

Investigating yield, yield components, morphological characteristics and proline of different Hybrids of sweet corn (*Zea mays* var. saccharata) in different irrigation regimes

Atefeh Estakhr¹, Seyed Ali Mohammad Modarres-Sanavy^{2*}, Majid Aghaalkhani³, Ali Heidarzadeh⁴ and Amir mohammad Abedi⁵

- 1- M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
- 2- *Corresponding Author: Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran(modaresa@modares.ac.ir)
- 3- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
- 4- Graduated Ph.D. from the Department of Agronomy, Faculty of Agronomy, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
- 5- M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Introduction

One of the main challenges in achieving sustainable agricultural production in environmental stress. Drought is a prominent geographical feature of our country, and there is no escape from this natural and unchangeable phenomenon. On the other hand, the consumption of energy, water, and food resources is increasing rapidly, so we must seek to mitigate and reduce its damage. Sweet corn, 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 within a 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 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⁻¹, while severe water stress had the lowest grain yield with an average of 3429.2 kg.ha⁻¹, 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, Leaf area index, Proline

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

عاطفه استخر^۱، سید علی محمد مدرس ثانوی^{۲*}، مجید آقاعلیخانی^۳، علی حیدرزاده^۴ و
امیر محمد عابدی^۵

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

۲- *نویسنده مسئول: استاد تمام گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (modaresa@modares.ac.ir)

۳- استاد تمام گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۴- دانش‌آموخته دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۵- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده:

به منظور مقایسه عملکرد پنج هیبرید ذرت شیرین نسبت به رژیم‌های مختلف آبیاری در زمان گلدهی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده 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، کم‌آبیاری ملایم، کم‌آبیاری متوسط، کم‌آبیاری 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 کم‌آبی 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. کم‌آبیاری شدید دارای کمترین وزن خشک صد 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 کم‌آبی 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 به‌دست 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 کم‌آبی شدید و در هیبرید دورگ داخلی دیده شد. با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌شود در شرایط کم‌آبی، هیبرید جنسیس مورد کشت قرار گیرد.

کلمات کلیدی: پرولین، شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه

مقدمه:

بخش عمده‌ای از ایران را مناطق خشک و نیمه خشک در بر گرفته است و قسمت عمده‌ای از محصولات زراعی تولیدی کشور که سهمی حدود ۷۰ درصد دارند، در مناطق نیمه خشک تولید می‌شود (Dourandish et al., 2019). یکی از چالش‌های اصلی در راه رسیدن به تولید پایدار محصولات کشاورزی تنش‌های زیست محیطی می‌باشد. خشکی از ویژگی‌های بارز جغرافیایی کشور است و از این پدیده‌ی طبیعی و غیرقابل تغییر، گریزی نیست و از طرفی مصرف منابع انرژی، آب و مواد غذایی به طور روزافزونی افزایش می‌یابد، از این رو باید درصدد مقابله و کاهش خسارت آن بود. گیاهان مکانیسم‌های 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 فرایندهای 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، مکانیسمی برای کاهش سطح دریافت‌کننده تابش و کاهش میزان تعرق است که در واکنش به خشکی ایجاد می‌شود. هر چه شدت تنش بیشتر باشد، درجه لوله شدن برگ بیشتر می‌شود. پرولین آزاد، تحت تنش‌های غیر زیستی از جمله خشکی، شوری، گرما و ... افزایش می‌یابد و در این شرایط به عنوان تنظیم‌کننده اسمزی در گیاهان عمل می‌کند (Maghsoudi et al., 2018). پرولین، سنتزکننده‌های پروتئین را تثبیت کرده یا تغییری در تنظیم آنزیم‌های اصلی در شرایط مبارزه با تنش خشکی ایجاد می‌کند (Tahaei et al., 2022).

میزان آب مورد نیاز گیاه ذرت در طول فصل رشد به آب و هوای 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 محققین کمبود آب در مرحله رشد رویشی، تأثیر کمتری بر عملکرد نهایی دارد (Mi et al., 2018). در ذرت شیرین به طور طبیعی میزان آب مورد استفاده نسبت به ارقام دیر رس کمتر است؛ زیرا اغلب ارقام ذرت شیرین زودرس بوده و در مرحله شیرینی شدن یا حداکثر ابتدای خمیری شدن دانه‌ها بایستی برداشت شوند (Khavari khorasani, 2020). شاخص سطح برگ گیاه یک عامل اساسی و تعیین کننده برای دریافت نور خورشید، تبادل انرژی و آب و به دنبال آن فتوسنتز است؛ بنابراین اندازه‌گیری آن برای درک اثر متقابل بین رشد گیاه و محیط پیرامون ضروری است (Zhang et al., 2018). تنش خشکی تأثیر مستقیمی بر کاهش شاخص کلروفیل برگ گیاه دارد. علاوه بر اثر روی قطر ساقه، پرشدن دانه، وزن دانه‌ها و در نهایت بر عملکرد دانه اثر منفی می‌گذارد. همچنین کاهش تولیدات فتوسنتزی در مرحله رشد زایشی، موجب کاهش طول و قطر بلال می‌گردد (khavary khorasani, 2020).

ذرت شیرین با نام علمی (*Zea mays var. Saccharata*) یک گیاه تغییر یافته 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 کلیه بخش‌های آن اعم از بلال، ساقه، برگ، چوب و پوست بلال مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ و برخلاف ذرت معمولی، این گیاه به صورت تازه‌خوری به مصرف انسان می‌رسد. بحرانی ترین 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 صد دانه، شاخص سطح برگ، اجزای عملکرد و میزان پرولین بود.

مواد و روش:

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 Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	بافت خاک Texture	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N	کربن آلی Organic Carbon	مواد خنثی شونده 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

به منظور مقایسه واکنش چهار هیبرید خارجی و یک هیبرید دورگ داخلی ذرت شیرین به رژیم‌های مختلف آبیاری در زمان گلدهی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده (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 به میزان ۱۵٪ آب قابل استفاده و سپس آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه در منطقه توسعه ریشه (شاهد: آبیاری مطلوب)، ب) قطع آبیاری تا تخلیه رطوبت خاک به میزان ۳۵٪ آب قابل استفاده در منطقه توسعه ریشه (کم آبیاری ملایم)، ج) قطع آبیاری تا تخلیه رطوبت خاک به میزان ۵۵٪ آب قابل استفاده و سپس آبیاری تا حد ظرفیت مزرعه در منطقه توسعه ریشه (کم آبیاری متوسط)، د) قطع آبیاری تا تخلیه رطوبت خاک به میزان ۷۵٪ آب 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.

جدول ۲_ اطلاعات هواشناسی منطقه آزمایش

Table 2- Meteorological information of the experimental area

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

عملیات آماده‌سازی زمین به وسیله شخم، دیسک و ایجاد جوی و پشته به وسیله فارور انجام شد. در ابتدا یک شخم به منظور از بین بردن علف‌های هرز در پاییز (۱۵ آبان ماه)، سپس شخم دوم (۱۵ خرداد) به منظور آماده‌سازی نهایی زمین برای کشت در بهار، به وسیله گاواهن برگردان دار انجام گرفت. تسطیح زمین به وسیله ماله و بعد از آن فارو برای ایجاد جوی و پشته انجام شد. در هر تکرار چهار کرت اصلی به فاصله ۱۲۰ سانتی‌متر از هم و در هر کرت اصلی، پنج کرت فرعی ایجاد شد. هر کرت فرعی شامل چهار ردیف کشت به طول دو متر و به فاصله 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 به میزان ۲۸۰ کیلوگرم در هکتار به فرم اوره به صورت 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 به صورت قطره‌ای انجام گرفت. مبارزه با علف‌های هرز نیز به صورت 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 شد.

جدول ۳_ خصوصیات هیبریدهای مورد استفاده در آزمایش

Table 3- Characteristics of the hybrids used in the experiment

ارقام Hybrids	گروه رسیدگی Maturity group	دوره رسیدگی Processing period	مشخصات Characteristics
Merit	میان رس	70-80	این گیاه ۱/۲ بلال در هر بوته تشکیل می‌دهد به رنگ زرد براق می‌باشد. بلال بسیار سنگین و سیلندری دارد که به طول ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد.
Honey	دیر رس	75-85	ارتفاع گیاه ۲۰۰ سانتی‌متر، وزن میوه ۳۱۰ گرم، طول میوه ۲۰ تا ۲۲ سانتی‌متر و رنگ میوه زرد پر رنگ
Genesis	میان رس	70-80	طول میوه ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر و رنگ میوه زرد پر رنگ
Chase	میان رس	70-75	بلال بسیار سنگین و سیلندری به طول ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر
Single cross 403	زود رس	65-75	میانگین تولید ۱/۵ الی ۱/۷ بلال در هر بوته به رنگ زرد بسیار براق دارای درصد بالای فلاونوئیدها و پروتئین، دانه‌های بزرگ و بلال طولانی

میزان پتانسیل رطوبتی خاک با توجه به درصد رطوبت حجمی (اعداد به دست آمده 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 et al., 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 به وسیله 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) هریک از حسگرها با استفاده از مته خاک صورت گرفت و رطوبت با روش توزین اندازه‌گیری شد. نمونه برداری ۱۵ بار انجام شد. چگالی ظاهری هریک از نمونه‌های خاک، بعد از پایان این مرحله، هریک 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 (حاصل ضرب درصد رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۴۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) اندازه‌گیری و درصد آب قابل استفاده (D) بر اساس معادله ۱ (Martin et al., 1990) تعیین و سپس با استفاده از رابطه ۲ درصد تخلیه آب قابل استفاده محاسبه شد.

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

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

n تعداد نمونه خاک گرفته شده از عمق موثر 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 λ_m ، θ_i رطوبت خاک در نمونه λ_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 می باشد. از مقایسه رطوبت های اندازه گیری شده به وسیله حسگرها با روش نمونه برداری و توزین، اعتبارسنجی صورت گرفت (Vanclouster *et al.*, 1994).

به منظور بررسی صفات مورفولوژیک، تعداد کل برگ ها و شاخص سطح برگ، شش بوته به طور تصادفی انتخاب و میانگین صفات مورد نظر در انتهای مرحله ی زایشی BBCH-70 اندازه گیری شد، سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج مدل (DELTA- T DEVICES ساخت کشور انگلستان) اندازه گیری شد. به منظور بررسی صفات تجمع مواد خشک شش بوته به طور تصادفی انتخاب شد و میانگین صفات مورد نظر اندازه گیری شد؛ برای توزین از ترازو با دقت ۰/۱ گرم استفاده گردید؛ همچنین پس از اندازه گیری وزن تر اندام های گیاهی، به مدت ۷۲ ساعت در آون قرار داده شد، سپس وزن خشک آن ها اندازه گیری شد. به منظور اندازه گیری عملکرد و اجزای عملکرد شامل ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن تر و خشک بلال (شامل تمام قسمت های بلال، رشته های ابریشمی، برگ بلال، چوب بلال، دم چوب بلال، بدون دانه است)، وزن تر و خشک دانه های بلال، وزن تر و وزن خشک کل بوته، وزن خشک صد دانه و وزن هر بلال از هر ۰/۶۴۸ متر مربع، شش بوته برداشت شد و صفات وزنی مورد نظر به وسیله ترازو توزین و به مدت ۷۲ ساعت در آون قرار داده شده، سپس وزن خشک آن ها اندازه گیری شد. به منظور اندازه گیری طول عقیمی در مراحل انتهایی رشد، پس از اینکه دانه ها به طور کامل تشکیل شده اند و بلال ها به مرحله رسیدگی نهایی رسیدند، تعداد شش بوته به صورت تصادفی انتخاب شده و طول قسمت بدون دانه به وسیله خط کش اندازه گیری شد. همچنین، با تقسیم کردن عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک، مقدار شاخص برداشت محاسبه شد. غلظت پرولین بر حسب میلی گرم بر گرم بافت تازه برگ از پنجمین برگ از بالا نمونه برداری و به روش (بیتس، ۱۹۷۳) و با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد. به صورت میلی گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Bates *et al.*, 1973).

پس از جمع آوری داده ها از نرمال بودن باقیمانده ها اطمینان حاصل شد، تجزیه های آماری با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۴، با استفاده از رویه GLM انجام گردید. مقایسه میانگین اثرهای اصلی تیمارهای آزمایشی و در صورت معنی دار شدن اثرات متقابل با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح معنی داری پنج درصد صورت گرفت.

نتیجه و بحث:

شاخص سطح برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر متقابل دوگانه رژیم‌های آبیاری×هیبرید برای صفت شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی دار 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 (کنترل) 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. به طور کلی، در سطوح مختلف تنش آبی، هیبرید Single cross 403 در شرایط کنترل 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 معنی داری با تعداد دانه در ردیف ($r=0.70^{**}$)، تعداد ردیف در بلال ($r=0.60^{*}$) و وزن صد دانه ($r=0.56^{*}$) دارد. از سوی دیگر با شاخص برداشت ($r=-0.43^{*}$) رابطه معنی دار 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 موجب کاهش سطح برگ و میزان فتوسنتز شد (Khalily et al., 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 دیررس‌تر 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 داده‌اند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که این هیبرید در برابر تنش آبی سازگاری بیشتری دارد یا طول دوره رشد متوسطی دارد.

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

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares										شاخص برداشت Harvast index
		شاخص سطح برگ LAI	تعداد دانه در ردیف Number of grain per row	تعداد ردیف در بلال Number of rows per ear	طول عقیمی Length of sterility	وزن تر بلال F.w. of ear	وزن خشک بلال D.w. of ear	وزن صد دانه weight of 100 grain	عملکرد دانه Grain yeild	عملکرد بیولوژیک Biological yield	پرولین Proline	
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	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	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

علامت‌های **، * و ns به ترتیب به معنای وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

**، * and ns mean the existence of a significant difference at the level of 1%, 5% and Non-significant difference, respectively.

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

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

رژیم های آبیاری Irrigation regimes	ارقام Hybrids	شاخص سطح برگ LAI	تعداد دانه در ردیف Number of grain per row	وزن تر بلال Fw of ear (kg ha ⁻¹)
شاهد 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
کم آبی ملایم 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
کم آبی متوسط 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
کم آبی شدید 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 میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک، با استفاده از آزمون LSD فاقد اختلاف آماری معنی داری در سطح ۵ درصد می باشند.
The means with same letters in each column do not have a significant difference in the probability level 5% error in the LSD test.

تعداد دانه در ردیف

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل رژیم های آبیاری در هیبرید برای صفت تعداد دانه در ردیف در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۴). بیشترین مقدار در شرایط آبیاری کامل (کنترل)، هیبرید Honey با ۳۴ دانه در ردیف و کمترین مقدار در شرایط کم آبیاری شدید، هیبرید Single cross 403 با ۱۷ دانه در ردیف مشاهده شد. در شرایط آبیاری کامل (کنترل) هیبرید Honey که بالاترین تعداد دانه در ردیف را داشت. به طور کلی با افزایش شدت تنش، تعداد دانه در ردیف کاهش یافت. در کم آبیاری متوسط و شدید، هیبرید Single cross 403 بیشترین افت تعداد دانه را داشته از طرفی هیبرید Merit در تنش های متوسط و شدید تعداد دانه بیشتری نسبت به برخی دیگر از ارقام حفظ کرده که ممکن است نشان دهنده سازگاری بهتر و دوره رشد متعادل تر آن باشد. (جدول ۵). جدول ضرایب همبستگی صفات ذرت شیرین مشخص کرد که تعداد دانه در ردیف همبستگی مثبت و معنی داری با شاخص برداشت ($r=0.70^{**}$)، وزن تر بلال ($r=0.76^{**}$)، وزن خشک بلال ($r=0.65^{**}$)، وزن صد دانه ($r=0.74^{**}$)، عملکرد دانه ($r=0.54^{**}$) و عملکرد بیولوژیک ($r=0.79^{**}$) دارد. از سوی دیگر با طول عقیمی ($r=-0.50^{**}$) رابطه معنی دار و منفی از خود نشان داد. به نظر می رسد کاهش تعداد دانه در گیاه در صورت ایجاد تنش کم آبی را می توان به افت فتوسنتز به دلیل کمبود رطوبت و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به دانه های تشکیل شده و در حال رشد گیاه و در نتیجه عدم تشکیل دانه ها و نهایتاً عدم

دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر تعداد دانه در گیاه نسبت داد. گزارش شده وقوع تنش رطوبتی در طی مرحله پرشدن دانه، موجب کاهش تعداد دانه می‌شود (Catville et al., 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. تاخیر 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 et al., 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 معنی دار بودند (جدول ۴). آبیاری مطلوب بیشترین تعداد ردیف دانه را داشت. تنش کم‌آبی باعث کاهش تعداد ردیف دانه شد بطوریکه تنش شدید کم‌آبی کمترین تعداد ردیف دانه را داشت و نسبت به تیماری آبیاری مطلوب ۱۷ درصد کمتر بود (جدول ۶). 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 معنی دار 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 صد دانه ($r=0.45^{*}$)، عملکرد دانه ($r=0.54^{*}$) و عملکرد بیولوژیک ($r=0.79^{***}$) دارد. از سوی دیگر با طول عقیمی ($r=-0.63^{***}$) و پرولین ($r=-0.52^{*}$) رابطه معنی دار و منفی از خود نشان داد (جدول ۹). مراحل گلدهی و تشکیل دانه در ذرت از نظر نیاز به آب از 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 et al., 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 et al., 2011).

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 Irrigation regimes	تعداد ردیف در بلال Number of rows per ear	طول عقیمی Length of sterility (cm)	وزن صد دانه weight of 100 grain (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)
شاهد Control	14.86 a	3.03 c	17.21 a	5159.6 a
کم‌آبی ملایم Mild water deficit stress	14.06 ab	3.84 b	15.14 b	3990.8 b
کم‌آبی متوسط Moderate water deficit stress	13.46 bc	4.39 ab	14.64 b	3828.0 b
کم‌آبی شدید 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 معنی‌داری در سطح ۵ 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 Cultivares	تعداد ردیف در بلال Number of rows per ear	طول عقیمی Length of sterility (cm)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	پرولین Proline (μmol g ⁻¹ FW)	شاخص برداشت Harvast index (%)
مریت Merit	13.91 ab	3.73 bc	3797.1 c	13.86 a	27.7 b
هانی Honey	12.75 b	4.34 ab	3686.8 c	15.11 a	22.1 c
جنسیس Genesis	12.91b	4.81 a	4606 a	14.26 a	40.4 a
چیس Chase	14.00 ab	3.79 bc	4218.9 ab	14.49 a	26.4 b
سینگل کراس ۴۰۳ 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 معنی‌داری در سطح ۵ 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 معنی دار 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. 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 معنی دار 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 (Aslam et al., 2015). گزارش شده است که دوره کوتاه مدت تنش در مراحل گل‌دهی، سبب عقیمی، افت اجزاء عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Sinaki et al., 2007). تعداد دانه در بلال و گیاه در اثر کاهش سطح آبیاری به دلیل نقصان در باروری و عدم تشکیل سلول تخم کاهش می‌یابد. در واقع تنش کم‌آبی در زمان کاکل‌دهی می‌تواند به خروج کلاله‌ها از غلاف بلال صدمه بزند و باعث خشکی آن‌ها شود و تعداد بذر تشکیل‌شده در بلال را کاهش دهد (Koocheki and Sarmadnia, 2005). همچنین کمبود آب از طریق کاهش دسترسی بلال به مواد پرورده باعث کاهش میزان تشکیل دانه می‌شود (Rafiee et al., 2009). با افزایش فاصله بین ظهور رشته‌های ابریشمی و ظهور تاسل، تحت تاثیر 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 قسمت های بلال اعم از رشته های ابریشمی، برگ بلال، چوب بلال، دم چوب بلال، به غیر از دانه) هردو تحت تأثیر اثر متقابل رژیم آبیاری و هبیرید در سطح یک درصد قرار گرفتند (جدول ۴). بیشترین وزن تر در شرایط آبیاری مطلوب و در هبیرید چیس (۱۵۴۹۰ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین وزن خشک در هبیرید هانی (۹۹۶۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (جداول ۵ و ۸). در شرایط آبیاری مطلوب هبیرید Chase با ۱۵۴۹۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین وزن تر بلال را ثبت کرد هر دو صفت در شرایط تنش کم آبی کاهش یافتند به گونه ای که هبیرید دورگ داخلی در شرایط آبیاری شدید دارای کمترین وزن تر (۲۳۸۰ کیلوگرم در هکتار) و خشک بلال (۴۹۰ کیلوگرم در هکتار) بود. در کم آبیاری ملایم و متوسط به ترتیب هبیرید Honey با ۱۲۵۳۳ کیلوگرم در هکتار و هبیرید Chase با ۱۰۲۷۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین وزن تر بلال را ثبت کردند (جداول ۴ و ۷). جدول ضرایب همبستگی صفات (جدول ۹) مشخص کرد که وزن تر بلال همبستگی مثبت و معنی داری با تعداد دانه در ردیف ($r=0.76^{**}$)، وزن خشک بلال ($r=0.91^{**}$)، وزن صد دانه ($r=0.60^{**}$) و عملکرد بیولوژیک ($r=0.85^{**}$) دارد 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 معنی دار و منفی از خود نشان داد. از سوی دیگر با شاخص برداشت ($r=-0.53^{**}$) رابطه معنی دار و منفی از خود نشان داد. علاوه بر این که خشک بلال همبستگی مثبت و معنی داری با تعداد دانه در ردیف ($r=0.65^{**}$)، وزن تر بلال ($r=0.91^{**}$)، وزن صد دانه ($r=0.47^{**}$) و عملکرد بیولوژیک ($r=0.88^{**}$) دارد و از طرفی با شاخص برداشت ($r=-0.61^{**}$) همبستگی منفی و معنی دار دارد. نتایج نشان داده که کم آبی موجب کاهش در اندازه و وزن بلال های ذرت می شود. این کاهش عمدتاً ناشی از کاهش میزان جذب آب و مواد مغذی توسط گیاه و کاهش فتوسنتز است (*Kamara et al., 2003*). در شرایط کم آبی، منافذ روزنه ای گیاه تقریباً بسته می شود تا از تعرق آب جلوگیری کند، اما این عمل منجر به کاهش فتوسنتز و در نهایت کاهش تولید بلال می شود (*Abedi et al., 2024*). مطالعات نشان می دهد که واکنش ذرت به کم آبی بسته به مرحله رشدی که تنش آبی اتفاق می افتد، متفاوت است. به طور کلی، تنش آبی در مراحل اولیه رشد ممکن است منجر به کاهش رشد رویشی و کاهش تعداد بلال ها شود، در حالی که تنش آبی در مراحل پایانی می تواند باعث کاهش اندازه و وزن دانه ها و در نتیجه کاهش وزن کلی بلال شود (*Daryanto et al., 2016*). کم آبی در مراحل حساس رشد ذرت، مانند تشکیل و پر شدن دانه ها، اثرات منفی برجسته تری دارد. تنش آبی در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش تعداد دانه ها و در نتیجه کاهش وزن بلال می شود. کم آبی در این مراحل می تواند منجر به مرگ سلول های تخمک و جنین های تازه تشکیل شده شود، که به طور مستقیم بر وزن نهایی بلال تأثیر می گذارد (*Shamohammadi et al., 2024*).

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 Irrigation regimes	ارقام Cultivares	وزن خشک بلال Dw of ear (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)
شاهد 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 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 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 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 معنی‌داری در سطح ۵ 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 صد دانه

جدول تجزیه واریانس برای صفت وزن صد دانه نشان داد که فقط اثر اصلی رژیم‌های آبیاری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). به‌طوری‌که با اعمال تنش کم‌آبی از وزن صد دانه کاسته شد. اگرچه بین تیمارهای تنش کم‌آبی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت اما تنش شدید کم‌آبی دارای کمترین وزن صد 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 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 ($r=0.62^{***}$) دارد. 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 ذخیره شده در ساقه‌ها، برگ‌ها و یا کپسول‌ها تأمین شوند (Ahmadi and Bahrani, 2009). کاهش حجم آبیاری از طریق کوتاه کردن دوره پرشدن دانه باعث کاهش وزن هزار دانه می‌گردد (Nakhjavani Moghaddam et al., 2011). همچنین عدم تأثیر پذیری وزن صد 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 معنی دار 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 کوتاه مدت تنش در مراحل گل‌دهی، سبب افت اجزاء عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Ding et al., 2019). کاهش فتوسنتز، کاهش تولید ماده خشک و رشد را در پی دارد. گزارش شده وقوع تنش رطوبتی در طی مرحله پرشدن 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 صد دانه ($r=0/61^{**}$) دارد. از سوی دیگر عملکرد دانه با طول عقیمی ($r=-0/43^*$) رابطه معنی دار و منفی از خود نشان داد.

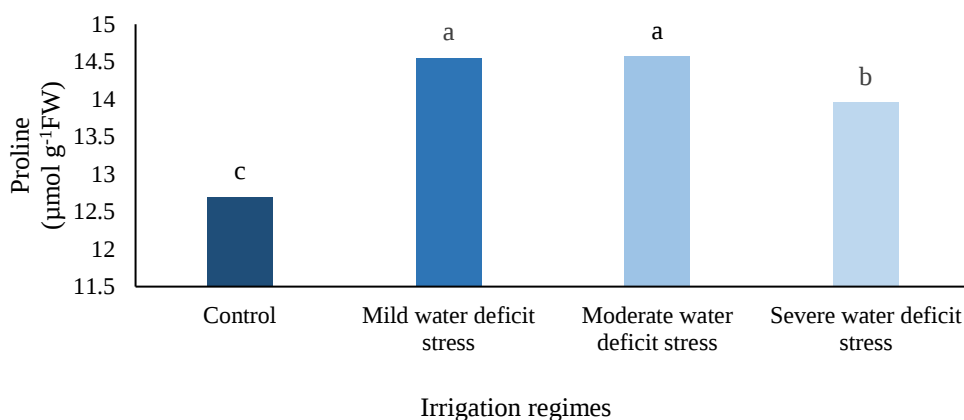
عملکرد بیولوژیک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل دوگانه رژیم‌های آبیاری×هیبرید برای صفت عملکرد بیولوژیک در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۴). بیشترین عملکرد بیولوژیک در همه تیمارها متعلق به هیبرید Honey است، 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 است، که افت ۶۰ درصدی را نشان می‌دهد، این هیبرید حساسیت بیشتری به تنش‌های آبی دارد و رشد رویشی آن کاهش می‌یابد. 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 صد دانه ($r=0/61^{**}$) دارد. از طرفی با طول عقیمی ($r=-0/49^{**}$) همبستگی منفی و معنی دار 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 گیاهان با توانایی تولید عملکرد بیولوژیک بالا توانایی مقاومت در برابر تنش کم‌آبی را دارند. به

بیان دیگر می‌توان گفت عملکرد بیولوژیک عاملی مفید در افزایش عملکرد اقتصادی بوده و همبستگی بالایی با آن دارد (Papari and Bahrani, 2005). از دلایل مهم کاهش عملکرد بیولوژیک در مواجهه با تنش خشکی مختل شدن فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه است. به بیان بهتر تنش خشکی به واسطه تأثیر منفی بر شاخص سطح برگ، ارتفاع، صفات رویشی و اجزاء عملکرد موجب افت عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک خواهد شد (Rezaei-Sukht abnadani et al., 2008).

پروлін

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، غلظت پرولین تحت تأثیر اثر اصلی رژیم های آبیاری و هیبرید در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). کمترین مقدار پرولین در آبیاری مطلوب با ۱۲/۷۰ میکرومول در هر گرم وزن تازه بدست آمد از طرفی بیشترین مقدار پرولین در کم آبیاری 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 (کم آبیاری شدید) از میزان سنتز پرولین به دلیل رسیدن به حد آستانه فیزیولوژیکی گیاه، کاسته شد (شکل ۱). در بین ارقام مورد مطالعه هیبرید هانی بیشترین غلظت پرولین را دارا بود؛ اگرچه با ارقام جنسیس، چیس و مریت تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۷). جدول ضرایب همبستگی صفات (جدول ۹) مشخص کرد که پرولین همبستگی مثبت و معنی داری 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 معنی دار دارد. تجمع پرولین عمومی ترین واکنش گیاه به تنش های محیطی، به ویژه در پتانسیل های پایین آب می باشد. گیاهان تحت تنش با افزایش پرولین، عملکرد سازشی خود را از طریق حفظ فشار تورگر، حمایت از ماکرومولکول ها و غشاهای سلولی اعمال میکنند که در هیبرید متحمل این سازگاری بارزتر است. باین حال کاهش بیش از حد پتانسیل آبی محیط، اثر بازدارنده بر بیوسنتز پرولین اعمال میکند. بنابراین، سنتز پرولین کاهش یافته ولی باین حال مقدار پرولین در ارقام متحمل بیش از سایر ارقام است (Salehi-Eskandari et al., 2022). همچنین در پژوهش دیگری توسط 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 et al., 2016).



شکل ۱- اثر اصلی رژیم های آبیاری بر محتوی پرولین برگ ذرت شیرین

Fig 1- Main effect of irrigation regimes on proline content of sweet corn leaf

شاخص برداشت

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، 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 معنیداری با شاخص سطح برگ ($r=-0.48^*$)، وزن تر بلال ($r=-0.53^*$)، وزن خشک بلال ($r=-0.61^*$) و عملکرد بیولوژیک ($r=-0.69^{**}$) دارد (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 پر برگ دارند و تأثیر چندانی بر تولید ماده خشک این هیبریدها ندارند (Kalamian et al., 2005; Hante and Aminiyan, 2017). ارقام دیررس ذرت نسبت به ارقام زودرس به دلیل بیشتر بودن طول دوره رشد و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه و بلال شاخص برداشت بیشتری دارند (Dadresi et al., 2005; Nakhjavanimoghdam et al., 2010).

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین صفات ذرت شیرین

Table 9- Correlation coefficients between sweet corn traits

traits	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
LAI (1)	1.00									
Number of grain in the row(2)	0.70**	1.00								
Number of rows in ear (3)	0.60**	0.37	1.00							
Length of sterility(4)	-0.53*	-0.50*	-0.63**	1.00						
Fw of ear (5)	0.32	0.76**	0.09	-0.30	1.00					
Dw of ear (6)	0.25	0.65**	-0.00	-0.22	0.91**	1.00				
weight of 100 grain(7)	0.56*	0.74**	0.45*	-0.68	0.60**	0.47*	1.00			
Grain yield(8)	0.26	0.54*	0.54*	-0.43*	0.41	0.30	0.72**	1.00		
Biological yield(9)	0.61	0.79**	0.27	-0.49*	0.85**	0.88**	0.61**	0.37	1.00	
Proline(10)	-0.14	0.00	-0.52*	0.49*	0.26	0.35	-0.23	-0.30	0.11	1.00
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 معنی دار و معنی داری در سطح پنج و یک درصد را نشان می دهند.

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

نتیجه گیری کلی:

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×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 برنامه‌های به‌نژادی برای دستیابی به بهینه‌سازی عملکرد تأکید دارد. در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌شود در شرایط کم‌آبی دوره زایشی، ارقام چیس و جنسیس مورد کشت قرار گیرد.

منابع:

- 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) doi: 10.22055/ppd.2024.46482.2155
- AghaAliKhani, M., & Mohammadi. kh., (2018). *Seet corn Agronomic & Genetic Approaches*. Tarbiat modares university press. 408 PP. (in Persian).
- 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).
- Ashraf, M. & Foolad. M. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59. 206-216.
- Bates, L., Waldren, R., Teare, I., (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39, 205-207.
- Catville, L., Rizza, F. Badeck, F.W. Mazzucotelli, E. & Masreangelo, A.M. (2008). Drought tolerance improvement in crop plant: an integrated view from breeding to genomic. *Field Crop Reaserch*, 105:1-14.
- Dadresi, V., Aboutalebian, M. A., & Seyedi, 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.
- Daryanto, S., Wang, L., & Jacinthe, P. A. (2016). Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. *PloS one*, 11(5), e0156362.
- Ding, Sh., 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.
- 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*, 2 - 50 (2), 249-263. (in Persian with English abstract).
- Hante and Aminiyan. (2017). The response of late-maturing corn hybrids to the application of potassium sulfate under deficit irrigation conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(2 (42 Summer), 283-302.
- 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, 38-53. (in Persian with English abstract).
- 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.

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.

Khavari khorasani, S. (2020). *Practical guide to sweet corn production*. Publication of agricultural education. 78 PP.

Kirda, C. (2002). Deficit irrigation scheduling Based on plant Growth Stages Showing Water Stress Tolerance. In: *FAO, Water Reports, Deficit Irrigation Practices*, No 22: 3-10.

Koocheki, A., Sarmadnia, G.H. (2005). *Physiology of Crop Science. Ferdowsi University of Mashhad Publication*. 400p. (in Persian with English abstract).

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, 461-471.

Mahrokh, A., Nabipour, M., Roshanfekar-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. (in Persian with English abstract).

Martin, G. A., Viskochil, D., Bollag, G., McCabe, P. C., Crosier, W. J., Haubruck, H., ... & McCormick, F. (1990). The GAP-related domain of the neurofibromatosis type 1 gene product interacts with ras p21. *Cell*, 63(4), 843-849.

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, 260-267.

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. (in Persian with English abstract).

Nakhjavanimoghaddam, M. M., Dehghanisanij, 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. (in Persian with English abstract).

Nakhjavani-Moghaddam, M.M., Najafi, E., Sadreghaem 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*, 27-2 (1), 73-90. (in Persian with English abstract).

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. (in Persian with English abstract).

Rafiee, F., kashani, A., Mamaghani, R., Golchin, A. (2005). The effect of the timing of irrigation and nitrogen application on grain yield and some morphological traits in hybrid sunflower, cv. *Golshid*. *Iranian Journal of crop sciences*, 7 (1): 44-54.

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. (in Persian with English abstract).

Rezaei-Sukht-Abnadani, R., Charati Araei, A., Akbari Nodehi, D., Ramazani, M. (2008). Effect of Irrigation and different on nitrogen on silage dry yield and water use efficiency in Maize cv. KSC 704 in mazandaran province. *Results of Modern Agriculture*, 3 (2), 122-135. (in Persian with English abstract).

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. (in Persian with English abstract).

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. doi: 10.22077/escs.2020.3712.1895(in Persian with English abstract).

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.

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. (in Persian with English abstract)doi: [10.22059/ijfcs.2023.352991.654966](https://doi.org/10.22059/ijfcs.2023.352991.654966)

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, 417-422 ref. 42

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 inCrop Sciences*, 15 (3): 657- 668.

Vanclooster, M., Viaene, P., Diels, J. & Chistiaens, 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

Zhang, Y., Hansen, N., Trout, T., Nielsen, D., Paustian, K. (2018). Modeling deficit irrigation of maize with the DayCent model. *Agronomy Journal*, 110, 1754-1764.