Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
Phycological Society of Iran

The effects of drought stress on the yield and some biochemical characteristics of four Maize hybrids in the gorgan climate coditions

Mansour Esmaily[1], Mohammad Reza Dadashi[2], Mohammad Taghi Faizbakhsh[3*], Kami Kabousi[4], Fatemeh Sheikh[5]

[1] Department of Agriculture, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: Esmailymansour57@yahoo.com
[2] Department of Agriculture, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran, Email: Mdadashi370@yahoo.com
[3]Department of Agricultural and Horticultural Research, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, Golestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran, Email: Fayz_54@yahoo.com
[4] Department of Agriculture, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran. Email: kkaboosi@yahoo.com
[5] Department of Agricultural and Horticultural Research, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, Golestan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Gorgan, Iran. Email: shaikhfatemeh@yahoo.com

Article type:
Research article

Article history
Received: 01.08.2022
Revised: 25.09.2022
Accepted: 07.10.2022
Published:20.03.2024

Keywords
Carotenoid
Chlorophyll
Irrigation regime
Seed yield
Soluble sugar
Proline

Abstract

In order to evaluate the effects of drought stress on the yield and some biochemical characteristics of four Maiz hybrids in the Gorgan climate conditions, an experiment was conducted as a split split plot based on a randomized complete block design with three replications during 2022. The main factor was drought stress at four levels (100, 75, 50, and 25% of water use) and the secondary factor was four maize hybrids (SC703, SC704, ZP548, and BK50). The results of analysis of variance showed that the effects of drought stress and hybrid on all traits (chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll (a+b), carotenoid, soluble sugar, proline, number of rows, number of seed in rows, thousand seed weight and grain yield) were significant. On the other hand, the interaction effects of drought stress × hybrid were also significant on all traits except proline and the number of rows. The results of mean comparison showed that the highest amount of proline (9.91 mol/g^{-1}) and soluble sugar (30.2 mg/g^{-1}) were obtained from the 25% water requirement. With an increase in drought stress, the amounts of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll (a+b), and carotenoids decreased. Also, the highest seed yield (8450 kg/ha^{-1}) was observed in hybrid Zp548 from 100% water requirement, but it was in the same statistical group as 75% of water use (7934.3 kg/ ha^{-1}). At other levels of drought treatments, the highest seed yield was obtained from hybrid Zp548. Therefore, treatment of 75% water use and the sowing of ZP548 hybrid in Gorgan region is recommended.

Cite this article as: Esmaily, M., Dadashi, M.R., Faizbakhsh, M.T., Kabousi, K., Sheikh, F. (2023). The effects of drought stress on the yield and some biochemical characteristics of four Maize hybrids in the gorgan climate coditions. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 19(1): 63-76.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی خصوصیات بیوشیمیایی چهار رقم ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط آب و هوایی گرگان

منصور اسمعیلی[۱]، محمدرضا داداشی[۲]، محمدتقی فیض‌بخش[۳*]، کامی کابوسی[٤]، فاطمه شیخ[٥]

[۱] گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: Esmailymansour57@yahoo.com

[۲] گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه:Mdadashi370@yahoo.com

[۳] استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: Fayz_54@yahoo.com

[٤] گروه کشاورزی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران. رایانامه: kkaboosi@yahoo.com

[٥] استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران. رایانامه: shaikhfatemeh@yahoo.com

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۱/۰٥/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۱/۰۷/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۷/۱٥
تاریخ چاپ: ۱٤۰۳/۰۱/۰۱

واژه‌های کلیدی:
پرولین
رژیم آبیاری
قندمحلول
کارتنویید
کلروفیل
عملکرد دانه

چکیده

به منظور ارزیابی اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی خصوصیات بیوشیمیایی ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی گرگان، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در ایستگاه عراقی محله گرگان در سال ۱٤۰۰ انجام شد. عامل اصلی تنش خشکی در چهار سطح (۱۰۰، ۷٥ ، ٥۰ و ۲٥ درصد نیاز آبی) و عامل فرعی چهار هیبرید ذرت (SC703، SC704، ZP548، BK50) بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تنش خشکی و هیبرید بر روی همه صفات مورد بررسی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل (a+b)، کارتنوییدها، قند های محلول، پرولین، تعداد ردیف عرضی، تعداد ردیف طولی، وزن هزار دانه و عملکرد دانه) معنی‌دار بود. از طرفی اثرات متقابل تنش خشکی × هیبرید نیز بر همه صفات به جز پرولین و تعداد ردیف عرضی نیز معنی‌دار بود. با توجه به معنی دار بودن اثرات متقابل، برش دهی اثرات متقابل صورت گرفت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان پرولین و قند های محلول از تیمار ۲٥ درصد نیاز آبی بدست آمد. با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل (a+b) و کارتنویید کاهش یافت. همچنین بیشترین عملکرد دانه (۸٤٥۰ کیلوگرم در هکتار) در هیبرید Zp548 از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد ولی با تیمار ۷٥٪ نیاز آبی (۷۹۳٤/۳ کیلوگرم در هکتار) در یک گروه آمار قراری داشت. در سایر سطوح تیمارهای خشکی نیز بیشترین عملکرد دانه از هیبرید Zp548 به‌دست آمد. بنابراین تیمار ۷٥ درصد نیاز آبی و کشت هیبرید ZP548 در منطقه گرگان توصیه می‌گردد.

استناد: اسماعیلی، منصور؛ داداشی، محمدرضا؛ فیض بخش، محمد تقی؛ کابوسی، کامی؛ شیخ، فاطمه. (۱٤۰۳). اثرات تنش خشکی بر عملکرد و برخی خصوصیات بیوشیمیایی چهار رقم ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط آب و هوایی گرگان. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۹(۱)، ۷٦-٦۳.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی تک‌لپه‌ای و یک‌ساله است (Feyzbakhsh et al., 2015). این گیاه به خانواده گرامینه (Poacea) تعلق دارد و تنها گونه زراعی جنس Zea می‌باشد (Chukan, 2012). تنش خشکی از مهمترین فاکتورهای محدودکننده رشد و تولید گیاهان محسوب می‌شود و منجر به کاهش بیش از ۵۰ درصدی در میانگین تولید اکثر محصولات در سرتاسر جهان می‌باشد (Lata et al., 2011).

تحمل خشکی یعنی توانایی گیاه در درک کمبود آب و آغاز راهبردهای مقابله‌ای در برابر آن (Liu and Qin, 2021) که یکی از این راهبردها در ذرت لوله ای شدن برگ‌ها و تغییر رنگ برگ‌ها از سبز به سبز خاکستری می‌باشد (Shirinpour et al., 2021). افزایش ترکیبات آنتی اکسیدانی یکی از مهمترین سازوکارهای دفاعی گیاهان در برابر تنش‌ها می‌باشد (Shargi and Khalilvand Behrouzyar, 2019). در حین کمبود آب، حفظ پتانسیل آب گیاه برای ادامه رشد ضروری است و می‌تواند از طریق مکانیسم‌های تنظیم اسمزی ناشی از تجمع محلول‌های سازگار نظیر پرولین و هیدرات‌های کربن در سیتوپلاسم به دست آید (Ajithkumarand and Panneerselvam, 2013).

کم‌آبیاری باعث افزایش میزان پرولین می‌گردد و با شدت‌گرفتن تنش به مقدار آن افزوده می‌شود؛ به‌طوری‌که در شرایط تنش کمبود آب گیاه به‌منظور جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات تنظیم‌کنندهٔ اسمزی ازجمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد (Boush et al., 2022). تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش به واسطه ساخت پرولین و غیرفعال شدن تخریب آن می‌باشد و در این تحقیق بالاترین میزان پرولین در تیمار کم‌آبیاری ٤٠ درصد به‌دست آمد (Barzgar et al., 2022). محتوای کلروفیل یکی از فاکتورهای مهم و مؤثر بر قابلیت فتوسنتزی است. کاهش یا عدم تغییر در محتوای کلروفیل گیاه تحت شرایط تنش خشکی در گونه‌های مختلف گیاهی مشاهده شده است و شدت این کاهش بستگی به میزان تنش و مدت آن دارد (Jagtap et al., 1998; Rensburg and Kruger, 1994). مقدار کلروفیل و رنگدانه‌های فتوسنتزی از مهم‌ترین عوامل موثر در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستند. زیرا بطور مستقیم بر سرعت و میزان فتوسنتز و درنهایت تولید زیست توده موثر هستند (Zlatev and Lidon, 2012).

نقوی و همکاران (Naghavi et al, 2015) بیان نمودند که در اثر تنش خشکی میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی کاهش می‌یابد از دلایل کاهش مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تنش خشکی را می‌توان عموماً به تخریب ساختمان کلروپلاست و دستگاه فتوسنتزی، فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها، واکنش آنها با اکسیژن یکتایی و اختلالات هورمونی نسبت داد. در تحقیقی نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت و غلظت کلروفیل برگ نسبت به شرایط بدون تنش شد. ولی تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار میزان گلایسین بتائین، پرولین، قندهای محلول و پلی فنول کل و فعالیت کاتالاز درهیبریدهای ذرت مورد مطالعه گردید. همچنین سینگل کراس 704 در بین هیبریدهای ذرت مورد مطالعه طی دو سال زراعی دارای بیشترین عملکرد دانه، مقدار گلایسین بتائین وپرولین بود. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، چنین به نظر می‌رسد که می‌توان از غلظت کلروفیل، پرولین و قندهای محلول برای بررسی نحوه پاسخ هیبریدهای ذرت به تنش خشکی و شناسایی ارقام متحمل استفاده کرد (Yousefi et al., 2018).

همچنین کاهش عملکرد دانه در پژوهش عامریان و همکاران (Amerian et al., 2021) در سطوح

کم‌آبیاری ۷۵ و ۵۵ درصد نسبت به ۱۰۰ درصد آبیاری (۱٤۸۰۵ کیلوگرم در هکتار) معنی‌دار بود. آقایی و همکاران (Aghaei et al., 2021) در تحقیقی بیان داشتند که با افزایش شدت تنش خشکی اجزاء عملکرد ذرت کاهش می‌یابد. در این پژوهش تعداد ردیف در بلال از ۱٤/۱۱ ردیف در ۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر تا ۱۱/۱ ردیف در ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کاهش یافت و وزن هزار دانه نیز از ۲٤۱/٦ گرم به ۱۸۸ گرم کاهش پیدا کرد. عرفان احمد و همکاران (Irfan ahmad et al., 2020) بیان داشتند که ذرت تحت تنش خشکی در مقایسه با گیاه ذرت با تیمار آبیاری کامل کاهش بسیار زیادی در تولید دانه داشته، علاوه بر این، عملکرد دانه در شرایط دیم در سال ۲۰۱۷ حدود ۲۳,٦ درصد و در سال ۲۰۱۸، ۲٦,۱ درصد نسبت به عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل کاهش یافت.

واسایا و همکاران (Wasaya et al., 2021) در آزمایشی که بر روی دو رقم ذرت، سه شرایط آبیاری و دوزهای مختلف پتاسیم در اسلام آباد پاکستان انجام داد بیان نمودند که می‌توان اثرات نامطلوب خشکی را با حفظ پتانسیل اسمزی بهبود بخشید از طرفی با افزایش تنش خشکی به طور قابل توجهی وزن اندام هوایی و وزن خشک آنها کاهش یافت. هدف از پژوهش حاضر، بررسی نحوه پاسخ عملکرد و اجزای عملکرد، پرولین، کلروفیلa، کلروفیل b، کلروفیل کل (a+b)، قندهای محلول، به تنش خشکی در چهار هیبرید ذرت در شرایط آب و هوایی گرگان بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایش: این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان واقع در ۵ کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ٥٤ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی انجام شد. ارتفاع از سطح دریا ۵ متر و میانگین دما و بارندگی ۱۵ ساله به ترتیب ۱۸/۱ درجه سانتی گراد و ٤۷٦/۱ میلی‌متر می‌باشد. آزمایش در قالب طرح اسپلیت‌پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش، از اعماق مختلف نمونه‌برداری شد و نمونه‌ها توسط آزمایشگاه خاک تجزیه شدند (جدول۱). آب مورد نیاز از یک حلقه چاه واقع در مزرعه تحقیقاتی تامین گردید، آب چاه دارای کیفیت مطلوب بوده و هیچ گونه محدودیتی برای استفاده در این تحقیق نداشت. میزان آنیونها و کاتیون‌ها بر اساس روش‌های استاندارد در آزمایشگاه بخش تحقیقاتی خاک و آب (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان) اندازه‌گیری شدند (جدول ۲). بر اساس نتایج این آزمون، نوع بافت خاک لوم سیلتی بود. میزان کود پایه (شامل فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) مورد نیاز قبل از کشت و کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در طی دو مرحله (٦-۸ برگی و قبل از تاسل دهی) به صورت نواری به مزرعه داده شد. کشت در اول تیر ماه ۱٤۰۰ انجام شد و تراکم بوته ٦۵ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شد که با در نظر گرفتن ۲۰ سانتی‌متر روی خطوط کاشت و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متری بدست آمد، در هر کرت ٤ ردیف ۸ متری با دست و به‌صورت کپه‌ای کشت گردید و در مرحله ۳ برگی تنک شد و جهت کاهش اثرات سایه‌اندازی و نفوذ آب به کرت‌های مجاور در بین تیمارها دو مترحاشیه در نظر گرفته‌شد. تنش خشکی در چهار سطح در کرت‌های اصلی (۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد، ۵۰ درصد و ۲۵ درصد نیاز آبی (با استفاده از اوگر) در عمق توسعه ریشه انجام شد و عامل فرعی شامل چهار رقم ذرت (SC703، SC704 ، BK50،ZP548) بود. عملیات داشت از قبیل وجین

علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها بسته به نیاز در طول فصل زراعی انجام شد و جدول شماره (۳) پارامترهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی فرودگاه گرگان در طول فصل رشد، در طی سال ۱۴۰۰ را نشان می‌دهد .

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	اسیدیته	EC (dsm^{-1})	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل دسترس ($mgkg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس ($mgkg^{-1}$)	وزن مخصوص ظاهری	بافت خاک	محتوی آب خاک		
									نقطه اشباع (٪حجمی)	ظرفیت زراعی (٪حجمی)	نقطه پژمردگی دائم (٪ حجمی)
۳۰-۰	۷/۲	۱/۳۱	۱/۳	۰/۱۳	۵/۶	۲۵۰	۱/۴۲	سیلتی لوم	۵۲/۲	۲۷	۱۲/۳
۶۰-۳۰	۷/۳	۱/۴۲	۰/۶	۰/۰۶	۲	۱۰۸	۱/۴۰	سیلتی کلی لوم	۵۱/۹	۲۷/۶	۹/۸

جدول ۲:ویژگی‌های کیفی آب آبیاری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان

کاتیون‌ها (meq/lit)					آنیون‌ها (meq/lit)				
EC (dS/m)	pH	So_4^{-2}	Co_3^{-2}	Hco_3^-	Cl^-	K^+	Na^+	Mg^+	Ca^+
۰/۶	۷/۳	۱/۱	۰/۳	۴/۳	۹/۴	۰/۲۳	۱/۹	۶/۷	۶/۱

جدول ۳: میانگین دمای حداقل و حداکثر و مجموع بارندگی در طی دوره کشت در سال ۱۴۰۰ و مقایسه آن با آمار ۱۵ ساله در گرگان (ایستگاه هواشناسی فرودگاه گرگان)

ماه	میانگین حداقل دما ۱۴۰۰	میانگین حداقل دما ۱۵ ساله	میانگین حداکثر دما	میانگین‌حداکثر دما۱۵ساله	میانگین دمای ۱۵ ساله	بارندگی ۱۴۰۰	میانگین‌بارندگی ۱۵ ساله
تیر	۲۴/۱	۲۳	۳۷/۲	۳۴/۴	۲۸/۷	۲۸/۲	۲۳/۱
مرداد	۲۴/۷	۲۳/۳	۳۶/۵	۳۴/۹	۲۹/۱	۳/۹	۱۴/۴
شهریور	۲۳/۱	۲۰/۷	۳۴/۵	۳۲/۹	۲۶/۸	۲/۸	۲۲/۲
مهر	۱۵/۳	۱۴/۹	۲۵/۵	۲۷/۷	۲۱/۳	۵۸/۲	۶۲/۸
آبان	۶/۸	۹/۲	۱۸/۸	۲۱	۱۵/۱	۴۱/۷	۴۶/۱

اعمال تنش خشکی: اعمال تیمارهای تنش خشکی ۱۵ روز پس از کشت (باز شدن کامل سومین برگ) آغاز و تا رسیدگی فیزیولوژیکی ادامه یافت. به منظور تعیین زمان آبیاری پس از هر آبیاری، میزان رطوبت از طریق نمونه‌برداری با استفاده از اوگر در عمق توسعه ریشه(۰-۶۰ سانتی‌متر) از همه کرت‌های در عمق توسعه ریشه گرفته شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، در آون در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیدند و بلافاصله پس از رسیدن به ۴۰ تا ۶۰ درصد رطوبت قابل استفاده، آبیاری انجام شد تا رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی حفظ شود. در سایر سطح تیمارهای خشکی بر اساس ضریب رطوبتی از قبل تعیین شده (۷۵، ۵۰ و ۲۵درصد نیاز آبی) میزان آب آبیاری محاسبه گردید. آبیاری به صورت قطره‌ای با استفاده از نوارهای آبیاری تیپ انجام شد. جنس نوارهای آبیاری، پلی‌اتیلن به

قطر ۲۰ میلی‌متر و فاصله روزنه‌ها ۲۰ سانتی‌متر و میزان خروجی آب از روزنه ۲ لیتر در ساعت بود.

سنجش صفات بیوشیمیایی

کلروفیل: برای تعیین میزان کلروفیل بر اساس روش پیشنهادی Porra و همکاران (۱۹۸۹) از هر تیمار در مرحله ظهور گل تاجی، به طور تصادفی تعداد پنج برگ از پنج بوته برداشت شد. در این روش ابتدا ۰/۵ گرم از بافت برگ تازه را خرده کرده و در داخل لوله آزمایش ریخته سپس ۱۰ سی سی دی‌متیل سولفوکسید اسید (DMSO) خالص به آن اضافه کرده و بعد به‌مدت سه ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه-سانتی‌گراد قرار داده شد تا رنگریزه‌ها استخراج و بافت برگی کاملاً بی‌رنگ گردد. سپس بعد از صاف کردن نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن، یک میلی‌لیتر از محلول صاف شده را برداشته به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده و سپس میزان جذب محلول بدست آمده با استفاده از اسپکتوفتومتر، در طول موج‌های ٤٨٠، ٥١٠، ٦٦٣ و ٦٤٥ نانومتر قرائت می‌گردد. سپس مقدار کلروفیل a، b، کل، کاروتنوئید و با استفاده از فرمول-های زیر بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه شد (Mashayekhi and Atashi, 2015).

قندهای محلول: میزان قند محلول کل با استفاده از روش آنترون مورد بررسی قرار گرفت برای تعیین مقدار قندهای محلول برگ گیاه ذرت از روش Schegel (١٩٥٦) استفاده شد .جذب نمونه‌ها در طول موج ٦٢٥ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفنومتر خوانده شد میزان قندهای محلول بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه، با استفاده از منحنی استاندارد قندهای محلول تعیین شد.

پرولین: برای استخراج و سنجش پرولین از روش براتس و همکاران (Bates et al., 1973) استفاده گردید، اندازه‌گیری پرولین قبل از ساعت ۱۱ صبح در هر کرت آزمایشی در مرحله ظهور گل تاجی، به طور تصادفی تعداد سه برگ برداشت و به آزمایشگاه جهت اندازه‌گیری میزان پرولین انتقال یافت. ۰/۱ گرم نمونه را در هاون چینی همراه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳/۳٪ سائیده و عصاره حاصل را در لوله آزمایش ریخته و در مخلوط آب و یخ نگهداری گردد. در مرحله بعد ۲ میلی‌لیتر از معرف ناین هیدرین (۱/۲۵ گرم ناین هیدرین + ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ٦ مولار + ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک خالص) و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال (خالص) و لوله‌ها به مدت یک ساعت در حمام آب جوش (بنماری) قرار گرفته در این مرحله و در زیر هود ٦ میلی‌لیتر تولوئن به هر یک از لوله‌های آزمایش افزوده، در این حالت دو فاز تشکیل می‌شود. بنابراین ۱ میلی‌لیتر از فاز بالایی که محتوی پرولین بوده و طیف رنگی از صورتی تا بنفش را شامل بوده، برداشته و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر میزان جذب نور قرائت شد (Mashayekhi and Atashi, 2015).

اندازه‌گیری صفات عملکردی: دو هفته پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف بوته‌های ذرت دو ردیف وسط به طول ۵ متر با مساحت در هر کرت ۷ متر مربع برداشت شدند و اجزای عملکرد از طریق میانگین‌گیری ۱۰ بوته انتخابی تعیین شد. سپس کل بلال‌های برداشت شده از هر کرت توزین و به وسیله کارگر، دانه از چوب بلال جدا شد. به منظور تعیین صفاتی نظیر ارتفاع بوته و بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه روی ردیف از هر کرت فرعی ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و این صفات در آنها اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه بعد از برداشت محصول و خشک کردن در دمای ۷۰ درجه به مدت

۷۲ ساعت وزن خشک دانه‌ها بدست آمد و وزن هزار دانه بر اساس ۱٤ درصد محاسبه شد.

آنالیز داده‌ها: تجزیه، تحلیل و آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1.3 و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن تا سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

کلروفیل a، b، و کل کلروفیل: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات تنش خشکی، هیبرید و اثرات متقابل تنش خشکی × هیبرید بر روی کلروفیل a، b، کل کلروفیل، کارتنویید، تعداد دانه در ردیف، قند محلول و عملکرد دانه معنی‌دار بود ولی اثرات متقابل تنش خشکی × هیبرید بر روی تعداد ردیف دانه و پرولین معنی‌دار نبود (جدول ٤). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین کلروفیل a، b، و کل کلروفیل در همه هیبریدهای مورد بررسی از تیمار تنش خشکی کامل به‌دست آمد. در تیمار شاهد (۱۰۰٪ نیاز آبی) هیبرید SC703 بیشترین میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل (به‌ترتیب ۲/۳، ۱/٦ و ۳/۹) را به خود اختصاص داد ولی در تیمار ۲۵٪ نیاز آبی بیشترین کلروفیل a به هیبرید BK50 تعلق داشت در این تیمار همه هیبریدهای مورد بررسی دارای کلروفیل کل یکسانی (۲/۳) بودند و پس از برش‌دهی اثر متقابل از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ٦). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی × هیبرید نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان قند محلول در هر چهار هیبرید مورد بررسی افزایش یافت (جدول ٦). در تنش خشکی ۲۵٪ نیاز آبی کمترین میزان قند محلول از هیبرید Bk50 به میزان ۲۱ درصد به‌دست آمد و سایر هیبریدها در یگ گروه آماری قرار گرفتند. همچنین در سایر تیمارهای تنش خشکی نیز (۱۰۰٪ نیاز آبی، ۷۵٪ نیاز آبی و ۵۰٪ نیاز آبی) بیشترین میزان قند محلول از هیبرید SC703 به دست آمد. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان کارتنوییدها در همه هیبریدهای مورد بررسی کاهش یافت به‌طوری که کمترین میزان کارتنوییدها از هیبرید SC703 به میزان ۰/۸ در تیمار تنش خشکی ۲۵٪ نیاز آبی به‌دست آمد. برش‌دهی اثرات متقابل نیز نشان داد که با اعمال تنش خشکی شدید (۲۵٪ نیاز آبی) اختلافی بین هیبریدهای مورد بررسی وجود نداشت و همه هیبریدها در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ٦). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تنش خشکی و هیبریدهای ذرت بر روی محتوای پرولین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی × هیبریدهای ذرت بر روی محتوی پرولین معنی‌دار نبود (جدول ٤). نتایج مقایسه میانگین محتوی پرولین نشان داد که با کاهش آبیاری محتوای پرولین افزایش می یابد و تیمار ۲۵ درصد آبیاری با ۹/۹۱ میکرومول بر گرم بیشترین میزان محتوی پرولین بود، همچنین هیبرید BK50 با ۹/۰۸ میکرومول بر گرم بیشترین میزان پرولین در ارقام بود(جدول۵). نتایج مقایسه میانگین وزن هزار دانه نشان داد که با افزایش تنش خشکی وزن هزار دانه کاهش می‌یابد کمترین مقادیر وزن هزار دانه از اثر متقابل ۲۵٪ نیاز آبی × BK50 به میزان ۱۸۱/۷ گرم به‌دست آمد (جدول٦). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد ردیف در بلال در ارقام مورد بررسی مربوط به رقم SC703 با ۱۳/۵۳ ردیف بوده که با هیبریدهای SC704 (۱۲/۹٤ ردیف) تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین تعداد ردیف در بلال مربوط به هیبرید BK50 با ۱۰/۲٤ ردیف مشاهده گردید (جدول ٦).

جدول ٤: میانگین مربعات صفات مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	قند محلول	کارتنویید	پرولین	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۲۹۱**	۰/۱۵٤*	/۷۵۸**	٦٨/٩٨*	۰/٤٨٦**	۱/۷٤ns	۱۰/۵۹**	۲۳/۷۵*	۱۳٤/۱٦ns	۱۷٦۳۷۵۱/٤**
کم‌آبیاری(a)	۳	۱/۱۷٦**	۲/۰۱۸**	/۱۷٦**	۳۹٦/۲**	۱/۷۳٤**	۲٦/۰۵**	۰/۵٤ns	۱۸۰/٦۱**	٤۷٦٤/۸۵**	۱۰۸۷۷۳٦۹۰/۷**
خطایa	٦	۰/۰۲٦	۰/۰۲۱	۰/۰۲٦	۱۱/۰٦	۰/۰۳۹	۰/٤۹ns	۰/۹۹ns	۳/٦۹ns	۲۲۸/۹۷ns	۱٤۲۸۰۷ns
هیبرید (b)	۳	۰/۰٤۹*	۰/۰۱۹*	۰/۱۱۸*	٦۵/۸۸*	۰/۲۲۲*	٦/۷٦**	۲٦/۲۳**	۱۹۷/۷۳**	۱۵۳٦/۰۳**	٦۱۸۳۳٦۸/۵**
کم‌آبیاری× هیبرید	۹	۰/۰٤۸*	۰/۰٤٤ *	۰/۱۲۲*	۱٦/۳*	۰/۱۲٤*	۲/۱٦ns	۱/۷۲ns	۳۲/۹۱**	۱۲۳/۳۸*	۲۹۸٦۲۰/۲*
خطایb	۲٤	۰/۰٦۲	۰/۰٦۱	۰/۱۱٤	۱۵/۲۵	۰/۰۷۰	۱/۱۲	۱/۸٤	٦/۳۵	۲۵۵/۲۷	۱۰٤۹۲۳/۹
ضریب تغییرات	—	۱۳/٦۲	۱۸/۹	۱۰/۷	۱۹/۵	۱۸/٤	۱۲/۷٤	۱۱/۲۵	۱۲/۳۳	۷/۳۷	٦/٤۷

*، **و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج ، یک درصد و غیرمعنی‌دار.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات اصلی آبیاری و هیبرید برای صفات مورد بررسی.

تیمارها		کلروفیل a (میکروگرم بر میلی‌لیتر)	کلروفیل b (میکروگرم بر میلی‌لیتر)	کلروفیل کل(میکروگرم بر میلی‌لیتر)	قند محلول (میلی‌گرم بر گرم)	کارتنویید	پرولین (میکرومول بر گرم)	تعداد ردیف بلال	دانه در ردیف	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
تنش خشکی	۱۰۰٪نیاز آبی	۲/۱a	۱/٦٦a	۳/۷a	۱٤/۵d	۱/۷a	٦/٦۹d	۱۲/۲۵a	۲٤/۱۵a	۲۳۰/۸۵a	۷۷۲۲/۵۰a
	۷۵٪ نیاز آبی	۲/۰۵ab	۱/٦a	۳/٦a	۱٦c	۱/۷a	۷/۵۰c	۱۱/۷۹a	۲۲/۵۸a	۲۲۸/۱۳b	۷۲۳۰/۵۲۰ab
	۵۰٪ نیاز آبی	۱/۷٤b	۱/۰۵b	۲/۸b	۲۱/۵b	۱/۲b	۹/۱۲b	۱۲/۱۹a	۱۹/٦۹b	۲۱۹/۸۸c	۳٦۷۰/۸۰b
	۲۵٪ نیاز آبی	۱/٤۱c	۰/۸۵c	۲/۲c	۲۷/٤a	۰/۹c	۹/۹۱a	۱۱/۹۷a	۱۵/۳۲c	۱۸۷/۵٤d	۱۳۸۸/۸۰c
هیبریدهای ذرت	Sc703	۱/۸۹a	۱/۳۵a	۳/۲ab	۲۲/٤a	۱/۲b	۸/۲۷b	۱۳/۵۳a	۲۱/۹۰a	۲۱۵/۳٦b	۵۱٦۳/۳۰b
	Sc704	۱/۷٤ab	۱/۲۵b	۳/۰۱b	۱۸/۸bc	۱/۵a	۷/۹٦b	۱۲/۹٤a	۲۲/۵۱a	۲۱٦/۵۹b	۵۳۱۵/۸۰ab
	Zp548	۱/۸۵a	۱/۲۹b	۳/۱ab	۲۱/٤ab	۱/۵a	۷/٦٤b	۱۱/۵b	۲۲/۹۵a	۲۳۱/۰٤a	۵۵۷٦a
	Bk50	۱/۸۰ab	۱/۳۲ab	۳/۱a	۱۷/۳c	۱/٤ab	۹/۰۸۳a	۱۰/۲٤c	۱٤/۳۸b	۲۰۳/٤۱b	۳۹۵۷c

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ با هم ندارند.

جدول ٦: مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × هیبرید برای صفات مورد بررسی.

تیمارها		کلروفیل a (میکروگرم بر میلی‌لیتر)	کلروفیلB (میکروگرم بر میلی‌لیتر)	کلروفیل کل (میکروگرم بر میلی‌لیتر)	قند محلول (میلی‌گرم بر گرم)	کارتنویید	دانه در ردیف	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
تنش خشکی	هیبرید								
۱۰۰٪ نیاز آبی	Sc703	۲/۳ a (a)	۱/٦abcd (b)	۳/۹ab(a)	۱٦/٦abc (a)	۱/٥abc(b)	۲۸/٥ abc(a)	۲۳۲/۷ a(a)	۸۰۰۰ab(ab)
	Sc704	۲ ab (a)	۱/٦ abcd(b)	۳/٦abc(a)	۱۱/٦d(a)	۱/۸a (a)	۲۲/۳a(ab)	۲۳۲/۳a (a)	۸۱۱٦/۷ab(ab)
	Zp548	۲/۱ab (a)	۱/٦ ab(b)	۳۷abc(a)	۱٦/۳bc (a)	۱/۸a (a)	۲۷/۸a(a)	۲۳۷/۷ a(a)	۸٤٥۰a (a)
	Bk50	۲ab (a)	۱/۸a(a)	۳/۸a(b)	۱۳/٤d(b)	۱/۸a (a)	۱۸fg (b)	۲۲۰/۷ab(b)	٦۳۲۳/۳bc(b)
۷۵٪ نیاز آبی	Sc703	۲ab (a)	۱/٦abcd(b)	۳/٦abc(b)	۱۹/٦b (a)	۱/٤abc(b)	۲٤/۲ab (a)	۲۲۷/۷ab(a)	۷٦۳٦/۷ab(ab)
	Sc704	۱/۹bc (a)	۱/٥ abcde(b)	۳/٤abcd(b)	۱۳/٦bc(b)	۱/۷a (ab)	۲۰/۷bcd (b)	۲۳۱/۱ a(a)	۷٥۸۳/۳ab(ab)
	Zp548	۲ab (a)	۱/٦ abc(b)	۳/٦abc(b)	۱۹/٦b (a)	۱/۷a (ab)	۲٦/۸ab (a)	۲۱٤ab(b)	۷۹۳٤/۳ab (a)
	Bk50	۲/۱ab (b)	۱/۸a(a)	۳/۹a(a)	۱۳/٤bc(b)	۲/۱a(a)	۱۸/٦fg (b)	۲۱۳/۷ab(b)	٥۷٦٦/۷b(b)
۵۰٪ نیاز آبی	Sc703	۱/۹bc (a)	۱/۲bcdef(a)	۳/۱bcd(a)	۲۳/۳ab(a)	۱/۱ab(ab)	۲۰/۹ bcd(a)	۲۱۹/۱ab(ab)	۳٦۰۰ c(b)
	Sc704	۱/٦ab (b)	۱cdef(a)	۲/٦de (b)	۲۰/٦ab(b)	۱/٤abc(a)	۱۸/۹ de(ab)	۲۲۷/٦ab(a)	٤۰٦۳/۳cd (a)
	Zp548	۱/۸bc(a)	۱/۱ bcdef(a)	۲/۹cde(b)	۲۰/٦ab(b)	۱/٥ab(a)	۲۲/۷cd(a)	۲۳٥/۳ a(a)	٤۱۰۳/۳cd (a)
	Bk50	۱/٥c (b)	۰/۹abcdef(b)	۲/٤bcd(a)	۲۱/۳ab(b)	۰/۹abc(b)	۱٦/۳fg(b)	۱۹۷/٦b(b)	۲۹۱٦/۷ d(c)
۲۵٪ نیاز آبی	Sc703	۱/۳c(b)	۰/۹٦def(a)	۲/۳e(a)	۳۰/۲a(a)	۰/۸c(a)	۱٦/۹g (a)	۱۸۲c(a)	۱٤۱٦/۷ e(a)
	Sc704	۱/٤c(b)	۰/۹ef(a)	۲/۳e(a)	۲۹/٥a(a)	۱/۱abc(a)	۱۷/۳ef (a)	۱۸۳/۳c(a)	۱٥۰۰e (b)
	Zp548	۱/٤c (a)	۰/۷f (a)	۲/۱e(a)	۲۹a (a)	۰/۹bc (a)	۱٥/۲(ab)fg	۲۰۳/۲b(a)	۱۸۱٦/۷e(a)
	Bk50	۱/٥ c (a)	۰/۸f (a)	۲/۳e (a)	۲۱ab (b)	۰/۹bc (a)	۱۲(b)fg	۱۸۱/۷c(a)	۸۲۱/۷f(c)

میانگین‌هایی با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ با هم ندارند. حروف داخل پرانتز، مقایسه میانگین ها پس از برش دهی اثر متقابل هستند.

ردیف طولی بلال در ارقام مورد بررسی مربوط به رقم ZP548 با ۲۲/۹۵ دانه بود که با هیبریدهای SC704 و SC703 تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین تعداد دانه در ردیف طولی مربوط به هیبرید BK50 با ۱٤/۳۸ دانه مشاهده گردید (جدول٦). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای تنش خشکی × هیبریدهای ذرت نشان داد که بیشترین تعداد دانه در ردیف در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد در رقم SC703 به‌دست آمد که با رقم ZP548 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٦). نتایج تجزیه واریانس بر اساس جدول٤ نشان داد که تیمارهای تنش خشکی و هیبریدهای ذرت در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی× هیبریدهای ذرت در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه (جدول٦) نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در آبیاری کامل (۷۷۲۲/۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان عملکرد دانه از تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی (۱۳۸۸/۸۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که نشان از تاثیرپذیری زیاد ذرت به میزان آب مصرفی می‌باشد به‌طوری که با اعمال تیمارهای کم‌آبیاری، در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی، میزان عملکرد دانه ٦/۸ درصد کاهش داشته ولی با تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد نیاز آبی میزان کاهش عملکرد دانه به ترتیب ۵۲/٤ و ۸۲ درصد بود. همچنین بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم ZP548 به میزان ۵۵۷٦ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی× هیبرید نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد در رقم ZP548 به میزان ۸٤۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل۳).

بحث

نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل a، b و کل کلروفیل (a+b) در همه هیبریدهای مورد بررسی کاهش یافت. تنش خشکی تاثیر مستقیم برکاهش شاخص کلروفیل برگ گیاه دارد و کاهش میزان کلروفیل باعث کاهش میزان فتوسنتز شده و در نتیجه وزن دانه‌ها و در نهایت عملکرد دانه کاهش می‌یابد (Adebay et al., 2014). محرم‌نژاد و همکاران (Moharamnejad et al, 2016) نیز گزارش نمودند که میزان کلروفیل a، b و کل کلروفیل (a+b) در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد. همچنین گزارش شده است که تغییر درمیزان کلروفیل در نتیجه شکسته شدن کلروپلاست، ناپایداری کمپلکس کلروفیل پروتئین، کاهش تشکیل پلاستیدهای جدید کلروفیل a، تغییر در سیستم‌های فتوسنتزی در جهت کاهش نسبت PSII به PSI در شرایط تنش خشکی است (Kulshreshtha et al., 1987). براساس نتایج حاصل از این بررسی با افزایش تنش خشکی توانایی تجمع قندهای محلول و در نتیجه عملکرد گیاه کاهش می‌یابد این احتمال وجود دارد افزایش مقدار قندهای محلول در شرایط تنش خشکی ناشی از تجزیه نشاسته باشد بنابراین کاهش کربوهیدرات ذخیره (نشاسته) موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. این نتایج با یافته‌های Nasrollahzadeh asl و همکاران (۲۰۱٦) هماهنگی دارد. اکبری و همکاران (Akbari et al, 2017) کاهش رنگدانه‌ها از جمله کارتنوییدها را در اثر تنش خشکی به علت اکسید شدن کاروتنوئیدها توسط گونه های فعال اکسیژن و صدمه دیدن ساختار ترکیبی آن باشد. کمبود ضعیف آب باعث افزایش میزان کارتنوییدها می‌شود این روند در این آزمایش نیز مشاهده شد و با کمبود آب به میزان جزیی (۷۵٪ نیاز آبی) میزان کارتنوییدها در همه هیبریدهای مورد بررسی افزایش یافت ولی با افزایش تنش خشکی (۲۵٪ نیاز آبی) میزان کارتنوییدها کاهش یافت نتایج حاصله از این بررسی با یافته‌های

Munné-Bosch and Alegre (۲۰۰٤) هماهنگی دارد. پرولین نه تنها یک ماده تنظیم اسمزی مهم است، بلکه نقش مهمی در تنظیم مقاومت تنش غیرزیستی گیاه دارد (Zuo et al, 2022) و پرولین، آمینواسید ذخیره‌شده در سیتوپلاسم سلول بوده که می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار دهد و از غیرطبیعی‌شدن آلبومین جلوگیری کند، در برخی گیاهان، مقدار چندین آمینواسید طی مراحل اولیهٔ تنش خشکی افزایش می‌یابد و با ادامهٔ تنش خشکی، آمینواسید پرولین بیشتر تجمع می‌یابد و ذخیره می‌شود (Hamidi moghadam et al, 2021). تنش خشکی باعث افزایش میزان پرولین می‌گردد و با شدت گرفتن تنش به مقدار آن افزوده می‌شود؛ به‌طوریکه در شرایط تنش کمبود آب گیاه به منظور جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات تنظیم کنندهٔ اسمزی ازجمله پرولین و کربوهیدراتهای محلول برگ، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد و افزایش غلظت پرولین در اندامهای گیاه در اثر ممانعت از تجزیهٔ پرولین برای جلوگیری از ورود به چرخهٔ ساخت پروتئین یا افزایش تجزیهٔ پروتئین است که ممکن است با کاهش رشد همراه باشد (Bosh et al, 2022). Shafigh و همکاران (۲۰۲۱) بیان داشتند که افزایش سطح پرولین در ارقام ذرت تحت تنش خشکی افزایش یافته و تجمع پرولین به‌عنوان شاخصی برای تحمل به تنش خشکی می‌باشد. همچنین با افزایش فاصله دور آبیاری باعث افزایش غلظت پرولین و گلیسین بتائین و قند های محلول شده که باعث افزایش مقاومت در برابر تنش خشکی در ذرت می‌گردد (Saad-Allah et al., 2022). نتایج با یافته‌های (Sharghi and Khalilvand Behrouzyar, 2019) و (Azadi et al., 2021) و (Shin rou and Mok sam, 2021) مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که صفت تعداد ردیف در بلال تحت کنترل شدید ژنتیکی می‌باشد و انتظار می‌رود که این صفت تحت شرایط مختلف ثابت باشد و کمتر تحت تأثیر محیط قرار گیرد (Mohamadi bahmadin and Armin, 2017). بالاتر بودن تعداد دانه در ردیف بلال در یک رقم را می‌توان به تحمل به تنش خشکی بیشتر این ارقام مرتبط دانست وکاهش تعداد دانه در ردیف لال در رقم های مورد بررسی در سطوح مختلف تنش به اثرات کمبود رطوبت و کمبود مواد غذایی به دلیل کاهش سطح برگ یا دوام سطح برگ در اثر تنش می‌باشد (Mohamadi bahmadin and Armin, 2017).

عملکرد دانه تا حد زیادی تحت تاثیر عوامل محیطی به ویژه کمبود آب می‌باشد (Rocha و همکاران، ۲۰۲۱). تنش خشکی با کاهش سطح برگ، پیری زودرس برگ، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دلیل افت پتانسیل فشاری و کوتاه شدن دوره رشد زایشی برای گیاه محدودیت منبع ایجاد می‌کند و با افزایش سقط جنین در زمان گلدهی، کاهش تعداد بذر و کاهش تعداد و اندازه بلال محدودیت مخزن می‌کند و در مجموع با کاهش اجزای عملکرد از عملکرد نهایی می‌کاهد (Aghaei et al, 2021). Bonea و همکاران (۲۰۱۸) اظهار داشتند که کاهش عملکرد دانه تحت تنش خشکی بیشتر تحت تاثیرکاهش وزن هزار دانه می‌باشد. نتایج بدست آمده با سایر محققان (Amini و همکاران، ۲۰۲۱) و (Bahamin و همکاران، ۲۰۲۱) همخوانی دارد. Amini و همکاران (۲۰۲۱) طی تحقیقی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام بر روی ذرت با آبیاری در سه سطح به کرت‌های اصلی (آبیاری پس از ۷۰ ، ۱۰۵ و ۱٤۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و کرت‌های فرعی شامل چهار رقم هیبرید سینگل کراس ذرت (٥۲٤، ٦٦٦، ٦۷۷ و ۷۰٤) بیان داشتند که سطوح آبیاری از نظر عملکرد دانه در سطح آبیاری ۱۰۵ I، حدود ۱۹ درصد و در سطح آبیاری ۱٤۰ I، حدود ٤۲ درصد کاهش

یافت. Khashaei و همکاران (۲۰۲۰) در آزمایشی در ارومیه اعلام نمود که با کاهش ۲۵ درصد نیاز آبی در مقایسه دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز خالص، عملکرد دانه را حدود ۱۷ درصد کاهش یافته ولی در سطح آبیاری ۵۰ درصد این کاهش شدیدتر و ۵۱/۵ درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین میزان پرولین (۹/۹۱ میکرومول بر گرم) و قند محلول (۳۰/۲ میلی‌گرم بر گرم) از تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی بدست آمد. با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل (a+b) و کارتنویید کاهش یافت. همچنین بیشترین عملکرد دانه (۸٤٥٠ کیلوگرم در هکتار) در هیبرید Zp548 از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد ولی با تیمار ۷۵٪ نیاز آبی (۷۹۳٤/۳ کیلوگرم در هکتار) در یک گروه آمار قراری داشت. در سایر سطوح تیمارهای خشکی نیز بیشترین عملکرد دانه از هیبرید Zp548 به‌دست آمد. بنابراین تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی و کشت رقم ZP548 در منطقه گرگان توصیه می‌گردد.

References

Akbari, Sh., Kafi, M. and Rezvan Beidokhti, Sh. (2017). The Effect of Drought Stress and Plant Density on Biochemical and Physiological Characteristics of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes, Iranian Journal of Field Crops Research, 14(4):665-674

Ajithkumarand, P. and Panneerselvam, R. (2013). Osmolyte accumulation, photosynthetic pigment and growth of setaria italica under droght stress. Asian Pacific Journal, 2: 220-224.

Aghaei, P. Visani. V. and Dyanat. M. (2021). The effect of potassium nanosilicate on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under drought stress, Journal of Environmental Stress in Crop Science, 7(2):331-345. http://dx.doi.org /10.22077/escs.2019.2719.1715(In Persian).

Azadi, M.S., Shokoohfar, A.R., Mojadam, M., Lak, Sh. and Alavifazel, M. (2021). Effect of potassium chemical and biological fertilizers on biochemical traits of corn hybrids under drought stress and determination of traits affecting grain yield. Journal of Environmental Stress in Crop Science. 14(1): 27-38. doi: 10.22077/ESCS.2020.2389.1620. (In Persian).

Amini, E., Mehrabi A., Hatami, A., Fasihi, Kh. and Alizadeh, Y. (2021). Effect of drought stress on light absorption, radiation use efficiency and yield of different maize varieties (*Zea maize* L.) under Ilam conditions. Iranian Journal of Field Crop Science. 52(1):109-121. DOI: 10.22059/ijfcs.2020.291824.654652. (In Persian).

Amerian, M., Hashemi, S.E. and Karami, A. (2021) .Effect of Deficit Drip Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Single Cross Corn 704. Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Science) 35(3): 247-258, doi:10.22092/JWRA. 2021. 352290.832. (In Persian).

Adebayo, M. A., Menkir, A., Blay, E., Gracen, V., Danquah, E. and Hearne, S. (2014). Genetic analysis of drought tolerance in adapted × exotic crosses of maize inbred lines under managed stress conditions. Euphytica, 196: 261–270.

Bazrgar, G., Nabavi Kalat, S.M., Khavari, S., Ghasemi, M. and Kelidari, A.R. (2022). Effect of Deficit Irrigation Stress and Plant Density on Antioxidant Enzymes Activity, Compatible Osmolytes, Relative Water Content and Yield of Baby Corn (Pashan Cultivar). Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 6(15): 1370-1381.

Bates, S., Waldern, R.P. and Teare, E. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soli, 39: 205-207.

Boush, M., M., Banejad, H., Goldani, M., and Metanat, M. (2022). Evaluation of the effect of different wastewater qualities on some biochemical and morphological traits of tomato plant under deficit irrigation. Iranian Water Research Journal, 15(4): 117-135.

Bonea, D., Urechean, V. and Niculescu, M. (2018). Yiled and nutritional quality of different maize hybrid under drough stress. Annals off the University off Craiova, Agriculture, Montanology, Cadastre Series. l. XLVIII

Bahamin. S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. and Beheshti, S.A. (2021). Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and nutrient efficiency indices in maize under drought Stress. Journal of Environmental Stress in Crop Science. 14(3):675-690, http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.3095.1793. (In Persian).

Chukan, R. (2012). Maize and their characteristic. Agricultural Research and Education Organization. 427 p

Feyzbakhsh. M.T., Kamkar, B., Mokhtarpour, H. and Esmaeil Asadi, M. (2015). Effect of soil water management and different sowing dates on maize yield and water use efficiency under drip irrigation system, Archives of Agronomy and Soil Science, 61(11):1-12. DOI: 10.1080/03650340.2015.1019345

Hamidi Moghaddam, R., Sirousmehr, A. and Ghanbari, A. (2021). Effect of sodium selenate, titanium dioxide and organic growth regulator on some physiological traits, yield and percentage oil of safflower under drought stress. Iranian Journal of Plant Biology, 12(4):1-8. DOI. 10.22108/ijpb.2020.120569.1189. (In Persian).

Irfan Ahmad, M, Noor Shah, A., Sun, J. and Song, Y. (2020). Comparative Study on Leaf Gas Exchange, Growth, Grain Yield, andWater Use Eciency under Irrigation Regimes for Two Maize Hybrids, Agriculture, 10:369, doi:10.3390/agriculture10090369

Jagtap, V., Bhargava, S., Sterb, P., and Feierabend, J. (1998). Comparative effect of water, heat and light stresses on photosynthetic reactions in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Journal of Experimental Botany, 49: 1715-1721.

Khashaei, F., Behmanesh, J., Rezaverdi nezhad, V. and Azad, N. (2020). Effect of the Amount of Irrigation and Nitrogen Fertilizer Splitting on Grain yield, Yield Components and Water Productivity of Corn under Subsurface Drip Irrigation, Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Science.) 33(4):601-612.

Kulshreshtha, S., Mishra, D. and Gupta, R. (1987). Changes in contents of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplasts and chloroplast membrane fractions at different leaf water potentials in drought resistant and sensitive genotypes of wheat, Photosynthetica *(Czechoslovakia)*.

Liu, Sh. and Qin, F. (2021). Genetic dissection of maize drought tolerance for trait improvement, Molecular breeding, 41: 8. https://doi.org/10.1007/s11032-020-01194-w

Lata, C., Sarita, J. H., Prasad, M., and Sreenivasulu, N. (2011). Differential antioxidative responses to dehydrationinduced oxidative stress in core set of foxtail millet cultivars. Protoplasma, 248: 817-828.

Mashayekhi, K. and Atashi, P. (2015). Guide to plant physiology experiments (pre- and post-harvest study of plants). Agricultural Education and Natural Resources Research Publications (Vine). p.320 (In Persian).

Moohamadi Behmadi, M. and Armin, M. (2017). Effect of drought stress on yield and yield components of different corn cultivars in delayed planting conditions. Journal of Applied Research in Plant Ecophysiology. 4(1):17-34 URL: http://arpe.gonbad.ac.ir/article-1-243-fa.html. (In Persian).

Moharramnejad, S., Sofalian, O., Valizadeh, M., Asgari, A. and Shiri, M. R. (2016). Response of ntioxidant defense system to osmotic stress in maize seedlings. Fresenius Environmental Bulletin. 25: 805-811.

Munné-Bosch, S. and L. Alegre, (2004), "Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress", *Functional Plant Biology*, 31 (3):203-216.

Naghavi, M. R., Toorchi, M., Moghaddam, M. and Shakiba, M. R. (2015). Evaluation of diversity and traits correlation in spring wheat cultivars under drought stress, Notulae Scientia Biologicae, 7 (3):349.

Nasrollahzadeh, V., Shiri, M.R., Moharmenjad, S., Yousefi, M. and Baghbani, F. (2016). Effect of drought stress on agronomic and biochemical characteristics of three corn hybrids.

Scientific Research Quarterly Journal of Crop Physiology, Islamic Azad University of Ahvaz, 8(32):45-60

Porra, R.J., Thompson, W.A. and Kriedemann, P. E. (1989). Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophyll *a* and *b* extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. Acta Biochemistry and Biophysics, 975: 384-394.

Rocha, D.S., Rodrigues. C.S., Gallo. P.B., Tichelli. M., Ayres. M.E. and Paterniani, G.Z. (2021). Drought tolerance in intervarietal maize hybrids, Rev. Caatinga, Mossoró, 34(1): 80 – 89, http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n109rc

Rensburg, L.V. and Kruger, G.H.J. (1994). Evaluation of components of oxidative stress metabolism for use in selection of drought tolerant cultivars of *Nicotiana tabacum* L. J. Plant Physiology, 143: 730-737.

Schlegel, H.G. (1956). Die verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. Planta. 47: 510-520.

Saad-Allah, K.M., Nessem, A.A., Ebrahim, M.K.H. and Gad, D. (2022). Evaluation of Drought Tolerance of Five Maize Genotypes by Virtue of Physiological and Molecular Responses. Agronomy, 12:59. https://doi.org/10.3390/agronomy 12010059

Shargi, F and E, Khalilvand Behrouzyar. 2019. Effect of Nano-TiO2 and Salicylic Acid Foliar Application on some Biochemical Traits of Corn 704 Single Cross under Water Regimes. Journal

Shafiq, S.; Akram, N.A.; Ashraf, M.; García-Caparrós, P.; Ali, O.M.; Latef, A.A.H.A. 2021. Influence of Glycine Betaine (Natural and Synthetic) on Growth, Metabolism and Yield Production of Drought-Stressed Maize (*Zea mays* L.) Plants, Plants.10, 2540. https:// doi.org/10.3390/plants10112540

Shirinpour. M, Asghari, A., Atazadeh, E., Aharizad, S. and Rasoulzadeh, A. (2021). Genetic analysis of grain yield and physiological traits of hybrid maize cv. SC704 under full and water deficit irrigation conditions, Cereal Research Communications, Akadémiai Kiadó Zrt. https://doi.org/10.1007/s42976-020-00106-0

Shin Rou. E. K. L. and Mok Sam. (2021). Effects of drought stress and potassium on the growth and yield of locally planted sweet corn. International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation, 11: 2462-1757

Wasaya, A., Affan, M., Ahmad Yasir, T., Atique, R., Mubeen, K., Rehman, H.U., Ali, M., Nawaz, F., Galal, A. and Iqbal, M.A. (2021). Foliar Potassium Sulfate Application Improved Photosynthetic CharacteristicsWater Relations and Seedling Growth of Drought-Stressed Maize, 12: 663. https://doi.org/10.3390/ atmos12060663

Yousefi, M., Nasrolahzadehasl, V. and Moharamnejad, S. (2018). Investigating seed yield, chlorophyll content, osmolality, total polyphenol and activity maize (*Zea mays* L.) in response to drought stress. Journal of Plant Environmental Physiology, 46(12):1-14.

Zlatev, Z. and Lidon, F.C. (2012). An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. Emirates Journal of Food and Agriculture. 24: 57-72.

Zuo, S., Li, J., Gu, W., and Wei, S. (2022). Exogenous Proline Alleviated Low Temperature Stress in Maize Embryos by Optimizing Seed Germination, Inner Proline Metabolism, Respiratory Metabolism and a Hormone Regulation Mechanism. Agriculture, 12:548. https://doi.org/10.3390/Agriculture12040548