

Evaluation of Maize Hybrids in Terms of Agronomic Traits under Water Deficit Stress

Elaheh Arvaneh¹, Majid Norouzi^{2*} , Saeid Aharizad², Bahram Alizadeh³

Received: 15 March 2025

Accepted: 15 June 2025

1-MSc. Graduate of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2-Assist. Prof., Dept. of Plant Breeding & Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3-Prof., Dept. of Plant Breeding & Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

4-Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

* Corresponding Author E-mail: norouzi@tabrizu.ac.ir

Abstract

Background and Objectives: The study was conducted to evaluate different maize hybrids under water deficit stress conditions in terms of agronomic traits and grain yield and to identify hybrids tolerant to water deficit stress.

Materials and Methods: The study was carried out in the research fields of the University of Tabriz's Faculty of Agriculture using a split plot experiment, based on a randomized complete block design with three replications. The main plots included two different irrigation conditions (normal and water deficit stress) and the sub-plots included 16 different maize hybrids. Stress was applied at the flowering stage.

Results: Based on the results, SC703 and SC700 hybrids were recognized as superior hybrids in terms of most agronomic traits and grain yield in all conditions, and in contrast, AR66, SC702 and SC500 hybrids were recognized as water deficit stress-sensitive hybrids with low yield. Cluster analysis also separated the maize hybrids into two separate groups. The SC703 and SC700 hybrids were identified as superior hybrids in terms of the majority of agronomic traits and grain yield under all conditions. Additionally, cluster analysis divided the hybrid maize into two groups. The first group comprised hybrids SC703, SC260, K3647×K18, and SC700, which were introduced as tolerant hybrids and were superior to the average of all traits. The second group consisted of hybrids SC704, KSC705, SC706, SC702, SC670, SC647, SC604, DC370, SC500, SC400, K18, K166×, and AR66, which were less valuable in terms of most traits.

Conclusion: The imposed water deficit stress during the flowering stage significantly reduces all agronomic traits, particularly grain yield. The assessed maize hybrids differ significantly in their ability to withstand water deficit stress. While SC702 and AR66, SC500 hybrids demonstrated the lowest grain yield under average of irrigation condition, SC703 and SC700 hybrids had the highest grain yield under both normal irrigation and water deficit stress condition. Thus, it is advised to plant SC703 and SC700 hybrids in regions that are under stress from water deficit.

Keywords: Genetic Diversity, GGE Bi-Plot, Maize Hybrids, Water Deficit Stress



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright© 2025 Majid Norouzi E-mail: norouzi@tabrizu.ac.ir

<https://doi.org/10.22034/SAPS.2025.66411.3354>



ارزیابی هیبریدهای ذرت از نظر صفات زراعی در شرایط تنش کمبود آب در مرحله گلدهی

الهه اروانه^۱، مجید نوروزی^{۲*}، سعید اهری زاد^۲، بهرام علیزاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۱
--------------------------	-------------------------

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، رشته اصلاح نباتات، گروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲- دانشیار و استاد گروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

* مسئول مکاتبه: Email: norouzi@tabrizu.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: به منظور ارزیابی هیبریدهای مختلف ذرت تحت شرایط تنش کمبود آب، از نظر صفات زراعی و عملکرد دانه و شناسایی هیبریدهای متحمل به تنش کمبود انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در اراضی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز اجرا شد. فاکتور اصلی شامل دو شرایط مختلف آبیاری (عادی و تنش کمبود آب) و فاکتور فرعی شامل ۱۶ هیبریدهای مختلف ذرت بود و زمان اعمال تنش در مرحله گلدهی آغاز شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل، هیبریدهای SC703 و SC700 از نظر اکثر صفات زراعی و عملکرد دانه در مجموع شرایط، به عنوان هیبریدهای برتر و در مقابل، هیبریدهای AR66، SC702 و SC500 به عنوان هیبریدهای حساس به تنش کم آبی و دارای عملکرد پایین شناخته شدند. تجزیه خوشه‌ای نیز هیبریدهای ذرت را به دو گروه مجزا تفکیک کرد. گروه اول هیبریدهای SC703، SC260، K3647×K18 و SC700 که از نظر همه صفات نسبت به میانگین کل صفات برتری داشتند و به عنوان هیبریدهای متحمل معرفی شدند و گروه دوم شامل هیبریدهای SC702، SC670، SC706، KSC705، SC704، SC500، DC370، SC604، SC647، K18×K166 و AR66 بود که از نظر اکثر صفات ارزش کمتری داشتند.

نتیجه گیری: تنش کمبود آب اعمال شده در مرحله گلدهی باعث کاهش معنی دار همه صفات زراعی و بخصوص عملکرد دانه گردید. تنوع قابل ملاحظه‌ای بین هیبریدهای ذرت مورد ارزیابی از نظر میزان تحمل به تنش وجود داشت. در این میان هیبرید SC703 و SC700 بیشترین میزان عملکرد دانه را در مجموع شرایط تنش کم آبی و آبیاری عادی داشت در حالیکه هیبریدهای SC702 و SC500 کمترین عملکرد دانه را در متوسط سطوح تنش از خود نشان دادند. بنابراین کاشت هیبریدهای SC703 و SC700 در مناطق واجد تنش کمبود آب پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تنش کمبود آب، تنوع ژنتیکی، هیبریدهای ذرت، GGE بای پلات

مقدمه

غلات در مجموع ۴۲/۵ درصد تولید جهانی مواد غذایی را تشکیل می‌دهند. در بین غلات، برنج، گندم و ذرت تقریباً نیمی از کالری مصرفی جهان را فراهم می‌کنند و در این میان ذرت یک محصول غذایی اساسی است که نقش مهمی در رژیم غذایی میلیون‌ها نفر ایفا می‌کند (فائو ۲۰۲۳). با افزایش جمعیت جهان و تغییرات زیست-محیطی، امنیت غذایی به عنوان یک چالش عمده در سراسر جهان مطرح شده است (اینگرام ۲۰۱۱) تنش‌های محیطی در اکثر مناطق جهان، گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند و محدودیت‌های بزرگی را برای بهره‌وری محصول بوجود می‌آورند (آهو جا ۲۰۱۰). تنش کمبود آب یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که عملکرد محصولات زراعی از جمله ذرت را بطور قابل توجهی کاهش می‌دهد (میر ۲۰۱۲). تلاش برای شناسایی و تولید محصولات زراعی مقاوم در برابر تنش کمبود آب به یکی از چالش‌های اساسی اصلاحگران نبات تبدیل شده است و در این راستا پیشرفت‌هایی نیز در گیاهان زراعی مختلف حاصل شده است (یانگ ۲۰۱۰). پیامدهای مخرب تنش کم‌آبی، بسته به شدت تنش و مرحله رشدی گیاه در مواجهه با تنش، متفاوت است. مطالعات اخیر حاکی از آن است که ۵۰ درصد از تلفات محصولات زراعی در نتیجه تنش‌های غیرزیستی است (خلج ۲۰۱۵). بنابراین، بخش وسیعی از مطالعات به نژادی و به زراعی در دنیا در راستای اصلاح و گزینش گیاهان متحمل به تنش کمبود آب متمرکز شده است تا گیاهانی معرفی شوند که در شرایط تنش خشکی عملکرد مناسبی را تولید کنند (اوسمانزا ۱۹۸۷). محصول ذرت در تمام مراحل توسعه فیزیولوژیکی خود نیاز به آب کافی جهت رسیدن به عملکرد بهینه خود دارد. اما همانند سایر غلات، برخی از مراحل رشدی این گیاه نسبت به تنش کم‌آبی حساس‌تر است (خیاط نژاد ۲۰۱۰). اغلب تحقیقات نشان داده، که حساس‌ترین مراحل رشدی گیاه ذرت که تنش می‌تواند موجب کاهش جدی در عملکرد شود، مرحله زایشی و مرحله گرده افشانی، ظهور کاکل و ریزش دانه گرده است (چاپمن ۱۹۹۹). تنش کم آبی مانع تقسیم سلولی، محدود

کردن فتوسنتز، افزایش توسعه گیاه، کاهش پتانسیل آب برگ، بستن روزنه‌ها و کاهش سنتز کلروفیل ذرت می‌شود. همچنین، تنش کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد مانند تعداد دانه، عملکرد دانه، تولید بیوماس، تعداد دانه در هر بوته، وزن دانه و شاخص برداشت، در مقایسه با گیاهان آبیاری شده، تأثیر منفی می‌گذارد. علاوه بر این، تنش کم آبی بر تنفس، جابه‌جایی مواد، متابولیسم مواد مغذی و متابولیسم کربوهیدرات‌ها نیز تأثیر دارد. برای مقابله با استرس خشکی در گیاه ذرت، روش‌های مدیریتی مختلفی مانند برنامه‌های اصلاح نژاد، مدیریت عناصر غذایی، استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه و دیگر روش‌ها به‌کار گرفته میشود (دریب ۲۰۲۴). این پژوهش در راستای بررسی هیبریدهای مختلف ذرت تحت تنش کمبود آب و شناسایی هیبریدهای متحمل و حساس به تنش کمبود آب انجام شد. نتایج این پژوهش میتواند در برنامه های اصلاحی و همچنین معرفی هیبریدهای متحمل به تنش کمبود آب و کاشت هیبریدهای متحمل در مناطق واجد تنش مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش، بذور ۱۶ هیبرید ذرت (SC700، SC704، SC705، KSC706، SC702، SC670، SC647، SC604، K166×K18، DC370، SC500، K3647 × K18، SC400، SC703، SC260، AR66) تهیه شده از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج بود. آزمایش در مزارع تحقیقاتی ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در اراضی کرج با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح آبهای آزاد با اقلیم نیمه خشک اجرا گردید.

به منظور ارزیابی واکنش هیبریدهای مختلف ذرت تحت شرایط تنش کمبود آب، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل دو تیمار مختلف آبیاری، (آبیاری عادی و تنش کمبود آب) بود. سطح اول آبیاری

در این تحقیق جهت تعیین میزان تحمل یا حساسیت هیبریدها به تنش کمبود آب، از شاخص‌های STI، SSI، MP، GMP و TOL استفاده شد. شاخص حساسیت به تنش (SSI^۱) (فیشور و ماورر ۱۹۷۸)، طبق رابطه زیر محاسبه شد.

$$SSI = \frac{1 - (\frac{Y_S}{Y_P})}{1 - (\frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P})}$$

در این رابطه Y_P و Y_S به ترتیب میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در دو محیط واجد و فاقد تنش می‌باشد. Y_S عملکرد ژنوتیپ در شرایط واجد تنش و Y_P عملکرد ژنوتیپ در شرایط فاقد تنش است. مقادیر پایین تر SSI بیانگر تحمل بیشتر به تنش کمبود آب می‌باشد. به عبارت دیگر هر چه مقدار Y_S به Y_P نزدیکتر باشد، یعنی SSI آن ژنوتیپ کوچکتر باشد، مقاومت آن ژنوتیپ به کمبود آب بیشتر است.

شاخص تحمل (TOL^۲) (روزیل و هامبلین ۱۹۸۱) که عبارت است از اختلاف عملکرد یک ژنوتیپ در دو محیط واجد و فاقد تنش، طبق رابطه زیر محاسبه شد:

$$TOL = Y_P - Y_S$$

شاخص میانگین حسابی عملکرد (MP^۳) (روزیل و هامبلین ۱۹۸۱) به صورت رابطه زیر محاسبه شد:

$$MP = \frac{Y_S + Y_P}{2}$$

شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP^۴) (فرناندز ۱۹۹۲) بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$GMP = \sqrt{Y_S \times Y_P}$$

شاخص تحمل به تنش (STI^۵) (فرناندز ۱۹۹۲)، بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{(\bar{Y}_P)^2}$$

STI بر اساس GMP برآورد می‌شود، بنابراین همبستگی رتبه ای بین STI و GMP برابر با یک می‌باشد. برای محاسبه محتوای نسبی آب برگ، نمونه برداری از آخرین برگ توسعه یافته تمامی تیمارهای آزمایشی

(شاهد) پس از ۷۰ میلیمتر تبخیر و سطح دوم آبیاری (تیمار تنش کم آبی) پس از ۱۲۰ میلیمتر تبخیر از تشتک کلاس A اعمال شد. فاکتور فرعی شامل ۱۶ هیبرید مختلف ذرت بود. کاشت بذور در عمق ۸ سانتی‌متری و اواخر اردیبهشت ماه انجام شد و زمان اعمال تنش کمبود آب در مرحله ۵۰ درصد گلدهی هیبریدها در نظر گرفته شد. هر کرت فرعی شامل سه ردیف ۱/۵ متری از هر هیبرید با فاصله ۲۰ سانتی‌متری از یکدیگر بود. عملیات داشت شامل آبیاری‌های منظم، وجین علف‌های هرن، کوددهی بصورت سرک و خاک‌دهی پای بوته‌ها انجام شد. در اواخر فصل رویش و پس از مرحله رسیدگی، برخی از صفات زراعی و فیزیولوژیک مورد اندازه‌گیری قرار گرفت که عبارت بودند از: ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، قطر ساقه، فاصله میان گره بالای بلال اصلی، تعداد شاخه گل تاجی، مساحت برگ پرچم، طول گل تاجی، وزن خشک بوته، تعداد برگهای پوشاننده بلال اصلی، متوسط قطر بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، طول بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه، عرض دانه، وزن ۳۰۰ دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، محتوای نسبی آب برگ، میزان پرولین برگ و میزان کلروفیل برگ. عملکرد دانه در واحد سطح و به ازای ۳ متر مربع برای هر هیبرید بود.

برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر، تعداد ۶ بوته از هر هیبرید با در نظر گرفتن شرایط رقابتی و به صورت تصادفی انتخاب و نشانه گذاری شد و صفات مورد نظر در هر واحد آزمایشی روی آنها اندازه گیری گردید. قبل از تجزیه داده ها، یکنواختی واریانس خطاهای آزمایش و نرمال بودن توزیع داده ها به ترتیب توسط آزمون بارتلت (Bartlett) و آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) مورد بررسی قرار گرفت. مقایسات میانگین صفات با استفاده از روش دانکن انجام شد و رتبه‌بندی ارقام نیز به روش آروناچالام و باندیوپادهی (۱۹۸۴) صورت گرفت.

^۴ - Geometric Mean Productivity

^۵ - Stress Tolerance Index

^۱ - Stress Susceptibility Index

^۲ - Tolerance index

^۳ - Mean Productivity

تائید گردید. جهت تثبیت خطای نوع اول و در نتیجه اثبات اختلاف بین هیبریدها و شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم آبی، تجزیه واریانس چند متغیره انجام گرفت. اختلاف بین شرایط آبیاری و همچنین هیبریدهای مورد بررسی از نظر آزمونهای مربوطه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، بنابراین وجود اختلاف بین هیبریدها و همچنین شرایط آبیاری، حداقل از نظر یک صفت مورد تایید قرار گرفت. اثرات متقابل آبیاری × هیبرید در آزمون های مربوطه غیر معنی دار شد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر آبیاری برای صفات ارتفاع بوته، طول گل آذین، قطرساقه، فاصله میان گره، تعداد برگ در بوته، تعداد گل آذین، تعداد برگ بلال، وزن خشک بوته، طول بلال و قطر بلال معنی دار می باشد. به این مفهوم که اکثر صفات مورد ارزیابی با اعمال شرایط آبیاری مختلف، تغییرات قابل توجهی داشتند. اثر هیبرید برای کلیه صفات مورد ارزیابی به جز فاصله میان گره، تعداد گل آذین، قطر بلال، تعداد ردیف در بلال و قطر چوب بلال معنی دار بود. به عبارت دیگر هیبریدهای مورد مطالعه تنوع ژنتیکی زیادی از نظر صفات مورد ارزیابی در دو شرایط مختلف آبیاری داشتند که این تنوع ژنتیکی جهت گزینش هیبرید-های مناسب تر می تواند نقش مهمی ایفا کند. اثر متقابل تنش × هیبرید برای تمام صفات مورد ارزیابی غیر معنی دار بود که نشانگر واکنش و تغییرات غیر معنی دار هیبریدهای مورد مطالعه نسبت به دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش کم آبی بود. بر اساس نتایج حاصل، صفات تعداد برگ در بوته، تعداد ردیف در بلال و وزن ۳۰۰ دانه، دارای کمترین ضریب تغییرات بودند، بنابراین اثر محیط روی این صفات کم بوده و دارای دقت ارزیابی خوبی بودند. صفات مساحت برگ پرچم، ارتفاع بوته، طول گل آذین، عرض دانه و شاخص برداشت دارای بیشترین ضریب تغییرات بودند.

انجام و نمونه بلافاصله درون یخ قرار گرفته و در آزمایشگاه وزن تر (FW) آنها با ترازوی دقیق اندازه گیری شدند. تمامی نمونه ها در آب مقطر قرار داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ ها (Tw) اندازه گیری و برگ ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفتند و سپس وزن خشک هر کدام از نمونه ها (DW) اندازه گیری شد. با قرار دادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده هزارم در فرمول زیر محتوای نسبی آب برگ بدست آمد:

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

به منظور اندازه گیری محتوای پرولین برگ از روش (Bates, 1973) استفاده شد. میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه SPAD-502 در سه قسمت برگ بلال شامل، ابتدا، وسط و انتها و در ۶ بوته از هر کرت اندازه گیری و سپس میانگین آن برای کرت مورد نظر ثبت شد (Oneill et al., 2006).

برای گروه بندی هیبریدها و شناسایی ارقام متحمل و حساس به تنش کمبود آب، از تجزیه خوشه ای و تجزیه GGE بای پلات استفاده شد. تجزیه خوشه ای بر اساس میانگین داده های استاندارد شده تمامی صفات و با استفاده از روش ward و معیار فاصله توان ۲ اقلیدسی انجام گردید. برای تایید گروه بندی نیز از تجزیه تابع تشخیص استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارهای SAS 9.1، SPSS 20، Genstat 12 و Excel 2019 استفاده شده است.

نتایج و بحث

قبل از انجام تجزیه های آماری، فرض های اساسی تجزیه واریانس شامل مستقل بودن اشتباه های آزمایشی، توزیع نرمال اشتباه های آزمایشی، یکنواختی واریانس-های درون تیماری و عدم وجود اثر متقابل بین تیمار و بلوک انجام شد و برقراری مفروضات در همه صفات

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در هیبریدهای ذرت

میانگین مربعات								
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول گل آذین	قطرساقه	فاصله میان گره	تعداد برگ در بوته	تعداد گل آذین	میزان کلروفیل برگ پرچم
بلوک	۲	۹۶/۹۶ ^{ns}	۲/۵۹ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۳۱ ^{ns}	۱۸۵/۱۸ ^{ns}	۱۲/۴۲ ^{ns}	۱۸۷/۳۹ *
آبیاری	۱	۱۱۷۸۳/۱۵**	۲۳۸/۶۲**	۰/۷۶۸**	۲۴/۱۲**	۱۳۲۹۹/۳۲**	۲۷۴/۰۸**	۱۳۹/۳۲ ^{ns}
اشتباه اصلی	۲	۲۹/۵۴	۵/۵۹	۰/۰۰۴	۰/۴۴	۱۳۹/۵۷	۱۲/۷۷	۰/۹۵
هیبرید	۱۵	۷۲۷/۶۱**	۴۱/۷۲**	۰/۰۷۸**	۳/۲۸ ^{ns}	۳۴۳۷/۶۷**	۱۰/۹۸ ^{ns}	۱۱۷/۹۲*
هیبرید × آبیاری	۱۵	۷۶/۴۸ ^{ns}	۵/۷۷ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۷۹۴ ^{ns}	۲۰۸/۲۴ ^{ns}	۳/۵۴ ^{ns}	۲۳/۲۷ ^{ns}
اشتباه فرعی	۶۰	۲۸۹/۸۹	۱۳/۸۰	۰/۰۲۶	۱/۹۴	۱۲۶/۳۳	۱۴/۲۲	۵۰/۷۵
ضریب تغییرات (%)		۱۹/۱۶	۱۹/۸۶	۱۶/۳۰	۱۶/۸۵	۶/۳۸	۱۴/۹۲	۱۸/۴۰

ادامه جدول ۱

میانگین مربعات								
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد برگ بلال	وزن خشک بوته	قطر بلال	طول بلال	قطر چوب بلال	وزن خشک بلال	تعداد ردیف در بلال
بلوک	۲	۳۵۰/۵۳ ^{ns}	۰/۷۲ ^{ns}	۵۶۰/۷۷ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۱/۵۲ ^{ns}	۷/۴۳ ^{ns}	۳۷۵/۲۰ ^{ns}
آبیاری	۱	۹۸۲۵/۲۳**	۵۵/۰۵۴**	۱۸۴۴۱/۸۹**	۸۰/۳۸**	۳۸۵/۱۵**	۱۸۶۱/۷۲**	۵۲۵۸۸/۷۵**
اشتباه اصلی	۲	۶۰/۲۶	۰/۶۱	۶۴/۴۵	۰/۲۹	۲/۱۴	۲۳/۳۱	۳۰۱/۰۲
هیبرید	۱۵	۸۳۸/۴۸**	۷/۰۷**	۸۱۳/۴۷ ^{ns}	۲/۴۱**	۸۱۳/۴۷ ^{ns}	۷۶/۹۶**	۳۰۴۲/۶۸ ^{ns}
هیبرید × آبیاری	۱۵	۵۴/۷۷ ^{ns}	۰/۹۱ ^{ns}	۲۴۸/۹۳ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۳/۸۵ ^{ns}	۹/۱۸ ^{ns}	۲۵۶/۱۱ ^{ns}
اشتباه فرعی	۶۰	۲۸۴/۶۰	۲/۷۷	۹۲۲/۶۳	۰/۹۳	۱۶/۸۴	۲۰/۱۳	۱۷۱۰/۳۲
ضریب تغییرات (%)		۱۹/۱۶	۱۹/۱۶	۱۵/۹۸	۱۲/۸۴	۱۸/۲۹	۱۳/۰۳	۱۹/۱۶

ادامه جدول ۱

میانگین مربعات								
منابع تغییر	درجه آزادی	عمق دانه	عرض دانه	وزن ۳۰۰ دانه	عملکرد دانه در واحد بوته	عملگر شاخص بیولوژیک	شاخص برداشت	محتوای نسبی آب برگ
بلوک	۲	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۷/۴۳ ^{ns}	۶۴/۰۹۳ ^{ns}	۲۱/۰۶ ^{ns}	۷/۴۳ ^{ns}
آبیاری	۱	۳/۸۸**	۴۲۳/۵۰**	۹۵/۰۱**	۱۸۶۱/۷۳**	۵۱۸۹۷/۴۹**	۳۶/۱۲ ^{ns}	۱۸۶۱/۶۴**
اشتباه اصلی	۲	۰/۰۰۲	۰/۴۸	۰/۰۳	۳۳/۳۲	۲۵۶/۹۴	۷/۳۱	۳۳/۳۲
هیبرید	۱۵	۰/۲۸۵**	۵۶/۲۵**	۲/۰۷**	۷۶/۹۶**	۳۲۴۳/۱۱*	۱۴۹/۶۵**	۷۶/۹۶**
هیبرید × آبیاری	۱۵	۰/۰۱۰ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۴۱ ^{ns}	۹/۱۸ ^{ns}	۳۴۹/۱ ^{ns}	۱۳/۴۲ ^{ns}	۹/۱۸ ^{ns}
اشتباه فرعی	۶۰	۰/۰۴۵	۶/۰۹	۰/۷۳	۲۰/۱۳	۱۵۸۱/۲۰	۱۹/۰۷	۲۰/۱۳
ضریب تغییرات (%)		۱۹/۱۶	۱۹/۱۶	۱۵/۲۱	۱۴/۲۹	۱۹/۹۹	۱۰/۸۷	۱۵/۲۲

ns, * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

مقایسات میانگین صفات در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که تنش کم آبی، بیشترین تاثیر منفی را روی صفات تعداد گل آذین و وزن خشک بلال به ترتیب با ۲۲/۵۳ و ۱۶/۳۳ درصد کاهش نسبت به شرایط آبیاری

عادی داشت و در مقابل صفات تعداد ردیف در بلال و عرض دانه به ترتیب با ۷/۱۴ و ۷/۲ درصد کاهش نسبت به شرایط عادی آبیاری کمترین تاثیرپذیری معنی دار را از تنش کم آبی داشتند (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین صفات و درصد کاهش آنها در شرایط تنش کمبود آب در مقایسه با شرایط عادی

شرایط آبیاری	ارتفاع بوته (cm)	طول گل آذین (cm)	قطرساقه (cm)	فاصله میان گره (cm)	تعداد برگ در بوته	تعداد گل آذین	تعداد برگ بر بلال	وزن خشک بوته (g)
شاهد	۱۹۶/۹۲۴	۳۹/۲۶۹	۱/۸۹۵	۱۵/۰۲۷	۱۴/۴۱۷	۱۸/۶۴۲	۱۱/۱۸۱	۲۴۰/۲۶۸
تنش	۱۷۴/۷۶۷	۳۶/۱۱۶	۱/۷۱۶	۱۳/۱۹۷	۱۲/۴۲۷	۱۴/۴۴۱	۹/۶۶۷	۲۱۳/۵۸
درصد تغییرات	-۱۱/۲۵	-۸/۰۵	-۸/۹۹	-۱۲/۱۷	-۱۳/۸۰	-۲۲/۵۳	-۱۳/۵۱	-۱۱/۱۱

ادامه جدول ۲-

شرایط آبیاری	قطر بلال (cm)	طول بلال (cm)	قطر چوب بلال (cm)	وزن خشک بلال (g)	تعداد ردیف در بلال	عمق دانه (cm)	عرض دانه (cm)	وزن ۳۰۰ دانه (g)
شاهد	۴/۷	۱۹/۱۷۱	۲/۷۹۲	۱۲۱/۲۸۵	۱۵/۵۳۲	۰/۹۲	۰/۸۴۳	۷۳/۸۹۹
تنش	۴/۲۲۲	۱۷/۰۱۸	۲/۳۸۹	۱۰۱/۴۷۲	۱۴/۵۲۹	۰/۷۸۷	۰/۷۷۸	۶۸/۴۱۵
درصد تغییرات	-۱۰/۲۱	-۱۳/۳۴	-۱۴/۳۳	-۱۶/۳۳	-۷/۲	-۱۴/۱۳	-۷/۱۴	-۷/۴۱

ادامه جدول ۲-

شرایط آبیاری	عملکرد دانه در واحد بوته (g)	عملکرد بیولوژیک (g)	محتوای نسبی آب برگ (%)
شاهد	۱۴۸/۵۴۷	۳۶۱/۵۵۴	۷۶/۰۲۴
تنش	۱۲۵/۰۰۷	۳۱۵/۰۵۲	۶۷/۲۱۷
درصد تغییرات	-۱۵/۸۵	-۱۲/۸۵	-۱۱/۸۳

با توجه به عدم معنی داری اثر متقابل آبیاری در هیبرید، مقایسه میانگین هیبریدها برای صفات مورد مطالعه در متوسط سطوح آبیاری انجام شد. ارتفاع بوته در شرایط تنش کمبود آب کاهش معنی داری نشان داد و هیبریدهای SC670 (۲۰۲/۹۶) و SC706 (۱۹۸/۱۹) بیشترین و هیبریدهای SC704 (۱۶۹/۵۲) و SC400 (۱۷۱/۲۱) کمترین ارتفاع بوته را داشتند. ارتفاع بوته تحت تاثیر اثر متقابل محیط و عوامل ژنتیکی گیاه می باشد. در شرایط تنش کمبود آب، کاهش توسعه سلول به واسطه

کاهش در آماس سلول منجر به کاهش ارتفاع گیاه ذرت می گردد. همچنین در شرایط تنش کمبود آب به دلیل کاهش میزان انتقال سیتوکینین از ریشه به بخش هوایی و یا افزایش میزان اسید آبسزیک در برگ از قابلیت انعطاف پذیری دیواره سلول کاسته شده و رشد گیاه کاهش می یابد (پاودل ۲۰۲۳). در میان هیبریدهای ذرت، هیبرید SC703 بیشترین و هیبرید SC702 کمترین طول گل تاجی را داشتند.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات در هیبرید های ذرت و رتبه بندی هیبریدها

نام هیبرید	ارتفاع بوته (cm)	طول گل آذین (cm)	قطرساقه (cm)	تعداد برگ در بوته	مساحت برگ پرچم	تعداد برگ بلال
رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه
SC700	۱۹۷/۶۶abc	۴	۳۶/۶۶abc	۲	۱۳/۸۶abc	۳
SC704	۱۶۹/۵۲c	۱	۳۶/۶۵abc	۲	۱۲/۲۵cd	۱/۵
KSC705	۱۸۲/۶۵abcde	۳	۳۶/۶۳abc	۲	۱۳/۶۹abc	۳
SC706	۱۹۸/۱۹ab	۴/۵	۳۹/۳۵ab	۲/۵	۱۳/۳۱bcd	۲
SC702	۱۷۸/۷۳bcde	۲/۵	۳۱/۶۲c	۱	۱۲/۲۲cd	۱/۵
SC670	۲۰۲/۹۶a	۵	۴۰/۱۴ab	۲/۵	۱۳/۲۹bc	۲/۵
SC647	۱۷۸/۹۸bcde	۲/۵	۳۷/۹۸abc	۲	۱۳/۴۲bc	۲/۵
SC604	۱۷۴/۳۹cde	۲	۳۸/۰۸abc	۲	۱۳/۰۸cd	۱/۵
K166×K18	۱۸۸/۹۴abcde	۳	۳۷/۹۶abc	۲	۱۳/۰۰cd	۱/۵
DC370	۱۷۸/۴۷bcde	۲/۵	۳۵/۹۵bc	۱/۵	۱۴/۴۲ab	۳/۵
SC500	۱۹۷/۳۵abc	۴	۳۳/۸۸bc	۱/۵	۱۳/۲۰cd	۱/۵
K3647×K18	۱۹۴/۱۷abcd	۳	۳۸/۶۸ab	۲/۵	۱۳/۶۷abc	۲/۵
SC400	۱۷۱/۲۱de	۱/۵	۳۷/۴۵abc	۲	۱۲/۱۹d	۱
SC703	۱۹۰/۹۲abcde	۳	۴۳/۲۲a	۳	۱۳/۳۹bc	۲/۵
SC260	۱۹۵/۲۷abc	۴	۳۹/۲۹ab	۲/۵	۱۴/۷۲a	۲
AR66	۱۷۴/۲۳cde	۲	۳۹/۵۴ ab	۲/۵	۱۲/۹۵cd	۱/۵

ادامه جدول ۳-

نام هیبرید	وزن خشک بوته (g)	طول بلال (cm)	وزن خشک بلال (g)	تعداد دانه در ردیف	عرض دانه (cm)	وزن ۳۰۰ دانه (g)
رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه
SC700	۲۴۰/۳۰abc	۲	۱۹/۳۰ab	۲/۵	۴۵/۶۷a	۴/۵
SC704	۲۱۴/۴۷bc	۱/۵	۱۷/۴۳abc	۲	۳۶/۹۱cde	۲
KSC705	۲۱۵/۸۳bc	۱/۵	۱۷/۳۸abc	۲	۳۹/۹۷bcd	۱/۵
SC706	۲۳۴/۲۴abc	۲	۱۸/۳۹abc	۲	۳۹/۳۴bcd	۲
SC702	۲۲۰/۰۶abc	۲	۱۵/۸۲c	۱	۳۳/۱۷c	۲/۵
SC670	۲۵۶/۴۹a	۳	۱۸/۶۸abc	۲	۳۹/۸۲bcd	۴
SC647	۲۲۱/۴۶abc	۲	۱۸/۲۰abc	۲	۴۲/۸۰ab	۲
SC604	۲۴۰/۹۲ab	۲/۵	۱۸/۱۱abc	۲	۳۹/۹۵bcd	۱/۵
K166×K18	۲۲۹/۴۳abc	۲	۱۹/۳۴ab	۲/۵	۴۱/۱۸abc	۲/۵
DC370	۲۳۲/۰۹abc	۲	۱۶/۳۵bc	۱/۵	۳۸/۹۲bcd	۳/۵
SC500	۲۱۶/۱۱bc	۱/۵	۱۷/۰۸abc	۲	۳۴/۹۱de	۳
K3647×K18	۲۴۱/۴۲ab	۲/۵	۱۹/۶۱ab	۲/۵	۴۱/۰۷abc	۵
SC400	۲۱۰/۶۰bc	۱/۵	۱۶/۹۵abc	۲	۳۷/۸۱bcde	۲/۵
SC703	۲۳۰/۹۷abc	۲	۱۹/۷۲a	۳	۴۰/۸۹abc	۴
SC260	۲۲۴/۸۹abc	۲	۱۹/۰۵abc	۲	۴۲/۹۴ab	۴/۵
AR66	۲۰۱/۵۱c	۱	۱۸/۱۲abc	۲	۳۲/۶۹c	۱

ادامه جدول ۳-

نام هیبرید	عملکرد دانه در واحد بوته (g)	عملکرد بیولوژیک (g)	شاخص برداشت	محتوای نسبی آب برگ (%)	مجموع رتبه‌ها
رتبه	میانگین	رتبه	میانگین	رتبه	میانگین
SC700	۱۶۵/۵۵b	۶	۱۹/۳۰-ab	۲/۵	۱۲۷/۱۶ab
SC704	۱۲۲/۴۴ef	۲/۵	۱۷/۴۳abc	۲	۱۰۳/۴۱cde
KSC705	۱۳۳/۰۰de	۳/۵	۱۷/۳۸abc	۲	۹۷/۵۱de
SC706	۱۲۸/۷۹e	۳	۱۸/۳۹abc	۲	۱۰۲/۶۱cde
SC702	۱۱۰/۹۶f	۲	۱۵/۸۲c	۱	۱۰۷/۲۹bcde
SC670	۱۵۰/۸۶c	۵	۱۸/۶۸abc	۲	۱۲۱/۱۴abc
SC647	۱۲۰/۰۸ef	۲/۵	۱۸/۲۰abc	۲	۱۰۴/۰۶cde
SC604	۱۲۸/۴۸e	۳	۱۸/۱۱abc	۲	۹۶/۸۷de
K166×K18	۱۴۲/۷۱cd	۴/۵	۱۹/۳۴ab	۲/۵	۱۰۹/۲۷bcde
DC370	۱۴۶/۲۳cd	۴/۵	۱۶/۳۵bc	۱/۵	۱۱۷/۱۵abcd
SC500	۱۱۲/۴۸f	۲	۱۷/۰۸abc	۲	۱۱۴/۹۰abcde
K3647×K18	۱۶۳/۹۴b	۶	۱۹/۶۱ab	۲/۵	۱۳۳/۱۸a
SC400	۱۱۹/۴۱ef	۲/۵	۱۶/۹۵abc	۲	۱۰۶/۵۰bcde
SC703	۱۸۲/۰۶a	۷	۱۹/۷۲a	۳	۱۲۵/۷۲abc
SC260	۱۶۴/۹۲b	۶	۱۹/۰۵abc	۲	۱۲۳/۳۴abc
AR66	۹۵/۵۳g	۱	۱۸/۱۲abc	۲	۹۱/۹۸e

شرایط تنش خشکی اشاره شده است (آماوات و بهل ۱۹۹۵). از طرف دیگر، بعضی مطالعات سطح برگ پرچم بزرگتر را معادل با سطح فتوسنتز کننده بیشتر دانسته‌اند (پکتی و همکاران ۱۹۹۳). هیبرید SC260 بیشترین و هیبریدهای SC500 و AR66 کمترین تعداد برگ در بلال را داشتند. نتایج مقایسه هیبریدهای ذرت از نظر وزن خشک بوته نشان داد که هیبرید SC670 دارای حداکثر و هیبرید AR66 دارای حداقل مقدار این صفت بود. اوسبورن و همکاران (۲۰۰۲) بیان داشتند که علت بالا بودن ماده خشک در شرایط آبیاری مطلوب، گسترش بیشتر و تداوم سطح برگ می‌باشد که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هر چه بیشتر نور دریافتی و تولید ماده خشک می‌گردد. هیبرید SC703 بیشترین و هیبرید SC702 کمترین مقدار طول بلال را از دارا بودند. از نظر صفت وزن خشک بلال و صفت وزن ۳۰۰ دانه، هیبرید K3647×K18 بیشترین و هیبرید AR66 کمترین میانگین را داشتند. احمدی و همکاران (۱۳۷۹) اعلام کرده‌اند که عامل اصلی کاهش طول بلال در تیمار کمبود آب، عدم وقوع حداکثر پتانسیل رشدی بلال‌ها در نتیجه تاخیر در مرحله رشد بلال و کاهش مواد

هیبرید SC703 دارای بیشترین و هیبرید KSC705 دارای کمترین قطر ساقه بودند. بیشترین و کمترین تعداد برگ به ترتیب متعلق به هیبریدهای SC260 و SC400 بود. مساحت برگ پرچم در ذرت در شرایط تنش کمبود آب نسبت به شرایط شاهد کاهش پیدا کرد. بیشترین مقدار مساحت برگ پرچم در هیبرید K3647×K18 و کمترین مقدار برای هیبرید SC702 مشاهده شد. تنش کم‌آبی در طول دوره گلدهی، گرده‌افشانی، تلقیح و رشد دانه، تاثیر بسیاری در پتانسیل تولید محصول غلات و کاهش عملکرد دانه نسبت به سایر مراحل رشد دارد (دریانتو ۲۰۱۷). این کاهش عملکرد در شرایط تحت تنش، در نتیجه تنش اسمزی ناشی از جذب آب و مواد غذایی، عدم تعادل هورمونی، فعال شدن سیستم اکسیداتیو و اختلال در فرایندهای مختلف بیوشیمیایی گیاهی از جمله کاهش در جذب کربن از طریق فتوسنتز می‌باشد (چوق و همکاران ۲۰۱۱).

در ارتباط با سطح برگ پرچم و تاثیر آن بر عملکرد دانه گزارش‌های متفاوتی وجود دارد، اما در برخی از گزارش‌ها به رابطه سطح برگ پرچم کمتر با عملکرد بیشتر به لحاظ توانایی لوله کردن سریع‌تر در

بالا تر و شاید عملکرد بالاتر شود، ولی اگر گلدهی زودتر نیز باعث کاهش رشد قبل از گرده افشانی شود، با وجود شاخص برداشت بالا، عملکرد افزایش پیدا نخواهد کرد. از نظر صفت محتوای آب نسبی برگ، هیبرید SC500 بیشترین مقدار و هیبرید SC704 کمترین مقدار محتوای نسبی آب برگ را در متوسط شرایط آبیاری داشتند. محتوای آب نسبی برگ، معرف بسیار خوبی از وضعیت آبی گیاه است که به عنوان یک شاخص جهت تحمل به خشکی پیشنهاد شده است (گوبیس و همکاران ۲۰۰۷) کاهش محتوای آب نسبی برگ را در اثر تنش کم آبی گزارش نمودند.

بر اساس نتایج حاصل از رتبه بندی هیبرید ها به روش آروناچالام و باندیپادی، هیبریدهای SC700، K3647×K18 و SC703 دارای بیشترین رتبه بوده و از نظر جمیع صفات مورد مطالعه ارزش بالاتری داشتند و به عنوان هیبریدهای برتر معرفی شدند. در مقابل هیبریدهای SC704 و AR66 کمترین رتبه را از نظر مجموع صفات داشتند و به عنوان ارقام ضعیف از نظر صفات مورد بررسی شناسایی شدند.

تجزیه خوشه ای

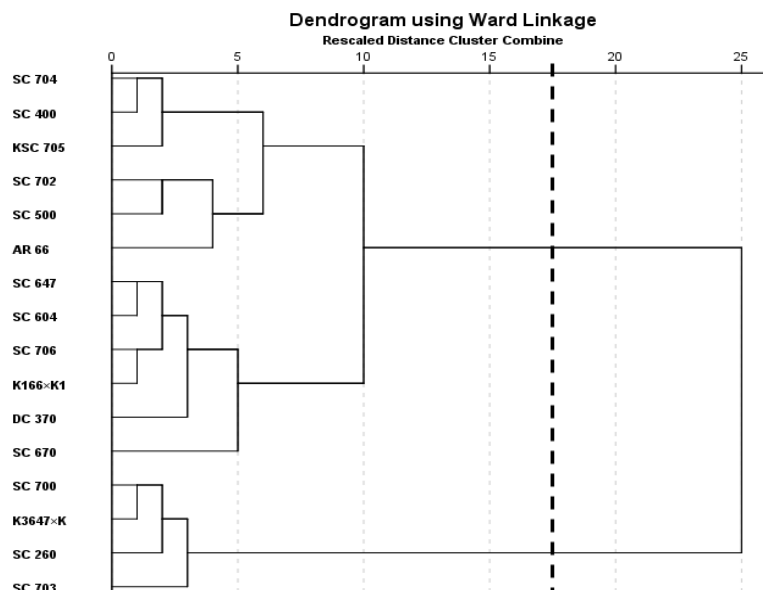
دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای، هیبریدهای مورد مطالعه را به دو گروه اصلی گروه بندی کرد (شکل ۱) و تجزیه تابع تشخیص نیز این گروه بندی را تایید کرد (جدول ۴). گروه اول شامل هیبریدهای SC700، SC703، SC260، K3647×K18 بود که در مجموع بر اساس صفات مورد ارزیابی به عنوان هیبرید-های متحمل و برتر بودند و این گروه از نظر اکثر صفات میانگین بالاتری نسبت به میانگین کل صفت داشتند (جدول ۵). گروه دوم دربرگیرنده هیبریدهای SC704، KSC705، SC706، SC702، SC670، SC647، SC604، SC400، SC500، DC370، K166×K18 و AR66 میباشد که از نظر اکثر صفات مورد بررسی ارزش و میانگین کمتری نسبت به میانگین کل صفات داشتند و به عنوان هیبریدهای ضعیف و حساس به تنش کمبود آب معرفی شدند (جدول ۵).

پرورده جهت رشد بلال می باشد. هیبرید SC703 بیشترین و هیبریدهای SC400، SC704 و SC705 کمترین مقدار عرض دانه را داشتند.

هیبریدهای ذرت تفاوت معنی داری را از نظر عملکرد دانه نشان دادند. به طوری که هیبرید SC703 بیشترین میزان عملکرد دانه و هیبرید AR66 کمترین عملکرد دانه در واحد بوته را داشتند. پینه پرو و چاوز (۲۰۱۱) بیان نمودند که بررسی اثرات تنش کمبود آب بر عملکرد دانه، به عنوان محصول نهایی رشد و نمو، می تواند بیانگر عکس العمل کلی گیاه به تنش کمبود آب باشد. کاهش عملکرد در مرحله زایشی به واسطه کاهش دوره پرشدن دانه ها، کوچک شدن دانه ها و کاهش وزن دانه ها می باشد. کاهش عملکرد در تیمار تنش شدید را می توان به علت کاهش تعداد دانه و وزن ۳۰۰ دانه دانست. دلیل کاهش تعداد و اندازه دانه ممکن است به علت کاهش تعداد سلول های آندوسپرمی تولید شده در مرحله پرشدن دانه باشد و بیشترین اثر تنش رطوبتی روی وزن ۳۰۰ دانه در مدت پرشدن دانه می باشد و تنش هایی که بعد از کاکل دهی به وقوع می پیوندند باعث کوچک شدن دانه ها می شود.

هیبریدهای SC670 و K3647×K18 بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک و هیبرید AR66 کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند. هیبرید SC703 از نظر شاخص برداشت بیشترین مقدار و هیبرید AR66 کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند.

تقریباً در تمام گیاهان زراعی بازده استفاده از آب بیشتر برای دانه، مربوط به بهبود بیوماس نیست، بلکه به طور کامل مربوط به بهبود شاخص برداشت است. در مقایسه واریته های جدید و قدیم اغلب گیاهان زراعی ماند گندم و ذرت شاخص برداشت مسئول افزایش عملکرد بوده است (ریچارد و همکاران ۱۹۹۳). شاخص برداشت در شرایط کمبود آب اغلب تابع نسبت آب استفاده شده پس از گرده افشانی است که هر چه بیشتر باشد شاخص برداشت نیز بیشتر است. در محیط هایی که دما بعد از گرده افشانی افزایش می یابد، گلدهی زودتر موجب بالا رفتن کارایی مصرف آب و در نتیجه شاخص برداشت



شکل ۱- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای هیبریدهای مورد مطالعه ذرت بر اساس تمامی صفات مورد مطالعه به روش Ward

جدول ۴- تجزیه تابع تشخیص برای تایید محل برش دندروگرام و گروه بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای

تعداد گروه	Wilks' Lambda	سطح معنی داری
۲	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۱
۳	۰/۱۰۴ ^{ns}	۰/۱۹۸

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۵- میانگین و درصد انحراف از میانگین کل هر گروه از هیبریدهای ذرت حاصل از تجزیه خوشه‌ای در متوسط سطوح تنش کمبود آب

گروه ها	ارتفاع بوته	طول گل آذین	قطر ساقه	فاصله میان گره	تعداد برگ در بوته	تعداد گل آذین	میزان کلروفیل	مساحت برگ پرچم	تعداد برگ بلال	وزن خشک بوته	قطر بلال	طول بلال
گروه یک: SC703, SC260 K3647×K18, SC 700	۴/۶۶	۴/۶۹	۶/۰۷	۳/۹۷	۳/۶۵۱	۱۷/۲۹	۱/۵۴	۱۷/۴۷	۹/۱۱۷	۳/۲۹۶	۹/۷۷	۷/۲۹۳
گروه دو: SC704, KSC705, SC706, SC702, SC670, SC647, SC604, K166×K18, DC370, SC500, SC400, AR66	۱۸/۹۶	۳۷/۱	۱/۷۷	۱۳/۹۳	۱۳/۲۶	۱۵/۵۹	۳۹/۹۳	۱۷/۷۲	۱۰/۱	۲۲/۴۳	۴/۲۵	۱۷/۶۵
میانگین	۱۹/۵۱	۳۹/۴۶	۱/۹۲	۱۴/۶۷	۱۳/۹۱	۱۹/۴	۴۰/۷۵	۲۴/۱۹	۱۱/۳	۲۳۴/۴	۴/۸۳	۱۹/۴۲
درصد انحراف از میانگین	۴/۶۶	۴/۶۹	۶/۰۷	۳/۹۷	۳/۶۵۱	۱۷/۲۹	۱/۵۴	۱۷/۴۷	۹/۱۱۷	۳/۲۹۶	۹/۷۷	۷/۲۹۳
میانگین	۱۸/۸۵	۳۷/۶۹	۱/۸۱	۱۴/۱۱	۱۳/۴۲	۱۶/۵۴	۴۰/۱۳	۱۹/۸۴	۱۰/۴	۲۲/۹۲	۴/۴	۱۸/۱
درصد انحراف از میانگین	۱۸/۸۵	۳۷/۶۹	۱/۸۱	۱۴/۱۱	۱۳/۴۲	۱۶/۵۴	۴۰/۱۳	۱۹/۸۴	۱۰/۴	۲۲/۹۲	۴/۴	۱۸/۱

ادامه جدول ۵-

گروه ها	میانگین	۲/۷۵	۱۲/۳۵	۱۵/۶۸	۴۲/۶۴	۰/۹	۰/۸۶	۷۷/۸۹	وزن ۳۰۰ دانه	عرض دانه	عمق دانه	تعداد دانه در ریپف	تعداد ریپف در بلال	وزن خشک بلال	قشر چوب بلال
گروه یک : SC703, SC260 K3647×K18, SC 700	میانگین	۲/۷۵	۱۲/۳۵	۱۵/۶۸	۴۲/۶۴	۰/۹	۰/۸۶	۷۷/۸۹	۱۶/۱۲	۳۶/۷۴	۴۶/۸۴	۷۳/۷۲	محتوای آب نسبی برگ	شاخص برداشت	
	درصد انحراف از میانگین	۶/۱۷۸	۱/۳۳۸	۴/۳۲۵	۸/۶۳۷	۵/۸۸۲	۶/۱۷۳	۹/۴۵۸	۲/۶۴۴	۶/۹۲۹	۱/۸۲۶	۲/۹۱۸			
گروه دو : SC704, KSC705, SC706, SC702, SC670, SC647, SC604, K166×K18, DC370, SC500, SC400, AR66	میانگین	۲/۵۴	۱۰/۰۶	۱۴/۸۲	۳۸/۱۲	۰/۸۴	۰/۸	۶۸/۹۱	۱۲۶	۳۳/۴۹	۳۸/۳۱	۷۰/۹۴	محتوای آب نسبی برگ	شاخص برداشت	
	درصد انحراف از میانگین	۱/۹۳	۴/۷۷	۱/۳۹	۲/۸۷	۱/۱۷	۱/۲۳	۳/۱۶	۷/۸۸	۲/۳۰	۵/۲۶	۰/۹۶			
میانگین کل		۲/۵۹	۱۱/۳۸	۱۵/۰۳	۳۹/۲۵	۰/۸۵	۰/۸۱	۷۱/۱۶	۱۳/۷۸	۳۳۸/۳	۴۰/۴۴	۷۱/۶۳	محتوای آب نسبی برگ	شاخص برداشت	

می‌شود ولی گزینش بر اساس میانگین عملکرد سبب انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا می‌گردد.

GGE بای پلات ابزاری است که برای تجزیه‌های ژنتیک کمی و اصلاح نباتات بکار می‌رود که علاوه بر تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ محیط، در تجزیه داده‌های ژنوتیپ در صفت و ژنوتیپ در نشانگر نیز استفاده می‌شود (یان و کانگ ۲۰۰۳). مطابق جدول تجزیه واریانس هیبریدهای مورد بررسی از نظر عملکرد دارای اختلافات معنی‌داری می‌باشند و این اختلاف نشان‌دهنده پتانسیل ژنتیکی متفاوت هیبریدهای مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه می‌باشد. تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با استفاده از روش GGE بای پلات برای ۱۶ هیبرید ذرت تحت دو شرایط مختلف آبیاری انجام شد (شکل ۲).

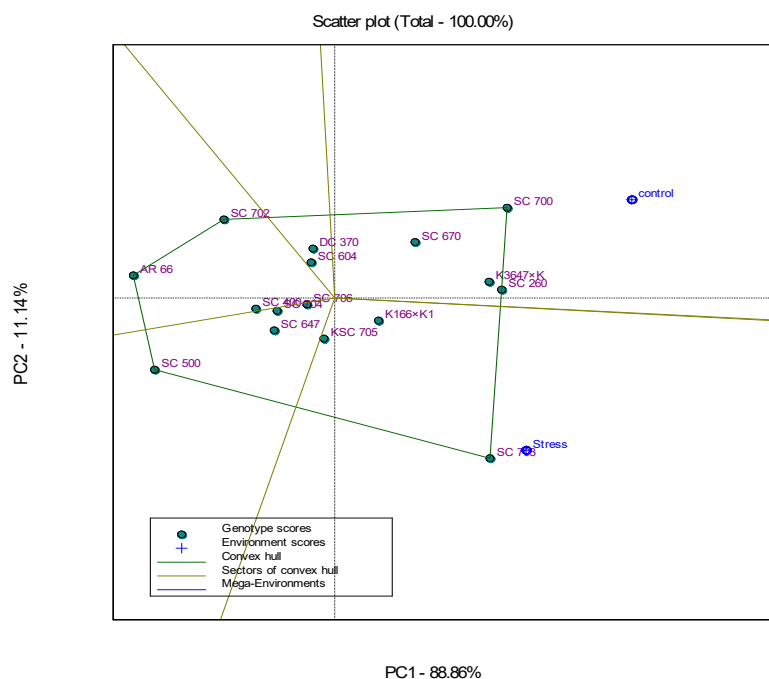
بر اساس بای پلات حاصل، ژنوتیپ‌هایی که دورترین فاصله را از مبدا بای پلات دارند توسط خطوطی به هم متصل می‌شوند و یک چند ضلعی ایجاد می‌شود که ژنوتیپ‌های دیگر داخل این چند ضلعی قرار می‌گیرند، ژنوتیپ‌هایی که بیشترین فاصله را از مبدا بای پلات دارند و در راس چند ضلعی قرار دارند بهترین یا بدترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد یا همه شرایط محیطی مورد مطالعه هستند. هیبرید SC703 در شرایط تنش کمبود آب و هیبرید SC700 در شرایط آبیاری عادی به عنوان هیبریدهای برتر از نظر عملکرد دانه شناسایی شدند. در

برای ارزیابی بهتر هیبریدهای ذرت تحت شرایط تنش و شناسایی هیبریدهای متحمل و حساس به تنش، مقادیر برخی از شاخص‌های تحمل به تنش، از نظر صفت عملکرد دانه محاسبه شده و در جدول ۶ درج شده است. از نظر شاخص TOL در شرایط تنش هیبریدهای SC500, KSC705 متحمل‌ترین و هیبریدهای DC370 و K3647×K18 به عنوان حساس‌ترین هیبریدها شناخته شدند. بر اساس شاخص SSI در شرایط تنش کمبود آب، هیبرید SC500 متحمل‌ترین و هیبریدهای SC702 و DC370 حساس‌ترین هیبریدها شناسایی شدند. بر اساس شاخص‌های MP و GMP تحت شرایط تنش کمبود آب SC703, SC700 و SC260 بیشترین و هیبریدهای AR66 و SC702 کمترین میزان تحمل را از خود نشان دادند. بر اساس شاخص STI نیز SC703, SC700 و SC670 به عنوان متحمل‌ترین و هیبریدهای SC500, SC400 و DC370 به عنوان حساس‌ترین هیبریدها شناسایی شد. در مجموع از نظر اکثر شاخص‌ها هیبریدهای SC703 و SC700 به عنوان ارقام متحمل به تنش معرفی شدند. فرناندر (۱۹۹۲) در ارزیابی مقایسه شاخص‌های تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های حساس اظهار داشته است که گزینش بر اساس تحمل به کمبود آب سبب هدایت برنامه اصلاحی به سمت انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پائین

مقابل هیبریدهای AR66 و SC500 به عنوان هیبریدهای بالایی با تایج حاصل از محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش دارد. با عملکرد پایین شدند نتایج این تجزیه همبستگی

جدول ۶ - شاخص‌های تحمل به خشکی از نظر صفت عملکرد دانه در هیبریدهای ذرت

نام هیبرید	TOL	MP	GMP	SSI	STI
SC700	۳۶/۰۶	۱۶۵/۵۵	۱۶۴/۵۶	۱/۲۴	۱/۲۳
SC 704	۱۳/۴۵	۱۲۳/۴۴	۱۲۳/۲۵	۰/۶۵	۰/۶۹
KSC705	۱۰/۰۶	۱۳۳	۱۳۲/۹۱	۰/۷۵	۰/۸
SC706	۱۷/۴۲	۱۲۸/۷۹	۱۲۸/۵	۰/۸	۰/۷۵
SC702	۳۲/۷۳	۱۱۰/۹۶	۱۰۹/۷۴	۱/۶۲	۰/۶۹
SC670	۲۸/۹۳	۱۵۰/۸۶	۱۵۰/۱۷	۱/۱	۱/۰۲
SC647	۱۴/۹	۱۲۰/۰۸	۱۱۹/۸۵	۰/۷۴	۰/۶۵
SC604	۲۸/۷۶	۱۲۸/۴۷	۱۲۷/۶۷	۱/۲۷	۰/۷۴
K166×K1	۱۹/۱۴	۱۴۲/۷۱	۱۴۲/۳۹	۰/۷۹	۰/۹۲
DC370	۴۲/۷۶	۱۴۶/۲۳	۱۴۴/۶۵	۱/۶۱	۰/۶۵
SC500	۸/۹۵	۱۱۲/۴۸	۱۱۲/۳۹	۰/۴۸	۰/۵۷
K3647×K	۴۱/۳۱	۱۶۳/۹۴	۱۶۲/۶۳	۱/۰۱	۰/۸۶
SC400	۱۲/۲۸	۱۱۹/۴۱	۱۱۹/۲۵	۰/۶۲	۰/۶۴
SC703	۲۱/۸	۱۸۲/۰۶	۱۸۱/۷۳	۰/۶۱	۱/۵
SC260	۳۷/۱۲	۱۶۴/۹۲	۱۶۳/۸۷	۱/۲۸	۰/۶۲
AR66	۱۶/۹۸	۹۵/۵۳	۹۵/۳۸	۰/۶۹	۰/۸۲



شکل ۲- بای پلات حاصل از تجزیه GGE در دو شرایط آبیاری عادی و تنش کمبود آب از نظر صفت عملکرد دانه

نتیجه‌گیری کلی

تنش اعمال شده باعث کاهش معنی دار بسیاری از صفات زراعی شد و هیبریدهای ذرت مورد ارزیابی، از نظر بیشتر صفات مورد مطالعه اختلافات معنی‌داری داشتند هیبریدهای SC700، K3647×K18، SC703 و SC260 از نظر جمیع صفات مورد مطالعه ارزش بالاتری داشتند و به عنوان هیبریدهای برتر شناخته شدند. در مقابل هیبریدهای SC704 و AR66 از نظر مجموع صفات ارزش پایینتری داشتند و به عنوان ارقام ضعیف شناسایی شدند. هیبرید SC703 بیشترین میزان عملکرد دانه را در مجموع شرایط داشت در حالیکه هیبریدهای SC702 و SC500، AR66 کمترین عملکرد دانه را در متوسط سطوح آبیاری از خود نشان دادند. بر اساس همه ارزیابی‌ها و تجزیه‌های مختلف در نهایت هیبریدهای

SC703 و SC700 به عنوان هیبریدهای متحمل به تنش کمبود آب مورد شناسایی قرار گرفتند در مقابل هیبریدهای AR66 و SC500 به عنوان هیبریدهای با عملکرد پایین و حساس به تنش شناسایی شدند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه تبریز بخاطر حمایت مالی این پژوهش مراتب سپاسگزاری به عمل می‌آید. همچنین از مدیریت گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی و مدیریت ساختمان تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی به خاطر در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی و مزرعه، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید. همچنین از سرکار خانم دکتر جمیله سیدزوار به خاطر مساعدتهایشان در اجرای این پژوهش سپاسگزاریم.

منابع مورد استفاده

- Ahmadi G, Zienaly Khaneghan H, Rostamy MA and Choghan R. 2000. The Study of Drought Tolerance Indices and Biplot Method in Eight Corn Hybrids. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 31(3):513-523. (In Persian with English Abstract).
- Ahuja I, de Vos RC, Bones AM and Hall RD. 2010. Plant molecular stress responses face climate change. *Trends in Plant Science*, 15(12): 664-674. DOI: [10.1016/j.tplants.2010.08.002](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.08.002)
- Amawate JS and Behl PN. 1995. Genetic analysis of some quantitative components of yield in bread wheat. *Indian Journal of Genetic Plant Breeding*, 55: 120-125.
- Arunachalam V and Bandyopadhyay A. 1984. A method to make decisions jointly on a number of dependent characters. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 44(3):419-424.
- Bates LS, Waldren RP and Teare ID. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
- Chapman SC and GO Edmeads. 1999. Selection improves drought tolerance in tropical maize population: II. Direct and correlated responses among secondary traits. *Crop Science*, 39: 1315-1324. <https://doi.org/10.2135/cropsci1999.3951315x>
- Chugh V, Kaur N and Gupta AK. 2011. Evaluation of oxidative stress tolerance in maize (*Zea mays* L.) seedlings in response to drought. *Indian Journal of Biochemistry Biophysics*, 48(1):47-53.
- Daryanto S, Wang L and Jacinthe PA. 2017. Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber and root crops production: A review. *Agricultural Water Management*, 179: 18-33. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.022>
- Deribe H. 2024. Review on Effects of Drought Stress on Maize Growth, Yield and Its Management Strategies. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 56(1), 123-143. <https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2404663>
- FAO. 2023. Agriculture Statistics, FAOSTAT, United Nation Organization.

- Fernandez GCJ. 1992. Effective Selection Criteria for Assessing Stress Tolerance. In: Kuo CG. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, AVRDC Publication, Tainan, Pp.257-270.
- Fischer RA and Maurer R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.
- Gubis J, Vankova R, Cervena V, Dragunova, M, Hudcovicova M, Lichtnerova H, Dokupil T and Jurekova Z. 2007. Transformed tobacco plants with increased tolerance to drought. South African Journal of Botany, 73: 505-511. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2007.03.011>
- Ingram J. 2011. A food systems approach to researching food security and its interactions with global environmental change. Food Security, 3(4): 417-431. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0149-9>
- Kajla M, Yadav VK, Khokhar J, Singh S, Chhokar R, Meena RP and Sharma R. 2015. Increase in wheat production through management of abiotic stresses: a review. Journal of Applied and Natural Science, 7(2): 1070-1080.
- Khayatnezhad M, Gholamin R, Jamaati-e-Somarin S and Zabihi-e-Mahmoodabad R. 2010. Investigation and selection drought indexes stress for corn genotypes. American-Eurasian Journal of Agricultural Environmental Sciences, 9: 22-26.
- Mir RR, Zaman-Allah M, Sreenivasulu N, Trethowan R. and Varshney RK. 2012. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. Theoretical and Applied Genetics, 125(4): 625-645. <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1904-9>
- Poudel R. 2023. Effects of drought stress on growth and yield parameters of *Zea mays*—a comprehensive review. Agribusiness Management in Developing Nations, 1(2):67-70. <https://doi.org/10.26480/amdn.02.2023.67.70>
- Oneill PM, Shanahan JF and Schepers JS. 2006. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. Crop Science, 46: 681-687. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.06-0170>
- Osborn SL, Schepper JS, Francis DD and Schlemmer MR. 2002. Use of spectral radiance to estimate in-season biomass and grain yield in nitrogen-and water-stressed corn. Crop Science, 42: 163-171. <https://doi.org/10.2135/cropsci2002.1650>
- Osmanzai M, Rajaram S and Knapp EB. 1987. Breeding for moisture-stressed areas in: Srivasta, J.P., Porceddu, E., Acevedo, E. and Varma, S. (eds.), Drought tolerance in winter cereals. John Wiley and Sons. New York. pp: 151-161.
- Pecetti L, Annicchiarico P and Kashour G. 1993. Flag leaf variation in Mediterranean durum wheat landraces and its relationship to frost and drought tolerance and yield response in moderately favorable conditions, Plant Genetics Research, 93: 25-28.
- Pinheiro C and Chaves M. 2011. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? Journal of Experimental Botany, 62(3): 869-882. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq340>
- Richards R, Lopez A, Castaneda C, Gomez-Macpherson H and Condon AG. 1993. Improving the efficiency of water use by plant breeding and molecular biology. Irrigation Science, 14: 93-104. <https://doi.org/10.1007/BF00208402>
- Rosielle AA and Hamblin J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop science, 21: 943-946. <https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x>
- Yan W and Kang MS. 2003. GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. 1st edition, CRC press, Boca Roton, Florida.
- Yang S, Vanderbeld B, Wan J and Huang Y. 2010. Narrowing down the targets: towards successful genetic engineering of drought-tolerant crops. Molecular Plant, 3(3): 469-490. <https://doi.org/10.1093/mp/ssq016>