chase$ به ترتیب معادل ۲۸۰/۷۲ و ۳۳۷/۱ درصد به‌دست آمد. کمترین میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر نیز برای عملکرد دانه قابل کنسرو در ژنوتیپ $K^{\wedge}_{S2/2}\text{-}82 \times Obsission_{S2}$ به ترتیب معادل ۲٤/۷۲- و ۲۱/٥٦- درصد حاصل شد. بالاترین همبستگی بین روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی و گرده‌افشانی مشاهده گردید. بین عملکرد دانه قابل کنسرو و سایر صفات به استثنای فاصله گرده‌افشانی و کاکل‌دهی و تعداد برگ همبستگی معنی‌داری وجود داشت. نتایج تجزیه کلاستر کلیه ژنوتیپ‌ها را به چهار خوشه تقسیم نمود به‌طوری‌که لاین‌های مورد بررسی در خوشه‌های اول و دوم و ترکیبات سینگل کراس درخوشه‌های سوم و چهارم جای گرفتند. بنابراین برخی از ترکیبات سینگل کراس می‌توانند به‌عنوان هیبریدهای امیدبخش در برنامه‌های ارزیابی نهایی تا معرفی هیبریدهای جدید مورد استفاده قرار گیرند.

کلید واژه‌ها: ذرت شیرین، صفات مورفولوژیک، صفات فنولوژیک، هتروزیس، وراثت‌پذیری.

مقدمه

ذرت شیرین با نام علمی (*Zea mays* L.) یکی از گیاهان زراعی با ارزش است که در سال‌های اخیر تولید و مصرف آن گسترش قابل توجهی داشته است و به‌عنوان یکی از سبزیجات مفید با ارزش غذایی بالا می‌تواند در سبد غذایی خانوارها وارد گردد. ذرت شیرین گیاهی

است پرسود با دوره رشد نسبتاً کوتاه که عملکرد آن در واحد سطح نسبت به گیاهان مشابه (دارای طول دوره رشد کوتاه) به مراتب بیشتر است (Khodabandeh, 1997).

زودرسی و زودگلدهی یکی از اهداف اصلی اصلاح ذرت در کشور است. از مزایای قابل توجه ارقام ذرت شیرین زودرسی می باشد. اغلب ارقام ذرت موجود در کشور به جز هیبریدهای زودرس دو منظوره بوده و علاوه بر تولید دانه برای تولید علوفه نیز کشت می‌گردند (Khavari Khorasani and Ghazian, 2011). اغلب پژوهش‌های انجام شده بر روی ذرت شیرین در آمریکا صورت گرفته است (Maddonni *et al.*, 1998). در ایالات متحده آمریکا ذرت شیرین از نظر سطح زیرکشت و فرآوری صنایع غذایی مقام دوم را دارا است و از نظر ارزش تجاری در مقام چهارم می‌باشد. اصلاح ذرت جهت افزایش عملکرد دانه، علوفه سیلویی و مقاومت در برابر آفات و امراض گیاهی بر پایه اصلاح جمعیت‌ها و تولید واریته‌های هیبرید می‌باشد (Khodabandeh, 1997).

وراثت‌پذیری در گیاهان را می‌توان بر مبنای گیاهان انفرادی در یک محیط منفرد، گیاهانی که در یک کرت در یک محیط رویانده شده‌اند یا فامیل‌های رویانده شده در کرت‌های دارای تکرار در چندین محیط مستقل ارزشیابی کرد (Konak *et al.*, 1999).

در ژنتیک کمی، هتروزیس به‌صورت برتری یک هیبرید بر روی میانگین والدینش تعریف می‌شود. یک هیبرید می‌تواند یک دو رگه ساده، یک تلاقی سه جانبه یا یک تلاقی مضاعف باشد. هتروزیس در اصلاح نباتات طبق نظر Shull (۱۹۰۸) به مفهوم تفسیر افزایش قدرت، اندازه، میوه، سرعت رشد، مقاومت به بیماری‌ها و آفات یا ناهنجاری‌های محیطی توسط موجودات هیبرید در مقایسه با اینبردهای آن‌ها به علت عدم شباهت بین اتحاد گامت‌های والدینی می‌باشد. در این تعریف Shull (۱۹۰۸) تشخیص داد که توان هیبرید در نتیجه‌ی تلاقی دو فرد است. Jones (۱۹۱۸) پی برد که از تلاقی دو سینگل کراس یک دابل کراس به‌وجود می‌آید که سبب به وجود آمدن بذر هیبرید کافی می‌شود. حداکثر هتروزیس در F_1 است و در F_2، ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. لذا زارعین نیاز دارند که هر سال بذر هیبرید جدید خریداری کنند.

Alam و همکاران (۲۰۰۸) معنی‌دار بودن هتروزیس منفی نسبت به والد برتر را در مورد صفت روز تا ظهور گرده در گیاه ذرت گزارش دادند. بهترین روش اصلاحی جهت افزایش عملکرد ذرت در واحد سطح، تولید ارقام هیبرید است (Hallauer and Miranda, 1988). از طرف دیگر به خاطر کمبود زمین زراعی و منابع آبی می‌توان با استفاده از سیستم چندکشتی در سال، حداکثر استفاده از زمین زراعی را برد و برای این منظور بایستی هیبریدهای زودرس را بعد از برداشت غلات کشت نمود و ثانیاً آن‌که با افزایش تراکم، کمبود عملکرد هیبریدهای زودرس نسبت به دیررس را جبران کرد (Poehlman, 1986).

MosaAbadi و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه ۶۰ تست کراس ذرت نشان دادند که تفاوت معنی‌داری بین هیبریدهای تست کراس از نظر تمام صفات مورد بررسی به جز تعداد بلال در بوته وجود داشت.

Khavari Khorasani و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی ویژگی‌های زراعی نه رقم ذرت شیرین (چهار رقم ذرت شیرین و چهار رقم ذرت خیلی شیرین به همراه رقم شاهد دانه طلایی ($KSC403_{su}$) در مشهد نتیجه گرفتند که بین ارقام تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که رقم زودرس (چیس) با میانگین ۱۶/۶۵ تن دانه بالاترین عملکرد دانه قابل کنسرو شدن را به خود اختصاص داد.

Azizi (۲۰۰۷) با مقایسه عملکرد و سایر صفات در هیبریدهای مختلف ذرت شیرین نشان داد که هیبریدهای مختلف در مکان‌های مختلف واکنش نسبتاً متفاوتی را دارند به‌طوری که هیبرید $KSC403_{su}$ در مناطق

آزمایشی کرج، مشهد، گرگان و ورامین از عملکرد کمتری نسبت به سایرین برخوردار بوده است و هیبرید Basin در کرج، مشهد و ورامین و در شهرهای گرگان و جیرفت به ترتیب هیبریدهای Obsession و Harvest gold بیشترین عملکرد دانه در بوته را داشته‌اند.

Faridi (۲۰۱۰) با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ذرت شیرین و فوق شیرین گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه و شاخص برداشت در رقم Obsession و کمترین آن‌ها در رقم Basin مشاهده شد.

مطالعه کنترل ژنتیکی اجزاء عملکرد دانه شامل تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه و طول بلال جهت بهبود عملکرد دانه مورد توجه محققین مختلف بوده است (Shirmohammadali, 1988؛ Nour Mohammadi *et al.*, 1998؛ Stuber, *et al.*, 1966).

Hallauer and Eberhart (۱۹۶۶) با بررسی تلاقی‌های دای آلل در نه جامعه مخلوط، مقدار هتروزیس برای عملکرد دانه، در همه جوامع نسبت به والد ثابت، میانگین والدین و والد برتر به ترتیب ۱۲، ۱۱ و ۶ درصد گزارش نمودند. Shirmohammadali (۱۹۸۸) گزارش نمود که هتروزیس حاصل از تلاقی دای آلل نه اینبرد لاین ذرت برای عملکرد، تعداد دانه در ردیف، طول بلال، ارتفاع بلال و ارتفاع بوته به‌ترتیب ۷۴/۲، ۳۷/۴، ۳/۹، ۱۹/۲۱ و ۱۶/۹ درصد می‌باشد.

Rezaei و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که بیشترین مقدار هتروزیس برای عملکرد دانه و کمترین آن برای تعداد ردیف دانه به‌دست آمد. صفت تعداد روز از کاشت تا ظهور ۵۰ درصد ازگل‌های تاجی هتروزیس منفی نشان داد. هم‌چنین کلیه صفات از توارث‌پذیری عمومی بالائی (۰/۸۵ تا ۰/۹۵) برخوردار بودند.

Zare و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که افزایش تعداد دانه در ردیف بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، عمقدانه، تعداد ردیف دانه در بلال و کاهش تعداد روز تا ظهور کاکل و رسیدن فیزیولوژیک، جهت بهبود عملکرد دانه مطلوب به نظر می‌رسد. دامنه تغییرات وراثت‌پذیری عمومی نیز از ۱۶ درصد برای عمق دانه تا ۹۳ درصد برای تعداد ردیف دانه در بلال متغیر بود.

با توجه به مزایای بالقوه‌ای که برای کاشت ذرت شیرین وجود دارد، انجام تحقیقات همه جانبه اعم از به زراعی و به نژادی در این گیاه ضروری می‌باشد. هدف از اجرای این تحقیق بررسی وراثت پذیری و هتروزیس در لاین‌ها و ترکیبات سینگل کراس ذرت شیرین بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش، به‌منظور بررسی وراثت‌پذیری و هتروزیس در لاین‌ها و هیبریدهای سینگل کراس ذرت شیرین (*Zea mays* L.) به مدت یکسال زراعی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۱ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه تحقیقات طرق) واقع در ۶ کیلومتری جنوب شرقی مشهد با مشخصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی به ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا با متوسط بارندگی ۲۶۰ میلی‌متر و آب و هوای آن بر اساس اقلیم‌بندی به روش آمبرژه، خشک و سرد با حداکثر و حداقل درجه حرارت مطلق به ترتیب ۴۳/۴ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد، اجرا گردید. در این آزمایش ۳۷ ژنوتیپ ذرت شیرین جدول (۱) شامل ۱۸ لاین و ۱۹ هیبرید جدید در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این تحقیق هر کدام از لاین‌ها و هیبریدها بر روی دو خط ۵ متری با تراکم ۷/۶ بوته در متر مربع کشت شد. فاصله بین ردیف‌های کشت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۷/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بنابراین مساحت هر کرت آزمایشی ۷/۵ متر مربع بود.

جدول ۱- کد و اسامی لاین‌ها و ترکیبات سینگل کراس مورد مطالعه ذرت شیرین

Table 1. Code and names of lines and single cross combinations of studied sweet corn

ترکیبات سینگل کراس Single cross combinations	کد Code	ترکیبات سینگل کراس Single cross combinations	کد Code	ترکیبات سینگل کراس Single cross combinations	کد Code	لاین‌ها Lines	کد Code
$Challenger_1 \times Basin_1$	31	$Temptation_1 \times Power\ house$	21	Basin	11	Power house	1
$Temptation_{S2/1} \times Chase_{S2}$	32	$Temptation_1 \times Temptation_2$	22	$Temptation_{S2/1}$	12	$Basin_1$	2
$Temptation_{S2/2} \times Chase_{S2}$	33	$Temptation_2 \times Temptation_1$	23	$Temptation_{S2/2}$	13	$Challenger_1$	3
$Temptation_{S2} \times K^{\wedge}_{S2/2}$-82	34	$Temptation_{2/1} \times Power\ house$	24	$Temptation_{S2/3}$	14	$Temptation_1$	4
$Obsission_{S2} \times K^{\wedge}_{S2/2}$-82	35	$Temptation_{2/2} \times Power\ house$	25	$Chase_{S2}$	15	$Temptation_2$	5
$K^{\wedge}_{S2/2}$-82×$Obsission_{S2}$	36	$Temptation_2 \times Chase$	26	$Obsission_{S2}$	16	Chase	6
$Chase_{S2} \times Temptation_{S2}$	37	Chase×Power house	27	$K^{\wedge}_{S2/2}$-82	17	$Sweet_2$	7
		$Chase \times Temptation_1$	28	$K^{\wedge}_{S13/2}$-82	18	Power $house_{S}$	8
		$Chase \times Temptation_2$	29	Basin×Challenger	19	Harvest gold	9
		Harvest gold×$Power\ house_{S2}$	30	Challenger×Basin	20	$Challenger_2$	10

زمان آبیاری بر اساس عرف محل مشخص گردید. زمین آزمایشی به مساحت ۱۱۰۰ متر مربع انتخاب و پس از آماده‌سازی زمین، کاشت بذور در اوایل خرداد ماه انجام شد. عملیات تهیه بستر بذر شامل شخم، دیسک، لولر، پخش کود و در آوردن ردیف‌های کاشت بود. کلیه مراقبت‌های زراعی شامل آبیاری، تنک (در مرحله ۴-۳ برگی)، وجین علف‌های‌هرز (در دو مرحله تنک و قبل از گلدهی) و تغذیه گیاه بر اساس توصیه کودی مؤسسه تحقیقات آب و خاک کشور شامل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود که تمامی کودهای فسفات و پتاسه به همراه یک چهارم کود ازته در زمان کاشت و مابقی کود ازته به‌صورت سرک در مرحله ۵-۲ و ۱۲-۱۰ برگی مصرف شد. آبیاری به صورت شیاری سطحی صورت گرفت.

صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد بود. صفات فنولوژیک شامل تعداد روز تا شروع ظهور تاسل، روز تا گرده‌افشانی، روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی و فاصله گرده‌افشانی و کاکل‌دهی می‌باشد که بر اساس بروز صفت در حداقل ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت تعیین شد. صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته و بلال اصلی، طول تاسل، تعداد کل برگ و تعداد برگ بالای بلال می‌باشد که بر روی ۱۰ بوته تصادفی رقابت‌کننده در هر کرت اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت عملکرد دانه قابل کنسرو تصحیح شده بر اساس ۷۰ درصد رطوبت تعیین گردید. سپس اجزای عملکرد بر روی هشت بلال تصادفی در هر کرت اندازه‌گیری شد. اجزای عملکرد شامل تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه، عمق دانه و طول بلال بود.

عمق دانه در ۱۰ بلال تصادفی به‌عنوان نماینده هر کرت از فرمول زیر محاسبه و یادداشت شد:

$$\text{عمق دانه (میلی‌متر)} = \frac{\text{قطر چوب بلال} - \text{قطر بلال}}{2}$$

تقسیم بر ۲ شدن در فرمول فوق به دلیل آنست که هر دو طرف چوب بلال به صورت دایره‌ای از دانه وجود دارد. با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات، واریانس‌های ژنوتیپی ($\acute{o}^2_g$)، محیطی ($\acute{o}^2_e$) و فنوتیپی ($\acute{o}^2_p$) محاسبه و وراثت‌پذیری عمومی (h^2_b) صفات به طریقه ذیل برآورد شد (Kempthorne, 1969).

$$\acute{o}^2_g=(MS_g-MS_e)/r,\ \acute{o}^2_e=MS_e,\ \acute{o}^2_p=\acute{o}^2_g+\acute{o}^2_e$$
$$h^2_b=\acute{o}^2_g / \acute{o}^2_p$$

اندازه‌گیری هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین و به طریقه زیر محاسبه گردید:

$$\text{هتروزیس نسبی} = \frac{\text{میانگین } f1 - \text{میانگین والدین}}{\text{میانگین والدین}} \times 100$$

برای اندازه‌گیری هتروزیس نسبت به والد برتر نیز از فرمول زیر استفاده شد (Bitzer *et al.*, 1968):

$$\left(\text{هتروبلتیوزیس}\right) = \frac{\text{میانگین } f1 - \text{میانگین والد برتر}}{\text{میانگین والد برتر}} \times 100$$

داده‌های حاصل توسط نرم‌افزار Excell ثبت و سپس با استفاده از نرم‌افزار $SAS_{9.1}$ تجزیه و تحلیل گردید. مقایسه میانگین بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای آگاهی از رابطه بین صفات از ضرایب همبستگی استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات فنولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ بر کلیه صفات فنولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). شروع ظهور تاسل‌دهی می‌تواند در شرایط اقلیمی مختلف تغییر کند و تابع شرایط محیط و ژنوتیپ می‌باشد. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بیشترین (۵۶/۵) و کمترین (۴۳) روز تا شروع ظهور تاسل به‌ترتیب در لاین‌های $K^{\wedge}_{S13/2}$-82 و $Temptation_{S2/1}$ مشاهده شد. بیشترین (۶۵/۵) و کمترین (۴۵) روز تا گرده‌افشانی و بیشترین (۷۲) و کمترین (۵۱) روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی به‌ترتیب در لاین $Sweet_2$ و هیبرید $Temptation_{S2/1}\times Chase_{S2}$ مشاهده گردید. بیشترین (۱۱/۵ روز) فاصله گرده‌افشانی و کاکل‌دهی مشترکاً در لاین $Obsission_{S2}$ و هیبرید Challenger×Basin وجود داشت. کمترین مقدار این صفت (۴/۵ روز) در هیبرید $Temptation_{2/1}\times$Power house مشاهده شد (جدول ۳). یکی از مهم‌ترین مشکلات در تولید ذرت در استان خراسان رضوی، سرمازدگی انتهای فصل می‌باشد که با تولید ارقام زودرس و دارای فصل رشد کوتاه می‌توان به خوبی از سرمای انتهای فصل اجتناب نمود. روز تا گرده‌افشانی یکی از صفات مهم در انتخاب ارقام و لاین‌ها می‌باشد و با این صفت می‌توان برنامه‌ریزی صحیحی برای زمان کاشت و مقدار لازم آب آبیاری در شرایط سخت داشت تا بتوان با نظر کارشناسانه قوی نسبت به انتخاب ارقام برای مناطق مختلف داشت. نتایج پژوهش بررسی اثر تراکم و روش کاشت بر روی ذرت شیرین نشان داد که فاصله بین گرده‌افشانی تا ظهور کاکل در رقم دانه طلایی ($KSC403_{su}$) با متوسط ۹/۵ روز زودتر نسبت به رقم Chase بود (Nasrolah Alhossini *et al.*, 2011). بیشتر بودن فاصله بین گرده‌افشانی تا ظهور کاکل می‌تواند منجر به ازبین رفتن دانه گرده گردیده و درنهایت بر تعداد دانه و عملکرد تأثیر منفی بگذارد.

عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج نشان داد که اثر ژنوتیپ بر کلیه صفات عملکرد و اجزای عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

بیشترین (۲۶/۲۷۳ تن در هکتار) و کمترین (۴/۴۰۰ تن در هکتار) عملکرد دانه قابل کنسرو به‌ترتیب در هیبرید $Temptation_2\times$Chase و لاین $Challenger_2$ مشاهده شد. هم‌چنین بیشترین تعداد دانه در ردیف (۴۷/۴۸)، تعداد ردیف دانه (۱۹/۱۹) و طول بلال (۲۲/۰۹ سانتی‌متر) در هیبرید $Harvest\ gold\times Power\ house_{S2}$ وجود داشت. در حالی‌که کمترین تعداد دانه در ردیف (۱۳/۳۱) و تعداد ردیف دانه (۹/۵۰) در لاین $Temptation_{S2/2}$ مشاهده گردید. کمترین طول بلال (۱۲/۳۱ سانتی‌متر) در لاین $Temptation_2$ حاصل شد. بیشترین (۶/۵۹ میلی‌متر) و کمترین (۲/۳۵ میلی‌متر) عمق دانه نیز به‌ترتیب در هیبرید $Chase_{S2}\times Temptation_{S2}$ و لاین $Basin_1$ به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فنولوژیکی در لاین‌ها و ترکیبات سینگل کراس ذرت شیرین

Table 2. Results of variance analysis (mean squares) for phenological traits in lines and single cross combinatios of sweet corn

فاصله گرده‌افشانی و کاکل‌دهی Anthesis silking interval	روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی Days to silking	گرده‌افشانی Pollination	شروع ظهور تاسل Tasseling	درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
1.327^{ns}	1.117^{ns}	0.061^{ns}	4.926^{ns}	2	تکرار Replication
10.911^{**}	80.728^{**}	78.297^{**}	42.651^{**}	36	ژنوتیپ Genotype
2.604	3.279	1.616	3.815	72	خطا Error
20.30	3.04	2.46	4.09		ضریب تغییرات (C.V) ٪

** و ns به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

**, ns: significant at 0.01 probability levels and non significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات فنولوژیکی در لاین‌ها و ترکیبات سینگل کراس ذرت شیرین

Table 2. Means comparison of phenological traits in lines and single cross combinatios of sweet corn

فاصله گرده‌افشانی و کاکل‌دهی (روز) Anthesis silking interval (day)	روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی Days to silking	گرده‌افشانی (روز) Pollination (day)	شروع ظهور تاسل (روز) Tasseling (day)	لاین‌ها و ترکیبات سینگل کراس
8.0^{b-h}	61.0^{dc}	53.0^{gh}	47.0^{e-h}	Power house
9.5^{a-e}	70.5^{a}	61.0^{b}	55.0^{ab}	$Basin_1$
7.5^{c-i}	64.5^{bc}	57.0^{de}	54.0^{a-c}	$Challenger_1$
8.0^{b-h}	55.5^{g-i}	47.5^{j-l}	45.0^{g-i}	$Temptation_1$
7.0^{d-i}	58.0^{e-g}	51.0^{hi}	46.0^{f-i}	$Temptation_2$
8.5^{a-g}	58.0^{e-g}	49.5^{ij}	46.0^{f-i}	Chase
6.5^{e-i}	72.0^{a}	65.5^{a}	54.5^{ab}	$Sweet_2$
8.5^{a-g}	56.5^{f-h}	48.0^{j-l}	45.5^{g-i}	$Power\ house_{S2}$
9.5^{a-e}	66.5^{b}	57.0^{de}	52.0^{a-d}	Harvest gold
9.0^{a-f}	63.0^{cd}	54.0^{fg}	47.0^{e-h}	$Challenger_2$
6.0^{f-i}	65.5^{bc}	59.5^{bc}	52.0^{b-d}	Basin
6.5^{e-i}	53.0^{ij}	46.5^{k-m}	43.0^{i}	$Temptation_{S2/1}$
11.0^{ab}	59.5^{ef}	48.5^{jk}	46.0^{f-i}	$Temptation_{S2/2}$
9.0^{a-f}	61.0^{de}	52.0^{gh}	48.0^{e-g}	$Temptation_{S2/3}$
10.0^{a-d}	58.0^{e-g}	48.0^{j-l}	46.0^{f-i}	$Chase_{S2}$
11.5^{a}	70.0^{a}	58.5^{cd}	54.0^{a-c}	$Obsission_{S2}$
7.0^{d-i}	63.0^{cd}	56.0^{ef}	49.5^{d-f}	$K^{\wedge}_{S2/2}$-82
5.0^{hi}	65.0^{bc}	60.0^{bc}	56.5^{a}	$K^{\wedge}_{S13/2}$-82
7.5^{c-i}	60.5^{de}	53.0^{gh}	50.5^{cd}	Basin×Challenger
11.5^{a}	59.5^{ef}	48.0^{j-l}	46.0^{f-i}	Challenger×Basin
9.0^{a-f}	58.5^{e-g}	49.5^{ij}	45.5^{g-i}	$Temptation_1$×Power house
10.0^{a-d}	57.5^{e-g}	47.5^{j-l}	45.5^{g-i}	$Temptation_1$×$Temptation_2$
9.5^{a-e}	57.5^{e-g}	48.0^{j-l}	46.0^{f-i}	$Temptation_2$×$Temptation_1$
4.5^{i}	55.7^{g-i}	49.5^{ij}	45.5^{g-i}	$Temptation_{2/1}$×Power house
10.0^{a-d}	58.0^{e-g}	48.0^{j-l}	46.0^{f-i}	$Temptation_{2/2}$×Power house
7.0^{d-i}	54.0^{h-j}	47.0^{j-m}	44.0^{h-i}	$Temptation_2$×Chase
6.0^{f-i}	55.5^{g-i}	49.5^{ij}	45.5^{g-i}	Chase×Power house
7.5^{c-i}	54.0^{h-j}	46.5^{k-m}	44.0^{hi}	Chase×$Temptation_1$
8.5^{a-g}	57.5^{e-g}	49.0^{ij}	45.0^{g-i}	Chase×$Temptation_2$
9.5^{a-e}	60.5^{de}	51.0^{hi}	46.0^{f-i}	Harvest gold×$Power\ house_{S2}$
10.5^{ab}	60.0^{df}	49.5^{ij}	46.0^{f-i}	$Challenger_1$×$Basin_1$
6.0^{f-i}	51.0^{j}	45.0^{m}	44.0^{hi}	$Temptation_{S2/1}$×$Chase_{S2}$
6.5^{e-i}	53.5^{h-j}	47.0^{j-m}	45.0^{g-i}	$Temptation_{S2/2}$×$Chase_{S2}$
6.5^{e-i}	55.5^{g-i}	49.0^{ij}	46.0^{f-i}	$Temptation_{S2}$×$K^{\wedge}_{S2/2}$-82
5.5^{g-i}	59.5^{ef}	54.0^{fg}	50.0^{de}	$Obsission_{S2}$×$K^{\wedge}_{S2/2}$-82
5.5^{g-i}	65.5^{bc}	60.0^{bc}	54.0^{a-c}	$K^{\wedge}_{S2/2}$-82×$Obsission_{S2}$
5.2^{hi}	51.2^{j}	46.0^{lm}	44.0^{hi}	$Chase_{S2}$×$Temptation_{S2}$

میانگین با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات عملکرد و اجزای عملکرد در لاین‌ها و ترکیبات سینگل کراس ذرت شیرین

Table 4. Results of variance analysis (mean squares) for yield and yield components in lines and single cross combinatios of sweet corn

منابع تغییر S.O.V				
ضریب تغییرات ٪ (C.V)	خطا Error	ژنوتیپ Genotype	تکرار Replication	
-	72	36	2	درجه آزادی df
23.67	7.96	77.25**	14.91ns	عملکرد دانه قابل کنسرو Conservable grain yield
6.61	4.26	151.96**	8.14ns	تعداد دانه در ردیف Kernel/row
4.82	0.47	9.55**	1.69*	تعداد ردیف دانه Rows nomber
17.50	0.68	3.87**	0.49ns	عمق دانه Kernel depth
3.367	0.35	21.06**	1.95**	طول بلال Ear lenght
4.19	39.74	11.24**	43.33ns	ارتفاع بوته Plant hight
2.82	0.85	74.29**	9.33**	طول تاسل Tassel lenght
5.68	0.24	3.22**	0.17ns	تعداد کل برگ Leaves nomber
6.21	0.08	0.73**	0.13ns	تعداد برگ بالای بلال Leaves number above ear
14.00	18.86	178.31**	2.18ns	ارتفاع بلال اصلی از سطح زمین Ear height from ground level

**، * و ns به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

**, * significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively, ns: non significant

در پژوهشی که بر روی اثرات دو تاریخ کاشت تابستانه بر عملکرد دانه و خصوصیات زراعی نه هیبرید ذرت شیرین انجام شد، رقم خیلی زودرس Chase با میانگین۱۶/۵ تن دانه در هکتار بالاترین عملکرد دانه قابل کنسرو شدن را در هر دو تاریخ کاشت به خود اختصاص داد (Khavari Khorasani and Ghazian, 2011).

Rahmani و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که اختلاف بین هیبریدهای ذرت شیرین از نظر صفات عمق دانه و عملکرد دانه قابل کنسرو معنی‌دار بود.

صفات مورفولوژیک

نتایج نشان داد اثر ژنوتیپ بر کلیه صفات مورفولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بیشترین (۱۸۹/۸۵ سانتی‌متر) و کمترین (۱۱۹/۴۵ سانتی‌متر) ارتفاع بوته به ترتیب در هیبرید $Temptation_1$×Power house و لاین $Challenger_2$ مشاهده شد. هم‌چنین بیشترین (۴۰/۴۵ سانتی‌متر) و کمترین (۲۱/۶۰ سانتی‌متر) طول تاسل نیز به‌ترتیب در هیبریدهای $Temptation_{S2/2}$×$Chase_{S2}$ و $K^{\wedge}_{S2/2}$-82×$Obsession_{S2}$ وجود داشت. بیشترین (۱۰/۵۰) و کمترین (۶/۶۵) تعداد کل برگ به‌ترتیب در لاین‌های $Sweet_2$ و $Temptation_1$ حاصل شد. (۵/۶۵) و کمترین (۳/۴۵) تعداد برگ بالای بلال به‌ترتیب در لاین‌های Harvest gold و $Temptation_1$ مشاهده شد. بیشترین (۴۶/۸۰ سانتی‌متر) و کمترین (۱۷/۴۰

سانتی‌متر) ارتفاع بلال اصلی به‌ترتیب در هیبریدهای $K^{\wedge}_{S2/2}$-82×$Obsission_{S2}$ و لاین Chase مشاهده گردید (جدول ۵). Khavari Khorasani و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان دادند که تفاوت معنی‌داری از نظر صفات تعداد روز از کاشت تا ظهور رشته‌های ابریشمی، ارتفاع بوته و تعداد ردیف دانه بین ژنوتیپ‌های جدید ذرت شیرین وجود دارد.

وراثت‌پذیری

میزان وراثت‌پذیری بسته به رفتار ژنتیکی ژنوتیپ‌ها برای صفات متغیر است. نتایج نشان داد که صفاتی از قبیل گرده‌افشانی، تعداد دانه در ردیف، طول بلال، ارتفاع بوته و طول تاسل از وراثت‌پذیری بالایی (بیشتر از ۹۰ درصد) برخوردار بودند. در بین صفات مورد بررسی، بیشترین میزان وراثت‌پذیری (۹۶/۶۳ درصد) در صفت طول تاسل مشاهده شد (جدول ۶). این مقدار وراثت‌پذیری در صفت طول تاسل مطلوب بوده و می‌تواند در گزینش‌ها مؤثر واقع شود. علاوه براین شانس گزینش را در نسل‌های در حال تفکیک بالا برده و می‌توان انتظار داشت این صفت به مقدار مطلوب در نتاج ظاهر شده و انتخاب بر مبنای فنوتیپ برای بهبود آن مؤثر واقع گردد. به‌طورکلی، وراثت‌پذیری عمومی برای اکثر صفات، نسبتاً بالا برآورد گردید که این موضوع می‌تواند ناشی از شرایط کنترل شده آزمایش باشد. Rezaei و همکاران (۲۰۰۵) نیز وراثت‌پذیری عمومی بالایی را در ذرت برای صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف گزارش کردند. Zare و همکاران (۲۰۱۰) نیز مشابه تحقیق حاضر وراثت‌پذیری عمومی بالایی را در ذرت برای صفت تعداد روز تا ظهور رشته های ابریشمی بیان کردند.

هتروزیس

بیشترین میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر برای عملکرد دانه قابل کنسرو در ژنوتیپ $Temptation_2$×Chase به ترتیب معادل ۲۸۰/۷۲ و ۳۳۷/۱ درصد به‌دست آمد. کمترین میزان هتروزیس نسبت به میانگین والدین و والد برتر نیز برای صفت مزبور در ژنوتیپ $K^{\wedge}_{S2/2}$-82×$Obsission_{S2}$ به ترتیب معادل ۲۴/۷۲- و ۲۱/۵۶- درصد حاصل شد (جدول ۷). میزان هتروزیس نسبی در صفت عملکرد دانه قابل کنسرو در تمامی هیبریدها به جز $K^{\wedge}_{S2/2}$-82×$Obsission_{S2}$ مثبت بود. هم‌چنین میزان هتروزیس نسبت به والد برتر در صفت عملکرد دانه قابل کنسرو در تمامی هیبریدها به استثنای $K^{\wedge}_{S2/2}$-82×$Obsission_{S2}$ و Challenger×Basin مثبت بود (جدول ۷). منفی بودن متوسط هتروزیس بیانگر این است که دورگه‌ها به طرف والد واجد مقدار کمتر صفت عملکرد گرایش داشته‌اند. افزایش عملکرد هیبرید $Temptation_2$×Chase در بین هیبریدها نتیجه درصد بالای هتروزیس است. وجود هتروزیس مثبت در نتایج تحقیقات Rezaei و همکاران (۲۰۰۵)، Zare و همکاران (۲۰۰۸ و ۲۰۱۰) و Ojo و همکاران (۲۰۰۷) نیز آمده است. پدیده هتروزیس بیانگر تأثیر ژن‌ها بر یکدیگر بوده که در این رقم به خوبی مشاهده شد ژنتیک عملکرد دانه پیچیده است و تابعی از اثرات صفات مختلف به ویژه اجزای عملکرد دانه است. به‌طوری‌که تعداد دانه درردیف، تعداد ردیف دانه در بلال و وزن هزار دانه درذرت از اجزای مهم عملکرد تلقی می‌شوند و تاکنون مدل های مختلفی برای توجیه روابط بین این صفات با عملکرد دانه ارائه شده است (Agrama, 1996).

همبستگی

نتایج محاسبه ضرایب همبستگی جدول (۸) نشان داد که عملکرد دانه قابل کنسرو با کلیه صفات مورد مطالعه به استثنای فاصله گرده‌افشانی و کاکل‌دهی و تعداد کل برگ همبستگی معنی‌داری داشت. همبستگی عملکرد دانه قابل کنسرو با صفاتی از قبیل تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه، عمق دانه، طول بلال، ارتفاع بوته، طول تاسل، تعداد برگ بالای بلال و ارتفاع بلال اصلی مثبت و معنی‌دار بود. اما بین عملکرد دانه قابل کنسرو و صفات شروع ظهور تاسل، گرده‌افشانی و روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزای عملکرد در لاین ها و ترکیبات سینگل کراس ذرت شیرین

Table 4. Mean comparison of yield and yield components traits in lines and single cross combinatios of sweet corn

ارتفاع بلال اصلی از سطح زمین (سانتی‌متر) Ear height from ground level (cm)	تعداد برگ بالای بلال Leaves number above ear	تعداد کلبرگ Leaves nomber	طول تاسل (سانتی‌متر) Tassel length (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant hight (cm)	طول بلال (سانتی‌متر) Ear length (cm)	عمق دانه (میلی‌متر) Kernel depth (mm)	تعداد ردیف دانه Rows nomber	تعداد دانه در ردیف Kernel/row	عملکرد دانه قابل کنسرو (تن در هکتار) Conservable grain yield(ton/ha)	**لاین‌ها و ترکیبات سینگل کراس lines and single cross combinatios**
34.90^{d-g}	4.75^{b-h}	10.10^{abc}	30.70^{no}	136.40^{lmn}	18.19^{d-h}	4.66^{c-h}	15.25^{c-h}	33.19^{f-h}	6.700^{i-n}	Power house
23.40^{k-p}	4.90^{b-f}	9.40^{c-g}	26.60^{q}	123.95^{pq}	17.33^{g-j}	2.35^{j}	13.87^{i-n}	25.63^{j-l}	10.960^{f-l}	Basin$_1$
19.10^{p}	4.46^{e-j}	8.55^{e-l}	27.40^{pq}	121.45^{pq}	15.18^{no}	3.78^{g-j}	11.63^{p}	23.88^{k-m}	5.130^{mn}	Challenger$_1$
21.85^{nop}	3.45^{m}	6.65^{q}	30.05^{o}	134.70^{l-o}	15.09^{n-p}	4.71^{c-h}	13.05^{k-o}	28.15^{ij}	6.383^{j-n}	Temptation$_1$
24.95^{j-p}	4.21^{h-k}	7.90^{j-p}	28.35^{p}	125.25^{n-q}	12.3^{1r}	4.37^{d-h}	12.34^{op}	22.63^{lm}	7.790^{i-n}	Temptation$_2$
17.40^{p}	4.40^{f-j}	7.35^{pq}	33.00^{jkl}	125.60^{n-q}	15.42^{m-o}	4.99^{a-g}	12.93^{m-o}	27.89^{ij}	6.010k^{-n}	Chase
43.45^{abc}	4.86^{b-g}	10.50^{a}	22.45^{s}	140.15^{j-m}	15.49^{m-o}	2.38^{j}	12.44^{op}	22.50^{lm}	7.480^{i-n}	Sweet$_2$
43.25^{abc}	3.95^{j-m}	8.35^{h-n}	31.25^{mno}	145.20^{h-l}	18.44^{d-f}	5.07^{a-g}	14.05^{g-n}	36.38^{c-f}	6.120^{k-n}	Power house$_{S2}$
27.35^{f-o}	5.65^{a}	9.15^{d-l}	34.60^{g-j}	155.55^{d-l}	16.51^{i-l}	3.21^{h-j}	19.19^{a}	30.00^{hi}	9.563^{h-m}	Harvest gold
26.22^{n-o}	3.75^{klm}	8.35^{n-n}	30.65^{no}	119.45^{q}	16.08^{k-n}	3.96^{f-l}	13.25^{k-o}	25.94^{j-l}	4.400^{n}	Challenger$_2$
34.55^{d-h}	4.81^{b-g}	9.35^{c-g}	32.75^{klm}	152.45^{f-l}	19.17^{b-d}	4.29^{e-h}	14.31^{f-l}	32.94^{f-h}	13.480^{c-h}	Basin
23.20^{l-p}	4.00^{jkl}	7.50^{n-q}	27.05^{pq}	123.10^{opq}	13.79^{q}	3.88^{f-j}	14.08^{g-n}	21.45^{m}	5.597^{l-n}	Temptation$_{S2/1}$
22.10^{m-p}	4.32^{g-j}	8.50^{g-m}	30.35^{no}	133.85^{l-o}	15.13^{n-p}	2.45^{i-j}	9.50^{q}	13.31^{o}	7.057^{i-n}	Temptation$_{S2/2}$
27.66^{f-o}	3.49^{m}	7.30^{opq}	26.80^{pq}	132.45^{m-p}	12.49^{r}	4.14^{e-n}	14.25^{f-m}	17.75 ^{n}	9.137^{n-n}	Temptation$_{S2/3}$
23.50^{k-p}	3.64^{lm}	7.10^{pq}	35.75^{e-i}	132.70^{m-p}	14.42^{j-m}	5.39^{a-g}	13.69^{j-o}	29. 81^{hi}	10.407^{g-m}	Chase$_{S2}$
33.00^{d-j}	4.60^{d-i}	9.50^{b-f}	30.70^{no}	137.95^{lm}	16.88^{i-l}	3.97^{f-i}	16.38^{bc}	30.13^{hi}	11.177^{e-i}	Obsission$_{S2}$
37.00^{cde}	4.91^{b-f}	9.90^{a-e}	24.60^{r}	139.35^{lm}	14.69^{o-q}	3.26^{n-j}	16.25^{b-d}	25.19^{j-l}	12.120^{d-j}	K$^{\wedge}_{S2/2}$-82
37.20^{cde}	5.20^{abc}	10.00^{a-d}	27.50^{pq}	161.10^{c-g}	17.04^{h-k}	5.45^{a-f}	15.81^{b-e}	34.31^{e-g}	11.950^{d-j}	K$^{\wedge}_{S13/2}$-82
23.65^{k-p}	4.44^{e-j}	8.70^{f-k}	35.90^{e-h}	143.75^{i-m}	21.41^{a}	5.21^{a-g}	13.06^{k-o}	39.25^{bc}	10.507^{g-m}	Basin×Challenger
30.40^{e-n}	4.60^{d-i}	8.75^{f-j}	38.55^{bc}	155.00^{e-i}	21.41^{a}	4.38^{d-h}	13.06^{k-o}	37.75^{b-f}	11.487^{d-k}	Challenger×Basin
40.75^{a-d}	4.58^{d-i}	8.95^{f-i}	37.45^{cde}	189.85^{a}	21.71^{a}	4.93^{b-g}	15.00^{e-i}	39.94^{bc}	17.657^{bc}	Temptation$_1$×Power house
31.60^{e-i}	4.60^{d-i}	7.75^{i-p}	31.90^{lmn}	156.10^{d-h}	15.89^{l-n}	5.98^{a-d}	13.00^{i-o}	30.13^{hi}	9.080^{n-n}	Temptation$_1$×Temptation^{2}
35.30^{c-f}	4.42^{f-j}	8.20^{i-o}	34.20^{h-k}	167.60^{cd}	15.34^{m-o}	4.21^{e-h}	14.00^{h-n}	27.13^{i-k}	12.277^{d-i}	Temptation$_2$×Temptation$_1$
38.70^{a-e}	4.90^{b-f}	8.85^{f-i}	36.80^{def}	178.75^{ab}	19.89^{bc}	5.06^{a-g}	15.44^{b-f}	40.38^{b}	16.150^{b-f}	Temptation$_{2/1}$×Power house
24.55^{j-p}	5.00^{b-e}	7.50^{nq}	34.17^{ijk}	151.75^{g-j}	18.79^{c-e}	5.02^{a-g}	15.29^{b-n}	27.73^{ij}	20.070^{b}	Temptation$_{2/2}$×Power house
25.90^{i-o}	5.06^{bcd}	8.80^{f-j}	39.55^{ab}	161.95^{c-g}	19.04^{b-e}	6.19^{a-c}	14.37^{f-k}	35.31^{d-f}	26.273^{a}	Temptation$_2$×Chase
34.65^{d-h}	5.09^{bcd}	9.43^{c-g}	35.20^{f-i}	164.36^{c-f}	19.94^{b}	6.49^{ab}	15.88^{b-e}	38.44^{b-d}	18.860^{bc}	Chase×Power house
30.50^{e-m}	4.68^{c-n}	7.60^{m-p}	37.05^{cde}	164.05^{c-f}	17.51^{f-i}	5.51^{a-f}	13.62^{j-o}	30.94^{g-i}	15.513^{b-g}	Chase×Temptation$_1$
25.59^{i-p}	4.05^{i-l}	7.45^{n-q}	37.45^{cde}	159.50^{c-g}	18.78^{c-e}	5.68^{a-e}	14.79^{e-j}	33.46^{f-h}	19.180^{b}	Chase×Temptation$_2$
38.85^{a-e}	5.25^{ab}	10.10^{abc}	37.95^{bcd}	180.00^{a}	22.09^{a}	6.03^{a-c}	18.29^{a}	47.48^{a}	18.800^{bc}	Harvest gold×Power house$_{S2}$
26.80^{g-o}	4.72^{b-h}	9.30^{c-h}	38.65^{bc}	155.60^{d-i}	21.18^{a}	4.70^{c-h}	13.50^{j-o}	40.25^{b}	16.867^{b-d}	Challenger$_1$×Basin$_1$
24.30^{k-p}	4.60^{d-i}	7.10^{pq}	36.10^{efg}	150.70^{g-k}	18.84^{b-e}	6.51^{ab}	14.25^{f-m}	33.50^{f-h}	9.400^{n-n}	Temptation$_{S2/1}$×Chase$_{S2}$
31.95^{e-k}	4.42^{f-j}	7.80^{k-p}	40.45^{a}	169.00^{bc}	19.61^{bc}	6.07^{a-c}	12.80^{n-p}	36.38^{c-f}	16.567^{b-e}	Temptation$_{S2/2}$×Chase$_{S2}$
38.20^{b-e}	4.70^{b-h}	9.05^{e-i}	37.15^{cde}	181.05^{a}	18.01^{e-h}	5.73^{a-e}	14.19^{f-m}	33.75^{f-h}	15.060^{b-g}	Temptation$_{S2}$×K$^{\wedge}_{S2/2}$-82
46.80^{a}	4.85^{b-g}	10.40^{ab}	35.10^{f-i}	186.50^{a}	21.6^{1a}	3.97^{f-i}	16.56^{b}	38.25^{b-d}	15.510^{b-g}	Obsission$_{S2}$×K$^{\wedge}_{S2/2}$-82
45.45^{ab}	4.48^{e-j}	9.30^{c-h}	21.60^{s}	144.00^{i-m}	14.08^{pq}	4.36^{d-h}	15.38^{b-g}	25.81^{j-l}	8.770^{n-n}	K$^{\wedge}_{S2/2}$-82×Obsission$_{S2}$
33.60^{d-i}	4.09^{i-l}	7.70^{i-p}	38.75^{bc}	164.90^{cde}	19.10^{b-e}	6.59^{a}	13.31^{k-o}	36.75^{b-f}	11.373^{e-k}	Chase$_{S2}$×Temptation$_{S2}$

میانگین با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند (آزمون چند دامنه دانکن).

Mean followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level (Duncan s multiple range test).

جدول ٦- وراثت‌پذیری عمومی صفات فنولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد در ترکیبات سینگل کراس ذرت شیرین

Table 6. Common inheritance ability of phenological traits, yield and yield components in single cross combinatios of sweet corn

	شروع ظهور تاسل	گرده‌افشانی	روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی	فاصله گرده‌افشانی و کاکل‌دهی	عملکرد دانه قابل کنسرو	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه	عمق دانه	طول بلال	ارتفاع بوته	طول تاسل	تعداد کل برگ	تعداد برگ بالای بلال	ارتفاع بلال اصلی از سطح زمین
وراثت‌پذیری	77.24	94.05	88.73	51.54	74.36	92.04	86.45	60.83	95.17	90.09	96.63	80.64	73.40	73.81

جدول ۷- میزان هتروزیس مشاهده شده صفت عملکرد درنسل اول نسبت به میانگین والدین و والد برتردرنسل‌های ژنتیکی ذرت شیرین

Table 6. Mid-parent and high-parent heterosis for yield trait in F_1 generation at genetic generations of sweet corn

هتروزیس Heterosis	$Chase_{S2}$×$Temptation_{S2}$	$K^{\wedge}_{S2/2}$-82×Obsission$_{S2}$	$Obsission_{S2}$×$K^{\wedge}_{S2/2}$-82	$Temptation_{S2}$×$K^{\wedge}_{S2/2}$-82	$Temptation_{S2/2}$×$Chase_{S2}$	$Temptation_{S2/1}$×$Chase_{S2}$	$Challenger_1$×Basin-1	Harvest gold×Power house$_{S2}$	Chase×$Temptation_2$	Chase×$Temptation_1$	Chase×Power house	Temptation$_2$×Chase	Temptation$_{2/2}$×Power house	Temptation$_{2/1}$×Power house	Temptation$_2$×Temptation$_1$	Temptation$_1$×Temptation$_2$	Temptation$_1$×Power house	Challenger×Basin	Basin×Challenger
نسبی Mid-parent heterosis	16.33	-24.72	33.13	41.69	69.54	7.63	88.70	139.75	177.97	146.33	196.77	280.72	177.02	122.91	70.88	26.35	165.90	30.64	42.82
والد برتر high-parent heterosis	9.22	-21.56	38.73	24.26	81.35	-9.7	25.15	96.59	219.13	158.07	181.49	337.1	199.55	141.04	57.64	16.56	163.58	-4.11	4.84

جدول ۸- ضرایب همبستگی صفات فنولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد در لاین‌ها و ترکیبات سینگل کراس ذرت شیرین

Table 7. Correlation coefficients of phenological traits, yield and yield components in lines and single cross combinatios of sweet corn

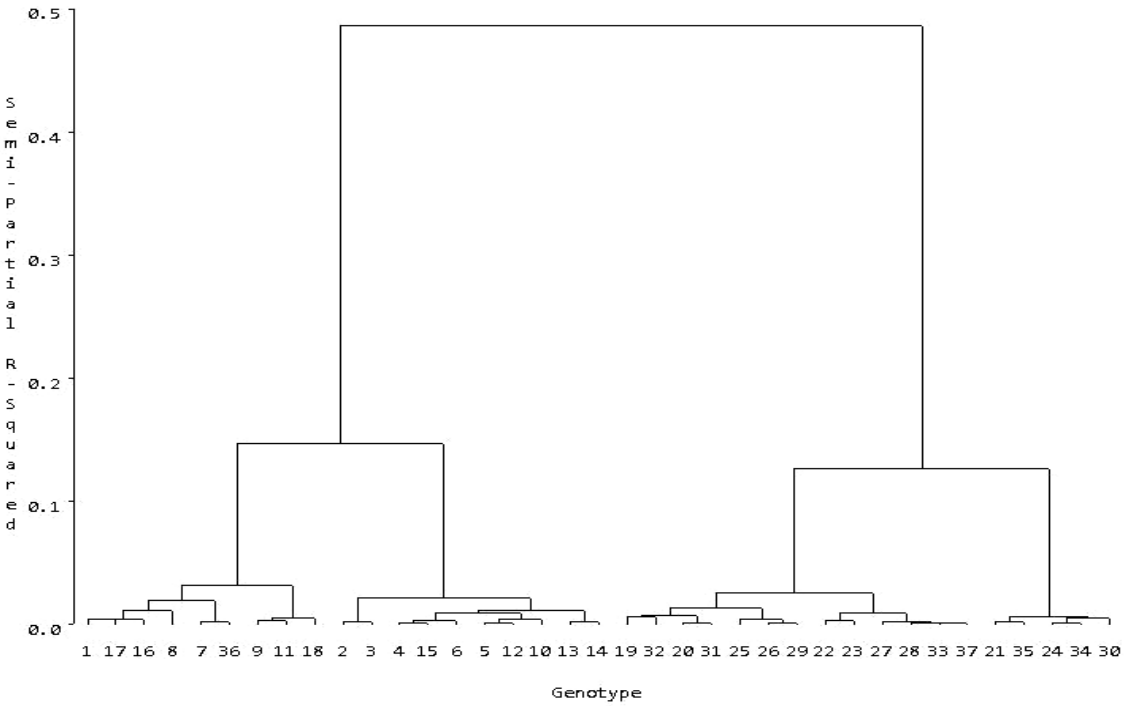
	شروع ظهور تاسل Tasseling	گرده‌افشانی Pollination	روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی Days to silking	فاصله گرده‌افشانی و کاکل‌دهی Anthesis silking interval	عملکرد دانه قابل کنسرو Conservable grain yield	تعداد دانه در ردیف Kernel/row	تعداد ردیف دانه Rows nomber	عمق دانه Kernel depth	طول بلال Ear lenght	ارتفاع بوته Plant hight	طول تاسل Tassel lenght	تعداد کل برگ Leaves nomber	تعداد برگ بالای بلال Leaves number above ear
ارتفاع بلال اصلی از سطح زمین Ear height from ground level	0.17^{ns}	0.27^{**}	0.14^{ns}	-0.31^{**}	0.20^{*}	0.34^{**}	0.43^{**}	0.04^{ns}	0.25^{**}	0.57^{**}	-0.04^{ns}	0.61^{**}	0.30^{**}
تعداد برگ بالای بلال Leaves number above ear	0.29^{**}	0.30^{**}	0.26^{**}	-0.09^{ns}	0.35^{**}	0.31^{**}	0.48^{**}	-0.04^{ns}	0.35^{**}	0.43^{**}	0.13^{ns}	0.65^{**}	
تعداد کل برگ Leaves nomber	0.50^{**}	0.62^{**}	0.54^{**}	-0.15^{ns}	0.16^{ns}	0.23^{*}	0.41^{**}	-0.23^{*}	0.28^{**}	0.27^{**}	-0.19^{*}		
طول تاسل Tassel lenght	-0.55^{**}	-0.63^{**}	-0.57^{**}	0.10^{ns}	0.56^{**}	0.69^{**}	0.09^{ns}	0.56^{**}	0.72^{**}	0.64^{**}			
ارتفاع بوته Plant hight	-0.21^{*}	-0.25^{**}	-0.30^{**}	-0.18^{ns}	0.64^{**}	0.68^{**}	0.40^{**}	0.43^{**}	0.65^{**}				
طول بلال Ear lengh	-0.17^{ns}	-0.21^{*}	-0.20^{*}	-0.02^{ns}	0.56^{**}	0.88^{**}	0.27^{**}	0.39^{**}					
عمق دانه Kernel depth	-0.48^{**}	-0.56^{**}	-0.63^{**}	-0.21^{*}	0.39^{**}	0.58^{**}	0.12^{ns}						
تعداد ردیف دانه Rows nomber	0.19^{*}	0.22^{*}	0.17^{ns}	-0.12^{ns}	0.37^{**}	0.44^{**}							
تعداد دانه در ردیف Kernel/row	-0.18^{ns}	-0.23^{*}	-0.27^{**}	-0.14^{ns}	0.53^{**}								
عملکرد دانه قابل کنسرو Conservable grain yield	-0.24^{*}	-0.22	-0.25^{**}	-0.09^{ns}									
فاصله گرده‌افشانی و کاکل‌دهی Anthesis silking interval	-0.04^{ns}	-0.12^{ns}	0.29^{*}										
روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی Days to silking	0.84^{**}	0.91^{**}											
گرده‌افشانی Pollination	0.89^{**}												

وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین این صفات و عملکرد دانه نشان‌دهنده این است که در صورت جلو انداختن زمان ظهور تاسل، گرده‌افشانی و ظهور رشته‌های ابریشمی، با افزایش عملکرد دانه مواجه خواهیم شد. بیشترین همبستگی (**۰/۹۱) نیز بین صفات روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی و گرده‌افشانی وجود داشت. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین صفات تعداد ردیف دانه در بلال و عملکرد دانه، توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Torun and Koycu, 1999؛ Zare *et al.*, 2010؛ Ottaviano and Camussi, 1981).

Guzman and Lamkey (۲۰۰۰) گزارش کردند که بین صفات ارتفاع بوته و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی دار وجود دارد که موافق با این تحقیق می باشد. Ashofteh Beiragi و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که در ارقام جدید ذرت دانه‌ای، عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد ردیف دانه در بلال و عمق دانه دارد.

گروه‌بندی (تجزیه خوشه‌ای)

دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر شکل (۱) نشان داد که لاین‌ها و هیبریدهای مورد مطالعه ذرت شیرین در چهار گروه عمده قرار گرفتند. در گروه اول ژنوتیپ‌های ۱، ۱۷، ۱۶، ۸، ۷، ۳۶، ۹، ۱۱ و ۱۸ قرار داشتند. گروه دوم نیز شامل ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴، ۱۵، ۶، ۵، ۱۲، ۱۰، ۱۳ و ۱۴ بودند. در گروه سوم ژنوتیپ‌های ۱۹، ۳۲، ۲۰، ۳۱، ۲۵، ۲۶، ۲۹، ۲۲، ۲۳، ۲۷، ۲۸، ۳۳ و ۳۷ قرار گرفتند.



شکل ۱- دندروگرام نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های ذرت شیرین

Fig. 1. Dendrogram of the results of cluster analysis of sweet corn genotypes

(کد و اسامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است)

(Code and names of studied genotypes is shown in table 1.)

گروه چهارم نیز شامل ژنوتیپ‌های ۲۱، ۳۵، ۲۴، ۳۴ و ۳۰ بودند. کلیه لاین‌های مورد مطالعه در گروه‌های اول و دوم قرار گرفتند. در حالی‌که کلیه ترکیبات سینگل کراس مورد بررسی به استثنای هیبرید شماره ۳۶ ($K^{\wedge}_{S2/2}$-82×$Obsession_{S2}$) در گروه‌های سوم و چهارم قرار داشتند بنابراین گروه‌های سوم و چهارم جهت مطالعات آینده می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

Ashofteh Beiragi و همکاران (۲۰۱۱) نیز در بررسی صفات کمی در هیبریدهای ذرت دانه‌ای با استفاده از روش وارد چهار کلاستر جهت گروه‌بندی به‌دست آوردند. ارقام و هیبریدهای ذرت شیرین به‌عنوان یک محصول با دوره رشد کوتاه (۶۵ تا ۸۵ روزه) در کشت بهاره و تابستانه قابل کشت بوده و بخاطر ارزش اقتصادی مناسب می‌تواند در شرایط اقلیمی مختلف به‌عنوان کشت دوم (پس از قطع آب غلات زمستانه) قابل توصیه باشد. استفاده از ارقام ذرت شیرین به‌دلیل داشتن خصوصیات ژنتیکی برتر (بقای بیشتر خصوصیات کیفی دانه پس از برداشت و تبدیل آهسته‌تر محتوای قند دانه به نشاسته) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

نتیجه‌گیری

ارقام و هیبریدهای ذرت شیرین به‌عنوان یک محصول با دوره رشد کوتاه (۶۵ تا ۸۵ روزه) در کشت بهاره و تابستانه قابل کشت بوده و بخاطر ارزش اقتصادی مناسب می‌تواند در شرایط اقلیمی مختلف به‌عنوان کشت دوم (پس از قطع آب غلات زمستانه) قابل توصیه باشد. استفاده از ارقام ذرت شیرین به‌دلیل داشتن خصوصیات ژنتیکی برتر (بقای بیشتر خصوصیات کیفی دانه پس از برداشت و تبدیل آهسته‌تر محتوای قند دانه به نشاسته) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌طورکلی نتایج نشان داد که برخی از ترکیبات سینگل کراس به‌عنوان هیبریدهای امیدبخش در برنامه‌های ارزیابی نهایی تا معرفی هیبریدهای جدید می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

References

1. Agrama, H.A.S. 1996. Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. Plant Breed., 115: 343-346.

2. Alam, A.K., Ahmed, S., Begum, M., and Sultan, M.K. 2008. Heterosis and combining ability for grain yield and its contributing characters in maize. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 33(3): 375-379.

3. Ashofteh Beiragi, M., Khavari Khrasani, S., Shojaei, SH., Dadresan, M., Mostafavi, KH., Golbashy, M. 2011. A study on effects of planting dates on growth and yield of 18 corn hybrids (*Zea mays* L.). American Journal of Experimental Agriculture, 1(3): 110-120.

4. Ashofteh Biragi, M., Siahsar, B., Khavari Khorasani, S., Golbashi, M., Mahdinejad, N., and Alizadeh, A. 2010. Effects of genotype by environment interactions on morphological traits yield and yield components of new grain corn (*Zea mays* L.) varieties. Journal of Agroecology, 2(1): 136-145. [In Farsi]

5. Azizi, F. 2007. Comparison and evaluation of exotic sweet corn and super sweet corn hybrids in different locations. Final report of research project. Advance Organization, Education and Agricultural Research. Ministry of Agricultural Jehad. [In Farsi]

6. Bitzer, M.J., Fonceca, S., Papathanasiou, G., and Patlerson, F.L. 1968. Coine the term “Heterobeltiosis” (Cited by Fonseca, S. and Patlerson, F.L., 1968).

7. Faridi, F. 2010. Investigation the effect of planting pattern on agronomic characteristics, yield and yield components of sweet and super sweet corn varieties. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Zabol University. [In Farsi]

8. Guzman, P.S. and Lamkey, K.R. 2000. Effective population size and genetic variability in the BS11 maize population. Crop Science, 40: 338-346.

9. Hallauer, A.R. and Eberhart, S.A. 1966. Evaluation of synthetic varieties of maize for yield. Crop Science, 6: 423-427.

10. Hallauer, A.R. and Miranda, F.J.B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2nd edn. Ames: Iowa University Press, Iowa, USA.

11. Jones, D.F. 1918. The effects of inbreeding and cross-breeding upon development. Conecticut Agriculture Experimental Station Bulletin, 207: 5-100.

12. Kempthorne, O. 1969. An introduction to genetic statistics. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.

13. Khavari Khorasani, S. and Ghazian, SH. 2011. Practical guide of sweet corn (planting and harvesting), pp 1-24. [In Farsi]

14. Khavari Khorasani, S., Azizi, F., Yosefi, M., and Bakhtiari, S. 2007. Effect of planting date on morphological characteristics, grain yield and its components in sweet and super sweet corn hybrids. Proceeding of The 10th Iranian Congrenss of Crop Sciences. Karaj, Iran. 263 p. [In Farsi]

15. Khodabandeh, N. 1997. Cereals Cropping. Tehran University Publishers. 401p. [In Farsi]

16. Konak, C., Unay, A., Serter, E., and Basal, H. 1999. Estimation of combining ability effects, hetrosis and hetrobeltiosis by line × tester method in maize. Turkish Journal of Field Crops, 4:1-9.

17. Maddonni, G.A., Otegui, M.E., and Bonhomme, R. 1998. Grain yield components in Maize. Post silking growth and kernel weight. Field Crops Research, 56: 257-264.

18. MosaAbadi, J., Khavari Khorasani, S., SyahSar, B., Movafegand, S., and Golbashy, M. 2011. Estimation of combining ability and gene effects in forage maize (*Zea*

mays L.) Using line × tester. Journal of Plant Physiology and Breeding Faculty of Agriculture, University of Tabriz, 1(1): 63-74.

19. Nour Mohammadi, G., Siadat, A., and Kashani, A. 1998. Paced cereal crops. Chamran University Press of Ahvaz. 446 p. [In Farsi]

20. Ojo, G.O.S., Adedzwa, D.K., and Bello, L.L. 2007. Combining ability estimates and heterosis for grain yield and yield components in maize (*Zea mays* L.). Journal of Sustainable Development in Agriculture & Environment, 3: 49-57.

21. Ottaviano, E. and Camussi, A. 1981. Phenotypic and genetic relationships between yield components in maize. Euphytica, 30(3): 601-609.

22. Poehlman, J.M. 1986. Breeding field crops. 3rd edn, Van Nostrand Reinhold Company Inc. NewYourk.

23. Rahmani, A., Nasrolahalhossaini, M., Khavari Khorasani, S., and Khalili Torghabeh, A. 2013. Effects of planting pattern on some morpho physiological characteristics and yield and yield components of sweet and super sweet corn varieties (Zea mays L. Var. Saccarata). Journal of Crop Physiology (Agriculture Science), 4 (24): 377-388. [In Farsi]

24. Rezaei, A.H., Yazdisamadi, B., Zali, A., Rezaei, A.M., Tallei, A., and Zeinali, H. 2005. An estimate of heterosis and combining ability in corn using diallel crosses of inbredlines. Iranian Journal of Applied Animal Science, 36(2): 385-397. [In Farsi]

25. Shirmohammadali, A.A. 1988. Investigation of combining ability in corn lines. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. 164 p. [In Farsi]

26. Shull, G.H. 1908. The composition of field maize. American Breeders Association Report, 4: 296-301.

27. Stuber, C.W., Moll, R.H., and Hanson, W.D. 1966. Genetic variance and interrelation ships of six traits in a hybrid population of *Zea mays* L .Crop Science, 6: 455-458.

28. Torun, M. and Koycu, C. 1999. A study on the determination of the relationship between grain yield and certain yield components of corn using correlation and path analysis. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(5): 1021-1027.

29. Zare, M., Chogan, R., Majidi, E., and Bihamta, M.R. 2008. Generation mean analysis for grain yield and its associated traits in Maize. Journal of Seed and Plant, 24(1): 63-81. [In Farsi]

30. Zare, M., Chogan, R., Majidi, E., and Bihamta, M.R. 2010. Study of combining

ability, heritability and heterosis in corn using diallel crosses of inbred lines. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 1(6): 43-63. [In Farsi]