بررسی تحمل به کم آبی والدین و هیبریدهای ذرت با استفاده صفات اگروفیزیولوژیک

سمیه زلقی[۱]، زهرا خدارحم‌پور [۲*]، عزیز آفرینش[۳]، محمد معتمدی[۴] و سید کیوان مرعشی[۵]

۱ و ۵) گروه ژنتیک و به نژادی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲ و ۴) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.
۳) استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد دزفول، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دزفول، ایران.

نویسنده مسئول[*]: Zahra.khodarahmpour@iau.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۱۲/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰**

چکیده

خوزستان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین استان‌های تولیدکننده ذرت کشور فاقد ارقام اصلاح‌شده سازگار با شرایط بسیار گرم و خشک است. بررسی مورفولوژیکی ژرم‌پلاسم اولین قدم جهت توصیف و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. در این آزمایش، شش لاین و هیبریدهای یک‌طرفه آن‌ها بهمراه شاهد SC704 در دو شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان سال ۱۳۹۸ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی صفی‌آباد دزفول مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تنوع قابل ملاحظه‌ای میان لاین‌ها و هیبریدها از نظر کلیه صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد بررسی نشان داد. در تجزیه به عامل‌ها با در نظر گرفتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، در شرایط آبیاری نرمال و در شرایط کم آبیاری عوامل مؤثر به ترتیب ۶۹/۴ و ۸۰/۱ درصد از واریانس بین صفات را تبیین کردند. نتایج تجزیه کلاستر برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط و برش دندروگرام حاصل به روش Ward با استفاده از داده‌های استاندارد و فاصله اقلیدسی باعث ایجاد سه گروه شد. براساس تجزیه‌های چند متغیره و بهترین شاخص‌های تحمل به تنش (MP، GMP، STI و HA) در این پژوهش، لاین‌های C4-95-2، C4-95-6 و C4-95-23 در بین ۶ لاین مورد بررسی و هیبریدهای C4-95-23 ×C4-95-2، C5-95-6 ×C4-95-2 و C4-95-23×C4-95-6 بعنوان بهترین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط بوده و باعث افزایش میزان رشد، تولید عملکرد بیشتر و تحمل به کم آبی می‌باشند. ۳ لاین C5-95-4، C5-95-12 و C6-95-5 در هر دو شرایط ضعیف عمل کرده و حساس به کم آبی می‌باشند. لاین‌های منتخب پایه‌های مناسبی برای تلاقی و دورگ‌گیری بوده و بهترین هیبریدها نیز مناسب برای کشت در شرایط مورد بررسی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه کلاستر، تجزیه مؤلفه‌های اصلی و شاخص‌های تحمل.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یک محصول بسیار مهم در سراسر جهان است و کاربردهای متنوعی دارد، به طوری که ۶۶ درصد ذرت تولید شده در سطح جهان به عنوان خوراک دام، ۲۰ درصد به عنوان غذای مستقیم انسان، هشت درصد برای مصارف صنعتی و شش درصد به عنوان بذر یا ضایعات بازیافت می‌شود (Doswell, 2019). صرف نظر از اهمیت ذرت در ایران، بهره‌وری ذرت توسط عوامل متعددی از جمله عوامل غیر زنده (به‌ویژه تنش خشکی و گرمایی) محدود می‌شود (Grafton *et al*., 2015). افزایش جمعیت انسانی و تغییرات آب و هوا که منجر به دوره‌های خشکسالی مکرر شده است، تهدیدی جدی برای امنیت غذایی جهانی است و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی پرمحصول، رویکردی کارآمد برای مقابله با این چالش‌ها است. روش‌های متعددی برای ارزیابی صفات آگرومورفولوژیکی وجود دارد که از مهم‌ترین آن، روش‌های آماری چند متغیره است که همزمان اطلاعات بیشتری از چندین صفت در تمام افراد مورد مطالعه را در اختیار به‌نژادگر قرار می‌دهد. در این میان تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی جزء مهم‌ترین و پرکاربردترین روش آماری در توصیف میزان اختلاف بین هیبریدهای ذرت می‌باشند (Nelimor *et al.,* 2020). نوری نژاد و همکاران (۱۴۰۳) با بررسی ۲۸۹ لاین ذرت تلاقی داده شده با هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در دو فصل تابستان و بهار گزارش دادند که بیشترین ضرایب همبستگی با عملکرد دانه در فصل تابستان به تعداد دانه در ردیف و در فصل بهار به عملکرد بیولوژیک اختصاص یافت. نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها در دو فصل تابستان و بهار نشان داد که پنج عامل پنهانی و مستقل، به‌ترتیب ۴۰/۷۱ و ۲۷/۷۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. محرم‌نژاد و شیری (۱۳۹۹) با ارزیابی ۱۱ هیبرید ذرت در منطقه مغان در طی دو سال گزارش کردند که همبستگی بین عملکرد دانه با عملکرد بلال و تعداد دانه در ردیف مثبت و معنی‌دار بود. تجزیه کلاستر به روش وارد، ۱۱ هیبرید را در دو گروه مختلف تقسیم‌بندی کرد. براساس نتایج بای پلات هیبریدهای MO17×1-1-1-1-4-2-1-1-2-2/47K و 3/47K×1-4/77021KLM از لحاظ عملکرد بلال، عملکرد دانه و تعداد دانه در ردیف بلال و هیبریدهای 3/3640K×82010KLM از لحاظ وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، قطر بلال، ارتفاع بلال و ارتفاع بوته جزء هیبریدهای برتر بودند. Fernandez (1992) براساس پاسخ به شرایط محیطی، ژنوتیپ‌ها را به دسته‌های مختلف تقسیم‌بندی کرد. گروه A رقم‌هایی که در هر دو شرایط تنش و مطلوب عملکرد دانه بالایی نشان می‌دهند، گروه B ژنوتیپ‌هایی که صرفاً در محیط‌های مطلوب عملکرد دانه خوبی دارند، گروه C ژنوتیپ‌هایی که صرفاً در شرایط محیطی تنش برتری عملکرد دانه را نشان می‌دهند و گروه D در هر دو شرایط وضعیت عملکرد دانه مناسبی ندارند. مطالعات شاخص حساسیت به تنش (SSI[1]) را به عنوان بهترین معیار معرفی می‌کند(Fischer & Maurer, 1978). مقادیر کم شاخص SSI تغییرات کم عملکرد را در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش نشان داده

1-Stress Susceptibility Index

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

و در واقع بیانگر پایداری بیش‌تر ژنوتیپ است. محققان شاخص‌های دیگری به نام شاخص‌های تحمل به خشکی (TOL[1]) و میانگین عملکرد (MP[2]) دانه را معرفی کردند (Rosielle & Hamblin, 1981). مقدار زیاد شاخص TOL به معنای کم بودن تحمل ژنوتیپ نسبت به شرایط خشکی است و بنابراین، انتخاب ژنوتیپ متحمل براساس مقادیر کم شاخص TOL صورت می‌پذیرد. این شاخص هم مانند شاخص قبلی قادر به تمایز گروه‌های A و C نیست، در حالی‌که شاخص MP گرایش به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالقوه بیش‌تر و تحمل به تنش پایین‌تر را دارد و بنابراین گروه‌های A و B را نمی‌تواند از هم تفکیک کند. شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP[3]) را در شرایط بدون تنش (Yp[4]) و تنش (Ys[5]) معرفی شده است که این شاخص توانایی جداسازی بهتری برای ژنوتیپ‌های گروه A دارد، اما این شاخص هم دارای اریبی نسبت به Yp است(Fernandez, 1992). بنابراین شاخص دیگری به نام STI[6] معرفی شد که توانایی شناسایی ژنوتیپ‌های برتر برای هر دو شرایط را داشت. شیری و چوکان (۱۳۹۶) با بررسی ۳۸ هیبرید ذرت دانه‌ای تحت دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه گزارش کردند که هیبریدهای K3653/2 × K74/2-2-1-3-1-1-1 و SC704 در هر دو شرایط آبیاری، عملکرد دانه بالاتر از میانگین داشتند. این دو هیبرید با بالاترین مقدار STI، در نمودار بای پلات در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت به خشکی پایین قرار گرفتند. نتایج نشان داد، هر چند شاخص‌های MP، GMP و STI نسبت به سایر شاخص‌ها در به‌گزینی هیبریدهای متحمل با عملکرد بالا موفق‌تر بودند، اما با بکارگیری تجزیه بای پلات می‌توان هیبریدهای متحمل به خشکی را بهتر گزینش نمود. هدف از پژوهش حاضر کسب اطلاعاتی درباره تحمل به تنش کم آبی برخی لاین‌های اصلاح شده و هیبریدهای آن‌ها براساس صفات زراعی و فیزیولوژیکی از طریق تجزیه‌های چند متغیره و شاخص‌های تحمل به کم آبی بوده تا بتوان ژنوتیپ‌های مناسب برای کشت در شرایط آب و هوایی استان خوزستان معرفی را نمود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با بررسی ۶ لاین و هیبریدهای یک‌طرفه آن‌ها (۱۵ هیبرید حاصل از تلاقی‌های دای آلل) بهمراه شاهد SC704 در دو شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری در تابستان سال ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی صفی‌آباد دزفول، واقع در جنوب غرب ایران مورد ارزیابی قرار گرفتند. این مرکز با ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول ۴۸ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی در جنوب غرب کشور و در ۱۸

1- Tolerance Index
2- Mean Productivity
3- Geometric Mean Productivity
4-Yield Potential
5-Yield Stress
6- Stress Tolerance Index

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

کیلومتری دزفول واقع شده است(جدول ۱). لازم به ذکر است لاین‌های بکار رفته (اصلاح شده در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد) در این پژوهش، ماحصل انتخاب از بین ۴۰ لاین مورد بررسی در دو سال و دو شرایط نرمال و کم آبیاری بوده و هیبریدها با تلاقی‌های یک‌طرفه آن‌ها حاصل گردیدند. برای این منظور در تابستان سال ۱۳۹۸، لاین‌ها و هیبریدهای ذرت (۲۲ ژنوتیپ) در هر قطعه به‌صورت جداگانه در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار کشت گردیدند. آبیاری در قطعه بدون تنش از ابتدای کاشت تا زمان برداشت به‌طور معمول و پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. آبیاری در قطعه کم آبیاری تا ۲۰ روز قبل از گلدهی به‌طور معمول (لاین‌ها و هیبریدها از مراحل رشدی یکسانی برخوردارند) و از آن به بعد تا زمان برداشت پس از ۱۳۰ تا ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A صورت گرفت. بدین-ترتیب گیاهان در این قطعه تحت‌تأثیر تنش کم آبیاری در دوره گلدهی و پرشدن دانه قرار گرفتند. هر کرت شامل پنج خط کشت به طول سه متر با فاصله بوته ۱۸ سانتی‌متر (و تراکم یکسان برای کلیه لاین‌ها و هیبریدها) بود. تمام مراحل زراعی طرح در هر مرحله با توجه به نیاز گیاه بر اساس عرف کشاورزی منطقه بوده و از توصیه‌های مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استفاده شد. در این پژوهش برخی صفات فنولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱: والدین و هیبریدهای ذرت

کد	والدین	کد	هیبریدها	کد	هیبریدها
۱	C4-95-2	۱۲	C4-95-2× C4-95-6	۲۶	C4-95-6×C6-95-5
۲	C4-95-6	۱۳	C4-95-2× C4-95-23	۳۴	C4-95-23× C5-95-4
۳	C4-95-23	۱۴	C4-95-2× C5-95-4	۳۵	C4-95-23×C5-95-12
۴	C5-95-4	۱۵	C4-95-2× C5-95-12	۳۶	C4-95-23× C6-95-5
۵	C5-95-12	۱۶	C4-95-2× C6-95-5	۴۵	C5-95-4×C5-95-12
۶	C6-95-5	۲۳	C4-95-6× C4-95-23	۴۶	C5-95-4×C6-95-5
شاهد	SC704	۲۴	C4-95-6× C5-95-4	۵۶	C5-95-12× C6-95-5
		۲۵	C4-95-6× C5-95-12		

صفات فنولوژیکی شامل فاصله ظهور گرده تا ظهور ابریشم (ASI[1]) و تعداد روز تا رسیدگی که با مشاهده ۵۰ درصد بوته‌ها ثبت گردید. برای صفات مورفولوژیکی (اجزای عملکرد)، میانگین هر صفت از ۱۰ بوته رقابت کننده که به طور تصادفی در هر کرت آزمایشی مشخص شده بودند، اندازه‌گیری شد. ارتفاع بوته (ارتفاع از سطح زمین تا پایه گل تاجی بر حسب سانتی‌متر درزمان قبل از برداشت اندازه‌گیری شد). تعداد برگ‌ها، طول گل تاجی (فاصله آخرین گره روی ساقه تا انتهای محور مرکزی گل تاجی بر حسب سانتی‌متر). تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف (میانگین تعداد ردیف در بلال-های ۱۰ بوته انتخابی). وزن هزار دانه (بر حسب گرم در رطوبت ۱۴ درصد) تعیین شد. به هنگام رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها، برای تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی پس از حذف یک متر از بالا و پایین کرت، بوته‌های باقیمانده از وسط

1-Anthesis Silking Interval

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

هر کرت بریده شد و اندازه‌گیری صورت گرفت. عملکرد بیولوژیک (مجموع عملکرد دانه و میزان کاه و کلش) و شاخص برداشت بر اساس رابطه ۱ به دست آمد.

رابطه ۱:
$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times 100$$

شاخص‌های تحمل به خشکی مطابق رابطه‌های جدول ۲ محاسبه شدند.

جدول ۲: شاخص‌های تحمل به خشکی و فرمول‌های محاسبه آن‌ها

شاخص‌ها	رابطه	منبع
شاخص تحمل به تنش	$TOL = Yp - Ys$	Rosielle & Hamblin, 1981
شاخص حساسیت به تنش	$SSI = \frac{1-\frac{Ys}{Yp}}{SI}$ $SI = \frac{\overline{Ys}}{\overline{Yp}}\overline{Yp}$	Fisher & Maurer, 1978
شاخص متوسط عملکرد	$MP = \frac{Yp+Ys}{2}$	Rosielle & Hamblin, 1981
شاخص تحمل به تنش	$STI = \frac{Yp.Ys}{(\overline{Yp})^2}$	Fernandez, 1992
میانگین هندسی عملکرد	$GMP = \sqrt{(Ys)(Yp)}$	Fernandez, 1992
میانگین هارمونیک عملکرد	$HM = \frac{2(Yp.Ys)}{(Yp+Ys)}$	Schneider *et al.,* 1997

Y_P: عملکرد در شرایط بدون تنش، Y_S: عملکرد در شرایط تنش، $\overline{Yp}$: میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش و $\overline{Ys}$: میانگین عملکرد در شرایط کم آبیاری می‌باشد.

اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها به روش Arnon (1949) و با استفاده از برگ‌های جوان صورت پذیرفت. اندازه‌گیری شاخص سطح برگ حدود یک هفته بعد از اعمال تنش و همزمان با ظهور ابریشم‌های ۵۰ درصد بلال‌ها، در دو نوبت به فاصله دو روز (تغییرات رشد برگ‌ها به طور دقیق‌تر رصد شده و روند واکنش گیاه به تنش بهتر ثبت می‌شود)، از تیمارهای مختلف صورت گرفت. تعداد پنج بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و برای محاسبه سطح برگ، طول و عرض برگ بوسیله خط‌کش تعیین و سپس با استفاده از معادله یک میانگین شاخص سطح برگ تعیین شد.

رابطه ۲:
$$MP = \frac{(LA2+LA1)}{2} \times \frac{1}{GA}$$

LA1 و LA2: سطح برگ بوته در دو مرحله نمونه‌برداری و GA، مساحت زمینی که یک بوته اشغال می‌کند.تجزیه واریانس صفات، ضرایب همبستگی بین صفات، تجزیه به عامل‌ها از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای پلات روابط بین صفات مورد بررسی قرار گرفت و لاین‌ها و هیبریدها با استفاده از تجزیه کلاستر به روش Ward با استفاده از

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

داده‌های استاندارد و فاصله اقلیدسی گروه‌بندی شدند و در نهایت شاخص‌های تحمل و حساسیت به کم آبیاری برای لاین‌ها و هیبریدها محاسبه شد. کلیه تجزیه‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۶ انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در والدین و هیبریدهای ذرت نشان داد که بین والدین و هیبریدها (ژنوتیپ‌ها) از نظر کلیه صفات در هر دو شرایط اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد وجود داشت(جدول ۳). این مطلب بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر کلیه صفات مورد مطالعه در این پژوهش می‌باشد. به نظر می‌رسد که در شرایط آبیاری نرمال صفات کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید و در شرایط کم آبیاری صفات کلروفیل b و کاروتنوئید با توجه به ضریب تغییرات فنوتیپی بیشتر از سایر صفات تحت‌تأثیر محیط قرار گرفتند(جدول ۳). در نتیجه با توجه به تنوع موجود، این صفات می‌توانند مورد توجه به‌نژادگر قرار گیرند. اما صفات دیگر با ضریب تغییرات فنوتیپی پایین از شانس کمتری جهت انتخاب برخوردار هستند. تنوع ژنتیکی موجود در صفات مختلف می‌تواند بیانگر ظرفیت مناسب توده‌ها جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی آینده باشد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۸). نتایج ضرایب همبستگی ساده (بدلیل حجم بالای تجزیه‌های آماری از ذکر جدول همبستگی خودداری گردید) بین صفات در ژنوتیپ‌های ذرت در هر دو شرایط نشان داد که عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا رسیدگی، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ و کلروفیل a در شرایط آبیاری نرمال و در شرایط کم آبیاری با کلیه صفات بجز طول گل تاجی و شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط نرمال با صفت شاخص سطح برگ (r=۰/۷۹**) و در شرایط کم آبیاری نیز با صفت وزن هزار دانه (r=۰/۹۳**) بود. عسکری و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد هیبریدهای ذرت بیان کردند که بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود داشت. در شرایط تنش کم آبی شناسایی صفات مهم که از همبستگی بالایی با عملکرد برخوردار باشند، اهمیت بسزایی در تحقیقات اصلاحی دارد، زیرا عملکرد تحت‌تأثیر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد. محرم‌نژاد و شیری (۱۳۹۹) برای ارزیابی ۱۱ هیبرید ذرت جهت تعیین هیبریدهای برتر و سازگار برای منطقه مغان در طی دو سال گزارش کردند که همبستگی بین عملکرد دانه با عملکرد بلال و تعداد دانه در ردیف مثبت و معنی‌دار بود. نوری نژاد و همکاران (۱۴۰۳) با بررسی تعداد ۲۸۹ لاین ذرت تلاقی داده شده با هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در دو فصل تابستان و بهار گزارش دادند که بیشترین ضرایب همبستگی با عملکرد دانه در فصل تابستان به تعداد دانه در ردیف و در فصل بهار به عملکرد بیولوژیک اختصاص یافت. وجود تفاوت بین نتایج پژوهش حاضر با نتایج برخی پژوهشگران دیگر را می‌توان به متفاوت بودن جمعیت گیاهی و شرایط محیطی در هر آزمایش نسبت داد. از صفات با

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

همبستگی معنی‌دار و قابل توجه با عملکرد دانه می‌توان به عنوان معیارهای گزینش غیرمستقیم برای به‌نژادی و افزایش عملکرد بهره برد.

جدول ۳: تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد مطالعه در والدین و هیبریدهای ذرت تحت شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری

شرایط	منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد برگ‌ها	طول گل تاجی	ظهور گرده تا ابریشم‌دهی	تعداد روز تا رسیدگی	تعداد ردیف دانه	تعداد دانه در ردیف
آبیاری نرمال	بلوک	۲	۶۷۱*	۱/۴ns	۵/۳ns	۰/۵۶ns	۳۴/۳ns	۳/۴ns	۵۲/۴ns
	ژنوتیپ	۳۹	۱۶۴۷**	۷/۷**	۷۵/۵**	۴/۵**	۱۷/۸**	۱۸**	۹۹/۸**
	خطا	۷۸	۲۲۰	۲/۹	۲۶/۸	۰/۸۱	۷/۳	۱/۹	۲۳/۱
	ضریب تغییرات (درصد)	-	۸/۷	۱۴	۱۷	۲۷	۱/۲	۹/۷	۱۶
کم آبیاری	بلوک	۲	۷۹ns	۹/۶**	۹/۶ns	۰/۴۷ns	۹/۷ns	۵/۵ns	۱/۲ns
	ژنوتیپ	۳۹	۱۱۷۷**	۴/۹**	۴۴/۲*	۵/۷*	۵۴/۴**	۳۱**	۸۹/۲**
	خطا	۷۸	۱۷۶	۱/۵	۱۹/۸	۰/۵	۱۴	۲/۹	۲۶/۶
	ضریب تغییرات (درصد)	-	۸/۹	۱۰/۶	۱۵/۳	۱۸/۶	۳	۱۲/۲	۱۸/۸

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

ادامه جدول ۳

شرایط	منابع تغییر	درجه آزادی	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت	شاخص سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید
آبیاری نرمال	بلوک	۲	۲۷۲۸ns	۰/۲ns	۳/۳ns	۰/۵۳ns	۰/۰۰۱۸ns	۰/۰۰۵*	۰/۰۸ns
	ژنوتیپ	۲۱	۱۱۷۹۱**	۲۰/۲**	۲۵۰**	۴/۵**	۰/۰۳**	۰/۰۹**	۰/۹۰**
	خطا	۴۲	۱۹۶۳	۰/۲	۹/۳	۰/۳۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۸
	ضریب تغییرات (٪)	-	۱۵/۲	۶/۷	۶/۱	۱۱/۶	۳۵	۲۵/۶	۳۲/۹
کم آبیاری	بلوک	۲	۶۱۶ns	۰/۲۳ns	۱۲/۶ns	۰/۸۷*	۰/۰۰۳ns	۰/۰۲۵ns	۰/۰۶۱ns
	ژنوتیپ	۲۱	۱۰۰۶۵**	۸/۳**	۲۸۷**	۱/۴**	۰/۰۵۴**	۰/۰۷۱**	۰/۴۷۴**
	خطا	۴۲	۱۵۵۱	۰/۲۳	۱۱/۶	۰/۱۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۳۸
	ضریب تغییرات (٪)	-	۱۵/۶	۱۱/۴	۸/۷	۱۴/۲	۱۷/۹	۲۶	۲۳

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

پس از انجام تجزیه عاملی با در نظر گرفتن مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک، در شرایط آبیاری نرمال دو عامل اول توانستند به ترتیب ۵۵/۲ و ۱۴/۲ درصد و در مجموع ۶۹/۴ درصد از واریانس بین صفات را تبیین کنند; اما در شرایط کم آبیاری سه عامل اول توانستند به ترتیب ۵۲/۸، ۱۵/۵ و ۱۱/۲ درصد و در مجموع ۸۰/۱ درصد از واریانس بین صفات را تبیین کنند (جدول ۴). در هر دو شرایط در عامل اول بالاترین سهم در توجیه واریانس متعلق به صفات ارتفاع بوته، مجموع برگ‌ها، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، میزان کلروفیل a، میزان کلروفیل b و کاروتنوئید (و صفت عملکرد دانه در شرایط کم آبیاری و صفات طول گل تاجی و شاخص سطح برگ در شرایط نرمال) بود. لذا این عامل را می‌توان عامل مؤثر بر اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک در شرایط نرمال و عامل مؤثر بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک در شرایط کم آبیاری نامگذاری کرد. با توجه به اینکه این عامل به تنهایی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

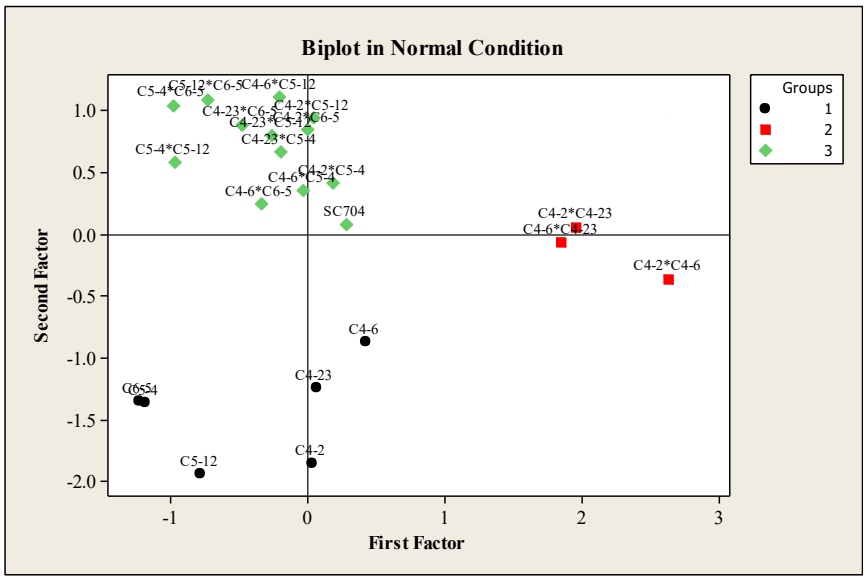
۵۵/۲ و ۵۲/۸ درصد از تغییرات کل را به ترتیب در شرایط نرمال و کم آبیاری توجیه کرده است؛ لذا صفاتی که در این عامل دارای ضرایب بزرگ هستند، مهم‌ترین صفات در گزینش والدین و هیبریدهای مطلوب می‌باشند. میزان اشتراک برای تمامی صفات وارد شده به عامل اول در حد نسبتاً بالایی بوده که این نشان دهنده تاثیر خوب و قابل قبول فاکتورهای مشترک برای این صفات می‌باشد. تمام صفاتی که در این عامل دارای ضریب بزرگ بودند همگی دارای ضریب مثبت بودند، لذا افزایش مقدار صفات مذکور سبب افزایش اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک خواهد شد. در شرایط نرمال عامل دوم دارای ضریب بزرگ و مثبت برای صفات ظهور گرده تا ابریشم‌دهی و عملکرد دانه بوده و به عنوان عامل مؤثر بر فاصله زمانی بین ظهور اندام‌های زایشی گل تاجی و ابریشم مادگی و عملکرد دانه تعیین گردید. با توجه به مثبت بودن ضرایب برای صفات مذکور بویژه عملکرد دانه بنابراین بالا بودن این عامل باید مد نظر قرار گیرد. در شرایط کم آبیاری عامل دوم که دارای ضریب بزرگ و مثبت برای صفت ظهور گرده تا ابریشم‌دهی، و ضرایب بزرگ و منفی برای صفات طول گل تاجی و شاخص سطح برگ بود، را می‌توان به عنوان عامل مؤثر بر ظهور گرده تا ابریشم‌دهی، طول گل تاجی و شاخص سطح برگ نامگذاری کرد. با توجه به مثبت بودن ضریب برای ظهور گرده تا ابریشم‌دهی و منفی بودن ضرایب برای طول گل تاجی و شاخص سطح برگ، بنابراین متوسط بودن عامل دوم باید مدنظر قرار گیرد. عامل سوم نیز دارای مقدار ویژه بزرگ‌تر از یک بود، لکن صفات طول گل تاجی و کاروتنوئید دارای ضرایب بزرگ بودند که هر دو به ترتیب در عامل‌های دوم و اول جزو صفات تأثیرگذار بودند.

جدول ۴: نتایج تجزیه به عامل‌ها، مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی برای صفات مختلف والدین و هیبریدهای ذرت در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری

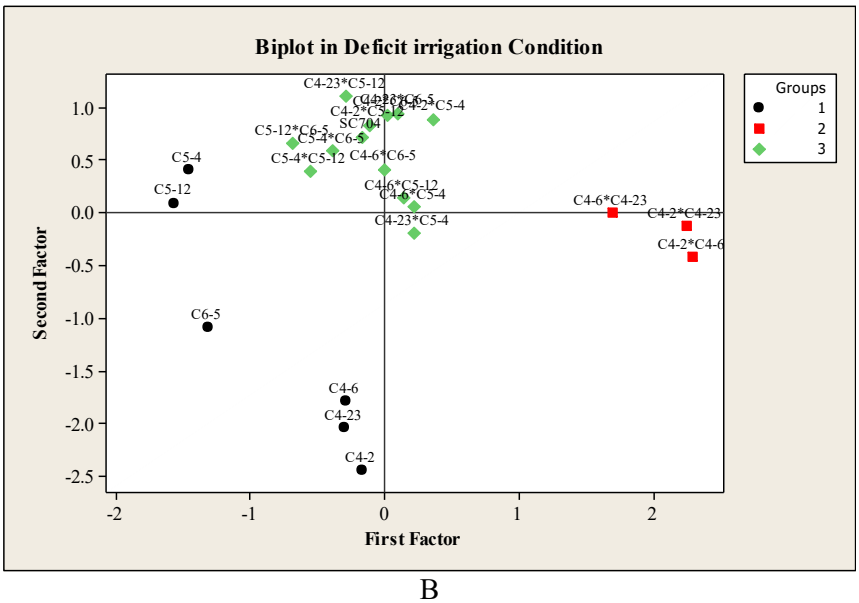
شرایط	آبیاری نرمال		کم آبیاری		
صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم
ارتفاع بوته	۰/۸۲۰	۰/۲۱۷	۰/۷۸۰	۰/۴۹۸	-۰/۱۳۱
تعداد برگ‌ها	۰/۸۸۰	-۰/۱۱۵	۰/۷۶۸	-۰/۳۵۴	۰/۰۲۸
طول گل تاجی	۰/۷۱۶	-۰/۴۹۶	۰/۴۹۵	-۰/۵۶۲	-۰/۵۵۵
ظهور گرده تا ابریشم‌دهی	-۰/۲۵۳	۰/۶۸۷	۰/۴۸۸	۰/۶۱۳	-۰/۲۴۲
تعداد روز تا رسیدگی	۰/۵۱۴	۰/۳۸۵	۰/۷۶۷	-۰/۰۶۹	۰/۳۱۲
تعداد ردیف دانه	۰/۸۲۵	-۰/۱۹۱	۰/۷۸۲	۰/۰۵۸	-۰/۳۲۱
تعداد دانه در ردیف	۰/۶۳۵	-۰/۰۱۸	۰/۶۴۴	۰/۴۳۸	-۰/۳۷۴
وزن هزار دانه	۰/۷۷۵	۰/۴۱۴	۰/۷۱۵	۰/۴۷۳	۰/۴۱۱
عملکرد دانه	۰/۵۳۹	۰/۷۸۲	۰/۸۶۵	۰/۲۴۵	۰/۳۵۶
شاخص برداشت	۰/۷۳۳	۰/۰۷۷	۰/۷۷۷	-۰/۲۴۱	۰/۴۷۸
شاخص سطح برگ	۰/۸۳۳	۰/۰۷۰	۰/۵۷۲	-۰/۶۵۱	۰/۲۳۳
کلروفیل a	۰/۹۲۳	۰/۰۸۱	۰/۹۴۰	-۰/۱۲۱	-۰/۱۵۰
کلروفیل b	۰/۷۶۸	-۰/۴۳۹	۰/۷۷۰	-۰/۳۵۱	-۰/۱۵۶
کاروتنوئید	۰/۸۹۳	-۰/۱۹۳	۰/۶۵۴	-۰/۰۲۸	۰/۵۵۰
مقدار ویژه	۷/۷	۱/۹۹	۷/۴	۲/۲	۱/۶
درصد واریانس	۵۵/۲	۱۴/۲	۵۲/۸	۱۵/۵	۱۱/۸
درصد واریانس تجمعی	۵۵/۲	۶۹/۴	۵۲/۸	۶۸/۳	۸۰/۱

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

در نمودار بای پلات ژنوتیپ‌ها (والدین و هیبریدها) در هر دو شرایط که بر اساس اولین و دومین مؤلفه ترسیم گردید، هیبریدهای C4-95-2×C4-95-23، C4-95-6×C4-95-23 و C4-95-2×C4-95-6 در ناحیه‌ای با بیشترین مؤلفه اول و مقدار متوسط مؤلفه دوم قرار گرفتند، سایر هیبریدها (اکثریت آن‌ها) از نظر مؤلفه اول در مقدار متوسط تا کم و از نظر مؤلفه دوم در بالاترین ناحیه واقع شدند (شکل ۱ A و B). کلیه لاین‌ها و بویژه C5-95-4، C5-95-12 و C6-95-5 در ناحیه‌ای با کمترین مؤلفه اول و دوم قرار گرفتند (شکل ۱ A). از طرفی همین ۳ لاین C5-95-4، C5-95-12 و C6-95-5 در ناحیه‌ای با کمترین مؤلفه اول و میزان بالای مؤلفه دوم در شرایط کم آبیاری واقع شدند (شکل ۱ B).



A



B

شکل ۱: نمودار بای پلات والدین و هیبریدهای ذرت بر اساس کلیه صفات مورد بررسی در شرایط آبیاری نرمال (A) و کم آبیاری (B)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

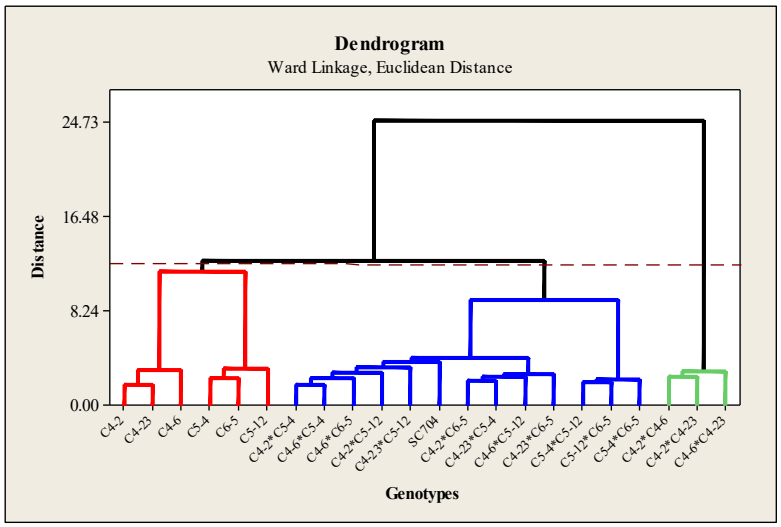
در هر دو شرایط با توجه به نمودار بای پلات والدین و هیبریدها براساس مؤلفه اول و دوم، هیبریدهای C4-95-2×C4-95-23، C4-95-6×C4-95-23 و C4-95-2×C4-95-6 در ناحیه‌ای با بیشترین مؤلفه اول واقع شدند. بنابراین هیبریدهای C4-95-2×C4-95-23، C4-95-6×C4-95-23 و C4-95-2×C4-95-6 در هر دو شرایط از نظر صفات تأثیرگذار در عامل اول شامل ارتفاع بوته، مجموع برگ‌ها، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، میزان کلروفیل a، میزان کلروفیل b و کاروتنوئید حائز بیشترین مقادیر بوده و از بین ۶ لاین و ۱۵ هیبرید و شاهد مورد بررسی بهترین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط می‌باشند. اما ۳ لاین C5-95-4، C5-95-12 و C6-95-5 در ناحیه‌ای با کمترین مؤلفه اول واقع شده و در هر دو شرایط از نظر صفات تاثیرگذار در عامل اول حائز کمترین مقادیر بوده و از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بدترین لاین‌ها در هر دو شرایط می‌باشند (شکل ۱ A و B). سایر ژنوتیپ‌ها از نظر مؤلفه اول بین دو گروه کمترین و بیشترین و از نظر مؤلفه دوم در بالاترین مقدار قرار گرفتند (شکل ۱ A و B). بای پلات ابزار مفیدی برای تجزیه اطلاعات و ارزیابی ساختار یک ماتریس دو طرفه است (Yan, 2024). ذاکرنژاد و همکاران (۱۳۹۹) با بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری بر شاخص‌های رشد هیبریدهای ذرت، برتری سینگل کراس ۷۰۴ نسبت به سایر هیبریدها در صفات اگروفیزیولوژیک را به پتانسیل عملکرد بالاتر، زودرسی و انطباق بیشتر با شرایط محیطی مرتبط دانست. محرم‌نژاد و شیری (۱۴۰۲) برای ارزیابی ۱۱ هیبرید ذرت جهت تعیین هیبریدهای برتر و سازگار برای منطقه مغان در طی دو سال، از روش‌های چند متغیره آماری استفاده کردند. براساس نتایج بای پلات هیبریدهای K47/2-2-1-4-MO17×2-1-1-1 و KLM77021/4-1×K47/3 از لحاظ عملکرد بلال، عملکرد دانه و تعداد دانه در ردیف بلال و هیبریدهای KLM82010×K3640/3 از لحاظ وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، قطر بلال، ارتفاع بلال و ارتفاع بوته جزء هیبریدهای برتر بودند. هراتی راد و همکاران (۱۴۰۲) با ارزیابی تنوع ژنتیکی ۹۵ لاین ذرت در دو شرایط نرمال و کمبود روی گزارش کردند که با استفاده از روش تجزیه و تحلیل موازی، چهار عامل مستقل و پنهانی در هر دو شرایط تعیین شد که به ترتیب ۶۳ و ۵۷ درصد از تنوع کل لاین‌ها را توجیه کردند. نوری نژاد و همکاران (۱۴۰۳) با بررسی تعداد ۲۸۹ لاین ذرت تلاقی داده شده با هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در دو فصل تابستان و بهار گزارش دادند که نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها در دو فصل تابستان و بهار نشان داد که پنج عامل پنهانی و مستقل، به‌ترتیب ۴۰/۷۱ و ۲۷/۷۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند؛ به‌طوری‌که پنج عامل پنهانی برای فصل تابستان تحت عنوان سهم عملکرد دانه از کل ماده خشک، عامل ارتفاع بوته، عامل اجزای تشکیل دهنده قطر بلال، عامل ارتفاع گل تاجی و عامل وزن دانه نام‌گذاری شدند. صالحی و همکاران (۱۴۰۲) رقم سیمون را در شرایط تنش خشکی بعنوان بهترنی رقم معرفی کردند. نتایج تجزیه کلاستر برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری و برش دندروگرام حاصل از شکل ۲ A و B باعث

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

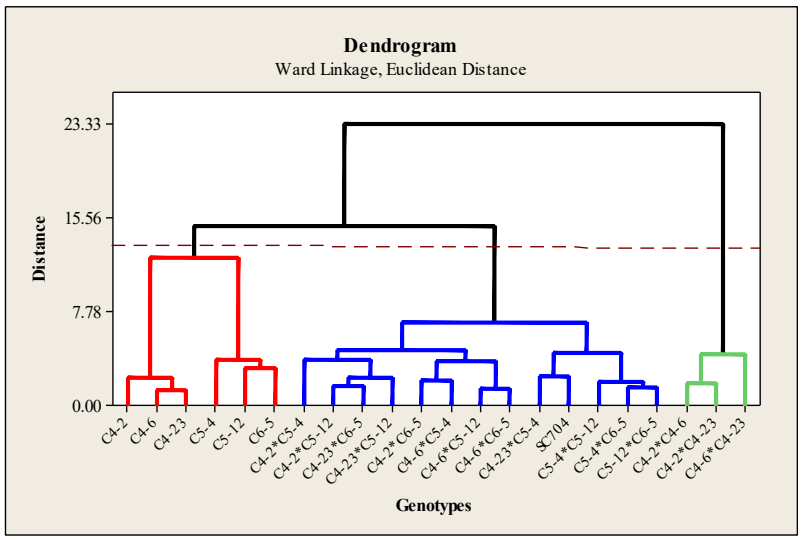
ایجاد سه گروه شد بر اساس این حالت گروه‌بندی، ۶ لاین C4-95-2، C4-95-23، C4-95-6، C5-95-4، C5-95-12 و C6-95-5 در گروه اول و ۳ هیبرید C4-95-6 ×C4-95-2، C4-95-23 ×C4-95-2 و C4-95-23 ×C4-95-6 در گروه دوم قرار گرفتند. در گروه سوم نیز ۱۳ هیبرید C5-95-4 ×C4-95-2، C5-95-12 ×C4-95-2، C6-95-5 ×C4-95-2، C5-95-4 ×C4-95-6، C5-95-12 ×C4-95-6، C6-95-5×C4-95-6، C5-95-4 ×C4-95-23، C5-95-12×C4-95-23، C6-95-5 ×C4-95-23 و SC704 قرار گرفتند. در هر دو شرایط با توجه به نمودار بای پلات والدین و هیبریدها براساس مؤلفه اول و دوم، هیبریدهای C4-95-23×C4-95-2، C4-95-23×C4-95-6 و C4-95-6×C4-95-2 در ناحیه‌ای با بیشترین مؤلفه اول واقع شدند. بنابراین هیبریدهای C4-95-23×C4-95-2، C4-95-23×C4-95-6 و C4-95-6×C4-95-2 در هر دو شرایط از نظر صفات تاثیرگذار در عامل اول شامل ارتفاع بوته، مجموع برگ‌ها، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، میزان کلروفیل a، میزان کلروفیل b و کاروتنوئید حائز بیشترین مقادیر بوده و از بین ۶ لاین و ۱۵ هیبرید و شاهد مورد بررسی بهترین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط می‌باشند. اما ۳ لاین C5-95-4، C5-95-12 و C6-95-5 در ناحیه‌ای با کمترین مؤلفه اول واقع شده و در هر دو شرایط از نظر صفات تاثیرگذار در عامل اول حائز کمترین مقادیر بوده و از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بدترین لاین‌ها در هر دو شرایط می‌باشند. سایر ژنوتیپ‌ها از نظر مؤلفه اول بین دو گروه کمترین و بیشترین و از نظر مؤلفه دوم در بالاترین مقدار قرار گرفتند. نتایج تجزیه کلاستر برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری و برش دندروگرام حاصل باعث ایجاد سه گروه شد. با توجه به نتایج حاصله از مقایسات میانگین، تجزیه به عامل‌ها، بای پلات و تجزیه کلاستر در هر دو شرایط هیبریدهای C4-95-6 ×C4-95-2، C4-95-23 ×C4-95-2 و C4-95-23 ×C4-95-6 با بهره‌مندی از عملکرد و اجزای عملکرد بیشتر و خصوصیات فیزیولوژیک بالاتر (هیبریدهای کلاستر دوم در هر دو شرایط) باعث افزایش میزان رشد بهتر و تولید عملکرد بیشتر گردیده‌اند. بررسی مورفولوژیکی ژرم‌پلاسم اولین قدم جهت توصیف و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها می‌باشد. ارزیابی تنوع ژنتیکی می‌تواند در شناسایی گروه‌های هتروتیک برای برنامه‌های دورگ‌گیری و تشکیل جمعیت‌های در حال تفرق به منظور تعیین مکان‌های کنترل کننده صفات مختلف مؤثر واقع شود. بنابراین شناخت تنوع ژنتیکی برای تولید ارقام جدید، مدیریت ژرم‌پلاسم و انتخاب والدین مناسب برای برنامه‌های اصلاحی، بسیار حائز اهمیت است (Lou *et al.*, 2018). محققین دیگر نیز با روش‌های مختلف تجزیه کلاستر براساس صفات مورفولوژیکی و زراعی ارقام و ژنوتیپ‌های ذرت را در گروه‌های مختلفی قرار دادند (محرم نژاد و شیری، ۱۳۹۹; رحیمی و همکاران، ۱۳۹۸). آقائی و همکاران (۱۴۰۳) با بررسی ۵۸۵ لاین گندم نان در نسل F_6، با استفاده از تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها را در سه گروه تقسیم‌بندی کرد. از نظر MP، GMP، STI و HM لاین‌های C4-95-2، C4-95-6 و C4-95-23 و هیبریدهای C4-95-23 ×C4-95-2،

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

C4-95-2× C5-95-6 و C4-95-6×C4-95-23 که دارای بالاترین عملکرد در شرایط نرمال و کم آبیاری می‌باشند، دارای بالاترین مقادیر شاخص‌های مذکور می‌باشند. برعکس لاین‌های C5-95-12، C5-95-4 و C6-95-5 که هم در شرایط نرمال و هم در شرایط کم آبیاری کمترین میزان عملکرد را دارند به لحاظ این شاخص‌ها در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در پایین‌ترین سطح قرار دارند (جدول ۵).



A



B

شکل ۲: دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر هیبریدهای ذرت بر اساس صفات مختلف در شرایط آبیاری نرمال (A) و کم آبیاری (B)

همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین شاخص میانگین تولید، میانگین هندسی، شاخص تحمل به تنش و میانگین هارمونیک با عملکرد هم در شرایط نرمال و هم در شرایط کم آبیاری وجود داشت (جدول ۶). شاخص میانگین تولید فقط در صورتی با عملکرد در شرایط تنش مرتبط است که شدت تنش کم بوده و عملکرد در شرایط

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

تنش سهم بالایی را در این شاخص داشته باشد. با توجه به این که شاخص میانگین تولید مجذور حاصل‌ضرب عملکرد در شرایط شاهد و تنش می‌باشد مقادیر بالای این شاخص لاین‌هایی را معرفی می‌نماید که دارای عملکرد نسبی بالا در هر دو شرایط نرمال و کم آبیاری می‌باشند. به لحاظ شاخص تحمل (TOL) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص تحمل با عملکرد در شرایط آبیاری نرمال (r=۰/۸۸**) و کم آبیاری (r=۰/۶۷**) مشاهده شد (جدول ۶). از آنجایی که مقدار بالای این پارامتر بیانگر حساسیت زیاد ژنوتیپ مورد نظر به تنش می‌باشد و مقدار پایین این پارامتر برای اصلاحگر مطلوب‌تر می‌باشد، بنابراین لاین‌های C4-95-2 و C6-95-5 و هیبرید C4-95-2× C4-95-23 که از نظر شاخص تحمل دارای کمترین مقدار می‌باشند ژنوتیپ‌های متحمل به کم آبیاری می‌باشند. از نظر SSI، لاین‌های C4-95-2 و C6-95-5 و هیبریدهای C4-95-2× C4-95-23، C4-95-2× C5-95-4 و C4-95-2× C4-95-23×C4-95-6 کمترین میزان شاخص حساسیت را داشته و لاین‌های C5-95-4 و C5-95-12 و هیبرید C4-95-2× C5-95-12 بیشترین میزان این شاخص را داشتند. بنابراین لاین‌های C4-95-2 و C6-95-5 و هیبریدهای C4-95-2× C4-95-23، C4-95-2× C5-95-4 و C4-95-6×C4-95-23 که کمترین میزان این شاخص را داشتند بیشترین تحمل را نسبت به کم آبیاری دارا هستند (جدول ۵).

جدول ۵: شاخص‌های تحمل به کم آبیاری در والدین و هیبریدهای ذرت

والدین و هیبریدها	Yp	Ys	TOL	SSI	MP	GMP	STI	HA
C4-95-2	۴/۴	۳/۹	۰/۵۰	۰/۲۷	۴/۱۵	۴/۱۴	۰/۳۹	۴/۱۳
C4-95-6	۴/۳	۳/۲	۱/۱	۰/۶۱	۳/۷۵	۳/۷۱	۰/۳۱	۳/۶۷
C4-95-23	۴/۳	۳/۲	۱/۱	۰/۶۱	۳/۷۵	۳/۷۱	۰/۳۱	۳/۶۷
C5-95-4	۱/۳	۰/۵۳	۰/۷۷	۱/۴	۰/۹۲	۰/۸۳	۰/۰۲	۰/۷۶
C5-95-12	۱/۳	۰/۴۷	۰/۸۳	۱/۵۲	۰/۸۹	۰/۷۸	۰/۰۱	۰/۶۹
C6-95-5	۱/۴	۱/۲	۰/۲	۰/۳۴	۱/۳	۱/۳۰	۰/۰۴	۱/۲۹
C4-95-2× C4-95-6	۹/۵	۶/۱	۳/۴	۰/۸۵	۷/۸	۷/۶۱	۱/۳۱	۷/۴۳
C4-95-2× C4-95-23	۸/۶	۶/۷	۱/۹۴	۰/۵۴	۷/۶۳	۷/۵۷	۱/۳۰	۷/۵۱
C4-95-2× C5-95-4	۷/۸	۵/۳	۲/۵	۰/۷۶	۶/۵۵	۶/۴۳	۰/۹۳	۶/۳۱
C4-95-2× C5-95-12	۸/۱	¾	۳/۸	۱/۱۲	۶/۲	۵/۹۰	۰/۷۹	۵/۶۲
C4-95-2× C6-95-5	۸/۷	۴/۸	۳/۹	۱/۰۷	۶/۷۵	۶/۴۶	۰/۹۴	۶/۱۹
C4-95-6× C4-95-23	۹/۱	۶/۵	۲/۶	۰/۶۸	۷/۸	۷/۶۹	۱/۳۴	۷/۵۸
C4-95-6× C5-95-4	۷/۶	۴/۸	۲/۸	۰/۸۸	۶/۲	۶/۰۴	۰/۸۲	۵/۸۸
C4-95-6× C5-95-12	۷/۵	۴/۸	۲/۷	۰/۸۶	۶/۱۵	۶/۰۰	۰/۸۱	۵/۸۵
C4-95-6×C6-95-5	۸/۳	۴/۶	۳/۷	۱/۰۶	۶/۴۵	۶/۱۸	۰/۸۶	۵/۹۲
C4-95-23× C5-95-4	۷/۹	۵	۲/۹	۰/۸۷	۶/۴۵	۶/۲۸	۰/۸۹	۶/۱۲
C4-95-23×C5-95-12	۸/۵	۵	۳/۵	۰/۹۸	۶/۷۵	۶/۵۲	۰/۹۶	۶/۳۰
C4-95-23× C6-95-5	۸/۰۳	۵	۳/۰۳	۰/۹۰	۶/۵۲	۶/۳۴	۰/۹۱	۶/۱۶
C5-95-4×C5-95-12	۷/۱	۴/۰۳	۳/۰۷	۱/۰۳	۵/۵۷	۵/۳۵	۰/۶۵	۵/۱۴
C5-95-4×C6-95-5	۶/۹	۴/۰۳	۲/۸۷	۰/۹۹	۵/۴۷	۵/۲۷	۰/۶۳	۵/۰۹
C5-95-12× C6-95-5	۷	۴/۲	۲/۸	۰/۹۵	۵/۶	۵/۴۲	۰/۶۶	۵/۲۵
SC704	۸/۶	۴/۸	۳/۸	۱/۰۵	۶/۷	۶/۴۲	۰/۹۳	۶/۱۶

Y_P: عملکرد در شرایط بدون تنش، Y_S: عملکرد در شرایط تنش، TOL: شاخص تحمل به تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش،MP: متوسط عملکرد، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP : میانگین هندسی عملکرد و HA: میانگین هارمونیک عملکرد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

همانگونه که مشاهده شد انتخاب بر مبنای شاخص‌های مختلف ممکن است به انتخاب ژنوتیپ‌های متفاوتی منجر شود. به طور کلی شاخص یا شاخص‌هایی که با عملکرد در هر دو شرایط نرمال و کم آبیاری همبستگی بالا و یکسانی داشته باشند، به عنوان بهترین شاخص‌ها محسوب می‌شوند; در نتیجه می‌توان گفت که MP، GMP، STI، HA و TOL به عنوان بهترین شاخص‌های انتخاب در این بررسی معرفی گردیدند (جدول ۶).

جدول ۶: ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به کم آبیاری در والدین و هیبریدهای ذرت

شاخص	Y_P	Y_S	TOL	SSI	MP	STI	GMP	HA
Y_P	۱							
Y_S	۰/۹۴**	۱						
TOL	۰/۸۸**	۰/۶۷**	۱					
SSI	۰/۰۳	-۰/۳۰	۰/۳۶	۱				
MP	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۸۱**	-۰/۱۴	۱			
STI	۰/۹۵**	۰/۹۶**	۰/۷۴**	-۰/۱۱	۰/۹۷**	۱		
GMP	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۷۹**	-۰/۱۶	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۱	
HA	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۷۶**	-۰/۱۹	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۰/۹۹**	۱

Y_P: عملکرد در شرایط بدون تنش، Y_S: عملکرد در شرایط تنش، TOL: شاخص تحمل به تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش،MP: متوسط عملکرد، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP : میانگین هندسی عملکرد و HA: میانگین هارمونیک عملکرد

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

در این بررسی با توجه به بهترین شاخص‌ها ژنوتیپ‌های متفاوتی گزینش شدند. براساس شاخص‌های MP، GMP، STI و HA لاین‌های C4-95-2، C4-95-6 و C4-95-23 و هیبریدهای C4-95-23 ×C4-95-2، C5-95-6 ×C4-95-2 و C4-95-23×C4-95-6 و براساس شاخص TOL لاین‌های C4-95-2 و C6-95-5 و هیبرید C4-95-23 ×C4-95-2 ژنوتیپ‌های متحمل به کم آبیاری می‌باشند. (جدول ۵). با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ۸ مؤلفه محاسبه شد ولی از آنجایی که دو مؤلفه اصلی اول و دوم ۹۷/۹ درصد از تغییرات موجود در متغیرها را در بر می‌گیرند (مؤلفه اول ۸۱/۹ درصد و مؤلفه دوم ۱۶/۰ درصد را شامل می‌شود) می‌توان از سایر مؤلفه‌های اصلی که اهمیت چندانی ندارند چشم‌پوشی نمود. به همین جهت ترسیم بای پلات بر اساس دو مؤلفه اصلی اول صورت گرفت. از آنجایی که دو مؤلفه تغییراتی مستقل را تبیین می‌کنند از این رو دو مؤلفه را می‌توان به صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپ‌ها را بر اساس این دو مؤلفه در سطح نمودار توسط نقاطی مشخص کرد. در این بررسی با توجه به جدول ۸، اولین مؤلفه ۸۱/۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمود و همبستگی بالایی را با شاخص‌های MP، HA، GMP، STI و TOL نشان داد. از آنجا که مقادیر بالای کلیه این شاخص‌ها بجز شاخص TOL مطلوب است و با توجه به رابطه مثبت مؤلفه اول با این شاخص‌ها اگر میزان بالای آن انتخاب شود، ژنوتیپ‌هایی گزینش می‌شوند که دارای عملکرد بالا در هر دو محیط نرمال و کم آبیاری هستند، از این رو این را می‌توان مؤلفه پتانسیل عملکرد و متحمل به کم آبیاری نامگذاری کرد. از طرف دیگر مؤلفه دوم ۱۶ درصد از تغییرات موجود را به خود اختصاص داد و دارای همبستگی منفی و بالایی با شاخص SSI بود، از این رو مؤلفه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

حساسیت به کم آبیاری نامیده می‌شود. با توجه به آنکه مقادیر پایین این شاخص مورد نظر است و با توجه به رابطه منفی مؤلفه دوم با این شاخص، اگر میزان این مؤلفه بالا باشد ژنوتیپ‌های متحمل به کم آبیاری انتخاب می‌گردد. با توجه به این نکات، قسمت مطلوب بای پلات ناحیه سمت راست و بالا (مقادیر بیشتر مؤلفه اول و مؤلفه دوم) خواهد بود. هیبریدهای C4-95-23 ×C4-95-2، C4-95-2 ×C5-95-6، C4-95-6×C4-95-23، C4-95-2 ×C5-95-4، C4-95-6 ×C5-95- 12و C6-95-5 ×C4-95-23 در ناحیه سمت راست و بالا قرار گرفته بنابراین با توجه به نتایج تجزیه به مؤلفه‌ها و بای پلات هیبریدهای متحمل به کم آبیاری بوده، اما لاین‌های C4-95-4 و C5-95-12 که در سمت چپ و پایین قرار گرفته‌اند حساس به کم آبی می‌باشند (شکل ۳). در این بررسی با توجه به بهترین شاخص‌ها ژنوتیپ‌های متفاوتی گزینش شدند. براساس شاخص‌های MP، GMP، STI و HA لاین‌های C4-95-2، C4-95-6 و C4-95-23 و هیبریدهای C4-95-23 ×C4-95-2، C4-95-2 ×C5-95-6 و C4-95-6×C4-95-23 و براساس شاخص TOL لاین‌های C4-95-2 و C6-95-5 و هیبرید C4-95-23 ×C4-95-2 ژنوتیپ‌های متحمل به کم آبیاری می‌باشند. در جمع بندی نتایج شاخص‌های تحمل به تنش، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و بای پلات هیبریدهای ، C4-95-2 ×C5-95-6 و C4-95-6×C4-95-23 متحمل به کم آبی و لاین‌های C4-95-4 و C5-95-12 حساس به کم آبی می‌باشند. بطور کلی زمانی که انتخاب هیبریدهای متحمل به تنش خشکی براساس شاخصی مانند تجزیه بای پلات که از تلفیق این شاخص‌های مختلف بدست می‌آید، استفاده شود، نسبت به انتخاب براساس شاخص منفرد، سودمند خواهد بود.

جدول ۷: مقادیر ویژه و بردارهای ویژه برای شاخص‌های حساسیت و تحمل به کم آبیاری در والدین و هیبریدهای ذرت

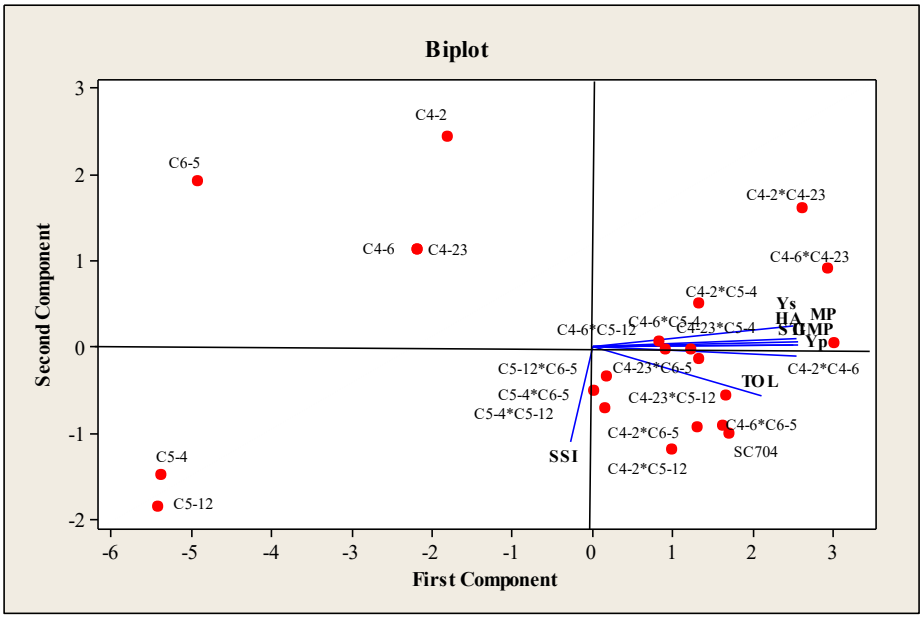
مؤلفه/شاخص	Yp	Ys	TOL	SSI	MP	STI	GMP	HA	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
مؤلفه اول	۰/۹۹۳	۰/۹۷۲	۰/۸۲۰	-۰/۱۱۲	۰/۹۹۹	۰/۹۷۵	۰/۹۹۸	۰/۹۹۵	۶/۵۵	۸۱/۹	۸۱/۹
مؤلفه دوم	-۰/۰۹۵	۰/۲۱۰	-۰/۵۰۷	-۰/۹۷۹	۰/۰۲۵	۰/۰۲۷	۰/۰۵۷	۰/۰۸۹	۱/۲۸	۱۶	۹۷/۹

Y_P: عملکرد در شرایط بدون تنش، Y_S: عملکرد در شرایط تنش، TOL: شاخص تحمل به تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش،MP: متوسط عملکرد، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP : میانگین هندسی عملکرد و HA: میانگین هارمونیک عملکرد.

شیری و چوکان (۱۳۹۶) با بررسی ۳۸ هیبرید ذرت دانه‌ای تحت دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه گزارش کردند که هیبریدهای K3653/2 × K74/2-2-1-3-1-1-1 و SC704 در هر دو شرایط آبیاری، عملکرد دانه بالاتر از میانگین داشتند. این دو هیبرید با بالاترین مقدار STI، در نمودار بای پلات در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت به خشکی پایین قرار گرفتند. نتایج نشان داد، هر چند شاخص‌های MP، GMP و STI نسبت به سایر شاخص‌ها در به‌گزینی هیبریدهای متحمل با عملکرد بالا موفق‌تر بودند، اما با بکارگیری تجزیه بای پلات می‌توان هیبریدهای متحمل به خشکی را بهتر گزینش نمود. در پژوهشی در شرایط تنش خشکی بر روی گندم ضریب همبستگی عملکرد دانه با شاخص‌های SSI و TOL همبستگی منفی و معنی‌دار و با سایر شاخص‌های MP، GMP، HM، STI و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

K_2STI همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. (حسین پور برنجی آباد و همکاران، ۱۴۰۳).



شکل ۳: نمایش بای‌پلات والدین و هیبریدهای ذرت بر اساس اولین و دومین مؤلفه شاخص‌های حساسیت و تحمل به کم آبیاری

نتیجه‌گیری کلی

پژوهش حاضر که با هدف بررسی تعدادی لاین اصلاحی ذرت و هیبریدهای آن‌ها در دو شرایط نرمال و کم آبی، در خوزستان با شرایط استثنایی بسیار گرم و خشک و متکی به ارقام خارجی از جمله رقم قدیمی سینگل‌کراس ۷۰۴ صورت پذیرفت، نتایج تنوع قابل ملاحظه‌ای را میان لاین‌ها و هیبریدها نشان داد. نتایج تجزیه واریانس، تجزیه به عامل‌ها، بای پلات، تجزیه کلاستر و شاخص‌های تحمل، به خوبی این تنوع را تأیید کرد. براساس تجزیه‌های چند متغیره و بهترین شاخص‌های تحمل به تنش (MP، GMP، STI و HA) در این پژوهش، لاین‌های C4-95-2، C4-95-6 و C4-95-23 در بین ۶ لاین مورد بررسی و هیبریدهای C4-95-23 ×C4-95-2، C5-95-6 ×C4-95-2 و C4-95-6×C4-95-23 در مقایسه با سایر هیبریدها و رقم شاهد بعنوان بهترین ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط بوده و باعث افزایش میزان رشد و تولید عملکرد بیشتر و تحمل به کم آبی می‌باشند. ۳ لاین C5-95-4، C5-95-12 و C6-95-5 با میانگین عملکرد ۱/۳، ۱/۳ و ۱/۴ تن در هکتار در شرایط نرمال و ۰/۵۳، ۰/۴۷ و ۱/۲ تن در هکتار در شرایط کم آبی و در هر دو شرایط ضعیف عمل کرده و حساس به کم آبی می‌باشند. نتایج این پژوهش نشان داد لاین‌های منتخب پایه‌های مناسبی برای تلاقی و دورگ‌گیری باشند. البته برای تأیید یافته‌های این پژوهش لازم است آزمایش مجدداً در شرایط نرمال و کم آبیاری در چند سال تکرار شود. در هر صورت این ژرم‌پلاسم به‌طور یقین می‌تواند به‌عنوان یکی از منابع قابل اعتماد برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی آینده مورد توجه قرار گیرد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

منابع

آقایی، ن.، بهرامی نژاد، ص.، امیری، ر.، و محمدی، ر. ۱۴۰۳. ارزیابی جمعیت‌های اصلاحی گندم نان براساس صفات زراعی و فنولوژیک. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۶ (۶۴): ۴۹-۶۷.

حسین پور برنجی آباد، م.، جعفری، م. و علیپور، ه. ۱۴۰۳. ارزیابی تحمل به تنش خشکی در ارقام و توده‌های بومی گندم نان (*Triticum aestivum* L) با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش. مجله تحقیقات غلات. ۱۴(۱): ۶۱-۸۲.

شیری، م.ر. و چوکان، ر. ۱۳۹۶. ارزیابی تحمل به خشکی هیبریدهای ذرت دانه‌ای. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۹ (۲۱): ۹۹-۸۹.

ذاکر نژاد، س.، نادری، ا.، هاشمی دزفولی، س.ا.، لک، ش.، و علوی فاضل، م. ۱۳۹۹. ارزیابی اثر رژیم‌های آبیاری بر شاخص‌های رشد هیبریدهای ذرت در فصل‌های بهار و تابستان در اقلیم گرم و خشک خوزستان. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۲ (۴۸): ۲۵-۴۵.

رحیمی، ی.، بی همتا، م.ر.، طالعی، ا.ر. و علیپور، ه. ۱۳۹۸. ارزیابی تنوع ژنتیکی توده‌های بومی گندم ایران از نظر برخی صفات زراعی تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (دیم). مجله علوم زراعی ایران. ۵۰ (۳): ۱-۱۶.

صالحی، م.، زارع، م.و بذرافشان، ب.، آبین، ا.، و امیری، ب. ۱۴۰۲. پاسخ مورفو-فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ارقام مختلف ذرت به کاربرد زئولیت تحت شرایط تنش خشکی. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۵ (۶۰): ۸۹-۱۰۳.

عسکری، م.، مقصودی مد، ا.ا. و صفاری، و.ر. ۱۳۹۲. بررسی برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه هیبریدهای ذرت (*Zea mays* L.) تحت تنش شوری. مجله تولید و فرآوری گیاهی. ۳: ۹۳-۱۰۴.

محرم نژاد، س.، و شیری، م. ۱۳۹۹. بررسی تنوع زنتیکی در ژنوتیپ‌های ذرت براساس عملکرد بلال و صفات فیزیولوژیکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۱۲ (۳۵): ۳۰-۴۰.

نوری نژاد، ح.، عالمی سعید، خ.، و سادات، ش. ۱۴۰۳. مطالعه تنوع ژنتیکی، وراثت پذیری، پیشرفت ژنتیکی و تجزیه به عامل‌ها صفات عملکرد و اجزای عملکرد در لاین‌های امیدبخش ذرت. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۱۶(۲): ۱۰۴-۱۱۷.

هراتی راد، م.، مهدی نژاد، ن.، درویش زاده، ر.، فاخری، ب.ع.، و جباری، م. ۱۴۰۲. بررسی تنوع ژنتیکی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

لاین‌های ذرت (*Zea mays* L.,) براساس صفات اگرومورفولوژیک با استفاده از تحلیل عاملی تحت شرایط کمبود روی (Zn). مجله تحقیقات غلات. ۱۳(۱): ۴۷-۶۳.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology. 24, 1–15.

Doswell, C. 2019. Maize in the Third World. CRC Press. Boca Raton, FL, USA.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, 13-16 Aug., Shanhua, Taiwan. Pp, 275-270. doi: 10.22001/wvc.72511.

Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research. 29 (5): 897-912.

Grafton, Q. R., Williams, J., and Jing, Q. 2015. Food and water gaps to 2050: Preliminary results from the global food and water system (gfws) platform. Food security. 7: 209-210.

Lou, Y., Sun, X., Chao, Y., Amombo, E., Wang, H., Song, F., Xu, Q., and Zhuge, Y. 2018. Association mapping of quality traits with SSR markers in tall fescue (*Festuca arundia* Schreb.). Journal of Animal and Plant Sciences. 286: 1787-1794.

Nelimor, C., Badu-Apraku, B., Tetteh, A.Y., Garcia-Oliveira, A.L., and Nguetta, A.S.P. 2020. Assessing the potential of extra-early maturing landraces for improving tolerance to drought, heat, and both combined stresses in maize. Agronomy. 10: 318-341.

Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science. 21(6): 943-946.

Schneider, K. A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriquez, B., Acosta-Gallegos, J.A., Ramirez-Vallejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science. 37(1): 43-50.

Yan, W. 2024. Two types of biplots to integrate multi-trail and multi-trait information for genotype selection. Journal of Crop Science. 64 (3): 1608-1618.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]

Study of water deficit tolerance of corn parents and hybrids under normal and deficit irrigation conditions basis agrphysiological traits

S. Zallaghi[1], Z. Khodarahmpour[2*], A. Afarinesh[3], M. Motamedi[4] and S. K. Marashi[5]

1 & 5) Department of Genetics and Plant Breeding, Ahv.C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2 & 4) Department of Production Engineering and Plant Genetics, Sho.C., Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.
3) Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Safiabad Dezfol, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Dezful, Iran.

*** Corresponding Author:Zahra.khodarahmpour@iau.ac.ir**

Received date: 2025.02.12 **Accepted date: 2025.05.31**

Abstract

Khuzestan, as one of the most important corn producing provinces in the country, lacks improved varieties adapted to very hot and dry conditions. Morphological examination of germplasm is the first step in describing and grouping genotypes. In this experiment, six lines and their one-way hybrids with the SC704 control were evaluated under two conditions of normal and deficit irrigation in a randomized complete block design with three replications in the summer of 2019 at the Safiabad Agricultural Research and Education Center of Dezful. The results showed considerable variation among lines and hybrids. The results showed a significant variation among lines and hybrids in terms of all phenological, morphological and physiological traits studied. In factor analysis, considering eigenvalues greater than one, in normal irrigation conditions and in deficit irrigation conditions effective factors, respectively explained 69.4 and 80.1 percent of the variance between traits, respectively. The results of cluster analysis for grouping genotypes in both conditions and cutting the resulting dendrogram by Ward's method using standard data and Euclidean distance resulted in the creation of three groups. Based on multivariate analyses and the best stress tolerance indices (MP, GMP, STI and HA) in this study, lines C4-95-2, C4-95-6 and C4-95-23 were among the 6 lines studied and hybrids C4-95-2× C4-95-23, C4-95-2× C5-95-6 and C4-95-6×C4-95-23 were the best genotypes in both conditions and increased growth rate, higher yield and tolerance to water deficit. 3 lines C5-95-4, C5-95-12 and C6-95-5 performed poorly in both conditions and were sensitive to water deficit. The selected lines are suitable bases for crossing and hybridization, and the best hybrids are also suitable for cultivation under the conditions this study.

Key Words: Cluster analysis, Principal components analysis and Tolerance index.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-03]