

## Investigating Yield, Yield Components, Morphological Characteristics and Proline of Different Hybrids of Sweet Corn (*Zea mays* var. *Saccharata*) in Different Irrigation Regimes

A. Estakhr<sup>1</sup>, S. A. M. Modarres-Sanavy<sup>1\*</sup>, M. AghaAlikhani<sup>1</sup>, A. Heidarzadeh<sup>1</sup>, A. M. Abedi<sup>1</sup>

1- Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(\*- Corresponding author's Email: [modaresa@modares.ac.ir](mailto:modaresa@modares.ac.ir))

Received: 14 September 2024  
Revised: 05 April 2025  
Accepted: 08 April 2025  
Available Online: 13 April 2025

### How to cite this article:

Estakhr, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., AghaAlikhani, M., Heidarzadeh, A., & Abedi, A. M. (2025). Investigating yield, yield components, morphological characteristics and proline of different Hybrids of sweet corn (*Zea mays* var. *Saccharata*) in different irrigation regimes. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 23(3), 359-374. (In Persian with English abstract)  
<https://doi.org/10.22067/jcsc.2025.89806.1351>

### Introduction

One of the main challenges in achieving sustainable agriculture is maintaining production under environmental stress. Drought, a prominent geographical feature of our country, is an unavoidable and unchangeable phenomenon. At the same time, the consumption of energy, water, and food resources is increasing rapidly, making it essential to develop strategies to mitigate and reduce its adverse impacts. Sweet corn (*Zea mays* var. *Saccharata*), scientifically known as (*Zea mays* var. *Saccharata*), is a genetically modified plant of regular corn. This genetic modification causes the accumulation of sugars and soluble polysaccharides in the endosperm of the seed. This plant has special economic importance because all its parts, including the cob, stem, leaves, wood, and husk, are used. Unlike regular corn, this plant is consumed fresh by humans. The most critical stage in terms of water consumption in sweet corn is the flowering stage, from the appearance of silks to the end of cell division in the growing seed endosperm. Stress occurrence at this stage causes a 14% reduction in grain yield. Meanwhile, stress occurrence in later stages, such as cob elongation and seed maturation, results in a 31% and 21% reduction in grain yield, respectively. The aim of this research is to study the response of different sweet corn cultivars to various irrigation regimes through traits such as seed yield, dry weight of 100 seeds, leaf area index, yield components, and proline content.

### Materials and Methods

To compare the response of four foreign hybrids and one domestic hybrid cultivar of sweet corn to different irrigation regimes during flowering, an experiment was conducted in a split-plot design based on randomized complete block design with three replications. In this experiment, the irrigation regimes included: a- stopping irrigation until soil moisture depletion reached 15% of available water and then irrigating to field capacity in the root development zone (control: optimal irrigation), b- stopping irrigation until soil moisture depletion reached 35% of available water in the root development zone (mild water deficit stress), c- stopping irrigation until soil moisture depletion reached 55% of available water and then irrigating to field capacity in the root development zone (moderate water deficit stress), d- stopping irrigation until soil moisture depletion reached 75% of available water and then irrigating to field capacity in the root development zone (severe water deficit stress), applied during the reproductive stage in the main plots and sweet corn cultivars (Merit, Honey, Genesis, Chase, and



©2025 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/jcsc.2025.89806.1351>

Single cross 403) in the sub-plots.

## Results and Discussion

The results showed that the optimal irrigation treatment had the highest grain yield with an average of 5159.6 kg ha<sup>-1</sup>, while severe water stress had the lowest grain yield with an average of 3429.2 kg ha<sup>-1</sup>, which was 33% less than the best treatment. Among the studied cultivars, the Genesis cultivar had the highest grain yield. The Honey cultivar showed the lowest grain yield among the studied cultivars, which was 20% less than the best cultivar. Severe water deficit stress had the lowest dry weight of 100 grains, which was 20% less than the optimal irrigation conditions. The highest biological yield were obtained under optimal irrigation conditions and the Honey cultivar. The single cross 403 had the lowest biological yield under severe water deficit stress conditions.

## Conclusion

The study demonstrated that optimal irrigation significantly enhanced sweet corn yield, leaf area index, and biological yield, while severe water stress substantially reduced these parameters. Among the hybrids, Genesis outperformed others in grain yield, making it the most suitable choice under water-limited conditions. Conversely, the Honey hybrid exhibited the highest proline concentration, indicating better stress tolerance. Overall, the Genesis hybrid is recommended for cultivation in drought-prone areas due to its superior yield.

**Keywords:** Biological yield, Grain yield, Harvest index, Leaf area index

## بررسی عملکرد، اجزای عملکرد، خصوصیات مورفولوژیک و پرولین هیبریدهای مختلف ذرت شیرین (*Zea mays* var. *saccharata*) در رژیم‌های متفاوت آبیاری

عاطفه استخر<sup>۱</sup>، سید علی محمد مدرس ثانوی<sup>۲\*</sup>، مجید آقاعلیخانی<sup>۳</sup>، علی حیدرزاده<sup>۴</sup>، امیر محمد عابدی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹

### چکیده

به منظور مقایسه عملکرد پنج هیبرید ذرت شیرین (*Zea mays* var. *saccharata*) نسبت به رژیم‌های مختلف آبیاری در زمان گل‌دهی، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار طی سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. در این آزمایش، عامل اصلی رژیم‌های آبیاری (شاهد، کم آبیاری ملایم، کم آبیاری متوسط، کم آبیاری شدید) و عامل فرعی هیبریدهای ذرت شیرین (مریت، هانی، جنسیس و چیس، و دورگ داخلی دانه طلایی (هیبرید Single Cross 403)) بودند. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری مطلوب دارای بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۵۱۵۹/۶ کیلوگرم در هکتار و تنش شدید کم آبی دارای کمترین عملکرد دانه با میانگین ۳۴۲۹/۲ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به آبیاری مطلوب ۳۳ درصد کمتر بود، در بین ارقام مورد مطالعه، هیبرید جنسیس دارای بیشترین عملکرد دانه بود. هیبرید هانی کمترین عملکرد دانه را در بین ارقام مورد مطالعه نشان داد که نسبت به هیبرید جنسیس ۲۰ درصد کمتر بود. کم آبیاری شدید دارای کمترین وزن خشک ۱۰۰ دانه بود که نسبت به شرایط مطلوب آبیاری ۲۰ درصد کمتر بود. بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار آبیاری مطلوب و کمترین شاخص سطح برگ در شرایط تنش کم آبی شدید در هیبرید دورگ داخلی مشاهده شد. در بین ارقام مورد مطالعه، هیبرید هانی بیشترین غلظت پرولین را دارا بود، اگرچه با ارقام جنسیس، چیس و مریت تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک در شرایط آبیاری مطلوب و هیبرید هانی به دست آمد، این در حالی است که هیبرید دورگ داخلی در شرایط تنش شدید آبی، کمترین عملکرد بیولوژیک را دارا بود. بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار آبیاری مطلوب و کمترین آن در شرایط تنش کم آبی شدید و در هیبرید دورگ داخلی دیده شد. با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهاد می‌شود که در شرایط کم آبی، هیبرید جنسیس مورد کشت قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص برداشت، شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه

### مقدمه

انرژی، آب و مواد غذایی به طور روزافزونی افزایش می‌یابد، از این رو باید در صدد مقابله و کاهش خسارت آن بود. گیاهان سازوکارهای خاصی برای مقابله با تنش خشکی دارند، که یکی از آن‌ها تنظیم اسمزی است. گیاه به منظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله کربوهیدرات محلول و پرولین، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد. تنظیم اسمزی از طریق تجمع مواد محلول درون سلول‌ها منجر به حفظ تورژسانس و فرآیندهای وابسته به آن در پتانسیل پایین آب می‌شود. از این رو تنظیم اسمزی به توسعه سلولی و رشد گیاه در تنش آبی کمک می‌کند. لوله شدن برگ در غلات، سازوکاری برای کاهش سطح دریافت‌کننده تابش و کاهش میزان تفرق است که در واکنش به خشکی ایجاد می‌شود. هر چه شدت تنش بیشتر باشد، درجه لوله شدن برگ بیشتر می‌شود. پرولین آزاد، تحت تنش‌های غیرزیستی از جمله خشکی، شوری، گرما و غیره

بخش عمده‌ای از ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک در بر گرفته است و قسمت عمده‌ای از محصولات زراعی تولیدی کشور که سهمی حدود ۷۰ درصد دارند، در مناطق نیمه‌خشک تولید می‌شود (Banayan Aval, 2019). یکی از چالش‌های اصلی در راه رسیدن به تولید پایدار محصولات کشاورزی تنش‌های زیست‌محیطی می‌باشد. خشکی از ویژگی‌های بارز جغرافیای کشور است و از این پدیده طبیعی و غیرقابل تغییر، گریزی نیست و از طرفی، مصرف منابع

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

(Email: [modaresa@modares.ac.ir](mailto:modaresa@modares.ac.ir))

(\*) نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/jcsc.2025.89806.1351>

افزایش می‌یابد و در این شرایط به‌عنوان تنظیم‌کننده اسمزی در گیاهان عمل می‌کند (Maghsoudi, Emam, Niazi, Pessarakli, Arvin, 2018). پرولین، سنتزکننده‌های پروتئین را تثبیت کرده یا تغییری در تنظیم آنزیم‌های اصلی در شرایط مبارزه با تنش خشکی ایجاد می‌کند (Tahaei, Nasari, Soleymani, Ghooshchi, Oveysi, 2022).

میزان آب مورد نیاز گیاه ذرت (*Zea mays*) در طول فصل رشد به آب‌وهوای منطقه، نوع هیبرید و طول فصل رشد بستگی دارد. مطالعات نشان می‌دهند که کمبود آب در گیاهان یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد محصول می‌باشد. پژوهشگران بر اهمیت تأمین آب کافی در مرحله رشد رویشی ذرت تأکید کرده‌اند. به اعتقاد برخی از محققان کمبود آب در مرحله رشد رویشی تأثیر کمتری بر عملکرد نهایی دارد (Mi et al., 2018). در ذرت شیرین به‌طور طبیعی میزان آب مورد استفاده نسبت به ارقام دیررس کمتر است؛ زیرا اغلب ارقام ذرت شیرین زودرس بوده و در مرحله شیری شدن یا حداکثر ابتدای خمیری شدن دانه‌ها باید برداشت شوند (Khavari Khorasani, 2020). شاخص سطح برگ گیاه یک عامل اساسی و تعیین‌کننده برای دریافت نور خورشید، تبادل انرژی و آب و به‌دنبال آن فتوسنتز است، بنابراین اندازه‌گیری آن برای درک اثر متقابل بین رشد گیاه و محیط پیرامون ضروری است (Zhang, Hansen, Trout, Nielsen, Paustian, 2018). تنش خشکی تأثیر مستقیمی بر کاهش شاخص کلروفیل برگ گیاه دارد. علاوه بر اثر روی قطر ساقه، پرشدن دانه و وزن دانه‌ها، در نهایت بر عملکرد دانه اثر منفی می‌گذارد. همچنین کاهش تولیدات فتوسنتزی در مرحله رشد زایشی موجب کاهش طول و قطر بلال می‌گردد (Khavari Khorasani, 2020). ذرت شیرین با نام علمی (*Zea mays* var. *Saccharata*) یک

گیاه تغییریافته ژنتیکی از ذرت معمولی است که این تغییر ژنتیکی باعث تجمع قندها و پلی‌ساکاریدهای محلول در آندوسپرم دانه می‌گردد (AghaAlikhani & Mohammadi, 2018). این گیاه دارای اهمیت اقتصادی ویژه‌ای است؛ زیرا تمامی بخش‌های آن اعم از بلال، ساقه، برگ، چوب و پوست بلال مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ و برخلاف ذرت معمولی، این گیاه به‌صورت تازه‌خوری به مصرف انسان می‌رسد. بحرانی‌ترین مرحله از نظر مصرف آب در ذرت شیرین، مرحله گل‌دهی بین ظهور ابریشم‌ها تا پایان تقسیم سلول‌های آندوسپرم دانه در حال رشد می‌باشد. در این مرحله، ذرت بیشترین نیاز آبی را دارد. وقوع تنش در این مرحله موجب افت عملکرد دانه به میزان ۶۰ درصد می‌شود. این در حالی است که بروز تنش در مراحل بعدی یعنی طویل شدن بلال و رسیدن دانه‌ها نیز به ترتیب ۳۲ و ۱۲ درصد کاهش عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت (AghaAlikhani & Mohammadi, 2018). هدف از انجام این پژوهش، مطالعه نحوه پاسخ‌های ارقام گیاه ذرت شیرین به رژیم‌های مختلف آبیاری از طریق اندازه‌گیری صفات عملکرد دانه، وزن خشک ۱۰۰ دانه، شاخص سطح برگ، اجزای عملکرد و میزان پرولین بود.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، واقع در کیلومتر ۱۷ اتوبان تهران-کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه و عرض شمالی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی با ارتفاع ۱۲۱۵ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. اطلاعات هواشناسی منطقه آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی - شیمیایی خاک مزرعه آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil of the experimental field

| عمق<br>Depth<br>(cm) | هدایت<br>الکتریکی<br>EC<br>(dS m <sup>-1</sup> ) | بافت<br>Texture | پتاسیم<br>K | فسفر<br>P | نیتروژن<br>N | کربن آلی<br>Organic C | مواد<br>خشی‌شونده<br>TNV* |
|----------------------|--------------------------------------------------|-----------------|-------------|-----------|--------------|-----------------------|---------------------------|
|                      |                                                  |                 | (ppm)       |           |              | (%)                   |                           |
| 0-30                 | 0.41                                             | Sandy loam      | 399         | 33        | 0.21         | 2.1                   | 13                        |
| 30 - 60              | 0.41                                             | Sandy loam      | 447         | 20        | 0.18         | 0.76                  | 10                        |

\* TNV: Total Neutralizing Value

ظرفیت مزرعه در منطقه توسعه ریشه (شاهد: آبیاری مطلوب)، ب- قطع آبیاری تا تخلیه رطوبت خاک به‌میزان ۳۵ درصد آب قابل استفاده در منطقه توسعه ریشه (کم‌آبیاری ملایم)، ج- قطع آبیاری تا تخلیه رطوبت خاک به‌میزان ۵۵ درصد آب قابل استفاده و سپس آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه در منطقه توسعه ریشه (کم‌آبیاری متوسط)، د- قطع آبیاری تا تخلیه رطوبت خاک به‌میزان ۷۵ درصد آب

به‌منظور مقایسه واکنش چهار هیبرید خارجی و یک هیبرید دورگ داخلی ذرت شیرین به رژیم‌های مختلف آبیاری در زمان گل‌دهی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش، رژیم‌های آبیاری شامل: الف- قطع آبیاری تا تخلیه رطوبت خاک به‌میزان ۱۵ درصد آب قابل استفاده و سپس آبیاری تا حد

قابل استفاده و سپس آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه در منطقه توسعه ریشه (کم آبیاری شدید)، در مرحله زایشی مرحله ظهور گل آذین BBCH-60 در کرت‌های اصلی و ارقام ذرت شیرین در کرت‌های فرعی اعمال شد.

عملیات آماده‌سازی زمین به‌وسیله شخم، دیسک و ایجاد جوی و پشته به‌وسیله فارور انجام شد. در ابتدا، یک شخم به‌منظور از بین بردن علف‌های هرز در پاییز (۱۵ آبان ماه)، سپس شخم دوم (۱۵ خرداد) به‌منظور آماده‌سازی نهایی زمین برای کشت در بهار، به‌وسیله گاواهن برگردان‌دار انجام گرفت. تسطیح زمین به‌وسیله ماله و بعد از آن فارو برای ایجاد جوی و پشته انجام شد. در هر تکرار، چهار کرت اصلی به‌فاصله ۱۲۰ سانتی‌متر از هم و در هر کرت اصلی، پنج کرت فرعی ایجاد شد. هر کرت فرعی شامل چهار ردیف کشت به‌طول دو متر و به‌فاصله ۶۰ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کشت، ۱۸ سانتی‌متر و تراکم کشت ۹۲۵۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. با توجه به آزمایش خاک (جدول ۱) و غنی بودن خاک مزرعه از فسفر و پتاسیم، نیازی به کودپاشی زمین در زمان تهیه بستر نبود. کود نیتروژنی به‌میزان ۲۸۰ کیلوگرم در هکتار به فرم اوره به‌صورت سرک در سه تقسیط هنگام کاشت، در زمانی که ارتفاع بوته‌ها به ۳۰ سانتی‌متر و ۹۰ سانتی‌متر رسید، مصرف شد. آبیاری کرت‌ها تا قبل از اعمال تنش و برای استقرار گیاه و مطابق معمول منطقه، با فواصل دو روز یک‌بار به‌صورت قطره‌ای انجام گرفت. مبارزه با علف‌های هرز نیز به‌صورت وجین دستی در سه مرحله (مرحله سبز شدن BBCH-09، مرحله طویل شدن ساقه BBCH-30 و مرحله ظهور گل آذین BBCH-50) طی طول دوره رشد انجام شد. تنش کم‌آبی در مرحله زایشی از مرحله شروع گل‌دهی تا آخر فصل رشد اعمال گردید.

میزان پتانسیل رطوبتی خاک با توجه به درصد رطوبت حجمی (اعداد به‌دست‌آمده از TDR) در زمان تنش با استفاده از دستگاه Time-Domain Reflectometry (TDR) یا مدل Trime-FM محاسبه شد. برای کالیبره کردن دستگاه TDR، قبل از کار گذاشتن لوله‌های TDR، مزرعه آبیاری شد (Rughani, Imam Jomeh, & Kamali, 2012). این رطوبت‌سنج‌ها در یک نقطه برای هر کرت در نظر گرفته شدند. در هر نقطه یک رطوبت‌سنج در عمق ۵۰ سانتی‌متری نصب شد. برای لوله‌های TDR ابتدا به‌وسیله آگر، حفره‌هایی با ابعاد متناسب با اندازه لوله‌ها در زمین حفر و بعد از قرار دادن لوله‌ها در عمق‌های مشخص، نسبت به پر کردن و متراکم کردن خاک حفره‌ها تا حصول تراکم زمین در حالت اولیه اقدام شد. در این مرحله برای ارزیابی دقت حسگرها، اقدام به نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت آن شد. بافت خاک مزرعه لومی-شنی بود (جدول ۱). نمونه خاک از عمق معادل طول میله (۵۰ سانتی‌متر) هر یک از حسگرها با استفاده از مته خاک صورت گرفت و رطوبت با روش توزین اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری ۱۵ بار انجام شد. چگالی ظاهری هر یک از نمونه‌های خاک، بعد از پایان این مرحله، هر یک با سه تکرار از روش Sand bottle و در همان عمق اندازه‌گیری شد تا برای تبدیل رطوبت وزنی به رطوبت حجمی مورد استفاده قرار گیرد. در آزمایشگاه، میزان رطوبت وزنی، درصد رطوبت حجمی (حاصل‌ضرب درصد رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۴۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) اندازه‌گیری و درصد آب قابل استفاده (D) بر اساس رابطه ۱ (Martin et al., 1990) تعیین و سپس با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) درصد تخلیه آب قابل استفاده محاسبه شد.

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی منطقه آزمایش

Table 2- Meteorological information of the experimental area

| متغیر<br>Parameter                                                                                     | خرداد<br>May | تیر<br>June | مرداد<br>July | شهریور<br>August |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|---------------|------------------|
| میانگین دمای بیشینه<br>Average maximum temperature (°C)                                                | 35.31        | 36.56       | 35.14         | 31.87            |
| میانگین دمای کمینه<br>Average minimum temperature (°C)                                                 | 22.08        | 24.32       | 23.67         | 21.41            |
| بارش<br>Total precipitation (mm)                                                                       | 0.00         | 15.00       | 0.40          | 0.00             |
| میانگین ماهانه رطوبت نسبی<br>Mean monthly relative humidity (%)                                        | 18.76        | 21.07       | 20.48         | 22.01            |
| تعداد ساعات آفتابی<br>Total sunny hours                                                                | 387.80       | 364.90      | 375.60        | 330.90           |
| مقدار تشعشع در ماه<br>Amount of total radiation in the month (cal cm <sup>-2</sup> min <sup>-1</sup> ) | 115089.00    | 108341.00   | 103173.00     | 90264.00         |
| میانگین دما<br>Mean temperature (°C)                                                                   | 29.33        | 31.02       | 29.75         | 26.37            |

جدول ۳- خصوصیات هیبریدهای مورد استفاده در آزمایش  
Table 3- Characteristics of the hybrids used in the experiment

| ارقام<br>Hybrids | گروه رسیدگی<br>Maturity<br>group | دوره رسیدگی<br>Processing<br>period | مشخصات<br>Characteristics                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Merit            | میانرس<br>Medium-<br>maturing    | 70-80                               | این گیاه ۱/۲ بلال در هر بوته تشکیل می‌دهد به رنگ زرد براق می‌باشد.<br>بلال بسیار سنگین و سیلندری دارد که به طول ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد.<br>This plant produces an average of 1.2 ears per stalk, each exhibiting a glossy yellow hue. The ears are very heavy and cylindrical, measuring 25 to 30 centimeters in length.   |
| Honey            | دیررس<br>Medium-<br>maturing     | 75-85                               | ارتفاع گیاه ۲۰۰ سانتی‌متر، وزن میوه ۳۱۰ گرم، طول میوه ۲۰ تا ۲۲ سانتی‌متر و رنگ میوه زرد پررنگ<br>The plant reaches a height of 200 centimeters. The fruit weighs approximately 310 grams, with a length ranging from 20 to 22 centimeters, and features a deep yellow color.                                                   |
| Genesis          | میانرس<br>Medium-<br>maturing    | 70-80                               | طول میوه ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر و رنگ میوه زرد پررنگ<br>The fruit measures between 20 and 25 centimeters in length and displays a vibrant deep yellow color.                                                                                                                                                                       |
| Chase            | میانرس<br>Medium-<br>maturing    | 70-75                               | بلال بسیار سنگین و سیلندری به طول ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر<br>میانگین تولید ۱/۵ الی ۱/۷ بلال در هر بوته به رنگ زرد بسیار براق<br>The ears are very heavy and cylindrical, measuring 20 to 25 centimeters in length. On average, the plant produces between 1.5 and 1.7 ears per stalk, exhibiting a highly glossy yellow coloration. |
| Single cross 403 | زودرس<br>Early-<br>maturing      | 65-75                               | دارای درصد بالای فلاونوئیدها و پروتئین، دانه‌های بزرگ و بلال طولانی<br>It contains a high percentage of flavonoids and protein, features large kernels, and produces long ears.                                                                                                                                                |

شامل تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن تر و خشک بلال (شامل تمام قسمت‌های بلال، رشته‌های ابریشمی، برگ بلال، چوب بلال، دم چوب بلال، بدون دانه است)، وزن تر و خشک دانه‌های بلال، وزن تر و وزن خشک کل بوته، وزن خشک ۱۰۰ دانه و وزن هر بلال از هر ۰/۶۴۸ مترمربع، شش بوته برداشت شد و صفات وزنی مورد نظر به وسیله ترازو توزین و به مدت ۷۲ ساعت در آن قرار داده شده، سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید. به منظور اندازه‌گیری طول عقیمی در مراحل انتهایی رشد، پس از اینکه دانه‌ها به طور کامل تشکیل شدند و بلال‌ها به مرحله رسیدگی نهایی رسیدند، تعداد شش بوته به صورت تصادفی انتخاب شده و طول قسمت بدون دانه به وسیله خط‌کش اندازه‌گیری گردید. همچنین، با تقسیم کردن عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک، مقدار شاخص برداشت محاسبه شد. غلظت پروتئین برحسب میلی گرم بر گرم بافت تازه برگ از پنجمین برگ از بالا نمونه برداری و با استفاده از منحنی استاندارد تعیین و به صورت میلی گرم بر گرم وزن تر محاسبه گردید (Bates, Waldren, & Teare, 1973).

پس از جمع‌آوری داده‌ها از نرمال بودن باقی‌مانده‌ها اطمینان حاصل شد، تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴، با استفاده از رویه GLM انجام گردید. مقایسه میانگین اثرهای اصلی تیمارهای آزمایشی و در صورت معنی‌دار شدن اثرات متقابل با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح

$$D(\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{FC_i - \theta_i}{FC_i - W_p} \times 100 \quad (1)$$

$$D = 100 - \text{تخلیه آب قابل استفاده} (\%) \quad (2)$$

که در آن، n: تعداد نمونه خاک گرفته شده از عمق مؤثر توسعه ریشه،  $FC_i$ : رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (پتانسیل رطوبتی معادل ۱۶ درصد وزنی و ۲۲/۵۶ درصد حجمی قرائت شده توسط دستگاه TDR در نمونه  $\lambda_m$ ،  $\theta_i$ : رطوبت خاک در نمونه  $\lambda_m$  و  $W_p$ : رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (پتانسیل رطوبتی معادل ۶/۷۸ درصد وزنی و ۹/۵۶ درصد حجمی قرائت شده توسط دستگاه TDR می‌باشد). از مقایسه رطوبت‌های اندازه‌گیری شده به وسیله حسگرها با روش نمونه‌برداری و توزین، اعتبارسنجی صورت گرفت (Vanclouster, Viane, Diels, & Christiaens, 1994).

به منظور بررسی صفات مورفولوژیک، تعداد کل برگ‌ها و شاخص سطح برگ، شش بوته به طور تصادفی انتخاب و میانگین صفات مورد نظر در انتهای مرحله زایشی BBCH-70 اندازه‌گیری شد، سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل (DELTA- T DEVICES) ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی صفات تجمع مواد خشک، شش بوته به طور تصادفی انتخاب شد و میانگین صفات مورد نظر اندازه‌گیری شد؛ برای توزین از ترازوی با دقت ۰/۱ گرم استفاده گردید؛ همچنین پس از اندازه‌گیری وزن تر اندام‌های گیاهی، به مدت ۷۲ ساعت در آن قرار داده شده، سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید. به منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد

معنی‌داری پنج درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر متقابل دوگانه رژیم‌های آبیاری  $\times$  هیبرید برای صفت شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین شاخص سطح برگ (۶/۲۷) در تیمار آبیاری مطلوب و کمترین شاخص سطح برگ (۱/۷۹) در شرایط تنش کم‌آبی شدید در رقم دورگ داخلی مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که رقم Single cross 403 در شرایط آبیاری مناسب (شاهد) بهترین رشد را داشته، اما تحت تنش شدید آبی بیشترین افت شاخص سطح برگ را تجربه کرده است. در شرایط آبیاری شاهد (کنترل)، هیبرید Single cross 403 با مقدار ۶/۲۷ در شرایط کم‌آبیاری ملایم، هیبرید Single cross 403 با مقدار ۴/۸۲ در شرایط کم‌آبیاری متوسط، هیبرید Merit با مقدار ۳/۹۴ و در نهایت در شرایط کم‌آبیاری شدید، هیبرید Merit با مقدار ۳/۷۹ بیشترین مقدار LAI را داشته است. به‌طور کلی، در سطوح مختلف تنش آبی، هیبرید Single cross 403 در شرایط شاهد و کم‌آبیاری ملایم، بالاترین شاخص سطح برگ را داشته، اما با افزایش شدت تنش، هیبرید Merit بیشترین مقدار LAI را داشت (جدول ۵). شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در ردیف ( $r=0.70^{**}$ )، تعداد ردیف در بلال ( $r=0.60^{**}$ ) و وزن ۱۰۰ دانه ( $r=0.56^{**}$ ) داشت. از سوی دیگر با شاخص برداشت ( $r=-0.43^{**}$ ) رابطه معنی‌دار و منفی از خود نشان داد (جدول ۹). تنش کم‌آبی با برهم زدن تعادل آبی گیاه و کاهش تقسیم و رشد سلولی اندام‌های مختلف موجب کاهش سطح برگ و میزان فتوسنتز شد (Khalily, Moghaddam, Kanouni, & Asheri, 2010). تنش خشکی در طول دوره رشد گیاه، کاهش شاخص سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را موجب می‌شود و نتیجه آن کاهش عرضه مواد پرورده و تأثیر منفی آن بر رشد خواهد بود (Mojadam, 2009). هیبرید Single cross 403 هیبریدی دیپرس‌تر است و در شرایط مطلوب آبی، فرصت بیشتری برای رشد رویشی و گسترش سطح برگ داشته است. ارقامی مانند Merit در تنش‌های متوسط و شدید، بیشترین LAI را نشان دادند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که این هیبرید در برابر تنش آبی سازگاری بیشتری دارد یا طول دوره رشد متوسطی دارد.

### تعداد دانه در ردیف

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل رژیم‌های آبیاری در هیبرید برای صفت تعداد دانه در ردیف در سطح پنج درصد

معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین مقدار در شرایط آبیاری کامل (شاهد)، هیبرید Honey با ۳۴ دانه در ردیف و کمترین مقدار در شرایط کم‌آبیاری شدید، هیبرید Single cross 403 با ۱۷ دانه در ردیف مشاهده شد. در شرایط آبیاری کامل (شاهد) هیبرید Honey بالاترین تعداد دانه در ردیف را به خود اختصاص داد. به‌طور کلی، با افزایش شدت تنش، تعداد دانه در ردیف کاهش یافت. در کم‌آبیاری متوسط و شدید، هیبرید Single cross 403 بیشترین افت تعداد دانه را داشت، از طرفی هیبرید Merit در تنش‌های متوسط و شدید تعداد دانه بیشتری نسبت به برخی دیگر از ارقام حفظ کرد که ممکن است نشان‌دهنده سازگاری بهتر و دوره رشد متعادل‌تر آن باشد (جدول ۵). جدول ضرایب همبستگی صفات ذرت شیرین مشخص کرد که تعداد دانه در ردیف همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص برداشت ( $r=0.70^{**}$ )، وزن تر بلال ( $r=0.76^{**}$ )، وزن خشک بلال ( $r=0.65^{**}$ )، وزن ۱۰۰ دانه ( $r=0.74^{**}$ )، عملکرد دانه ( $r=0.54^{**}$ ) و عملکرد بیولوژیک ( $r=0.79^{**}$ ) داشت و از سوی دیگر، با طول عقیقه ( $r=-0.50^{**}$ ) رابطه معنی‌دار و منفی از خود نشان داد. به نظر می‌رسد که کاهش تعداد دانه در گیاه در صورت ایجاد تنش کم‌آبی را می‌توان به افت فتوسنتز به‌دلیل کمبود رطوبت و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به دانه‌های تشکیل‌شده و در حال رشد گیاه و در نتیجه عدم تشکیل دانه‌ها و در نهایتا عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر تعداد دانه در گیاه نسبت داد. گزارش شده است که وقوع تنش رطوبتی در طی مرحله پر شدن دانه موجب کاهش تعداد دانه می‌شود (Catville, Rizza, Badeck, Mazzucotelli, & Mastrangelo, 2008). تنش کم‌آبی طی مرحله گل‌دهی و اوایل نمو دانه، تعداد دانه در بلال ذرت را کاهش می‌دهد. تعداد نهایی دانه در بلال در موقع گرده‌افشانی تعیین می‌شود. تأخیر در ظهور کاکل و یا سقط جنین در اثر کمبود و ناکافی بودن مواد فتوسنتزی برای رشد همه سلول‌های جنینی اثر منفی بر تعداد دانه در بلال دارد (Shamohammadi, Zare, Ordokhani, Aref, & Sharafzaeh, 2024).

### تعداد ردیف در بلال

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری و هیبرید برای صفت تعداد ردیف در بلال در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). آبیاری مطلوب بیشترین تعداد ردیف دانه را داشت. تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد ردیف دانه شد، به‌طوری‌که تنش شدید کم‌آبی کمترین تعداد ردیف دانه را داشت و نسبت به تیمار آبیاری مطلوب ۱۷ درصد کمتر بود (جدول ۶).

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات ارقام ذرت شیرین تحت اثر رژیم‌های آبیاری  
Table 4- Analysis of variance results of traits of sweet corn cultivars under the effect of irrigation regimes

| Table 4- Analysis of variance results of traits of sweet corn hybrids under the effect of irrigation regimes |                        |    |            |                         |                        |                     |                     |                   |                     |              |                  |                 |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|------------|-------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------|------------------|-----------------|---------------|
| منابع تغییرات                                                                                                |                        | df | درجه آزادی | میانگین مربعات          |                        |                     |                     |                   |                     |              |                  |                 |               |
|                                                                                                              |                        |    |            | شاخص سطح برگ            | تعداد دانه در ردیف     | تعداد ردیف در پلاک  | طول عقیمی           | وزن تر پلاک       | وزن خشک پلاک        | وزن ۱۰۰ دانه | عملکرد دانه      | عملکرد بیولوژیک | پروترین       |
| S.O.V                                                                                                        |                        |    | LAI        | Number of grain per row | Number of rows per ear | Length of sterility | Fresh weight of ear | Dry weight of ear | Weight of 100 grain | Grain yield  | Biological yield | Proline         | Harvest index |
| تکرار                                                                                                        | Replication            | 2  | 0.31ns     | 1.95ns                  | 12.01 ns               | 0.76ns              | 3283149.1 ns        | 128476.8 ns       | 4.00 ns             | 629451.42 ns | 919145.6ns       | 4.51 ns         | 0.864ns       |
| رژیم آبیاری                                                                                                  | Irrigation regime (Ir) | 3  | 11.47**    | 358.53**                | 17.08*                 | 10.28**             | 70517488.0**        | 35668628.6**      | 34.37*              | 8293213.90** | 111138165.6**    | 11.47 **        | 0.812 ns      |
| خطای کرت اصلی                                                                                                | Main plot error        | 6  | 0.13       | 8.35                    | 2.41                   | 0.66                | 1600447.0           | 84070.1           | 4.49                | 47175.67     | 806216.8         | 0.38            | 0.176 ns      |
| هیبرید                                                                                                       | Hybrid (C)             | 4  | 6.31**     | 82.20**                 | 8.80*                  | 3.04**              | 106753820.8**       | 83335009.4**      | 0.93 ns             | 1628205.98** | 83378252.5**     | 16.51 **        | 7.31**        |
| رژیم آبیاری× هیبرید                                                                                          | Ir × C                 | 12 | 1.04**     | 23.85*                  | 1.81ns                 | 1.10 ns             | 5271217.06**        | 4358737.2**       | 1.77 ns             | 318225.88 ns | 5645789.0*       | 3.25 ns         | 0.271 ns      |
| خطای کرت فرعی                                                                                                | Sub-plot error         | 32 | 0.13       | 11.10                   | 2.75                   | 0.66                | 1644416.8           | 101979.8          | 5.15                | 225981.06    | 1849364.8        | 2.94            | 0.242         |
| ضریب تغییرات                                                                                                 | CV (%)                 | -  | 8.92       | 12.34                   | 12.12                  | 20                  | 15.70               | 6.66              | 14.97               | 11.58        | 9.74             | 12.29           | 15.94         |

\*\*\*، \* و ns به ترتیب به معنای وجود اختلاف معنی دار در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار است.  
\*\*\*، \* and ns: mean the existence of a significant difference at the level of 1%, 5% and Non-significant difference, respectively.

نظر نیاز به آب جزء مراحل بحرانی بوده و در صورت تأمین نشدن آب کافی در این مراحل، با افت معنی‌دار تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد دانه در بلال همراه خواهد بود (Ding, He, Tang, 2019). معنی‌دار شدن اثر آبیاری بر تعداد ردیف و دانه در ردیف نشانگر آن است که فتوسنتز، و به‌طور کلی تولید ماده خشک به‌وسیله گیاه، وابستگی جدانشدنی با میزان آب قابل دسترس دارد و با افزایش سطح آبیاری، وزن خشک نیز افزایش می‌یابد (Nakhjavani Moghaddam, Najafi, Sadrghaen, & Farhadi, 2011).

در بین ارقام مورد مطالعه، هیبرید دورگ داخلی دارای بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال بود که با هیبریدهای چیس و مریت تفاوت آماری معنی‌داری نداشت، اگرچه بین سایر ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. (جدول ۷). جدول همبستگی مشخص کرد که تعداد ردیف در بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص سطح برگ ( $r=0.60^{***}$ )، وزن ۱۰۰ دانه ( $r=0.45^{**}$ )، عملکرد دانه ( $r=0.54^{**}$ ) و عملکرد بیولوژیک ( $r=0.79^{***}$ ) داشت و از سوی دیگر، با طول عقیقه ( $r=-0.63^{***}$ ) و پرولین ( $r=-0.52^{**}$ ) رابطه معنی‌دار و منفی از خود نشان داد (جدول ۹). مراحل گل‌دهی و تشکیل دانه در ذرت از

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات ذرت شیرین تحت اثرات متقابل هیبرید و رژیم‌های آبیاری

Table 5- Mean comparing of sweet corn traits under the interaction effect of irrigation regimes and hybrids

| رژیم‌های آبیاری<br>Irrigation regimes         | ارقام<br>Hybrids | شاخص سطح برگ<br>Leaf area index | تعداد دانه در ردیف<br>Number of grain per row | وزن تر بلال<br>Fresh weight of ear<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| شاهد<br>Control                               | Merit            | 5.33 b*                         | 32.3 ab                                       | 11014 cd                                                     |
|                                               | Honey            | 5.26 b                          | 34.00 a                                       | 13550 ab                                                     |
|                                               | Genesis          | 3.85 e-g                        | 32.00 ab                                      | 9457 ef                                                      |
|                                               | Chase            | 4.34 de                         | 34.30 a                                       | 15497 a                                                      |
|                                               | Single cross 403 | 6.27 a                          | 34.30 a                                       | 5632 i                                                       |
| کم‌آبی ملایم<br>Mild water deficit stress     | Merit            | 5.14 bc                         | 29.60 a-d                                     | 8650 e-g                                                     |
|                                               | Honey            | 5.23 b                          | 33.00 a                                       | 12353 bc                                                     |
|                                               | Genesis          | 3.33 i                          | 25.00 d-g                                     | 7117 gh                                                      |
|                                               | Chase            | 3.97 ef                         | 29.00 a                                       | 10617 c-e                                                    |
|                                               | Single cross 403 | 4.82 b-d                        | 22.60 a-d                                     | 3433 jk                                                      |
| کم‌آبی متوسط<br>Moderate water deficit stress | Merit            | 3.94 ef                         | 27.00 b-f                                     | 7555 f-h                                                     |
|                                               | Honey            | 4.60 cd                         | 31.30 a-c                                     | 8550 e-g                                                     |
|                                               | Genesis          | 2.77 i                          | 32.00 e-g                                     | 7330 f-h                                                     |
|                                               | Chase            | 3.39 f-h                        | 26.00 c-fg                                    | 10270 c-e                                                    |
|                                               | Single cross 403 | 3.69 fg                         | 17.60 hi                                      | 2660 jk                                                      |
| کم‌آبی شدید<br>Severe water deficit stress    | Merit            | 3.79 e-g                        | 24.00 d-g                                     | 4720 ij                                                      |
|                                               | Honey            | 4.32 de                         | 20.60 g-i                                     | 5877 hi                                                      |
|                                               | Genesis          | 2.11 j                          | 23.60 e-g                                     | 7527 f-h                                                     |
|                                               | Chase            | 3.09 hi                         | 22.60 f-h                                     | 9100 d-g                                                     |
|                                               | Single cross 403 | 1.79 j                          | 17.00 i                                       | 2386 k                                                       |

\* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با استفاده از آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

\* The means with same letters in each column do not have a significant difference in the probability level 5% error in the LSD test.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های آبیاری بر صفات مختلف ذرت شیرین

Table 6- Mean comparing of sweet corn traits under the main effect of irrigation regimes

| رژیم‌های آبیاری<br>Irrigation regimes         | تعداد ردیف در بلال<br>Number of rows per ear | طول عقیقه<br>Length of sterility<br>(cm) | وزن ۱۰۰ دانه<br>weight of 100 grain (g) | عملکرد دانه<br>Grain yield<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|
| شاهد<br>Control                               | 14.86 A*                                     | 3.03 c                                   | 17.21 a                                 | 5159.6 a                                             |
| کم‌آبی ملایم<br>Mild water deficit stress     | 14.06 ab                                     | 3.84 b                                   | 15.14 b                                 | 3990.8 b                                             |
| کم‌آبی متوسط<br>Moderate water deficit stress | 13.46 bc                                     | 4.39 ab                                  | 14.64 b                                 | 3828.0 b                                             |
| کم‌آبی شدید<br>Severe water deficit stress    | 12.33 c                                      | 4.98 a                                   | 13.61b                                  | 3429.2 b                                             |

\* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با استفاده از آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

\* Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات ذرت شیرین تحت اثر اصلی ارقام ذرت شیرین

Table 7- Mean comparing of sweet corn traits under the main effect of sweet corn cultivars

| ارقام<br>Cultivares                | تعداد ردیف در بلال<br>Number of rows per ear | طول عقیمی<br>Length of sterility (cm) | عملکرد دانه<br>Grain yield<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | پرولین<br>Proline<br>(μmol g <sup>-1</sup> FW) | شاخص برداشت<br>Harvast index (%) |
|------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|
| مریت<br>Merit                      | 13.91 ab*                                    | 3.73 bc                               | 3797.1 c                                             | 13.86 a                                        | 27.7 b                           |
| هانی<br>Honey                      | 12.75 b                                      | 4.34 ab                               | 3686.8 c                                             | 15.11 a                                        | 22.1 c                           |
| جنسیس<br>Genesis                   | 12.91b                                       | 4.81 a                                | 4606 a                                               | 14.26 a                                        | 40.4 a                           |
| چیس<br>Chase                       | 14.00 ab                                     | 3.79 bc                               | 4218.9 ab                                            | 14.49 a                                        | 26.4 b                           |
| سینگل کراس ۴۰۳<br>Single cross 403 | 14.83 a                                      | 3.62 c                                | 4200.6 b                                             | 12.01 b                                        | 37.7 a                           |

\* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با استفاده از آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

\* Means with similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level

## طول عقیمی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری و هیبرید برای صفت تعداد ردیف در بلال در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). بیشترین طول عقیمی در کم‌آبیاری شدید رخ داد که با کم‌آبیاری متوسط در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶)، نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که در مورد صفت طول عقیمی، هیبرید جنسیس بیشترین طول عقیمی را به خود اختصاص داد. در صورتی که هیبرید دورگ داخلی کمترین طول عقیمی را در بین سایر ارقام داشت (جدول ۷). جدول ضرایب همبستگی صفات ذرت شیرین مشخص کرد که طول عقیمی همبستگی مثبت و معنی‌داری با پرولین ( $r=0.49^*$ ) دارد و از سوی دیگر، با شاخص سطح برگ ( $r=-0.53^*$ ) تعداد دانه در بلال ( $r=-0.50^*$ )، تعداد ردیف در بلال ( $r=-0.63^{**}$ )، عملکرد دانه ( $r=-0.43^*$ ) و عملکرد بیولوژیک ( $r=-0.49^*$ ) رابطه معنی‌دار و منفی از خود نشان داد. به‌طور کلی، دریافت نکردن مواد فتوسنتزی کافی در اثر تنش باعث عقیمی گل‌ها و کاهش رطوبت دانه‌های گرده می‌شود. گزارش شده است که دوره کوتاه‌مدت تنش در مراحل گل‌دهی سبب عقیمی، افت اجزاء عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Sinaki, Heravan, Rad, Noormohammadi, & Zarei, 2007). تعداد دانه در بلال و گیاه در اثر کاهش سطح آبیاری به‌دلیل نقصان در باروری و عدم تشکیل سلول تخم کاهش می‌یابد. در واقع، تنش کم‌آبی در زمان کاکل‌دهی می‌تواند به خروج کالاه‌ها از غلاف بلال صدمه بزند و باعث خشکی آن‌ها شود و تعداد بذر تشکیل شده در بلال را کاهش دهد (Koocheki & Sarmadnia, 2005). همچنین کمبود آب از طریق کاهش دسترسی بلال به مواد پرورده باعث کاهش میزان تشکیل دانه می‌شود (Rafiee, Karimi, Nurmohamadi, &

(Nadian, 2009). با افزایش فاصله بین ظهور رشته‌های ابریشمی و ظهور تاسل، تحت تأثیر تنش کم‌آبی از میزان عملکرد دانه قابل کنسرو ذرت کاسته می‌شود و با افزایش میزان تنش، این میزان (ASI) افزایش می‌یابد (Schwartz et al., 2022).

## وزن تر و خشک بلال

نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از آن بود که وزن تر و خشک بلال (شامل تمام قسمت‌های بلال اعم از رشته‌های ابریشمی، برگ بلال، چوب بلال، دم چوب بلال، به‌غیر از دانه) هر دو تحت تأثیر اثر متقابل رژیم آبیاری و هیبرید در سطح یک درصد قرار گرفتند (جدول ۴). بیشترین وزن تر در شرایط آبیاری مطلوب و در هیبرید چیس (۱۵۴۹۰ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین وزن خشک در هیبرید هانی (۹۹۶۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جدول ۵ و ۸). در شرایط آبیاری مطلوب، هیبرید Chase با ۱۵۴۹۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین وزن تر بلال را ثبت کرد، هر دو صفت در شرایط تنش کم‌آبی کاهش یافتند، به‌گونه‌ای که هیبرید دورگ داخلی در شرایط آبیاری شدید دارای کمترین وزن تر (۲۳۸۰ کیلوگرم در هکتار) و خشک بلال (۴۹۰ کیلوگرم در هکتار) بود. در کم‌آبیاری ملایم و متوسط به‌ترتیب هیبرید Honey با ۱۲۵۳۳ کیلوگرم در هکتار و هیبرید Chase با ۱۰۲۷۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین وزن تر بلال را ثبت کردند (جدول ۴ و ۷). جدول ضرایب همبستگی صفات (جدول ۹) مشخص کرد که وزن تر بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در ردیف ( $r=0.76^{**}$ )، وزن خشک بلال ( $r=0.91^{**}$ )، وزن ۱۰۰ دانه ( $r=0.60^{**}$ ) و عملکرد بیولوژیک ( $r=0.85^{**}$ ) داشت و از سوی دیگر، با شاخص سطح برگ ( $r=-0.53^*$ )، تعداد دانه در بلال ( $r=-0.50^*$ )، تعداد ردیف در بلال ( $r=-0.63^{**}$ )، عملکرد دانه

(Abedi, Modarres-Sanavy, & Heidarzadeh, 2024). مطالعات نشان می‌دهد که واکنش ذرت به کم‌آبی بسته به مرحله رشدی که تنش آبی اتفاق می‌افتد، متفاوت است. به‌طور کلی، تنش آبی در مراحل اولیه رشد ممکن است منجر به کاهش رشد رویشی و کاهش تعداد بلال‌ها شود، درحالی‌که تنش آبی در مراحل پایانی می‌تواند باعث کاهش اندازه و وزن دانه‌ها و در نتیجه کاهش وزن کلی بلال شود (Daryanto, Wang, & Jacinthe, 2016). کم‌آبی در مراحل حساس رشد ذرت، مانند تشکیل و پر شدن دانه‌ها، اثرات منفی برجسته‌تری دارد. تنش آبی در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش تعداد دانه‌ها و در نتیجه کاهش وزن بلال می‌شود. کم‌آبی در این مراحل می‌تواند منجر به مرگ سلول‌های تخمک و جنین‌های تازه تشکیل شده شود، که به‌طور مستقیم بر وزن نهایی بلال تأثیر می‌گذارد (Shamohammadi et al., 2024).

( $r=-0.43^*$ ) و عملکرد بیولوژیک ( $r=-0.49^*$ ) رابطه معنی‌دار و منفی از خود نشان داد و از سوی دیگر نیز با شاخص برداشت ( $-0.53^*$ ) رابطه معنی‌دار و منفی از خود نشان داد. علاوه‌بر این خشک بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در ردیف ( $r=0.68^{**}$ )، وزن تر بلال ( $r=0.91^{**}$ )، وزن ۱۰۰ دانه ( $r=0.47^*$ ) و عملکرد بیولوژیک ( $r=0.88^{**}$ ) داشت و از طرفی، با شاخص برداشت ( $r=-0.61^*$ ) همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. نتایج نشان داد که کم‌آبی موجب کاهش در اندازه و وزن بلال‌های ذرت می‌شود. این کاهش عمدتاً ناشی از کاهش میزان جذب آب و مواد مغذی توسط گیاه و کاهش فتوسنتز است (Kamara, Menkir, Badu- (Apraku, & Ibikunle, 2003). در شرایط کم‌آبی، منافذ روزنه‌ای گیاه تقریباً بسته می‌شود تا از تعرق آب جلوگیری کند، اما این عمل منجر به کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش تولید بلال می‌شود

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات ذرت شیرین تحت اثر متقابل رژیم‌های آبیاری و هیبرید

Table 8- Mean comparing of sweet corn traits under the interaction effect of irrigation regimes and cultivars

| رژیم‌های آبیاری                               | ارقام            | وزن خشک بلال                     | عملکرد بیولوژیک                         |
|-----------------------------------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| Irrigation regimes                            | Cultivares       | Dw of ear (kg ha <sup>-1</sup> ) | Biological yield (kg ha <sup>-1</sup> ) |
| شاهد<br>Control                               | Merit            | 5727.33 f                        | 17955 b                                 |
|                                               | Honey            | 9968.4 a                         | 22214 a                                 |
|                                               | Genesis          | 5267.8 fg                        | 13910 de                                |
|                                               | Chase            | 8910 b                           | 18311 b                                 |
|                                               | Single cross 403 | 1876.1 kl                        | 13209 d-f                               |
| کم‌آبی ملایم<br>Mild water deficit stress     | Merit            | 3605.5 l                         | 13840 de                                |
|                                               | Honey            | 8833 b                           | 18955 b                                 |
|                                               | Genesis          | 4816.3 g                         | 11840 e-h                               |
|                                               | Chase            | 813505 c                         | 16749 bc                                |
|                                               | Single cross 403 | 1550 l                           | 11885 bc                                |
| کم‌آبی متوسط<br>Moderate water deficit stress | Merit            | 3055.6 j                         | 12877de                                 |
|                                               | Honey            | 7635.6 cd                        | 16933 b                                 |
|                                               | Genesis          | 4161.6 g                         | 11116 e-h                               |
|                                               | Chase            | 7146.7 d                         | 15055 bc                                |
|                                               | Single cross 403 | 1625.6 l                         | 11300 e-h                               |
| کم‌آبی شدید<br>Severe water deficit stress    | Merit            | 996.7 m                          | 10202 h-j                               |
|                                               | Honey            | 2247.8 k                         | 10872 g-j                               |
|                                               | Genesis          | 3326.7 ij                        | 13798 ij                                |
|                                               | Chase            | 6474.4 e                         | 13798 de                                |
|                                               | Single cross 403 | 490 m                            | 8537 j                                  |

\* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با استفاده از آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

\* The means with same letters in each column from, do not have a significant difference in the probability level 5% in the LSD test.

#### وزن ۱۰۰ دانه

همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص سطح برگ ( $r=0.56^*$ )، تعداد دانه در ردیف ( $r=0.74^{**}$ )، تعداد ردیف در بلال ( $r=0.45^*$ )، وزن تر بلال ( $r=0.60^{**}$ )، وزن خشک بلال ( $r=0.47^*$ )، عملکرد دانه ( $r=0.72^{**}$ ) و عملکرد بیولوژیک ( $r=0.62^{**}$ ) داشت. وزن هزار دانه مستقیماً تحت تأثیر جریان مواد فتوسنتزی بعد از گرده‌افشانی است. این مواد می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال مجدد مواد ذخیره‌شده در ساقه‌ها، برگ‌ها و یا کیسول‌ها تأمین شوند (Ahmadi & Bahrani, 2009). کاهش حجم آبیاری از طریق کوتاه کردن دوره

جدول تجزیه واریانس برای صفت وزن ۱۰۰ دانه نشان داد که فقط اثر اصلی رژیم‌های آبیاری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴)، به‌طوری‌که با اعمال تنش کم‌آبی از وزن ۱۰۰ دانه کاسته شد. اگرچه بین تیمارهای تنش کم‌آبی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما تنش شدید کم‌آبی دارای کمترین وزن ۱۰۰ دانه بود که نسبت به شرایط مطلوب آبیاری ۲۰ درصد کمتر بود (جدول ۶). جدول ضرایب همبستگی صفات (جدول ۹) مشخص کرد که وزن ۱۰۰ دانه

پُر شدن دانه باعث کاهش وزن هزار دانه می‌گردد (Nakhjavani Moghaddam et al., 2010). همچنین عدم تأثیرپذیری وزن ۱۰۰ دانه تحت تأثیر هیبرید می‌تواند به این دلیل باشد که این صفت در تمام ارقام یکسان بوده و تفاوت ژنتیکی در بین ارقام وجود نداشته است.

### عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری و هیبرید برای صفت عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). تیمار آبیاری مطلوب دارای بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۵۱۵۹/۶ و تنش شدید کم‌آبی دارای کمترین عملکرد دانه با میانگین ۳۴۲۹/۲ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به تیمار برتر ۳۳ درصد کمتر بود، اگرچه تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد دانه شد، اما بین سطوح تنش کم‌آبی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). در بین ارقام مورد مطالعه، هیبرید جنسیس دارای بیشترین عملکرد دانه بود. هیبرید هانی کمترین عملکرد دانه را در بین ارقام مورد مطالعه نشان داد که نسبت به هیبرید برتر ۲۰ درصد کمتر بود (جدول ۷). مراحل گل‌دهی و تشکیل دانه در ذرت از نظر نیاز به آب از جمله مراحل بحرانی بوده و در صورت تأمین نشدن آب کافی و دریافت نکردن مواد فتوسنتزی کافی در اثر تنش موجب عقیم شدن گل‌ها و کاهش رطوبت دانه‌های گرده می‌شود. گزارش شده است که دوره کوتاه‌مدت تنش در مراحل گل‌دهی سبب افت اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Ding et al., 2019). کاهش فتوسنتز، کاهش تولید ماده خشک و رشد را در پی دارد. گزارش شده است که وقوع تنش رطوبتی در طی مرحله پُر شدن دانه موجب کاهش تعداد دانه گردیده است (Catville et al., 2008). جدول ضرایب همبستگی صفات ذرت شیرین (جدول ۹) مشخص کرد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در ردیف ( $r=0/54^*$ )، تعداد ردیف در بلال ( $r=0/54^*$ ) و وزن ۱۰۰ دانه ( $r=0/61^{**}$ ) دارد. از سوی دیگر، عملکرد دانه با طول عقیمی ( $r=-0/43^*$ ) رابطه معنی‌دار و منفی نشان داد.

### عملکرد بیولوژیک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل دوگانه رژیم‌های آبیاری  $\times$  هیبرید برای صفت عملکرد بیولوژیک در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین عملکرد بیولوژیک در همه تیمارها متعلق به هیبرید Honey بود که نشان‌دهنده رشد رویشی قوی و ظرفیت بالای تولید زیست‌توده در این هیبرید است. کمترین عملکرد بیولوژیک در اکثر تیمارها متعلق به هیبرید Single cross 403 بود که افت ۶۰ درصدی را نشان داد، این هیبرید حساسیت بیشتری به تنش‌های آبی داشت و رشد رویشی آن کاهش

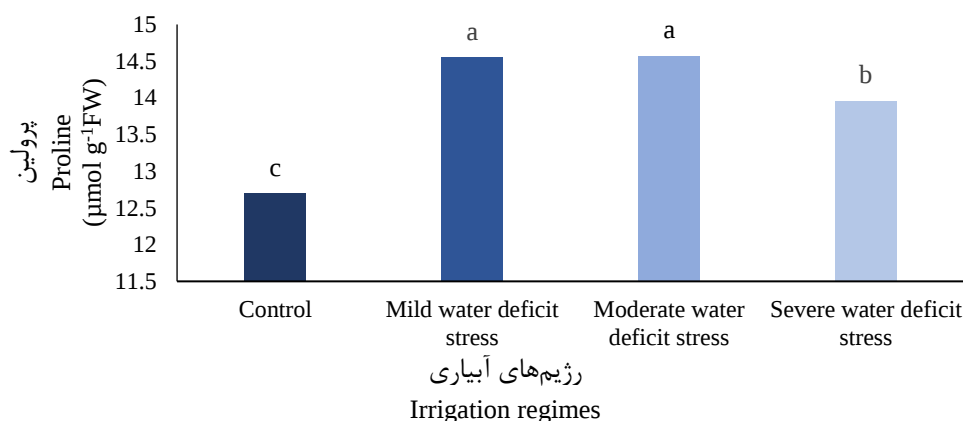
یافت. در کم‌آبیاری شدید، ارقام Genesis و Chase عملکرد بیولوژیک بهتری نسبت به سایرین داشتند که نشان‌دهنده توانایی بیشتر این دو هیبرید در تحمل تنش آبی است. بنابراین، برای شرایط تنش آبی، هیبرید Honey در صورت تأمین آب کافی و هیبرید Chase یا Genesis در شرایط کم‌آبی گزینه‌های مناسب‌تری برای حفظ عملکرد بیولوژیک هستند (جدول ۸). جدول ضرایب همبستگی صفات (جدول ۹) مشخص کرد که عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در ردیف ( $r=0/79^{**}$ )، وزن تر بلال ( $r=0/85^{**}$ )، وزن خشک بلال ( $r=0/88^{**}$ ) و وزن ۱۰۰ دانه ( $r=0/61^{**}$ ) داشت و از طرفی، با طول عقیمی ( $r=-0/49^{**}$ ) همبستگی منفی و معنی‌دار دارد. در شرایط تنش، ارقام مقاوم به خشکی دارای عملکرد بیولوژیک بالاتری نسبت به ارقام حساس می‌باشند. عملکرد بیولوژیک، ملاک مهمی در گزینش ارقام و تعیین کارایی گیاهان است و به‌عنوان عملکرد منظور می‌گردد. این ویژگی نشان می‌دهد که گیاهان با توانایی تولید عملکرد بیولوژیک بالا توانایی مقاومت در برابر تنش کم‌آبی را دارند. به بیان دیگر می‌توان گفت که عملکرد بیولوژیک عاملی مفید در افزایش عملکرد اقتصادی بوده و همبستگی بالایی با آن دارد (Papari & Bahrani, 2005). از دلایل مهم کاهش عملکرد بیولوژیک در مواجهه با تنش خشکی، مختل شدن فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه است. به بیان بهتر، تنش خشکی به‌واسطه تأثیر منفی بر شاخص سطح برگ، ارتفاع، صفات رویشی و اجزاء عملکرد موجب افت عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک خواهد شد (Rezaei-Sukht-Abnadani, Charati Araei, Akbari Nodehi, & Ramazani, 2008).

### پرویلین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که غلظت پرویلین تحت تأثیر اثر اصلی رژیم‌های آبیاری و هیبرید در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). کمترین مقدار پرویلین در آبیاری مطلوب با ۱۲/۷۰ میکرومول در هر گرم وزن تازه به دست آمد، از طرفی بیشترین مقدار پرویلین در کم‌آبیاری متوسط با افزایش ۱۶/۱ درصدی (۱۴/۵۷) میکرومول در هر گرم وزن تازه برگ) مشاهده شد. با افزایش تخلیه رطوبت خاک تا ۷۵ درصد آب قابل استفاده (کم‌آبیاری شدید) از میزان سنتز پرویلین به‌دلیل رسیدن به حد آستانه فیزیولوژیکی گیاه، کاسته شد (شکل ۱). در بین ارقام مورد مطالعه، هیبرید هانی بیشترین غلظت پرویلین را دارا بود، اگرچه با ارقام جنسیس، چیس و مریت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). جدول ضرایب همبستگی صفات (جدول ۹) مشخص کرد که پرویلین همبستگی مثبت و معنی‌داری با طول عقیمی ( $r=0/49^*$ ) دارد و از طرفی با تعداد دانه در بلال ( $r=-0/52^*$ ) و عملکرد بیولوژیک ( $r=-0/69^{**}$ ) همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. تجمع پرویلین عمومی‌ترین واکنش گیاه به تنش‌های محیطی،

(Abaspour, & Forghani, 2022). همچنین در پژوهش دیگری مشاهده شد که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی باعث افزایش پرولین نسبت به محیط بدون تنش نشد که احتمالاً به دلیل تحمل ذرت به تنش در مرحله رشد رویشی و یا کاهش پرولین در مرحله زایشی پس از افزایش موقتی آن در مرحله رشد رویشی بوده است (Mahrokh, Nabipour, Roshanfekr-Dezfouli, & Choukan, 2016).

به‌ویژه در پتانسیل‌های پایین آب می‌باشد. گیاهان تحت تنش با افزایش پرولین، عملکرد سازشی خود را از طریق حفظ فشار تورگر، حمایت از ماکرومولکول‌ها و غشاهای سلولی اعمال می‌کنند که در هیبرید متحمل، این سازگاری بارزتر است. با این حال کاهش بیش از حد پتانسیل آبی محیط، اثر بازدارنده بر بیوسنتز پرولین اعمال می‌کند. بنابراین، سنتز پرولین کاهش یافته، ولی با این حال مقدار پرولین در ارقام متحمل بیش از سایر ارقام است (Salehi-Eskandari, 2016).



شکل ۱- اثر اصلی رژیم‌های آبیاری بر محتوی پرولین برگ ذرت شیرین (آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد)  
 Figure 1- Main effect of irrigation regimes on proline content of sweet corn leaf (LSD test at the 5% significance level.)

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین صفات ذرت شیرین  
 Table 9- Correlation coefficients between sweet corn traits

| صفات<br>Triats                                       | (1)    | (2)    | (3)     | (4)    | (5)    | (6)     | (7)    | (8)   | (9)     | (10)  |
|------------------------------------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|---------|-------|
| شاخص سطح برگ<br>LAI (1)                              | 1.00   |        |         |        |        |         |        |       |         |       |
| تعداد دانه در ردیف<br>Number of grain in the row (2) | 0.70** | 1.00   |         |        |        |         |        |       |         |       |
| تعداد ردیف در بلال<br>Number of rows in ear (3)      | 0.60** | 0.37   | 1.00    |        |        |         |        |       |         |       |
| طول عقیمی<br>Length of sterility (4)                 | -0.53* | -0.50* | -0.63** | 1.00   |        |         |        |       |         |       |
| وزن تر بلال<br>Fw of ear (5)                         | 0.32   | 0.76** | 0.09    | -0.30  | 1.00   |         |        |       |         |       |
| وزن خشک بلال<br>Dw of ear (6)                        | 0.25   | 0.65** | -0.00   | -0.22  | 0.91** | 1.00    |        |       |         |       |
| وزن ۱۰۰ دانه<br>weight of 100 grain (7)              | 0.56*  | 0.74** | 0.45*   | -0.68  | 0.60** | 0.47*   | 1.00   |       |         |       |
| عملکرد دانه<br>Grain yield (8)                       | 0.26   | 0.54*  | 0.54*   | -0.43* | 0.41   | 0.30    | 0.72** | 1.00  |         |       |
| عملکرد بیولوژیک<br>Biological yield (9)              | 0.61   | 0.79** | 0.27    | -0.49* | 0.85** | 0.88**  | 0.61** | 0.37  | 1.00    |       |
| پرولین<br>Proline (10)                               | -0.14  | 0.00   | -0.52*  | 0.49*  | 0.26   | 0.35    | -0.23  | -0.30 | 0.11    | 1.00  |
| شاخص برداشت<br>Harvast index (11)                    | -0.48* | -0.40  | 0.02    | 0.24   | -0.53* | -0.61** | -0.11  | 0.36  | -0.69** | -0.31 |

ns, \* و \*\*: به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد را نشان می‌دهند.

\* and \*\*: indicate significance at 5% and 1% levels, respectively, and n.s of non-significance.

## شاخص برداشت

## نتیجه گیری

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که شاخص برداشت تنها تحت تأثیر اثر هیبرید در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین شاخص برداشت در هیبرید جنسیس حاصل شد که با هیبرید سینگل کراس ۴۰۳ از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند. از طرفی کمترین شاخص برداشت مربوط به هیبرید Honey با ۲۲/۱ درصد می باشد. جدول همبستگی نشان داد که شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی داری با شاخص سطح برگ ( $r = -0.48^*$ )، وزن تر بلال ( $r = -0.53^*$ )، وزن خشک بلال ( $r = -0.61^*$ ) و عملکرد بیولوژیک ( $r = -0.69^{***}$ ) داشت (جدول ۹). تحقیقات نشان داده است که تنش ملایم و کوتاه مدت تأثیر چندانی بر شاخص برداشت ندارد، به این دلیل که تنش های خفیف تأثیر کمی بر کاهش سطح برگ هیبریدهای پربار دارند و تأثیر چندانی بر تولید ماده خشک این هیبریدها ندارند (Kalamian, Modares-Sanavi, & Sepehri, 2005; Hante & Aminiyan, 2017). ارقام دیررس ذرت نسبت به ارقام زودرس به دلیل بیشتر بودن طول دوره رشد و افزایش انتقال مواد قوتوسنتزی بیشتر به دانه و بلال، شاخص برداشت بیشتری دارند (Dadresi, Aboutalebian, & Seyed, 2015; Nakhjavanimoghadam, Dehghanisanij, Akbari, & Sadreghaem, 2010).

به طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی از آبیاری مطلوب به تنش شدید آبی، اکثر صفات مورد بررسی کاهش یافتند. بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک و عملکرد علوفه خشک در شرایط آبیاری مطلوب و هیبرید هانی به دست آمد، این در حالی است که هیبرید دورگ داخلی در شرایط تنش شدید آبی، کمترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد علوفه را دارا بود. در شرایط تنش کم آبی شدید، ارقام جنسیس و چیس عملکرد بیولوژیک مطلوبی تولید کردند. بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار آبیاری مطلوب و کمترین آن در شرایط تنش کم آبی شدید و در هیبرید دورگ داخلی دیده شد. این مطالعه نشان داد که طول دوره رسیدگی تأثیر متفاوتی بر صفات مختلف دارد که این امر عمدتاً ناشی از تعامل پیچیده بین ژنوتیپ و محیط ( $G \times E$ ) به ویژه در صفات مرتبط با عملکرد است. یافته ها همسو با مطالعات پیشین در حوزه اصلاح نباتات تأکید می کنند که افزایش طول دوره رسیدگی لزوماً منجر به بهبود عملکرد نهایی نمی شود، بلکه تأثیر آن به ساختار ژنومی گیاه و شرایط محیطی وابسته است. این نتایج بر ضرورت در نظر گرفتن همزمان عوامل ژنتیکی و اکوفیزیولوژیکی در برنامه های به نژادی برای دستیابی به بهینه سازی عملکرد تأکید دارد. در نهایت، با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می شود که در شرایط کم آبی دوره زایشی، ارقام چیس و جنسیس مورد کشت قرار گیرد.

## References

1. Abedi, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., & Heidarzadeh, A. (2024). Study of yield and yield components of camelina (*Camelina sativa* L.) under water deficit stress conditions with the application of zeolite and wood vinegar. *Plant Productions*, 48(1), 43-50. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22055/ppd.2024.46482.2155>
2. AghaAlikhani, M., & Mohammadi, Kh. (2018). *Sweet corn Agronomic & Genetic Approaches*. Tarbiat Modares University Press, Tehran, Iran. 408 pp. (in Persian).
3. Ahmadi, M., & Bahrani, M. J. (2009). Effect of different nitrogen levels on yield and yield components and oil rate of sesame cultivars in Bushehr region. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 13(48), 123-131. (In Persian with English abstract).
4. Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39(1), 205-207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
5. Catville, L., Rizza, F., Badeck, F. W., Mazzucotelli, E., & Mastrangelo, A. M. (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*, 105(1-2), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.07.004>
6. Dadresi, V., Aboutalebian, M. A., & Seyed, M. (2015). Effect of on-farm seed priming on yield and yield components of two maize cultivars. *Journal of Crop Production and Processing*, 5(16), 153-162.
7. Daryanto, S., Wang, L., & Jacinthe, P. A. (2016). Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. *PLoS ONE*, 11(5), e0156362. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156362>
8. Ding, S., He, F., Tang, W., Du, H., & Wang, H. (2019). Identification of maize CC-type glutaredoxins that are associated with response to drought stress. *Genes*, 10(8), 610. <https://doi.org/10.3390/genes10080610>
9. Dourandish, A., Soleymani Nejad, S., Sabouhi Sabouni, M., & Banayan Aval, M. (2019). The effects of climate change on cropping pattern (Case study: Mashhad plain). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 50(2), 249-263. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2019.237998.668461>
10. Hante, H., & Aminiyan, M. M. (2017). The response of late-maturing corn hybrids to the application of potassium sulfate under deficit irrigation conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(2), 283-302.

11. Kalamian, S., Modares-Sanavi, A. M., & Sepehri, A. (2005). Effect of water deficit at vegetative and reproductive growth stage in leafy and commercial hybrids of maize. *Agricultural Research Water, Soil, and Plant*, 5(1), 38-53.
12. Kamara, A. Y., Menkir, A., Badu-Apraku, B., & Ibikunle, O. (2003). The influence of drought stress on growth, yield and yield components of selected maize genotypes. *The Journal of Agricultural Science*, 141(1), 43-50. <https://doi.org/10.1017/S0021859603003423>
13. Khalily, M., Moghaddam, M., Kanouni, H., & Asheri, E. (2010). Dissection of drought stress as a grain production constraint of maize in Iran. *Asian Journal of Crop Science*, 2(2), 60-69. <https://doi.org/10.3923/ajcs.2010.60.69>
14. Khavari Khorasani, S. (2020). Practical guide to sweet corn production. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Press. 78 pp.
15. Koocheki, A., & Sarmadnia, G. H. (2005). *Physiology of crop plants*. Ferdowsi University of Mashhad Press.
16. Maghsoudi, K., Emam, Y., Niazi, A., Pessarakli, M., & Arvin, M. J. (2018). P5CS expression level and proline accumulation in the sensitive and tolerant wheat cultivars under control and drought stress conditions in the presence/absence of silicon and salicylic acid. *Journal of Plant Interactions*, 13(1), 461-471. <https://doi.org/10.1080/17429145.2018.1506516>
17. Mahrokh, A., Nabipour, M., Roshanfekr-Dezfouli, H., & Choukan, R. (2016). The effect of foliar application of auxin and cytokinin hormones on the photosynthetic pigments and proline content of single-cross 704 corn leaves under drought stress. *Plant Process and Function*, 5(16), 165-179.
18. Martin, G. A., Viskochil, D., Bollag, G., McCabe, P. C., Crosier, W. J., Haubruck, H., Conroy, L., Clark, R., O'Connell, P., Cawthon, R. M., Innis, M. A., & McCormick, F. (1990). The GAP-related domain of the neurofibromatosis type 1 gene product interacts with ras p21. *Cell*, 63(4), 843-849. [https://doi.org/10.1016/0092-8674\(90\)90150-D](https://doi.org/10.1016/0092-8674(90)90150-D)
19. Mi, N., Cai, F., Zhang, Y., Ji, R., Zhang, S., & Wang, Y. (2018). Differential responses of maize yield to drought at vegetative and reproductive stages. *Plant, Soil and Environment*, 64(6), 260-267. <https://doi.org/10.17221/141/2018-PSE>
20. Mojadam, M. (2009). Effect of water stress and management of using nitrogen on distribution of dry matter and some characteristics in maize hybrid cv. KSC 704. *Environmental Stress in Crop Sciences*, 1(2), 123-136.
21. Nakhjavani Moghaddam, M. M., Dehghanisani, H., Akbari, M., & Sadreghaem, S. H. (2010). The effects of deficit irrigation on water use efficiency of new early maize variety (CN.KSC.302) using sprinkler system. *Journal of Water and Soil*, 24(6), 1237-1244. <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.7509>
22. Nakhjavani-Moghaddam, M. M., Najafi, E., Sadrghaem, S. H., & Farhadi, E. (2011). Effect of different levels of irrigation and plant density on grain yield and yield components and water use efficiency in maize cv. KSC 302. *Seed and Plant Production Journal*, 27(1), 73-90.
23. Papari Moghaddam Fard, A., & Bahrani, M. J. (2005). Effect of nitrogen fertilizer rates and plant density on some agronomic characteristics, seed yield, oil and protein percentage in two sesame cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 36(1), 129-135.
24. Rafiee, M., Karimi, M., Nurmohamadi, G. H., & Nadian, H. (2009). Effects of drought stress and phosphorus and zinc levels on some morphological and physiological traits of maize. *Physiology of Crop Science*, 1(1), 1-9.
25. Rezaei-Sukht-Abnadani, R., Charati Araei, A., Akbari Nodehi, D., & Ramazani, M. (2008). Effect of irrigation and different nitrogen levels on silage dry yield and water use efficiency in Maize cv. KSC 704 in Mazandaran province. *Results of Modern Agriculture*, 3(2), 122-135.
26. Rughani, M., Imam Jomeh, S. R., & Kamali, K. (2012). Possibility of designing TDR sensors and evaluating their performance in soil moisture measurement. *Journal of Water and Soil Engineering of Iran*, 5(17), 53-62.
27. Salehi-Eskandari, B., Abaspour, J., & Forghani, A. H. (2022). The effect of drought stress on seed germination chlorophyll, proline and antioxidant enzyme activity in two cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(1), 93-104. <https://doi.org/10.22077/escs.2020.3712.1895>
28. Schwartz, R. C., Bell, J. M., Baumhardt, R. L., Colaizzi, P. D., Hiltbrunner, B. A., Witt, T. W., & Brauer, D. K. (2022). Response of maize hybrids under limited irrigation capacities: Yield and yield components. *Agronomy Journal*, 114(2), 1338-1352. <https://doi.org/10.1002/agj2.21013>
29. Shamohammadi, N., Zare, M., Ordokhani, K., Aref, F., & Sharafzaeh, S. (2024). Grain corn yield under the influence of water deficit stress, biological and chemical fertilizers. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 55(1), 23-36. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2023.352991.654966>
30. Sinaki, J. M., Heravan, E. M., Rad, A. S., Noormohammadi, G. H., & Zarei, G. H. (2007). The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 4(4), 417-422.
31. Tahaei, S. A. R., Nasari, M., Soleymani, A., Ghooshchi, F., & Oveysi, M. (2022). Effects of growth regulators and proline amino acid on yield and yield components of single cross 704 maize under drought stress conditions in

- 
- Isfahan province. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 15(3), 657-668. <https://doi.org/10.22077/escs.2021.3988.1948>
32. Vanclooster, M., Viaene, P., Diels, J., & Christiaens, K. (1994). *WAVE: A mathematical model for simulating water and agrochemicals in the soil and vadose environment*. Institute for Land and Water Management, Katholieke Universiteit Leuven.
  33. Zhang, Y., Hansen, N., Trout, T., Nielsen, D., & Paustian, K. (2018). Modeling deficit irrigation of maize with the DayCent model. *Agronomy Journal*, 110(5), 1754-1764. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.10.0585>