Plant Prod., 2025, 48(2), 247 - 263
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.48288.2226
Received: 5 November 2024
Accepted: 2 March 2025

Plant Productions
Research Article

Response of super sweet corn cultivars to planting date for traits related to grain and ear yields and industrial processing

Mehdi Mottaghi[1*], Alireza Yazdanpanah[2]

1. Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran
2. Academic Researcher, Soil and Water Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran

Citation: Mottaghi, M., Yazdanpanah, A. (2025). Response of super sweet corn cultivars to planting date for traits related to grain and ear yields and industrial processing. *Plant Productions*, 48(2), 247-263.

Abstract

Introduction

The limited availability of groundwater in Hamedan Province, along with the short growth period and lower water requirements of sweet corn varieties (compared to late-maturing grain corn), has encouraged the expansion of sweet corn cultivation in the region. The super sweet corn produced in Hamedan is considered one of the most suitable in Iran for industrial processing such as canning or freezing, due to the region's favorable summer climate – characterized by warm days and moderate nights- which contributes to a high grain extraction percentage from green ears. Planting date significantly affects the phenological development of super sweet corn, thereby affecting the yield components and ultimately the grain and green ear yields. This study aims to evaluate the effects of different planting dates on the phenological and agronomic traits of various super sweet corn cultivars, with a focus on grain and green ear yields as well as their suitability for industrial food processing.

Materials and Methods

A two-year field experiment (2020-2021 and 2021-2022) was conducted at Ekbatan Station of Agriculture and Natural Resources Research and Education Center in Hamedan province, Iran. The experimental design was a split-plot arrangement. Planting dates (9 May, 4 June, and 30 June) were assigned to the main plots, while cultivars (Basin, Messenger, Sheba, Passion and Shaker) were allocated to the subplots. At harvest time (milky grain stage), the green ear yield per unit area was recorded. After separating the grain from the cob, the canned grain yield and the grain-to-green ear weight ratio (percentage of grain extraction) were calculated. In addition, the percentage of Total Soluble Solids (TSS) in the grain was measured using a refractometer. A combined analysis of variance (ANOVA) was performed across the two years, and the effects of planting date and cultivar on the mean of each trait were compared using the Least Significant Difference (LSD) test at the 5 % probability level.

* **Corresponding Author:** Mehdi Mottaghi
E-mail: m.motaghi@areeo.ac.ir

© 2025 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

Results and Discussion

According to the results, the highest values of Growth Degree Day (GDD) to pollination were observed in the cultivars Shaker (713.4 °C), Messenger (698.2 °C) and Basin (688.7 °C). Among the planting dates, the earliest date (9 May) recorded the highest GDD to pollination with 708.5 °C. However, the highest GDD values to ear harvest were observed from the 4 June planting date. In this planting time, the cultivars Messenger, Shakar and Basin demonstrated superior performance with 1212 °C, 1195 °C and 1162 °C, respectively. Regarding the number of rows per ear, the second planting date (4 June) showed a significant advantage with an average of 15.17 rows, outperforming the other planting dates. Among the cultivars, Messenger (14.95), Shaker (14.74), and Basin (14.59) exhibited significantly higher values than the others. Similarly, in terms of the number of grains per row, all cultivars achieved their highest values under the second planting date. The Basin cultivar was significantly superior with 44.58 grains per row. The high values for both the number of ear rows and grains per row - key components of grain yield – contributed to the Basin cultivar achieving the highest green ear and grain yields (38854 and 15922 kg ha^{-1}, respectively) under the second planting date. Additionally, the highest TSS content (23.11%) was recorded under the third planting date (30 June), although this value was not significantly different from that of the second planting date (22.32%). Among cultivars, Messenger (24.37), Sheba (22.38) and Basin (22.17%) showed significant superiority in TSS content compared to the other cultivars.

Conclusion

In the Hamedan region, where late spring and early autumn frosts are common, selecting an appropriate planting date for sweet corn is crucial. Based on the results, the most suitable planting period for super sweet corn in Hamedan province is the first ten days of June. Delaying planting until the third ten-day period of June is not recommended, as it leads to a significant reduction in both green ear and grain yields. Furthermore, due to its high green ear and grain yields, along with acceptable levels of TSS content, the Basin cultivar is recommended for cultivation in Hamedan and other areas with similar climatic conditions.

Keywords: Growing degree-day, Industrial processing, Planting date, Super sweet corn

تولیدات گیاهی، ۱٤۰٤، ٤۸(۲)، ۲٤۷ – ۲٦۳
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.48288.2226
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳ /۱۲ /۱۲

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

واکنش ارقام ذرت فوق شیرین به تاریخ کاشت از نظر صفات مرتبط با عملکرد دانه، بلال و فرآوری صنعتی

مهدی متقی [۱*]، علیرضا یزدان‌پناه [۲]

۱- استادیار، بخش تحقیقات علوم باغی و زراعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.
۲- عضو هیات علمی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران.

چکیده

شرایط مطلوب دمایی استان همدان در فصل تابستان (روزهای گرم و شب‌های خنک) سبب شده است که ذرت فوق شیرین تولیدی این استان به دلیل بالا بودن درصد استحصال دانه از بلال سبز، در زمرهٔ مناسب‌ترین ذرت‌های فوق شیرین کشور برای فرآوری صنعتی (انجماد و یا کنسروسازی دانه) محسوب شود. با توجه به این‌که تاریخ کاشت ذرت فوق شیرین، کلیهٔ مراحل فنولوژیک گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با اثرگذاری بر اجزای عملکرد دانه، سبب تغییر عملکرد نهایی دانه و بلال می‌شود، تحقیق حاضر با هدف مقایسه تأثیر تاریخ‌های متفاوت کاشت ارقام ذرت فوق شیرین بر صفات زراعی و فنولوژیک، عملکرد دانه و بلال سبز و فرآوری محصول برای صنایع غذایی انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، طی سال‌های زراعی ۱۳۹۹- ۱٤۰۰ و ۱٤۰۰- ۱٤۰۱ اجرا گردید. تاریخ کاشت (در سه سطح، شامل: ۲۰ اردیبهشت، ۱۵خرداد و ۱۰ تیر) در کرت‌های اصلی و پنج رقم ذرت فوق شیرین شامل: بیسین، مسنجر، شبا، پشن و شیکر در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. پس از توزین بلال‌های برداشتی (مرحلهٔ شیری شدن دانه)، عملکرد بلال سبز در واحد سطح تعیین شد. همچنین با جدا کردن دانه از چوب بلال، عملکرد دانه (دانه کنسروی) در واحد سطح و نسبت وزن دانه به وزن بلال سبز (درصد استحصال دانه از بلال) تعیین گردید. با استفاده از دستگاه رفراکتومتر چشمی، درصد مواد جامد محلول دانه نیز مشخص گردید. مطابق نتایج حاصله، بیشترین میزان درجه روز رشد تا گرده‌افشانی در میان ارقام مورد بررسی به ترتیب با ۷۱۳/٤، ٦۹۸/۲ و ٦۸۸/۷ سانتی‌گراد متعلق به ارقام شیکر، مسنجر و بیسین و در میان تاریخ‌های کاشت، با ۷۰۸/۵ سانتی‌گراد متعلق به تاریخ کاشت ۲۰ اردیبهشت بود. با این‌همه، بالاترین مقادیر درجه روز رشد تا برداشت بلال در تاریخ کاشت ۱۵ خرداد مشاهده شد و ارقام مسنجر، شیکر و بیسین به ترتیب با ۱۲۱۲، ۱۱۹۵ و ۱۱٦۲ سانتی‌گراد، برتر از سایر ارقام در این تاریخ کاشت بودند. از نظر تعداد ردیف دانه، نوبت دوم کاشت با ۱۵/۱۷ واحد برتر از سایر نوبت‌های کاشت و ارقام مسنجر، شیکر و بیسین به ترتیب با ۱٤/۹۵، ۱٤/۷٤ و ۱٤/۵۹ برتر از سایر ارقام بودند. از نظر

* **نویسنده مسئول:** مهدی متقی
رایانامه: m.motaghi@areeo.ac.ir

تعداد دانه در ردیف، بیشترین مقادیر ارقام مختلف در نوبت دوم کاشت مشاهده شد و رقم بیسین با ٤٤/٥٨ واحد، از برتری معنی‌دار نسبت به سایر ارقام در این تاریخ کاشت برخوردار بود. مقادیر بالای تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف (به عنوان اجزای عملکرد دانه)، سبب شد که رقم بیسین بیشترین مقادیر عملکرد بلال سبز و دانه (به ترتیب ٣٨٨٥٤ و ١٥٩٢٢ کیلوگرم در هکتار) را در میان ارقام مختلف نوبت دوم کاشت به خود اختصاص دهد. همچنین بیشترین میزان مواد جامد محلول دانه با ٢٣/١١ درصد در نوبت سوم کاشت مشاهده شد که از برتری غیر معنی‌دار نسبت به نوبت دوم کاشت (٢٢/٣٢ درصد) برخوردار بود. ارقام مسنجر، شبا و بیسین به ترتیب با ٢٤/٣٧، ٢٢/٣٨ و ٢٢/١٧ درصد مواد جامد محلول دانه از برتری معنی‌دار نسبت به سایر ارقام برخوردار بودند. در مجموع نتایج نشان داد که مناسب‌ترین تاریخ کاشت برای ذرت فوق شیرین در استان همدان، اواسط خردادماه است و با توجه به کاهش قابل توجه عملکرد بلال سبز و دانه، به تأخیر انداختن کشت به تیرماه توصیه نمی‌شود. همچنین با توجه به مقادیر بالای عملکرد بلال سبز و دانه (به همراه مقادیر مطلوب درصد مواد جامد محلول) رقم بیسین در مقایسه با سایر ارقام، کشت این رقم در همدان و نواحی با اقلیم مشابه پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: تاریخ کاشت، درجه روز رشد، ذرت فوق شیرین، فرآوری صنعتی

مقدمه

ذرت شیرین از جمله محصولاتی است که به دلیل طعم مطلوب و بازارپسندی بالا، کشت آن در ایران طی سال‌های اخیر رواج یافته است به‌طوری‌که مطابق آمار غیررسمی، در سال ۱۳۹۸ حدود ۱۰۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی به کشت ذرت شیرین اختصاص یافته است که با توجه به رشد بازار مصرف پیش‌بینی می‌شود در سال‌های آتی سطح زیر کشت این محصول افزایش یابد (Khavari Khorasani, 2020). ارقام ذرت شیرین برحسب نوع ژن جهش یافته در آندوسپرم دانه به دو گروه ذرت شیرین معمولی (با ژن جهش یافته su) و ذرت فوق شیرین (با ژن جهش یافته sh_2) تقسیم می‌شوند. درحالی‌که بلال‌های ارقام ذرت شیرین معمولی (با ۱۰-۷ درصد قند) را باید حداکثر ظرف ۴۸ ساعت پس از برداشت فرآوری کرد، کندتر بودن فرآیند تبدیل قند به نشاسته و کاهش رطوبت دانه در ارقام ذرت فوق شیرین (با ۲۷-۱۸درصد قند) امکان به تأخیر انداختن فرآوری بلال تا ۸-۷ روز پس از برداشت را فراهم می‌سازد که این امر، با توجه به زمان‌بر بودن فرایند برداشت و انتقال بلال به صنایع تبدیلی، از مزیت‌های عمدهٔ ارقام فوق شیرین نسبت به ارقام شیرین معمولی به شمار می‌آید (Lertrat and Pulam, 2007).

شرایط نامطلوب ذخایر آب زیرزمینی استان همدان، به‌همراه کوتاه بودن دورهٔ رشد و نیاز آبی کمتر ارقام عموماً زودرس ذرت فوق شیرین (در مقایسه با ارقام دیررس ذرت دانه‌ای) سبب شده است که طی سال‌های اخیر کشت ذرت فوق شیرین در استان همدان رونق یابد به‌طوری‌که براساس آمار غیررسمی، تنها از شهرستان قروه درجزین (واقع در شمال استان همدان) در سال ۱۴۰۰ حدود ۱۰۰۰۰ تن بلال سبز ذرت فوق شیرین از حدود ۴۰۰ هکتار مزرعه برداشت و جهت تازه خوری و فرآوری به بازارهای مصرف و یا صنایع تبدیلی استان همدان و دیگر استان‌های کشور فرستاده شده است.

درحالی‌که درصد استحصال دانه از بلال در کنار صفات طول و قطر بلال، عملکرد دانه و میزان مواد جامد محلول دانه (به عنوان شاخصی از درصد قند دانه)، از اهمیت بالایی برای فرآوری صنعتی (انجماد و یا کنسروسازی دانه) ذرت شیرین برخوردار است (Haqhbin *et al.*, 2014). ذرت فوق شیرین تولیدی استان همدان، به دلیل بالا بودن درصد استحصال دانه از بلال سبز که ناشی از شرایط مطلوب دمایی استان همدان در فصل تابستان (روزهای گرم و شب‌های خنک) است، برای فرآوری صنعتی مطلوب شمرده می‌شود (Mottaghi, 2020).

گسترش کشت ذرت شیرین در ایران سبب شده است که تحقیقات مختلفی در مورد جنبه‌های به زارعی آن مانند تعیین تراکم مطلوب بوته (Didgah *et al.*, 2012) انجام گیرد. تاریخ کاشت مناسب نیز یکی دیگر از عوامل به‌زراعی است که نقش آن در افزایش عملکرد گیاهان مختلف مانند شبدر برسیم (Shoushi Dezfuli *et al.*, 2019)، کنجد (Attar Roshan *et al.*, 2024) و کلزا (Rahnama, 2012) مشخص شده است. تغییر تاریخ کاشت ممکن است سبب افزایش احتمال همزمانی دوران رشد رویشی و زایشی محصول با میانگین دمای روزانهٔ بالاتر گردد و به طور قابل توجهی بر رشد بذر و مدت پر شدن دانه تأثیر گذاشته و در نهایت باعث کاهش عملکرد محصول شود (Salehi et al., 2023). تاریخ کاشت ذرت شیرین نیز به دلیل تحت تأثیر قرار دادن دوره‌های فنولوژیک گیاه از اهمیت زیادی برخوردار است. در این میان، زمان ظهور اندام‌های زایشی و همچنین گرده‌افشانی و تلقیح از نظر تقارن با شرایط تنش‌زا به‌ویژه گرما یا کمبود رطوبت می‌تواند رشد و عملکرد نهایی گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. دماهای بالا از یک‌سو موجب تضعیف قدرت باروری دانه گرده شده و درنتیجه درصد کچلی بلال را افزایش می‌دهد و از سوی دیگر با ایجاد عدم هماهنگی در ظهور گل‌آذین‌های نر و ماده می‌تواند تعداد بلال‌های بدون دانه را افزایش دهد(Pinjari and Chavan., 2017).

طی تحقیقی در مورد کشت ارقام مختلف ذرت شیرین در گرگان در تاریخ‌های کاشت ۱۵ اردیبهشت و ۱۵ تیر، بیشترین عملکرد دانه و بلال سبز برداشتی، به همراه درصد استحصال دانه برای نوبت اول کاشت گزارش و رقم هاروست گولد به‌عنوان برترین رقم اعلام شد (Manouri *et al.*, 2020). همچنین بررسی تأثیر تاریخ کاشت (در پنج سطح شامل ۱۵ و ۳۰ اردیبهشت، ۱۵ و ۳۰ خرداد و ۱۵ تیر) بر عملکرد ذرت شیرین در یاسوج نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت، دارای بیشترین عملکرد بلال سبز و دانه (به ترتیب با ۱۴۸۰۰ و ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تاریخ کاشت ۱۵ تیر، دارای کمترین عملکرد بلال سبز و دانه (به ترتیب با ۱۰۰۰۰ و ۴۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود (Mohamad Zade *et al.*, 2020). در بررسی اثر تاریخ‌های کاشت اول و ۱۵ آوریل(۱۲ و ۲۶ فروردین)، اول و ۱۵ می (۱۱ و ۲۵ اردیبهشت) و ۱ ژوئن (۱۱ خرداد) بر عملکرد ذرت شیرین در جنوب شرقی آناتولی ترکیه، بیشترین مقادیر عملکرد بلال سبز متعلق به تاریخ‌های کاشت اول و ۱۵ می بود و تعجیل و یا تأخیر در زمان کاشت سبب کاهش معنی‌دار عملکرد بلال گردید. همچنین بیشترین مقادیر درجه، روز رشد تا برداشت بلال نیز به این دو تاریخ کاشت تعلق داشت (Kara, 2011). از بین تاریخ‌های کشت ذرت شیرین در اول، ۱۵ و ۲۵ می (به ترتیب ۱۱ و ۲۵ اردیبهشت و ۴ خرداد) در ناحیهٔ ساحلی دریای سیاه، بیشترین عملکرد بلال سبز، عملکرد دانه و درصد استحصال دانه برای ۱۵ می اعلام گردید و افزایش میزان مواد جامد محلول دانه با به تأخیر افتادن زمان کاشت مشاهده شد (Ugur and Maden., 2015). در منطقهٔ خیبر پختونخوا پاکستان، بیشترین تعداد دانه در بلال، طول بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بلال سبز برای تاریخ کاشت ۲۶ جولای (۵ مرداد)، و بیشترین طول میان گره و در نتیجه ارتفاع بوته برای تاریخ کاشت ۲۵ آوریل (۶ اردیبهشت) بود (Khan *et al.*, 2018). همچنین در منطقهٔ جیزای مصر، بیشترین عملکرد دانه، طول و قطر بلال و مواد جامد محلول دانه ارقام ذرت شیرین در میان تاریخ‌های کاشت ۲۱ مارس (اول فروردین)، ۲۳ می (دوم خرداد) و ۲۲ آگوست (۳۱ مرداد) برای نوبت آخر کاشت و بیشترین مقادیر ارتفاع بلال و بوته برای نوبت اول کاشت گزارش شد (Ibrahim and Alfauomy, 2019).

تفاوت در نتایج تحقیقات ذکر شده از نظر تعیین تاریخ کاشت ذرت شیرین برای دست‌یابی به بیشینه عملکرد، بیش از هر چیز به دلیل شرایط متفاوت محیطی (دما و طول روز) در اقلیم‌های مختلف است. این امر لزوم تعیین تاریخ کاشت بهینه ارقام ذرت شیرین در هر اقلیم منطقه‌ای را نشان می‌دهد.

با توجه به گسترش کشت ذرت فوق شیرین در استان همدان طی سال‌های اخیر و تأثیر قابل توجه تاریخ کاشت بر خصوصیات کمی و کیفی دانه و بلال از نظر فرآوری صنعتی،

تحقیق حاضر با هدف تعیین تاریخ کاشت بهینه ارقام ذرت فوق شیرین در منطقهٔ همدان و مناطق با شرایط آب و هوایی مشابه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، طی سال‌های زراعی ۱۳۹۹- ۱۴۰۰ و ۱۴۰۰-۱۴۰۱ با عرض جغرافیایی۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه و ۵۶ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه و ۵۱ ثانیه شرقی و ارتفاع ۱۷۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد.

عامل‌های مورد مطالعه شامل سه تاریخ کاشت (۲۰ اردیبهشت، ۱۵ خرداد و ۱۰ تیر) به عنوان عامل اصلی و پنج رقم ذرت فوق شیرین (بیسین، مسنجر، شبا، پشن و شیکر) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. برخی خصوصیات ارقام فوق شیرین مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. پیش از کاشت، اقدام به عملیات آماده‌سازی زمین از قبیل دیسک، ماله و تهیه جوی و پشته گردید. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی رسی شنی با هدایت الکتریکی (EC) ۱/۱ دسی زیمنس بر متر و اسیدیته (pH) ۷/۶۳ بود. با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و نیاز کودی ذرت شیرین، پیش از کاشت از ۲۰۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم و۲۰۰ کیلوگرم کود اوره استفاده شد. ۱۰۰ کیلوگرم دیگر کود اوره نیز هنگام ۷-۵ برگی ذرت استفاده شد. شرایط دمایی و سرعت باد در دورهٔ زمانی کاشت تا برداشت ذرت شیرین در شهرستان همدان طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در جدول ۲ نشان داده شده است.

بذور پس از ضدعفونی بر روی چهار ردیف پنج متری با فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر به صورت کپه‌ای کشت شدند. در هر کپه دو بذر کشت گردید که در مرحلهٔ ۴-۳ برگی، یک بوته حذف و بوته دیگر نگهداری شد. فاصله روی ردیف‌های کاشت ۱۸ سانتی‌متر (تراکم ۷۴۰۰۰ بوته در هکتار) در نظر گرفته شد. مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک برگ به‌صورت وجین در مرحلهٔ چهار برگی شدن بوته انجام گرفت. برای مبارزه با زنجره و شته، از آفت‌کش کنفیدور در مرحلهٔ ۴ تا ۶ برگی گیاه استفاده شد. از سیستم قطره‌ای (نوارهای تیپ) جهت آبیاری استفاده گردید.

پیش از برداشت، صفات ارتفاع بوته و ارتفاع استقرار بلال از سطح زمین و قطر ساقه اندازه‌گیری شدند. همچنین صفات فنولوژیک تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا شیری شدن دانه (زمان برداشت بلال) تعیین گردید. علاوه بر این، به منظور تعیین مقدار درجه روز رشد از رابطه ۱ استفاده شد:

رابطه ۱: $GDD = \sum [(T_{max}+T_{min})/2]-Tb$

در این رابطه T_{max} حداکثر دمای روزانه، T_{min} حداقل دمای روزانه و T_b دمای پایه رشد (برابر با ده درجه سانتی‌گراد) است. درجه حرارت‌های بالاتر از ۳۰ برابر با ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد و درجه حرارت‌های پایین‌تر از ۱۰ برابر با ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد در نظر گرفته شدند.

پس از برداشت و توزین بلال‌های سبز، عملکرد بلال سبز در واحد سطح محاسبه گردید. به منظور اندازه‌گیری صفات موردتوجه صنایع تبدیلی (فرآوری صنعتی)، پس از اندازه‌گیری طول و قطر بلال پوست‌گیری شده، با جدا کردن دانه از چوب بلال، عملکرد دانه (دانه کنسروی) در واحد سطح مشخص و نسبت وزن دانه به وزن بلال سبز (درصد استحصال دانه از بلال) تعیین گردید. همچنین با استفاده از دستگاه رفراکتومتر چشمی، درصد مواد جامد محلول دانه (عدد بریکس) نیز مشخص گردید (Alan *et al.*, 2014).

پس از بررسی متجانس بودن واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با در نظر گرفتن اثر سال به‌عنوان عامل تصادفی توسط نرم‌افزار SAS انجام شد. برای صفاتی که برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار شد از روش برش‌دهی برای تجزیه واریانس استفاده شد. برای صفاتی که برهم‌کنش بر روی آن‌ها معنی‌دار نبود تنها به مقایسه میانگین سطوح عاملی که معنی‌دار بود، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اکتفا شد.

Table 1. Overview of super sweet corn cultivars evaluated

Cultivar	Origin	Grain Color	Advantages
Passion	United States	Yellow	Great taste and eating quality, High resistance to some races of common rust
Obsession	United States	Bicolor	Easy to pull ear from plant, Provides excellent eating quality, High resistance to several races of common rust
Basin	United States	Yellow	Excellent eating quality, Intermediate resistance to maize dwarf mosaic virus, Sugarcane mosaic virus and Stewart's wilt
Messenger	United States	Yellow	Suitable for cut kernel and/or corn on the cob packs, Notable standability, Resistance against rust
Shaker	United States	Yellow	Great taste and eating quality, High resistance to several races of common rust

Table 2. Soil physico-chemical properties of experimental site

EC ($dS.m^{-1}$)	pH of paste	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	TNV (%)	Total N (%)	OC (%)	P ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)
1.1	7.63	26	24	50	1.8	0.05	0.51	3	239

Table 3. Mean minimum and maximum temperatures and wind speed during super sweet corn growing period in Hamedan in 2021 and 2022

		First 10 days			Second 10 days			Third 10 days		
Months	Year	Min. Temp. (ºC)	Max. Temp. (ºC)	Wind Speed ($Km.h^{-1}$)	Min. Temp. (ºC)	Max. Temp. (ºC)	Wind Speed ($Km.h^{-1}$)	Min. Temp. (ºC)	Max. Temp. (ºC)	Wind Speed ($Km.h^{-1}$)
May	2021				6.3	20.1	33.5	7.5	26.0	35.2
	2022				6.8	22.8	30.3	7.9	27.3	31.7
June	2021	8.0	27.1	36.1	10.0	30.2	35.2	11.0	31	33.4
	2022	9.5	28.6	32.9	10.6	32.1	34.3	11.8	32	34.0
July	2021	16.0	36.0	27.1	17.0	37.0	28.3	16.1	35.8	27.3
	2022	17.6	37.8	29.6	17.6	37.9	30.3	16.9	36.9	29.3
Augest	2021	14.1	35.2	30.2	14.1	35.9	31.5	14.1	35.1	35.9
	2022	14.2	36.5	28.2	14.5	36.7	30.1	14.9	36.4	33.2
September	2021	12.1	33.1	39.1	10.2	32.0	45.9	11.0	31.1	50.6
	2022	12.8	34.1	37.2	10.9	32.4	41.2	11.5	31.5	53.9
October	2021	8.2	28.0	55.2						
	2022	8.8	29.7	54.2						

نتایج و بحث

تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد درجه روز رشد تا گرده‌افشانی

دورهٔ رشد ذرت شیرین تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و شرایط محیطی (طول روز و درجه حرارت محیط) قرار دارد و شامل رشد رویشی (جوانه‌زنی دانه تا گرده‌افشانی) و متعاقب آن رشد زایشی (پرشدن دانه تا زمان شیری شدن دانه) است (Revilla *et al.*, 2021). مطابق جدول ۴، اثرات ساده

زمان کاشت و رقم بر صفت روز تا گرده‌افشانی به ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار بود، اگرچه برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار نبود. نوبت اول کاشت (۲۰ اردیبهشت) با میانگین ۵۴/۲۷ روز و نوبت سوم کاشت (۱۰ تیر) با ۴۵/۹۳ روز به ترتیب بیشترین و کمترین دورهٔ رشد رویشی را نشان دادند (جدول ۶). کاهش دورهٔ رشد رویشی ذرت در صورت تأخیر در کاشت (کشت تابستانه) پیش‌ازاین گزارش شده است و علت آن رشد سریع‌تر ذرت در دماهای بالا نسبت به دماهای پایین ذکر شده است که سبب کاهش دورهٔ رشد رویشی و ورود سریع‌تر گیاه به مرحلهٔ رشد زایشی می‌شود (Majidian and Esfahani, 2013). از نظر واکنش ارقام به تعداد روز تا گرده‌افشانی نیز ارقام شیکر، مسنجر و بیسین به ترتیب با ۵۳/۱۱، ۵۱/۲۲ و ۵۰/۲۲ روز از برتری معنی‌دار نسبت به سایر ارقام برخوردار بودند (جدول ۶). با توجه به این‌که شرایط محیطی در هر تاریخ کاشت برای همه ارقام یکسان است، علت اصلی اختلاف در دورهٔ رشد را باید در تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام دانست.

در هر مرحله از رشد و نمو گیاه، مقدار معینی گرما لازم است که با توجه به متغیر بودن درجه حرارت، طول روز و عدم تخمین دقیق مراحل فنولوژی گیاه، استفاده از درجه روز رشد، جهت تعیین دقیق مراحل مختلف فنولوژی گیاه ضروری است (Agha Alikhani and Mohammadi, 2019). در تحقیق حاضر علیرغم معنی‌دار بودن اثرات ساده تاریخ کاشت و رقم بر تعداد درجه روز رشد تا گرده‌افشانی، برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴). با توجه به جدول ۶، روند کاهشی میزان GDD تا گرده‌افشانی درصورت تأخیر در زمان کاشت مشخص است، به‌طوری‌که بیشترین میزان این صفت با ۷۰۸/۴۶ درجهٔ سانتی‌گراد متعلق به نوبت اول کاشت و کمترین با ۶۶۰/۴۸ درجهٔ سانتی‌گراد متعلق به نوبت سوم کاشت بود. این امر در مطابقت با اعلام سایر محققین قرار داشت (Vafa *et al*., 2014).

ارقام با رشد رویشی بلندمدت، نسبت به ارقام با رشد رویشی کوتاه‌مدت، از مقادیر بالاتر GDD تا گرده‌افشانی برخوردار هستند (Vafa *et al*., 2014). با توجه به این امر، بیشتر بودن نیاز حرارتی ارقام شیکر، مسنجر و بیسین (به ترتیب با ۷۱۳/۴، ۶۹۸/۲ و ۶۸۸/۷ درجه سانتی‌گراد) نسبت به سایر ارقام برای ورود به مرحلهٔ رشد زایشی، قابل انتظار بود (جدول ۶).

تعداد روز تا برداشت و تعداد درجه روز رشد تا برداشت

به‌طورکلی، کشاورزان ارقام زودرس (با تعداد روز کمتر تا برداشت) را به ارقام میان‌رس و یا دیررس ذرت شیرین ترجیح می‌دهند. زیرا علاوه بر نیاز آبی کمتر ارقام زودرس، برداشت زودهنگام محصول امکان آماده‌سازی سریع‌تر زمین برای کشت‌های پاییزه (به خصوص کلزا که به تاریخ کاشت حساس است) را فراهم می‌آورد (Agha Alikhani and Mohammadi, 2019). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تاریخ کاشت و رقم و برهم‌کنش آن‌ها بر صفت تعداد روز تا برداشت معنی‌دار بود (جدول ۴). تجزیه واریانس برش‌دهی برهم‌کنش ارقام در سطوح مختلف تاریخ کاشت نشان داد که تیمارهای مختلف تاریخ کاشت، اثر معنی‌دار در سطح یک درصد بر صفت روز تا برداشت بلال داشتند (جدول ۵). درحالی‌که میزان روز تا برداشت تمامی ارقام در نوبت اول کاشت بیشتر از نوبت دوم بود، نوبت سوم کاشت بیشترین دورهٔ رشد را به خود اختصاص داد. به نظر می‌رسد که علت این امر طولانی شدن دورهٔ رشد زایشی به دلیل کاهش نسبی دما و طول روز در نوبت سوم کاشت بود که سبب تأخیر در ورود به مرحلهٔ شیری شدن دانه و در نتیجه برداشت دیرهنگام بلال گردید. طولانی‌ترین دورهٔ رشد متعلق به رقم مسنجر در نوبت‌های سوم و اول کاشت به ترتیب با ۸۴/۳۳ و ۸۳/۶۷ روز بود و کوتاه‌ترین نیز متعلق به رقم شبا در نوبت‌های سوم و اول کاشت به ترتیب با ۷۰ و ۶۸/۶۷ روز بود (جدول ۷).

درحالی‌که از صفت روز تا برداشت بلال برای گروه‌بندی رسیدگی ارقام ذرت شیرین استفاده می‌شود، رتبه‌بندی ارقام براساس درجه روز رشد (GDD) تا برداشت، مناسب‌تر از تعداد روز است (Haqhbin *et al*., 2014). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درحالی‌که اثر تاریخ کاشت بر صفت

GDD تا برداشت بلال غیر معنی‌دار بود، اثر ساده رقم و برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۴). تجزیه واریانس برش‌دهی برهم‌کنش ارقام در سطوح مختلف تاریخ کاشت نشان داد که تیمارهای مختلف تاریخ کاشت، اثر معنی‌داری بر صفت GDD تا برداشت بلال ارقام مورد بررسی داشتند (جدول ۵). نیاز حرارتی تمامی ارقام برای طی مراحل مختلف فنولوژیک تا هنگام شیری شدن دانه، در نوبت دوم کاشت نسبت به نوبت اول افزایش یافت، اگرچه با به تأخیر افتادن زمان کاشت (نوبت سوم کاشت)، مقدار این صفت کاهش یافت. به‌طوری‌که میزان GDD تا برداشت بلال برای ارقام مسنجر و شیکر (به عنوان ارقام با بیشترین میزان GDD تا برداشت در هر سه نوبت کاشت) در نوبت اول کاشت به ترتیب ۱۱۸۳/۶و ۱۱۷۵/۳سانتی‌گراد، در نوبت دوم به ترتیب ۱۲۱۲/۳و ۱۱۹۵ سانتی‌گراد و در نوبت سوم به ترتیب ۱۱۶۰/۳ و ۱۱۷۲/۵ سانتی‌گراد بود (جدول ۵). کاهش میزان GDD تا برداشت ذرت شیرین در صورت تأخیر در کاشت، پیش‌ازاین گزارش شده بود (Kara, 2011) و به نظر می‌رسد تا حدود زیادی تحت تأثیر کاهش دما در مرحلهٔ رشد زایشی گیاه در شرایط کشت تأخیری است.

ارتفاع بوته، ارتفاع بلال و قطر ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴) بیانگر معنی‌دار بودن اثرات سال بر ارتفاع بوته و بلال بود. برتری معنی‌دار ارتفاع بوته و بلال در سال ۱۴۰۰ (به ترتیب ۲۰۱/۷۰ و۱۰۴/۲۷ سانتیمتر) نسبت به سال ۱۴۰۱ (به ترتیب ۱۹۵/۵۶ و۹۷/۶۷ سانتیمتر) احتمالاً به دلیل مقادیر نسبتاً کمتر دما در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر در سال ۱۴۰۰ بوده است. زیرا مقادیر بالای دما در مرحلهٔ رشد رویشی ذرت، سبب ورود زودهنگام به مرحلهٔ رشد زایشی و درنتیجه کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Agha Alikhani and Mohammadi, 2019). در تحقیق حاضر، اثر تاریخ کاشت، رقم و برهم‌کنش آن‌ها بر ارتفاع بوته در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). تجزیه واریانس برش‌دهی برهم‌کنش (جدول ۵) روشن ساخت که در هر سه تاریخ کاشت، بین ارقام مختلف از نظر تأثیر بر طول بوته تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد وجود داشت. در نوبت‌های اول تا سوم تاریخ کاشت، رقم مسنجر به ترتیب با ۲۱۲/۶۵، ۲۰۸/۳۲ و ۱۹۶/۲۱ سانتی‌متر بیشترین و رقم شبا به ترتیب با ۲۰۰/۱۱، ۱۹۴/۲۵ و ۱۸۲/۶۳ سانتی‌متر کمترین مقادیر ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۷). روند کاهشی ارتفاع بوتهٔ ذرت شیرین در صورت به تأخیر افتادن زمان کاشت پیش‌ازاین گزارش شده است (Ibrahim and Alfauomy, 2019; Khan *et al.*, 2018).

علیرغم معنی‌دار بودن اثرات ساده تاریخ کاشت و رقم بر صفات ارتفاع بلال و قطر ساقه، برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم بر این دو صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴).کمترین میزان ارتفاع بلال با ۹۷/۶۹ سانتی‌متر به کشت دیرهنگام (۱۰ تیر) اختصاص یافت که از کمترین دورهٔ رشد زایشی برخوردار بود و در مقابل کشت زودهنگام (۲۰ اردیبهشت) با۱۰۴/۸۰ سانتی‌متر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. کاهش قطر ساقه در کشت تأخیری نسبت به کشت زودهنگام پیشتر در ذرت دانه‌ای گزارش شده است (Jafari *et al.*, 2024). در تحقیق حاضر نیز قطر ساقه در نوبت اول کاشت با ۴/۵۹ سانتی‌متر، ۱۰/۷ درصد بیشتر از نوبت سوم بود، اگرچه قطر ساقه در نوبت سوم کاشت با ۴/۱۰ سانتی‌متر، حدود ۷/۶ درصد بیشتر از نوبت دوم بود (جدول ۶). با توجه به وزش بادهای شدید در اواخر فصل تابستان و اوایل فصل پاییز در منطقهٔ همدان و دشت‌های شمالی استان که می‌تواند سبب ورس بوته‌های ذرت شود، به نظر می‌رسد که کاهش ارتفاع بوته و در مقابل افزایش نسبی قطر ساقه در نوبت سوم کاشت (نسبت به نوبت دوم)، کاهش خطر ورس ساقه در کشت تأخیری را به همراه دارد.

در میان ارقام مختلف، رقم مسنجر که از طولانی‌ترین دورهٔ رشد برخوردار بود، با ۱۰۹/۵۵ سانتی‌متر، بیشترین و رقم شبا با ۹۴/۸۴ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بلال را به خود

اختصاص دادند. همچنین بیشترین و کمترین مقادیر قطر ساقه به ترتیب با ۴/۴۶ و ۳/۹۸ سانتی‌متر متعلق به ارقام شیکر و بیسین بود (جدول ۶).

Table 4. Compound variance analysis of phenological and morphological traits, yield components, and grain and green ear yield of super sweet corn in different planting dates

S.O.V.	df	Means of squares													
		Day to pollination	GDD to pollination	Day to harvest	GDD to harvest	Plant height	Plant height	Stem diameter	No. of grains per row	No. rows of per ear	Ear length	Ear diameter	Green ear yield	Grain yield	Grain extraction (%)	TSS (%)
Year (Y)	1	28.84^{ns}	14838^{ns}	34.84^{ns}	3230^{ns}	532.9*	642.8*	0.33^{ns}	0.19^{ns}	0.17^{ns}	17.60^{ns}	0.06^{ns}	35479490^{ns}	15657504^{ns}	17.60^{ns}	6.45^{ns}
Y (replication)	4	8.29	1276	15.29	13207	61.73	72.50	0.13	4.55	0.65	14.81	0.03	5303506	3326446	3.01	1.10
Planting date (Pd)	2	458.36*	5861*	673.7*	34955^{ns}	1676.8*	5126**	0.39*	308.8**	7.53*	226.5*	2.10^{ns}	566640080**	69720017*	165.3*	95.39*
Pd ×Y	2	8.25^{ns}	282.6^{ns}	10.84^{ns}	4378^{ns}	40.31^{ns}	7.37^{ns}	0.01^{ns}	0.38^{ns}	0.14^{ns}	0.17^{ns}	0.25^{ns}	1224277^{ns}	744194^{ns}	8.22^{ns}	4.62^{ns}
Error a	8	7.25	241.4	10.55	5789	61.73	45.63	0.09	1.87^{ns}	1.19	5.38	0.09	1569610	1098258	1.98	1.09
Cultivar (C)	4	158.36**	19264*	8467.1**	84678**	428.2*	407.1*	1.55*	144.8**	10.06*	76.62**	1.01^{ns}	172265993**	47027313**	88.15**	48.23**
C×Y	4	3.99^{ns}	1691^{ns}	5.73^{ns}	1946^{ns}	66.58^{ns}	38.64^{ns}	0.14^{ns}	2.51^{ns}	1.11^{ns}	3.14^{ns}	0.17^{ns}	6861115^{ns}	1063161^{ns}	3.56^{ns}	2.01^{ns}
C×Pd	8	5.96^{ns}	510.4^{ns}	20.18*	4104*	22.33*	11.27^{ns}	0.17^{ns}	7.44*	3.28^{ns}	5.46*	0.36^{ns}	12688967*	4634806**	7.75*	0.67^{ns}
C×Pd×Y	8	3.84^{ns}	703.9^{ns}	5.23^{ns}	1049^{ns}	5.74^{ns}	11.87^{ns}	0.09^{ns}	2.15^{ns}	1.00^{ns}	1.26^{ns}	0.15^{ns}	3350378^{ns}	581976.8^{ns}	2.13^{ns}	0.54^{ns}
Error b	48	5.1	341	6.94	1587	48.83	15.76	0.06	1.06	0.48	1.85	0.08	2943894	464449	1.99	1.06
C.V. (%)		5.08	2.65	4.51	3.51	3.45	4.22	5.19	3.76	4.75	6.87	7.17	5.49	6.12	5.91	4.98

^{ns}, * and **: Non significant, significant at 5 and 1% levels of probability, respectively.

Table 5. Slice analysis of variance of interaction effect of super sweet cultivars and planting dates on some physiological characteristics and yield and its components

Planting dates	df	Means of squares							
		Day to harvest	GDD to harvest	Plant height	No. of grains per row	Ear length	Green ear yield	Grain yield	Grain extraction
May 9	4	153.13**	42323**	220.30*	49.71*	27.73*	101466166*	28052746**	10.60^{ns}
June 4	4	63.13**	27364**	142.69*	52.69*	35.44*	63079836*	24674003*	38.95*
June 30	4	72.47**	3746.14*	121.82*	48.29*	20.38^{ns}	23097926^{ns}	3570176^{ns}	24.21^{ns}

^{ns}, * and **: Non significant, significant at 5 and 1% levels of probability, respectively

Table 6. Mean comparison of phenological and morphological traits, yield components, and grain and green ear yield of super sweet corn in different planting dates

Treatment	Day to pollination	GDD to pollination (ºC)	Day to harvest	GDD to harvest (ºC)	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Stem diameter (cm)	No. of grains per row	No. of rows per ear	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Green ear yield ($kg.ha^{-1}$)	Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	Grain extraction (%)	TSS (%)
2021	50.89a	695.1a	78.65a	1135a	201.70a	104.27a	4.20a	37.45a	14.75a	20.52a	4.12a	31741a	11501a	36.47a	21.10a
2022	48.53a	671.0a	77.61a	1129a	195.56b	97.67b	4.14a	36.95a	14.47a	19.38a	4.02a	30793a	10769a	35.64a	21.88a
LSD (5%)	1.70	24.91	2.29	37.27	1.99	6.99	0.21	1.25	0.47	2.25	0.13	1048	872	1.02	1.21
May 9	54.27a	708.5a				104.8a	4.59a		14.44bc		3.84a				19.05b
June 4	48.93b	680.2bc				100.43bc	3.81b		15.17a		4.35a				22.27a
June 30	45.93c	660.5c				97.69c	4.10c		14.22c		4.02a				23.14a
LSD (5%)	1.89	25.36				3.03	0.22		0.70		0.55				2.26
Basin	50.22ab	688.7ab				99.06b	3.98c		14.59ab		4.12a				22.17a
Messenger	51.22a	698.2ab				109.55a	4.38a		14.95a		4.24a				24.37a
Sheba	45.11c	638.9c				94.84c	4.02bc		14.37c		3.91a				22.38a
Passion	48.89b	676.2b				98.74bc	4.00bc		14.40bc		3.88a				18.79bc
Shaker	53.11a	713.4a				102.68b	4.46a		14.74ab		4.21a				19.72c
LSD (5%)	3.14	27.25				3.96	0.28		0.50		0.40				2.63

Within each column, different letters show significant differences at the 5% level of probality (LSD test)

Table 7. Mean comparison of effect of double interactions for planting date and cultivar on phenological and morphological traits, yield components, and grain and green ear yield of super sweet corn

Treatments	Day to Harvest	GDD to harvest (ºC)	Plant height (cm)	Number of grains per row	Ear lenght (cm)	Green ear yield ($kg.ha^{-1}$)	Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	Grain extraction (%)
May 9 × Basin	77.33b	1116b	203.61cd	37.7a	20.55a	36985a	13985a	36.27a
May 9 × Messenger	83.67a	1184a	212.65a	33.58c	18.1ab	34185ab	12243a	35.52a
May 9 × Sheba	69.33d	998d	200.11d	32.28d	17.27bc	26475c	8808c	33.6a
May 9 × Passion	73.33c	1062c	204.73bc	30.25e	15.5c	29847bc	9156bc	34.7a
May 9 × Shaker	82.33a	1175a	208.96a	35.53b	18.53ab	33784ab	11300abc	34.88a
LSD (5%)	2.42	48.62	6.12	1.16	3.11	5587	2812	3.04
June 4 × Basin	75.33b	1162bc	197.36cd	44.58a	26.2a	38854a	15922a	41.55a
June 4 × Messenger	82.33a	1212a	208.32a	41.28b	23.47a	37143ab	12942bcd	40ab
June 4 × Sheba	68.67d	1098d	194.25d	38.35c	22.2bc	30543c	10453d	35.25c
June 4 × Passion	70.67cd	1123cd	200.11bc	36.83d	19.5c	33365bc	11836cd	36.78bc
June 4 × Shaker	80.33a	1195ab	204.31ab	40.3b	23.53a	35264ab	12236bcd	39.48ab
LSD (5%)	3.77	47.01	5.53	1.32	3.80	5229	2900	4.67
June 30 × Basin	81.67bc	1133bc	185.25bc	40.95a	20.55a	28654a	10495a	37.45a
June 30 × Messenger	84.33ab	1160ab	196.21a	39.22b	20.37a	27843a	10000a	34.7a
June 30 × Sheba	70.00d	1065d	182.63c	33.47d	17.93a	23842a	8574a	32.9a
June 30 × Passion	80.33c	1121c	188.61ab	36.5c	18.13a	25219a	9113a	33.03a
June 30 × Shaker	86.00a	1172a	192.36a	37.22c	19.1a	27000a	9965a	34.75a
LSD (5%)	3.32	36.70	8.07	1.29	2.83	5030	2234	4.58

Within each column, different letters show significant differences at the 5% level of probality (LSD test)

تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه بلال

تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه بلال از اجزای عملکرد دانه ذرت هستند. در این میان، تعداد دانه در ردیف به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی است (Choukan, 2012). در تحقیق حاضر نیز علاوه بر اثرات ساده تاریخ کاشت و رقم بر تعداد دانه در ردیف، برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت نیز معنی‌دار بود (جدول ۴). تجزیه واریانس برش‌دهی برهم‌کنش ارقام در سطوح مختلف تاریخ کاشت نشان داد که تیمارهای مختلف تاریخ کاشت، اثر معنی‌دار در سطح پنج درصد بر تعداد دانه در ردیف داشتند (جدول ۵). درحالی‌که تعداد دانه در ردیف در نوبت دوم کاشت نسبت به نوبت اول کاشت، افزایش نشان داد تعداد دانه در ردیف تمامی ارقام در نوبت سوم کاشت کاهش یافت. رقم بیسین به ترتیب با ۳۷/۷۰، ۴۴/۵۸ و ۴۰/۹۵ دانه در ردیف در نوبت‌های اول تا سوم کاشت، در تمامی تاریخ‌های کاشت از برتری معنی‌دار نسبت به سایر ارقام برخوردار بود (جدول ۷).

مطابق جدول ۴، علی‌رغم معنی‌دار بودن اثر ساده تاریخ کاشت و رقم بر تعداد ردیف دانه در سطح پنج درصد، برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود. در میان تاریخ‌های کاشت، بیشترین تعداد ردیف دانه با ۱۵/۱۷ واحد متعلق به ۱۵ خرداد بود (جدول ۶). این امر نشان می‌دهد که نوبت دوم کاشت، از نظر شرایط دمایی (عامل اثرگذار بر تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه) از شرایط بهتری نسبت به سایر نوبت‌های کاشت برخوردار بوده است. با توجه به این‌که تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف تعیین‌کنندهٔ تعداد دانه در بلال است (Agha Alikhani and Mohammadi, 2019)، به نظر می‌رسد که مصادف شدن زمان گرده‌افشانی در نوبت اول کاشت با گرمای شدید تابستانه سبب کاهش تعداد دانه در بلال شده باشد. زیرا در درجه حرارت‌های بالا، قابلیت زنده ماندن دانهٔ گرده کاهش یافته و کاکل‌های ظاهرشده نیز با از دست دادن سریع رطوبت، قابلیت پذیرش دانه گرده برای جوانه‌زنی را از دست می‌دهند و درنتیجه، تعداد دانه بارورشده در بلال کاهش می‌یابد (Choukan, 2012). از نظر تعداد ردیف بلال، رقم مسنجر با ۱۴/۹۵ و رقم شبا با ۱۴/۳۷ واحد به ترتیب در رتبه‌های اول و آخر قرار گرفتند (جدول ۶).

طول و قطر بلال

طول بلال صفت مهمی در ذرت شیرین است، زیرا بلال‌های با طول کمتر از ۱۸-۱۷ سانتی‌متر، عملاً در کارخانه‌های صنایع تبدیلی که از ادوات مکانیزه برای جدا کردن دانه از بلال بهره می‌برند، قابل استفاده نیستند (Haqhbin *et al.*, 2014). مطابق جدول ۴، اثرات ساده تاریخ کاشت و رقم و برهم‌کنش آن‌ها بر طول بلال معنی‌دار بود. تجزیه واریانس برش‌دهی برهم‌کنش نشان داد که در تاریخ‌های کاشت ۲۰ اردیبهشت و ۱۵ خرداد، تفاوت معنی‌دار بین ارقام وجود داشت (جدول ۵). در نوبت اول کاشت، بیشترین و کمترین طول بلال با ۲۰/۵۵ و ۱۵/۵ سانتی‌متر به ترتیب متعلق به ارقام بیسین و پشن بود که در نوبت دوم کاشت به ترتیب ۲۷/۵ و ۲۵/۸ درصد افزایش نشان دادند. طول بلال تمامی ارقام در نوبت سوم کاشت نسبت به نوبت دوم کاهش یافت (جدول ۷). کاهش طول بلال ذرت شیرین در شرایط کشت تأخیری نسبت به کشت به‌هنگام توسط سایر محققین نیز مورد اشاره قرار گرفته است (Kara, 2011). شایان ذکر است که با توجه به مقادیر مطلوب طول بلال برای فرآوری صنعتی، بلال رقم پشن در نوبت اول کاشت و بلال رقم شبا در نوبت سوم کاشت مورد پذیرش کارخانه‌های صنایع تبدیلی نخواهند بود.

استاندارد قطر بلال در صنایع تبدیلی ۴/۵- ۴ سانتی‌متر اعلام شده است. مقادیر کمتر قطر بلال سبب می‌شود که جداسازی کامل دانه از بلال توسط دستگاه دان‌کننده به سختی انجام شود و با افزایش درصد دانه‌های شکسته (دانه‌هایی که پس از دان‌شدن، بخشی از آن‌ها به چوب بلال چسبیده است)، موجب کاهش وزن دانه استحصالی از بلال می‌شود. علاوه بر این، نشت تدریجی مواد قندی از دانه‌های شکسته در داخل کنسرو ذرت شیرین، سبب چروکیدگی و کاهش شیرینی دانه‌ها و همچنین کدر شدن مایع کنسرو می‌شود که از بازارپسندی محصول می‌کاهد (ASEAN Standards, 2012).

اثرات ساده تاریخ کاشت و رقم و متعاقباً برهم‌کنش آن‌ها بر قطر بلال معنی‌دار نبود (جدول ۴). بیشتر بودن قطر بلال ذرت شیرین در شرایط کشت به هنگام نسبت به کشت زودهنگام و کشت تأخیری توسط برخی از محققین مورد اشاره قرار گرفته است (Kara, 2011). در تحقیق حاضر نیز همراه شدن دورهٔ رشد زایشی در نوبت اول کاشت (۲۰ اردیبهشت) با اوج دورهٔ گرما در همدان، سبب مقدار پایین قطر بلال (۳/۸۴ سانتی‌متر) در این نوبت کشت گردید. همچنان که همراه شدن دورهٔ رشد زایشی در تاریخ کشت ۱۰ تیر با دورهٔ کاهش قابل توجه دما در اواخر تابستان، سبب کاهش ۷/۶ درصدی قطر بلال نسبت به نوبت دوم کاشت گردید (جدول ۶). در میان ارقام مختلف، بیشترین و کمترین مقادیر قطر بلال با ۴/۲۴ و ۳/۸۸ سانتی‌متر به ترتیب متعلق به ارقام مسنجر و پشن بود. با توجه به مقادیر مطلوب قطر بلال برای فرآوری صنعتی، به نظر می‌رسد که بلال ارقام پشن و شبا (به خصوص در صورت کشت زودهنگام و یا تأخیری) از مطلوبیت لازم برای کارخانه‌های صنایع تبدیلی برخوردار نخواهند بود.

عملکرد بلال سبز، عملکرد دانه و درصد استحصال دانه

درحالی‌که به دلایل اقتصادی، عملکرد بلال سبز از اهمیت بالایی برای کشاورزان برخوردار است، در صنایع تبدیلی که با جدا ساختن دانه‌ها از چوب بلال، اقدام به انجماد و یا کنسرو کردن دانه‌ها می‌کنند، عملکرد دانه و درصد استحصال دانه اهمیت دارد (Szymanek, 2012). در تحقیق حاضر، اثر تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد بلال سبز، عملکرد دانه و درصد استحصال دانه معنی‌دار بود. همچنین، برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم برای هر سه صفت معنی‌دار شد (جدول ۴).

تجزیه واریانس برش‌دهی برهم‌کنش (جدول ۵) نشان داد که در تاریخ‌های کاشت ۲۰ اردیبهشت و ۱۵ خرداد، تفاوت معنی‌دار بین ارقام از نظر صفات عملکرد بلال سبز و عملکرد دانه وجود داشت. در برهم‌کنش‌های تاریخ کاشت و رقم (جدول ۷)، بیشترین مقادیر عملکرد بلال سبز و دانه تمامی ارقام متعلق به نوبت دوم کاشت بود و رقم بیسین بیشترین مقادیر عملکرد بلال سبز و دانه (به ترتیب ۳۸۵۴ و ۱۵۹۲۲کیلوگرم در هکتار) و رقم شبا کمترین مقادیر صفات فوق (به ترتیب ۳۰۵۴۳ و ۱۰۴۵۳ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص دادند. برخی محققین از افزایش عملکرد بلال ذرت شیرین در صورت افزایش میزان GDD تا برداشت خبر داده‌اند (Kara, 2011)، در تحقیق حاضر نیز ارقام مسنجر، بیسین و شیکر که در هر سه تاریخ کاشت از بالاترین مقادیر GDD تا برداشت برخوردار بودند، بیشترین عملکرد بلال را به خود اختصاص دادند. در نوبت سوم کاشت، عملکرد بلال سبز و دانه تمامی ارقام نسبت به نوبت دوم کاشت کاهش یافت. کاهش عملکرد بلال ذرت شیرین در شرایط کشت تأخیری پیش از این گزارش شده است (Kara, 2011; Ugur and Maden, 2015). علت این امر تأثیر منفی دماهای پایین در مرحلهٔ ظهور گل‌آذین‌های نر و ماده، بر روی گرده‌افشانی و تشکیل دانه اعلام شده است. همچنین در دماهای پایین انتقال مواد پرورده به دانه‌های در حال رشد با سرعت کمتری انجام می‌شود که نهایتاً منجر به کاهش عملکرد دانه و بلال می‌شود (Oktem *et al.*, 2004). از نظر میزان استحصال دانه نیز تجزیه واریانس برش‌دهی برهم‌کنش نشان‌دهندهٔ وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام در نوبت دوم کاشت بود (جدول ۵). در نوبت دوم کاشت، میزان استحصال دانه تمامی ارقام نسبت به نوبت اول کاشت افزایش یافت و ارقام بیسین و شبا به ترتیب با ۴۱/۵۵ و ۳۵/۲۵ درصد، بیشترین و کمترین مقادیر این صفت را داشتند. درصد استحصال دانه ارقام مورد بررسی، در نوبت سوم کاشت کاهش یافت (جدول ۷)، که این امر در مطابقت با نظر دیگر محققین بود (Ugur and Maden, 2015; Manouri *et al.*,2020). با توجه به این‌که حداقل میزان قابل قبول ضریب استحصال دانه ذرت شیرین برای صنایع تبدیلی ۳۳/۳ درصد اعلام شده است (ASEAN Standards, 2012)، بلال ارقام شبا و پشن در نوبت سوم کاشت، برای فرآوری مناسب نخواهند بود.

به دلیل هزینه زیاد ایجاد خطوط فرآوری ذرت شیرین، مشغول نگه داشتن خطوط فرآوری برای مدت زمان طولانی از مزیت نسبی برای صنایع تبدیلی برخوردار است. بنابراین، با توجه به مقادیر نسبتاً بالای عملکرد و درصد استحصال دانه ارقام

مورد بررسی در نوبت‌های اول و دوم کاشت (در مقایسه با نوبت سوم کاشت)، می‌توان گفت که در صورت کشت ذرت فوق شیرین از اواخر اردیبهشت تا میانه خرداد در شهرستان همدان، امکان بکارگیری طولانی‌مدت و اقتصادی از خطوط فرآوری ذرت شیرین وجود دارد.

مواد جامد محلول دانه

در صنایع تبدیلی، میزان قند ذرت شیرین به‌عنوان یک عامل مهم جهت تعیین کیفیت و طعم محصول مورد توجه و ارزیابی قرار می‌گیرد. برای تعیین مقدار قند دانه، میزان مواد جامد محلول در دانه اندازه‌گیری می‌شود. زیرا بیشترین درصد مواد جامد محلول دانه را قندها تشکیل می‌دهند (Lertrat and Pulam, 2007).

در تحقیق حاضر، اثرات ساده تاریخ کاشت و رقم بر درصد مواد جامد محلول در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، اگرچه برهم‌کنش آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴). افزایش عدد بریکس، به‌عنوان شاخصی از مواد جامد محلول دانه، با به تأخیر افتادن زمان کاشت ذرت شیرین پیش از این گزارش شده بود (Ugur and Maden, 2015; Ibrahim and Alfaomy, 2019). در تحقیق حاضر نیز بیشترین مقدار مواد جامد محلول با ۲۳/۱۴ درصد مربوط به نوبت سوم کاشت (۱۰ تیرماه) بود که به ترتیب ۴/۰۹ و ۰/۸۷ واحد از نوبت‌های اول و دوم کاشت بیشتر بود (جدول ۶). علت این امر، احتمالاً همزمانی دورهٔ رشد زایشی در نوبت سوم کاشت با هنگام کاهش نسبی دما است که سبب کاهش تنفس گرمایی و درنتیجه عدم برداشت از منابع فتوسنتزی گیاه شده است. با توجه به مقادیر مواد جامد محلول، به نظر می‌رسد که بلال‌های حاصل از نوبت‌های دوم و سوم کاشت، فرصت بیشتری را برای فرآوری در اختیار صنایع تبدیلی قرار می‌دهند.

در میان ارقام مورد بررسی، رقم مسنجر با ۲۴/۳۷ درصد و رقم پشن با ۱۸/۳۹درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر مواد جامد محلول را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). این مقادیر با گزارش برخی محققین مبنی بر دامنهٔ مواد جامد محلول دانه (عدد بریکس) ارقام ذرت فوق شیرین از ۱۶/۳ الی ۲۷/۴ درصد (Alan *et al.*, 2014) مطابقت دارد. با توجه به این‌که درصد بریکس نسبت عکس با درصد نشاسته دانه (و در نتیجه سرعت نشاسته‌ای شدن دانه) ذرت شیرین دارد (Kumari *et al.*, 2006) ، صنایع تبدیلی ذرت‌های با درصد بالای بریکس را ترجیح می‌دهند. زیرا دانه‌های با درصد پایین بریکس (و درصد بالای نشاسته)، به سرعت سفت گردیده و در داخل کنسرو به رنگ سفید درمی‌آیند که مطلوب نظر مصرف‌کنندهٔ نهایی نیست (Szymanek, 2012). بنابراین، به نظر می‌رسد که صرف نظر از نوبت کاشت لازم است در فرآوری بلال ارقام پشن و شیکر تعجیل گردد.

نتیجه‌گیری

در منطقهٔ همدان به دلیل سرماهای دیررس بهاره و یا زودرس پاییزه، رعایت تاریخ کاشت گیاهان بهاره مانند ذرت شیرین از اهمیت زیادی برخوردار است. براساس سه تاریخ کاشت ارزیابی شده در این تحقیق، بهترین تاریخ کاشت برای ذرت فوق شیرین در منطقهٔ همدان، اواسط خردادماه است که بالاترین مقادیر عملکرد بلال سبز و دانه را داشت و به تأخیر انداختن کشت به تیرماه توصیه نمی‌شود. زیرا در صورت کشت تابستانه، کاهش دما از نیمهٔ شهریورماه سبب کاهش مقادیر تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه بلال می‌شود که مجموعهٔ این عوامل سبب کاهش عملکرد بلال سبز و دانه می‌گردد. همچنین با توجه به مقادیر نسبتاً پایین درصد مواد جامد محلول دانه در نوبت اول کاشت، توصیه می‌شود که فرآیند فرآوری صنعتی بلال‌های حاصل از کشت ذرت فوق شیرین در میانه اردیبهشت‌ماه تسریع شود. علاوه بر این، با توجه به مقادیر عملکرد بلال سبز و دانه و درصد مواد جامد محلول، رقم بیسین و در اولویت‌های بعدی به ترتیب ارقام مسنجر، شیکر، پشن و شبا برای کشت در همدان و نواحی با اقلیم مشابه پیشنهاد می‌شوند.

سپاس‌گزاری

نگارندگان کمال تشکر و قدردانی خود از حمایت‌های مادی و معنوی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان در اجرای این تحقیق را ابراز می‌دارند.

References

Agha Alikhani, M., & Mohammadi, K.H. (2019). Sweet corn, agronomic and genetic approaches. *Tarbit Modares University Press*, Mashhad, Iran, 391 pp. [In Persian]

Alan, O., Kinaci, G., Kinaci, E., Bascigtcl, Z.B., Sonmez, K., Evrenosoglu, Y., & Kutlu, I. (2014). Kernel quality of some sweet corn varieties in relation to processing. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 42 (2), 414- 419.

ASEAN Standards. (2012). ASEAN standards for horticultural produce and other food crops. *Standard for sweet corn, ASEAN Stan* 28, The Association of Southeast Asian Nations (ASEAN).

Attar Roshan, M., Rahnama, A., Meskarbashee, M., Siahpoosh, M.R., & Harrison, M. (2024). Study of phenological, physiological, and yield responses of indehiscent and dehiscent sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars to sowing dates in Dezful, Iran. *Plant Productions*, 47(4), 523-542. [In Persian]

Choukan, R. (2012). Maize and maize properties. *Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Press*, Tehran, Iran. 427 pp. [In Persian]

Didgah, S.K., Farajee, H., & Yadavi, A. (2012). Effect of plant density on ear yield and forage protein of four sweet corn hybrids in Yasouj. *Plant Production*, 35(2), 77-84. [In Persian]

Haqhbin, F., Khavari Khorasani, S., & Hakim Attar, B. (2014). Agronomy and industrial processing of sweet corn and baby corn. *Agricultural and Natural Resources Education Research Press (TAC)*, Tehran, Iran, 174 pp [In Persian]

Ibrahim, A. I., & Alfauomy, G.A. (2019). Evaluation of some sweet corn hybrids for agronomic traits and technological parameters under different planting dates. *Journal of Food Sciences* (Suez Canal University), 6*(1), 49-63.

Jafari, A., Bihamta, M. R., Moghbel, M., Soufizadeh, S., Bazgeer, S., & Karimi, M. (2024). Effect of planting date and cultivar on growth stages, morphological traits and growth indices of corn in Karaj city. *Journal of Crops Improvement*, 26(1), 17-34. [In Persian]

Kara, B. (2011). Fresh ear yield and growing degree-days of sweet corn in different sowing dates in Southwestern Anatolia region. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(2), 166-171.

Khan, Z.H., Khalil, S.K., Ali, F., Islam, B., Iqbal, A., Ullah, I., Ali, M., & Shah, F. (2018). Variations in planting dates of sweet corn affect it agronomic traits via altering crop micro-environment. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(7), 4822–4829.

Khavari Khorasani, S. (2020). Practical guide to sweet corn production. *Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Press*, Tehran, Iran. 78 pp. [In Persian]

Kumari, J., Gadag, R. N., & Jha, G. K. (2006). Heritability and correlation studies in sweet corn for quality traits, field emergence and grain yield. *Maize Genetics Cooperation Newsletter*, 80, 18-22.

Lertrat, K., & Pulam, T. (2007). Breeding for increased sweetness in sweet corn. *International Journal of Plant Breeding*, 1(1), 27-30.

Majidian, M., & Esfahani, M. (2013). Effect of sowing date on yield and some agronomic traits of six forage maize hybrids under Guilan agro-climatic conditions. *Journal of Crop production and processing*, 3(9), 57-70. [In Persian]

Manouri, A.A., Mosavat, S.A., Taji, M., & Ghouchzadeh, A. (2020). Investigating the yield and yield components of ear and fodder of different sweet corn hybrids in two planting dates. *Applied Research of Plant Ecophysiology*, 6(1), 37-48. [In Persian]

Mohamad Zade, H., Asghari, J., Farajee, H., Moradi, A., & Majidian, M. (2020). Effect of planting date and sowing methods on ear yield, water use efficiency and some physiological characteristics of sweet corn. *Crop Production and Processing*, 9(4), 97-112. [In Persian]

Mottaghi, M. (2020). Sweet corn, a plant with a short growth period and low water consumption. *Moravej*, 3(2), 26-32. [In Persian]

Oktem. A., Oktem, A. G., & Coskun, Y. (2004). Determination of sowing data of sweet corn (*zea mays* L. *Saccharata*) under sanliurfa conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(2), 83-91.

Pinjari, S., & Chavan., S. (2017). Cultivation technology of sweet corn. *LAMBERT Academic Publishing Press*, Balti, Republic of Moldova, 230 pp.

Rahnama, A. (2012). Crop loss assessment and canola (*Brassica napus* L.) impact factor analysis in late planting. *Plant Productions*, 35(3), 17-25. [In Persian]

Revilla, P., Anibas, C.M., & Tracy, W.F. (2021). Sweet Corn Research around the World 2015–2020. *Agronomy*, 11 (3), 1-49.

Salehi, F., Rahnama, A., Meskarbashee, M., Mehdi Khanlou, K., & Ghorbanpour, M. (2023). Physiological and metabolic changes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars in response to terminal heat stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42, 6585-6600.

Shoushi Dezfuli, A.A., Khorramian, M., & Assareh, A. (2019). Effect of sowing and irrigation cutoff date on seed yield and irrigation water use efficiency of spring berseem clover in Khouzestan. *Plant Productions*, 41(4), 69-82. [In Persian]

Szymanek, M. (2012). Processing of sweet corn, trends in vital food and control engineering. Ayman Amer Eissa (Ed.). *InTech prass*, 85-98 pp.

Ugur, A., & Maden, H. A. (2015). Sowing and planting period on yield and ear quality of sweet corn (*Zea mays* L. *Saccharata*). *Ciência e Agrotecnologia*, 39(1), 48-57.

Vafa, P., Barary, M., Darkhal, H., & Naseri, R. (2014). Thermal requirement and the response of corn hybrids (*Zea mays* L.) to different planting dates in Isfahan. *Journal of Crop Ecophysiology*, 8(2), 121-136. [In Persian]