اثر کود فسفر و روابط برخی صفات زراعی دو هیبرید ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط تنش خشکی

رقیه امینیان*[۱]، هیلا سادات طبسی[۲]، فرهاد حبیب‌زاده[۳] و سامان پارسامهر[۴]

۱ و۳) استادیار گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
۲) دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، نراق، ایران.
۴) دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

*نویسنده مسئول: roghayehaminian@yahoo.com

تاریخ دریافت:۹۶/۰۵/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۲۹

چکیده

به‌منظور تعیین رابطه عملکرد و برخی صفات زراعی و ارزیابی اثر مقادیر مختلف کود فسفر بر صفات مورد بررسی دو هیبرید ذرت دانه‌ای در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل آبیاری کامل، تنش در مرحله ظهور پانیکول و تنش در مرحله پرشدن دانه اعمال شد. کود فسفر به‌عنوان عامل فرعی در سه سطح ۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (به‌ترتیب شاهد بدون کود، ۱۰۰ درصد توصیه کودی و ۵۰ درصد بیش‌تر از توصیه کودی) و هیبرید به‌عنوان عامل فرعی فرعی در دو سطح (SC700 و SC704) در نظر گرفته شدند. اثر آبیاری، کود و هیبرید در عملکرد و بسیاری از صفات دیگر معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و کم‌ترین آن در شرایط تنش در مرحله پرشدن دانه حاصل شد. بین دو هیبرید ۷۰۰ و ۷۰۴ در سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیش‌ترین وزن خشک در شرایط آبیاری کامل حاصل شد، که در این شرایط بین مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و استفاده از سینگل کراس ۷۰۰ و مصرف ۱۰۰ و۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و استفاده از سینگل کراس SC۷۰۴ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. هم در شرایط آبیاری نرمال و هم تنش، بیش‌ترین همبستگی عملکرد دانه با شاخص برداشت مشاهده شد. براساس رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت، هم در شرایط آبیاری نرمال و هم در شرایط تنش، صفات شاخص برداشت و وزن خشک بیش‌ترین اثر را بر عملکرد دانه داشتند و در برنامه‌های گزینشی می‌توانند برای بالا بردن ظرفیت تولید، مؤثر واقع شوند. بیش‌ترین وزن خشک از تیمارهای آبیاری کامل، مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و هیبرید SC۷۰۰ و هم-چنین آبیاری کامل، مصرف ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و هیبرید SC۷۰۴ حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تجزیه علیت، رگرسیون گام به گام و کود.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تنش‌های محیطی مهم‌ترین عامل کاهش‌دهنده رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی در سراسر جهان می‌باشند (Jaleel *et al*., 2007). خشکسالی و تنش خشکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی هستند که تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبرو ساخته و بازده استفاده از مناطق نیمه خشک و دیم را کاهش داده و تولید موفق محصولات زراعی در ایران و جهان را با مشکل روبرو ساخته‌اند (Bartels and Sourer, 2004، ربانی و امام، ۱۳۹۰). تنش خشکی در شرایط مختلف رشد سبب تغییرات مختلف مرفوفیزیولوژیک در گیاهان می‌شود (Ali and Golombek, 2016). تنش خشکی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها مخصوصاً تنش کمبود عناصر غذایی برای گیاه می‌شود. یکی از زیان‌بارترین اثرات تنش خشکی، اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی است که علاوه بر تلفات کود، باعث کاهش عملکرد دانه و علوفه می‌شود (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۷). تغذیه مطلوب گیاهی به‌عنوان یکی از روش‌های موثر برای بهبود توانایی گیاهان در مقابله با تنش خشکی به‌شمار می‌رود و می‌تواند منجر به کاهش آثار مضر تنش خشکی از جمله کاهش عملکرد دانه شود (امام و ثقه‌الاسلامی، ۱۳۸۴). فسفر یکی از ترکیبات غذایی موجود در گیاه است که در انتقال انرژی و فرآیندهای متابولیسمی در سلول‌های بافت‌های گیاهی و در تولید اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌ها نقش حیاتی دارد. افزایش فسفر به خاک تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌علت افزایش فسفر محلول نقش بسیار مهمی در جذب عناصر از جمله فسفر، پتاسیم، منیزیم و روی دارد و باعث اختصاص بیش‌تر مواد غذایی و مواد فتوسنتزی به بذر و در نتیجه بزرگ‌تر شدن اندازه دانه می‌شود (Zeidan, 2007). افزایش مقدار فسفر محلول، میزان ذخیره فیتین بذر را افزایش می‌دهد. فیتین منبع اصلی ذخیره فسفر در اکثر دانه‌ها و بذرها و ترکیب مهمی برای جوانه‌زدن و رشد دانه است و می‌تواند نقش مهمی در اندازه و وزن بذر داشته باشد (Zeidan, 2007). در مطالعه‌ای باکتری‌های حل‌کننده فسفات با افزایش رشد ذرت و جذب فسفر، منجر به افزایش تحمل گیاه نسبت به شرایط تنش کم‌آبی شدند (شریفی و عادلی‌نصب، ۱۳۹۵). کاربرد کود پتاسیم در شرایط تنش خشکی سبب افزایش ماده خشک در تمام مراحل رشد و عملکرد دانه شد (Zhang *et al*., 2014). از آن-جایی که گیاه ذرت در دوره‌های مختلف رشد و نمو نیازهای متفاوتی به عناصر غذایی دارد، اثر تنش خشکی نیز بر روند جذب و تجمع عناصر غذایی در این دوره‌های رشدی متفاوت بوده و با افزایش نیاز گیاه به عناصر غذایی در مرحله‌ای از رشد، اثر تنش خشکی نیز در آن دوره بیش‌تر خواهد بود. عملکرد دانه در غلات به‌عنوان مهم‌ترین خصوصیت تحت اثر اجزای آن و صفات مرتبط با آن‌ها قرار می‌گیرد. جهت حصول عملکرد مناسب باید تمامی اجزای عملکرد نسبت به یک-دیگر از موازنه و تعادل مطلوبی برخوردار باشند (Mohammadi *et al*., 2010). تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد و همبستگی آن‌ها با عملکرد سبب انتخاب ژنوتیپ‌های پر محصول در جهت افزایش عملکرد در واحد سطح

Archive of SID

www.SID.ir

شده است. با توجه به شرایط کمبود آب در کشور و اهمیت غلات، این مطالعه به‌منظور ارزیابی روابط بین صفات مؤثر بر عملکرد دانه و تعیین سهم نسبی آن‌ها و بررسی اثر کود فسفر بر عملکرد دانه و برخی از صفات مهم زراعی ارقام ذرت در شرایط تنش اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات مناطق خشک و بیابانی کاشان با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه و طول ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه و با ارتفاع ۹۵۰ متر از سطح دریا اجرا شد که متوسط بارندگی ۱۳۹ میلی‌متر در سال، تبخیر سالانه ۳۶۰۰ میلی‌متر، دمای متوسط سالانه ۱۹ درجه سانتی‌گراد و درصد رطوبت نسبی هوا نیز ۲۰ درصد بود. قبل از اجرای آزمایش نمونه مرکبی از عمق ۳۰ – ۰ سانتی‌متری از خاک مزرعه تهیه و آزمایش شد که نتایج آنالیز فیزیکی وشیمیایی خاک در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق نمونه برداری(cm)	هدایت الکتریکی EC (ds/m)	واکنش گل اشباع pH	مواد آلی (٪)	نیتروژن (٪)	پتاسیم (p.p.m)	فسفر (p.p.m)
۰ -۳۰	۴/۸۹	۷/۹۷	۰/۱۱	۰/۰۲	۱۰۷/۱	۲/۴۳

آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح آبیاری کامل یا به عبارتی آبیاری در تمام مراحل رشد و نمو (شاهد)، تنش در مرحله ظهور پانیکول (قطع یک دور آبیاری در این مرحله) و تنش در مرحله پرشدن دانه (قطع یک دور آبیاری در این مرحله) انجام شد. عامل فرعی هم کود فسفر در سه سطح ۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل حاوی ۴۶ درصد P_2O_5 قبل از کاشت (به‌ترتیب شاهد بدون کود، براساس توصیه کودی و ۱۰۰کیلوگرم در هکتار اضافه‌تر از توصیه کودی) و عامل فرعی فرعی نیز هیبرید (SC704 به‌عنوان هیبرید عرف منطقه و SC700 به‌عنوان هیبرید جدید که در شرایط تنش خشکی کارایی مصرف آب و عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به SC704 داشته است) در نظر گرفته شدند. کود فسفر به‌صورت پخش سطحی و مخلوط با خاک قبل از انجام کاشت استفاده شد. هم‌چنین میزان۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم حاوی ۵۰ درصد K_2O (معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم برحسب K_2O) قبل از کاشت و میزان ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن (تقریباً معادل۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) یک سوم در زمان کاشت، یک سوم در مرحله ۷-۶ برگی و یک سوم قبل از ظهور گل‌های نر) استفاده شد. پس از مصرف کودهای شیمیایی مورد نیاز، آماده کردن جوی و پشته‌ها به‌وسیله فاروئر و آماده‌سازی جوی‌های اصلی، آبیاری انجام شد. هر کرت فرعی از پنج خط کاشت به طول ۵ متر تشکیل شده و فاصله بین ردیف و روی ردیف کاشت به ترتیب ۷۵ سانتی‌متر و

Archive of SID

www.SID.ir

۱۸سانتی‌متر بود. تراکم بوته بر اساس توصیه‌های تحقیقاتی، ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار بود. کاشت در اوایل مرداد ماه صورت گرفت. آبیاری کامل طی ۱۷ مرحله و در ابتدای فصل رشد با توجه به افزایش درجه حرارت به‌صورت ۳ روز یک‌بار و با گذشت زمان و کاهش درجه حرارت در انتهای فصل رشد، دوره‌های آبیاری بیش‌تر و به‌طور میانگین ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. تنش مرحله پانیکول در اواسط شهریور ماه و با ظهور نیمی از پانیکول‌ها و تنش شیری در اوایل مهرماه و همزمان با شیری شدن نیمی از بلال‌ها صورت پذیرفت. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل تعداد برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر بلال، میزان آب نسبی برگ، میزان آب نسبی از دست داده، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت بود. برای تعیین میزان آب نسبی برگ (RWC) از ۱۰ برگ رسیده و جوان (بعد از اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها) استفاده شد. بعد از جدا نمودن برگ‌ها از گیاه قطعاتی به طول ۱۰ سانتی‌متر از آن‌ها جدا کرده و بلافاصله نمونه‌ها در محیط آزمایشگاهی توسط ترازو توزین شدند (FW) و سپس به مدت ۲۴ ساعت درون آب مقطر قرار گرفته و در این مدت در محیط آزمایشگاهی با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و دوباره توزین شدند و وزن آماس آن‌ها مشخص شد (TW). سپس نمونه‌های برگی در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت و دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک نمونه‌ها (DW) به‌دست آید. مقدار آب نسبی برگ از رابطه ۱ محاسبه شد (Diaz-Perez *et al*., 1995).

رابطه ۱: $$RWC = \{(FW - DW) / (TW - DW)\} \times 100$$

برای اندازه‌گیری مقدار آب از دست رفته (RWL) نیز بعد از اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها، قطعاتی به طول ۱۰ سانتی‌متر از ۱۰ برگ جوان جدا کرده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل نموده و وزن‌تر (FW) آن‌ها با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌ها به مدت ۶ ساعت در هوای آزمایشگاه نگهداری و مجدداً توزین شدند (6w). بعد از آن نمونه-ها در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفتند و وزن خشک (DW) آن‌ها به‌دست آمد. در نهایت RWL از رابطه ۲ به‌دست آمد (Gavuzzi *et al*., 1997).

رابطه۲: $$RWL = \{(FW- 6w)/ (FW - DW)\} \times 100$$

برای اندازه‌گیری عملکرد و سایر صفات دو خط کناری در هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه حذف شدند و گیاهان خطوط وسط کف بر شدند. پس از برداشت و توزین کل بلال‌های برداشتی، ۱۰ بلال به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف هر بلال شمارش و از اعداد حاصل میانگین‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک بوته و عملکرد دانه، اندام‌های هوایی پس از جدا شدن با استفاده از دستگاه آون هواکش‌دار (دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) خشک و سپس توزین شدند. در این آزمایش محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای SAS نسخه ۹ و

Archive of SID

www.SID.ir

SPSS نسخه ۲۳ انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel 2010 استفاده شد. همبستگی فنوتیپی برای صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون انجام گرفت. ضرایب رگرسیون با استفاده از مدل گام به گام جهت تشخیص صفات مهم اثرگذار بر عملکرد دانه محاسبه شدند. برای مشخص کردن اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات مهم برعملکرد دانه تجزیه علیت انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات

اثر آبیاری بر صفات طول بلال، میزان آب از دست رفته و آب نسبی برگ، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، وزن خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول‌های ۲ و ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار صفات به ترتیب در شرایط آبیاری کامل و تنش در مرحله دانه بندی حاصل شد. البته برای صفات تعداد برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر بلال و تعداد ردیف دانه در بلال تفاوتی بین سطوح آبیاری مشاهده نشد (جدول‌های ۳ و ۵). در شرایط تنش خشکی، کاهش در آماس سلول منجر به کاهش توسعه سلول‌ها و در نتیجه کاهش رشد می‌شود. علاوه بر این در شرایط تنش خشکی به‌دلیل کاهش میزان انتقال سیتوکنین از ریشه به بخش هوایی و یا افزایش میزان اسیدآبسزیک در برگ از قابلیت انعطاف‌پذیری دیواره سلول کاسته می‌شود، لذا رشد گیاه کاهش یافته و عملکرد دانه کاهش می‌یابد (رفیعی، ۱۳۸۱). با توجه به این‌که سهم عمده فتوسنتز و غذاسازی در برگ‌ها صورت می‌گیرد، لذا تعداد برگ می‌تواند در افزایش عملکرد دانه موثر باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۷۹). به‌نظر می‌رسد دلیل کاهش تولید کل مادهٔ خشک در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی گسترش نامناسب و تداوم کم‌تر سطح برگ نسبت به گیاهان شاهد باشد که موجب کاهش کارآیی استفاده از نور دریافتی و تولید مادهٔ خشک شد (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱). ربانی و امام (۱۳۹۰) در آزمایشی روی ذرت گزارش کردند که طول بلال به‌طور غیر مستقیم بر عملکرد دانه اثر دارد، زیرا موجب افزایش تعداد دانه در بوته ذرت شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. یافته‌های محققین نشان می‌دهد که تنش خشکی باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ می‌شود. به نظر می‌رسد کاهش آب برگ به‌دلیل تعرق زیاد و جایگزین نشدن آن به‌علت عدم دسترسی ریشه گیاه به آب کافی در تیمار تنش خشکی باشد (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱). به‌نظر می‌رسد علت کاهش تعداد دانه در هر ردیف بلال در شرایط تنش رطوبتی به‌علت کاهش نمو دانه در وسط و بالای بلال در شرایط تنش باشد که بر اثر کاهش فتوسنتز جاری صورت گرفته است. رفیعی منش و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی روی ذرت گزارش نمودند که علت کاهش عملکرد دانه ذرت در تیمار آبیاری به‌دلیل کاهش در تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه بود. خسارت ناشی از تنش خشکی به

Archive of SID

www.SID.ir

شدت و مدت تنش و هم‌چنین زمان وقوع آن بستگی دارد. در آزمایش دیگری روی ذرت کم آبیاری در مرحله ظهور ابریشم بلال تا رسیدگی دانه بر عملکرد دانه و میزان علوفه اثر منفی قابل ملاحظه‌ای داشت و برای مقابله با محدودیت منابع آب، آبیاری کامل دراین مرحله (ظهور ابریشم بلال تا رسیدگی دانه) و کم آبیاری در مراحل میانی رشد (۱۲ برگی تا ظهور برگ ابریشم) توصیه شد (ذاکرنژاد و همکاران، ۱۳۹۶). اگرچه تنش خشکی در همه مراحل رشد ذرت کاهش عملکرد دانه را به‌دنبال داشت، لیکن در شرایط کمبود آب می‌توان با پذیرش افت اندکی در عملکرد دانه، آبیاری در مرحله رویشی را حذف و به سایر گیاهان زراعی اختصاص داد. اثر کود بر صفات تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد برگ، میزان آب از دست رفته و آب نسبی برگ، وزن، قطر و طول بلال معنی‌دار بود (جدول‌های ۲ و ۴). عدم مصرف کود فسفر سبب کاهش اکثر صفات مورد بررسی شد، درحالی‌که بین مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره (به‌ترتیب براساس نیاز کودی توصیه شده و اضافه بر توصیه کودی) در صفات میزان آب از دست رفته، ارتفاع، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بیش‌ترین مقدار صفات قطر ساقه، قطر و طول بلال، میزان آب نسبی برگ، وزن خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در شرایط استفاده ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره حاصل شد (جدول‌های ۳ و ۵). شاهرخ‌نیا (۱۳۷۶) گزارش نمود چنان‌چه فسفر قابل جذب اولیه خاک حدود ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد، پاسخ ذرت به فسفر اضافه شده مثبت خواهد بود. افزایش مقدار فسفر محلول، میزان ذخیره فیتین بذر را افزایش می‌دهد و می‌تواند نقش مهمی در اندازه و وزن بذر داشته باشد (Zeidan, 2007). برخی محققین نیز اثر مثبت فسفر بر رشد گیاه در شرایط تنش خشکی را افزایش نسبت ریشه به ساقه، افزایش کارایی مصرف آب و هدایت روزنه‌ای ذکر نمودند (Studer *et al*., 2017). در این آزمایش بین دو هیبرید از نظر صفات تعداد ردیف دانه، وزن، قطر و طول بلال، عملکرد دانه و میزان آب نسبی برگ تفاوت معنی‌دار مشاهده شد و سینگل کراس ۷۰۰ برتر از سینگل کراس ۷۰۴ بود. در سایر صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری بین دو هیبرید مشاهده نشد (جدول‌های ۳ و ۵). اثر متقابل آبیاری در کود برای صفات میزان آب از دست رفته و ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین میزان آب از دست رفته در تیمار آبیاری کامل و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر مشاهده شد. البته بین این تیمار با تیمارهای آبیاری کامل و قطع یک دور آبیاری در مرحله ظهور پانیکول و مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر تفاوت آماری مشاهده نشد و در یک گروه آماری قرار گرفتند. کم‌ترین میزان آب از دست رفته در تیمار قطع یک دور آبیاری در مرحله پر شدن دانه و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر مشاهده شد (شکل۱- الف). برای صفت ارتفاع بین اکثر تیمارها اختلاف آماری وجود نداشت. ولی بین تیمارهای قطع یک دور آبیاری در مرحله ظهر پانیکول و مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، آبیاری کامل و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و قطع یک دور آبیاری در مرحله

Archive of SID

www.SID.ir

پرشدن دانه و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل۱- ب). هم‌چنین برهم‌کنش هیبرید و آبیاری برای صفت عملکرد دانه و برهم‌کنش هیبرید و کود برای صفت وزن هزار دانه معنی‌دار بودند (جدول ۳). بیش‌ترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و کم‌ترین آن در شرایط قطع یک دور آبیاری در مرحله پرشدن دانه حاصل شد (شکل۱- ج). بین دو هیبرید SC700 و SC704 در سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بیش‌ترین وزن هزار دانه در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و هیبرید سینگل کراس ۷۰۰ مشاهده شد. بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل۱- د). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری، کود و هیبرید نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک از تیمارهای آبیاری کامل، مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و هیبرید SC700 و هم‌چنین آبیاری کامل، مصرف ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و هیبرید SC704 حاصل شد (شکل ۲).

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد برگ	ارتفاع بوته	قطر ساقه	قطر بلال	طول بلال	میزان آب نسبی برگ	میزان آب از دست رفته
بلوک	۲	۲/۶۶^{ns}	۵۴/۷۴^{ns}	۰/۰۹**	۰/۰۶^{ns}	۰/۸۱^{ns}	۱۰/۷۲^{ns}	۵۷/۷۲^{ns}
آبیاری	۲	۱/۰۵^{ns}	۷۴/۱۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۴۸/۹**	۱۵۸۶/۸۸**	۷۱۲/۰۶**
خطا a	۴	۱/۸۰	۷۸/۱۹	۰/۱۲	۰/۱۲	۲/۱۵	۱۴/۴۴	۳۴/۶۹
کود	۲	۱۱/۵۵**	۴۴/۰۲^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۰/۲۱*	۲۸/۴۲**	۵۰/۶۷*	۱۷۵/۷۲**
کود×آبیاری	۴	۰/۸۶^{ns}	۱۸۹/۶۳*	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۴/۷۱^{ns}	۱۰/۲۲^{ns}	۲۴/۱۱*
کود×بلوک	۴	۷/۷۲*	۴۷/۰۷^{ns}	۰/۱۷^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۳/۶۶^{ns}	۱۸/۵۵^{ns}	۱۵/۱۱^{ns}
خطا b	۸	۰/۹۸	۴۵/۳۱	۰/۱۱	۰/۰۷	۱/۸۱	۵/۹۸	۵/۶۶
هیبرید	۱	۱/۵^{ns}	۲۱/۴۱^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۸**	۱۵/۵۷*	۳۲۲/۶۶**	۲۲/۶۹^{ns}
هیبرید×آبیاری	۲	۱/۰۵^{ns}	۶۲/۹۱^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۲/۲۹^{ns}	۲۸/۶۷^{ns}	۹/۲۴^{ns}
هیبرید×کود	۲	۰/۶۶^{ns}	۴۰/۹۱^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۷۲^{ns}	۴/۲۲^{ns}	۳۰/۰۲^{ns}
هیبرید×کود×آبیاری	۴	۱/۶۳^{ns}	۹۲/۷۴^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۱/۰۵^{ns}	۱۸/۲۲^{ns}	۱۷/۹۰^{ns}
خطا c	۱۸	۲	۳۴/۱۷	۰/۰۳	۰/۰۴	۳/۰۴	۷/۳۷	۲۱/۲۶
ضریب تغییرات		٪ ۱۶	٪ ۴/۲۹	٪ ۶/۵۶	٪ ۴/۶۴	٪ ۸/۶۰	۳/۴۹	٪ ۶/۶

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات اصلی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

	تعداد برگ	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (cm)	قطر بلال (cm)	طول بلال (cm)	میزان آب نسبی برگ (٪)	میزان آب از دست رفته (٪)
آبیاری							
a1	۹/۱۱^{a}	۱۳۶/۰۶^{a}	۲/۵۹^{a}	۴/۶۵^{a}	۲۲^{a}	۸۷/۲۲^{a}	۷۴/۶۶^{a}
a2	۸/۶۶^{a}	۱۳۸/۲۲^{a}	۲/۵۹^{a}	۴/۵۸^{a}	۲۰/۰۵^{b}	۷۸/۰۰^{b}	۷۲/۱۱^{a}
a3	۸/۷۲^{a}	۱۳۴/۱۷^{a}	۲/۵۸^{a}	۴/۵۸^{a}	۱۸/۷۲^{c}	۶۸/۴۴^{c}	۶۲/۷۲^{b}
کود فسفر							
b1	۹/۰۵^{a}	۱۳۶/۳۳^{a}	۲/۵۱^{b}	۴/۵۴^{b}	۱۹/۲۵^{b}	۷۶/۳۳^{b}	۶۶/۵۶^{b}
b2	۹/۵^{a}	۱۳۷/۶۱^{a}	۲/۵۰^{b}	۴/۵۵^{b}	۱۹/۸۶^{b}	۷۷/۶۷^{b}	۷۰/۱۷^{a}
b3	۷/۹۴^{b}	۱۳۴/۵۰^{a}	۲/۷۵^{a}	۴/۷۳^{a}	۲۱/۶۷^{a}	۷۹/۶۷^{a}	۷۲/۷۸^{a}
هیبرید							
c1	۹^{a}	۱۳۵/۵۲^{a}	۲/۵۶^{a}	۴/۷۳^{a}	۲۰/۷۹^{a}	۸۰/۳۳^{a}	۶۹/۱۹^{a}
c2	۸/۶۶^{a}	۱۳۶/۷۸^{a}	۲/۶۲^{a}	۴/۴۸^{b}	۱۹/۷۲^{b}	۷۵/۴۴^{b}	۷۰/۴۸^{a}

اعداد هر ستون هر عامل که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد باشندa1: آبیاری کامل، a2: قطع یک دور آبیاری در مرحله ظهور پانیکول، a3: قطع یک دور آبیاری در مرحله پر شدن دانه؛ b1: شاهد بدون کود ، b2: کود فسفر به اندازه ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار (۱۰۰ درصد توصیه کودی)، b3: کود فسفر به اندازه ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (۵۰ درصد بیش‌تر از توصیه کودی)؛ c1: ذرت سینگل کراس ۷۰۰، c2: ذرت سینگل کراس ۷۰۴

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴: تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن بلال	وزن هزار دانه	وزن خشک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۴/۵۰ ns	۶۳/۶۸ ns	۱۴۳/۶۸**	۶۷۳/۷۲ns	۲۴۵۹۵۸/۸۰ns	۳۰۶۵۰۰۰/۰۰ns	۰/۰۰۱۸ns
آبیاری	۲	۹/۵۶ns	۱۶۷/۴۶**	۵۳/۴ns	۳۴۳۵/۳۸**	۲۰۶۷۰۵۴۲/۷۹**	۱۴۷۶۲۱۸۷/۵۰*	۰/۰۲۶۰**
خطا a	۴	۲/۸۹	۱۶/۶۸	۱۱۸/۹۹	۳۲۰/۱۱	۱۰۴۱۴۴۹/۶۰	۱۷۶۲۶۵۶/۲۵	۰/۰۰۴۰
کود	۲	۱۰/۱۷ns	۵۸/۰۷**	۹۴/۲۹**	۷۳۸/۷۲ns	۴۱۸۷۷۳۴/۱۴ns	۳۲۴۰۳۱۲/۵۰*	۰/۰۱۴*
کود×آبیاری	۴	۱/۳۱ns	۱۵/۰۷ns	۱۱/۲۶ns	۸۴۶/۷۷ns	۹۶۶۵۱۷/۱۳ns	۱۲۶۵۳۱۲/۵۰ns	۰/۰۰۳۶ns
کود×بلوک	۴	۰/۴۳ns	۲۷/۳۷ns	۲۴/۰۴ns	۲۸۶/۷۷ns	۷۲۶۲۲۴/۶۰ns	۱۴۵۱۴۰۶/۲۵ns	۰/۰۰۱۰ns
خطا b	۸	۲/۵۶	۶/۹۶	۵/۳۵	۲۶۱/۵	۷۲۶۹۰۹/۶۶	۶۸۶۴۸۴/۳۸	۰/۰۰۲۱
هیبرید	۱	۲۰/۱۷**	۱/۱۸ns	۱۷۰/۶**	۱۰۵۷/۷۹ns	۲۹۰۴۰۰/۰۰ns	۶۰۵۰۱۰۴/۱۷**	۰/۰۰۰۱ns
هیبرید×آبیاری	۲	۰/۶۷ns	۲۴/۶۸ns	۴/۲۲ns	۴۰/۵۷ns	۵۹۴۰۶۹/۷۹ns	۸۵۶۹۷۹/۱۷*	۰/۰۰۰۴ns
هیبرید×کود	۲	۰/۳۹ns	۱۱/۱۸ns	۵۳/۵۵ns	۱۵۳۰/۵۷*	۶۸۰۰۷۱/۸۸ ns	۶۰۴۴۷۹/۱۷ns	۰/۰۰۱۴ns
هیبرید×کود×آبیاری	۴	۰/۶۴ns	۴/۱۸ns	۵۳/۶۹ns	۵۹۹/۱۸ns	۱۴۱۷۹۳۰/۲۱**	۱۵۵۱۰۴/۱۷ns	۰/۰۰۰۵ns
خطا c	۱۸	۲/۳۷	۸/۹۶	۱۹/۷۲	۲۶۶/۳۱	۲۹۰۲۲۰/۶۰	۲۱۱۵۶۲/۵۰	۰/۰۰۰۹۷
ضریب تغییرات		٪ ۱۰/۰۱	٪ ۶/۸۱	٪ ۱۲/۲۸	٪ ۹/۳	٪ ۴/۵۷	٪ ۷/۴۸	٪ ۷/۷۷

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات اصلی عملکرد و اجزای عملکرد

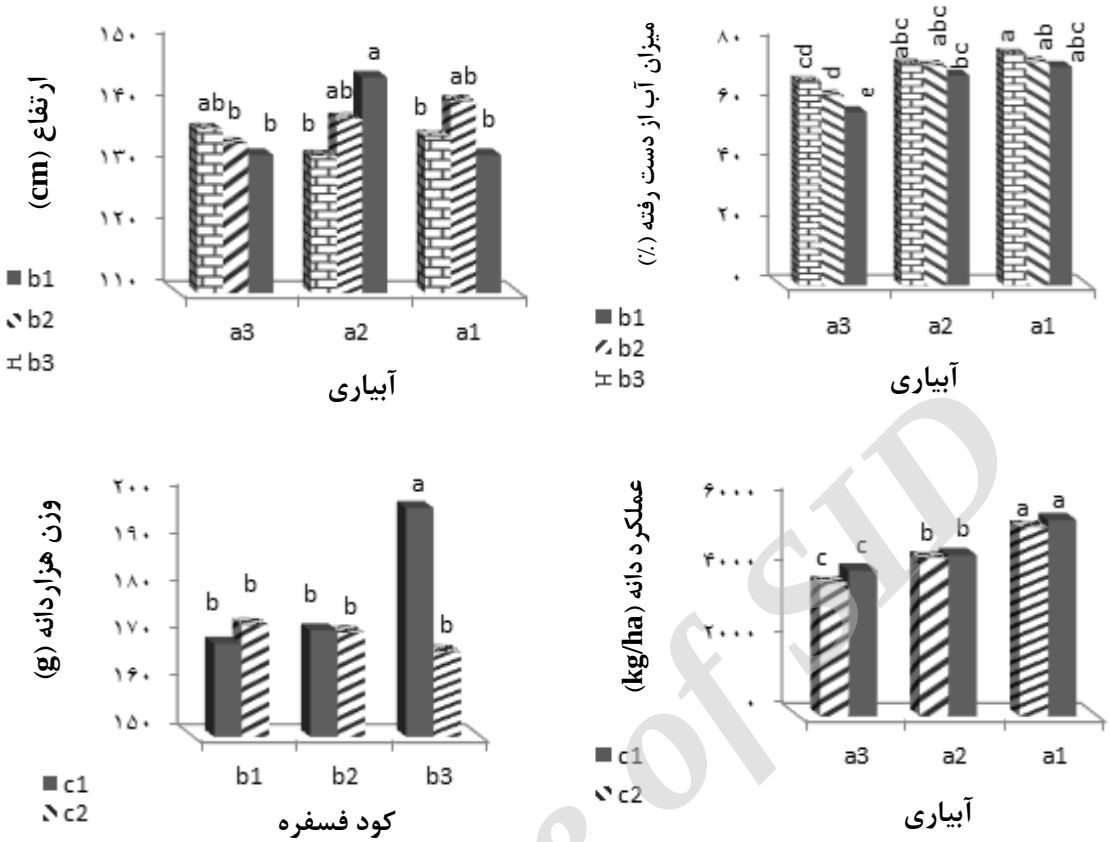
	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن بلال (g)	وزن هزار دانه(g)	وزن خشک (Kg/ha)	عملکرد دانه (Kg/ha)	شاخص برداشت (٪)
آبیاری							
a1	۱۴/۲۷^{b}	۴۷/۱۶^{a}	۳۶/۱۱^{ab}	۱۸۶/۷۲^{a}	۱۳۰۲۸/۸۹^{a}	۷۱۳۳/۳۰^{a}	۰/۴۳^{a}
a2	۱۶/۱۷^{a}	۴۳/۵^{b}	۳۷/۸۹^{a}	۱۶۰^{b}	۱۱۲۰۵/۴۲^{b}	۵۹۵۰/۰۰^{b}	۰/۴۰^{b}
a3	۱۵/۲۸^{ab}	۴۱/۱۱^{c}	۳۴/۴۴^{b}	۱۷۹/۴۴^{a}	۱۱۱۴۱/۸۱^{b}	۵۳۵۴/۲۰^{c}	۰/۳۶^{c}
کود فسفر							
b1	۱۴/۶۷^{b}	۴۲^{b}	۳۴^{b}	۱۷۱/۳۹^{a}	۱۱۳۳۸/۴۷^{c}	۵۷۸۳/۳۰^{b}	۰/۳۹^{b}
b2	۱۵/۳۲^{ab}	۴۴/۲۲^{a}	۳۵/۸۸^{ab}	۱۷۲^{a}	۱۱۷۳۸/۸۹^{b}	۶۰۴۱/۷۰^{b}	۰/۳۸^{b}
b3	۱۶/۱۷^{a}	۴۵/۵۵^{a}	۳۸/۵۵^{a}	۱۸۲/۷۸^{a}	۱۲۲۹۸/۷۵^{a}	۶۶۱۲/۵۰^{a}	۰/۴۳^{a}
هیبرید							
c1	۱۶/۰۰^{a}	۴۴/۰۷^{a}	۳۷/۹۳^{a}	۱۷۹/۸۲^{a}	۱۱۸۶۵/۳۷^{a}	۶۴۸۰/۶۰^{a}	۰/۴^{a}
c2	۱۴/۷۸^{b}	۴۳/۷۸^{a}	۳۴/۳۷^{b}	۱۷۰/۹۶^{a}	۱۱۷۱۸/۷۰^{a}	۵۸۱۱/۱۰^{b}	۰/۴^{a}

اعداد هر ستون هر عامل که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

اعداد هر ستون هرعامل که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. a1: آبیاری کامل، a2: قطع یک دور آبیاری در مرحله ظهور پانیکول، a3: قطع یک دور آبیاری در مرحله پر شدن دانه؛ b1: شاهد بدون کود ، b2: کود فسفر به اندازه ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار (۱۰۰ درصد توصیه کودی)، b3: کود فسفر به اندازه ۳۰۰ کیلو گرم در هکتار (۵۰ درصد بیش‌تر از توصیه کودی)؛ c1: ذرت سینگل کراس ۷۰۰، c2: ذرت سینگل کراس ۷۰۴

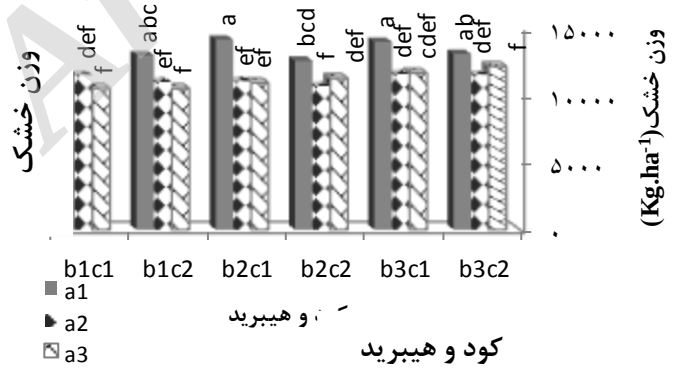
Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱: مقایسه میانگین‌های اثر متقابل الف: آبیاری در کود برای صفت میزان آب از دست رفته ب: آبیاری در کود برای صفت ارتفاع ج: هیبرید در آبیاری برای صفت عملکرد دانه د: هیبرید در کود برای صفت وزن هزار دانه

a1، a2 و a3 به ترتیب آبیاری کامل، قطع یک دور آبیاری در مرحله ظهور پانیکول و قطع یک دور آبیاری در مرحله پرشدن دانهb1 ، b2 و b3 به ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل.c1 و c2 به‌ترتیب هیبرید سینگل کراس ۷۰۰ و ۷۰۴



شکل ۲: اثر متقابل آبیاری در کود در هیبرید برای صفت وزن خشک

a1، a2 و a3 به ترتیب آبیاری کامل، قطع یک دور آبیاری در مرحله ظهور پانیکول و قطع یک دور آبیاری در مرحله پرشدن دانه b1، b2 و b3 به‌ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل. c1 و c2 به‌ترتیب هیبرید سینگل کراس ۷۰۰ و ۷۰۴

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه همبستگی

به‌نژادگران گیاهان علاقه‌مند به توسعه ارقام با عملکرد بهبود یافته و سایر ویژگی های زراعی مطلوب هستند. اما از آن-جایی‌که عملکرد دانه در ذرت و سایر گیاهان، کمی و تحت کنترل چندین ژن می‌باشد انتخاب غیرمستقیم برای سایر صفات که همبستگی بالایی با عملکرد دانه دارند، موثر خواهد بود. تجزیه و تحلیل ضریب همبستگی به پژوهشگران کمک می‌کند تا روابط معنی دار بین عملکرد و سایر صفات زراعی را تشخیص دهند و از این طریق صفت پیچیده‌ای مانند عملکرد را بهبود بخشند (Hussain *et al*., 2017; Aminu *et al*., 2014). در شرایط آبیاری نرمال در بین تمام صفات مورد بررسی، بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول بلال و تعداد دانه در ردیف ($r=۰/۶۸۹^{**}$) مشاهده شد. هم-چنین در این شرایط عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در ردیف، شاخص برداشت و طول بلال همبستگی مثبت و معنی-داری داشت (جدول۶). در شرایط تنش در مرحله پرشدن دانه و تنش در مرحله ظهور پانیکول بیش‌ترین همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت مشاهده شد (به‌ترتیب $r=۰/۸۸۸^{**}$ و $r=۰/۷۸۸^{**}$). در شرایط تنش در مرحله ظهور پانیکول عملکرد دانه با صفات وزن بلال، طول بلال و وزن خشک همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. هم‌چنین در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه بین عملکرد دانه و صفات وزن بلال، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، قطر ساقه، قطر بلال و طول بلال همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۶). مهری و همکاران (۱۳۹۰) در آزمایشی که بر روی ذرت انجام دادند گزارش نمودند که عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه و ارتفاع دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. خلیلی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که در هیبریدهای دیررس ذرت در شرایط تنش در مرحله رشد رویشی همبستگی عملکرد دانه با وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه، ارتفاع بوته و طول بلال و در شرایط تنش در مرحله رشد زایشی همبستگی عملکرد دانه با وزن هزار دانه و ارتفاع بوته مثبت و معنی‌دار بود.

رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت

در تجزیه رگرسیونی ممکن است برخی از متغیرها اثر معنی‌داری روی عملکرد نداشته باشند، به همین علت لازم است متغیرهای کم اهمیت در مدل حذف شوند. در رگرسیون گام به گام می‌توان طی مراحلی نسبت به حذف یا افزودن متغیرها برای انتخاب مدل نهایی اقدام نمود. لذا با توجه به اهمیت صفات و نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام صفات انتخاب شده در تجزیه علیت مورد استفاده قرار گرفتند تا اثر مستقیم و غیر مستقیم آن‌ها مشخص شد. بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام در شرایط آبیاری نرمال به‌ترتیب صفات شاخص برداشت، وزن خشک و قطر ساقه به عنوان متغیرهای اثرگذار بر عملکرد دانه در سه مرحله وارد مدل نهایی شدند. این صفات در مجموع ۹۹/۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کردند (جدول ۷). هم‌چنین شاخص برداشت و وزن خشک به ترتیب دارای اثر مستقیم زیادی بر عملکرد دانه بودند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶: همبستگی بین صفات در شرایط نرمال و تنش در مرحله ظهور پانیکول و تنش در مرحله پرشدن دانه

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
۱- تعداد ردیف دانه	۱	-۰/۰۱۲	۰/۳۲۰	-۰/۲۵۳	۰/۴۵۴	۰/۰۴۳	-۰/۳۴۶	۰/۱۶۴	-۰/۱۵۲	۰/۱۲۷	۰/۲۷۰	۰/۴۳۲	۰/۶۸۶**	۰/۲۷۹
۲- تعداد دانه در ردیف	۰/۵۵۳* (-۰/۰۳۷)	۱	۰/۳۴۷	-۰/۰۲۲	۰/۴۰۲	۰/۵۴۲**	۰/۱۹۴	-۰/۱۹۵	۰/۰۰۶	۰/۰۶۷	۰/۳۴۴	۰/۶۸۹**	۰/۰۹۶	
۳- وزن بلال	۰/۳۷۱ (۰/۰۳۶)	۰/۳۸۰ (-۰/۱۹۰)	۱	-۰/۰۶۷	۰/۶۰۵**	۰/۴۵۵	-۰/۰۶۹	-۰/۳۷۱	-۰/۱۶۹	۰/۲۴۶	۰/۴۰۳	۰/۵۶۹*	۰/۵۶۲**	۰/۲۶۲
۴- وزن هزار دانه	۰/۴۸۱* (۰/۵۶۵*)	۰/۴۲۲ (۰/۲۸۷)	۰/۵۷۳* (۰/۱۲۵)	۱	۰/۱۳۲	۰/۲۶۷	۰/۱۵۴	۰/۰۷۹	۰/۰۵۳	۰/۰۰۹	۰/۳۷۴	۰/۰۸۴	۰/۲۲۷	-۰/۱۴۰
۵- وزن خشک	۰/۲۴۰ (۰/۲۲۳)	۰/۳۷۴ (۰/۱۴۹)	۰/۳۴۸ (۰/۳۳۰)	۰/۵۶۱* (۰/۱۹۴)	۱	۰/۴۵۷	-۰/۴۱۹	-۰/۱۳۱	-۰/۱۲۰	۰/۲۲۴	۰/۲۹۷	۰/۶۶۰**	۰/۵۲۵*	۰/۱۹۲
۶- عملکرد دانه	۰/۳۷۲ (۰/۰۹۲)	۰/۴۳۰ (۰/۰۲۶)	۰/۶۳۵** (۰/۶۶۳**)	۰/۶۱۱** (۰/۲۴۷)	۰/۳۴۳ (۰/۵۳۰*)	۱	۰/۶۱۴**	-۰/۴۲۹	-۰/۱۳۲	۰/۱۶۲	۰/۳۱۲	۰/۵۳۸*	۰/۲۷۴	-۰/۰۶۹
۷- شاخص برداشت	۰/۲۵۵ (-۰/۰۴۱)	۰/۲۷۲ (-۰/۰۶۵)	۰/۵۰۰* (۰/۵۲۰*)	۰/۳۶۷ (۰/۱۷۶)	-۰/۱۲۱ (-۰/۱۰۳)	۰/۸۸۸** (۰/۷۸۸**)	۱	-۰/۲۸۸	-۰/۰۳۶	-۰/۰۷۵	۰/۰۶۵	-۰/۰۵۰	-۰/۱۸۶	-۰/۲۵۱
۸- تعداد برگ	۰/۳۸۹ (۰/۳۱۷)	۰/۰۹۵ (۰/۰۷۵)	۰/۲۵۶ (-۰/۳۰۷)	۰/۱۶۴ (۰/۰۲۵)	-۰/۰۹۸ (-۰/۰۶۱)	-۰/۰۵۰ (-۰/۴۱۱)	-۰/۰۰۲ (-۰/۴۳۸)	۱	۰/۳۵۵	-۰/۵۷۶*	۰/۱۳۸	-۰/۱۸۸	-۰/۰۲۹	-۰/۳۴۳
۹- ارتفاع بوته	۰/۶۱۲** (۰/۱۱۶)	۰/۳۷۰ (۰/۰۹۶)	۰/۳۸۲ (-۰/۱۳۵)	۰/۶۶۸** (-۰/۳۱۷)	-۰/۰۰۸ (-۰/۰۱۸)	۰/۳۶۱ (-۰/۳۱۸)	۰/۳۷۹ (-۰/۳۶۶)	۰/۳۳۹ (۰/۶۷۰**)	۱	-۰/۲۰۲	-۰/۱۶۵	-۰/۰۱۰	-۰/۳۲۹	-۰/۰۵۸
۱۰- قطر ساقه	۰/۱۰۷ (-۰/۳۰۹)	۰/۱۸۷ (-۰/۰۳۱)	۰/۵۹۴** (۰/۵۳۹*)	۰/۴۶۹** (-۰/۱۲۱)	۰/۲۴۷ (۰/۲۸۰)	۰/۴۸۱** (۰/۳۷۳)	۰/۴۰۱ (۰/۲۱۴)	۰/۲۴۰ (-۰/۴۵۶)	۰/۳۲۰ (-۰/۴۲۰)	۱	-۰/۲۹۵	۰/۳۱۶	۰/۲۷۰	۰/۴۵۷
۱۱- قطر بلال	۰/۴۴۸ (۰/۲۷۱)	۰/۳۲۳ (۰/۲۶۲)	۰/۵۳۶* (۰/۲۵۲)	۰/۸۱۸** (۰/۴۹۱*)	۰/۶۶۷** (۰/۴۲۴)	۰/۵۳۲* (۰/۳۳۵)	۰/۲۴۸ (۰/۱۰۷)	۰/۰۶۲ (-۰/۴۶۶)	۰/۵۰۹* (-۰/۴۶۰)	۰/۴۶۹** (۰/۳۴۱)	۱	۰/۵۵۱*	۰/۵۸۷*	۰/۲۶۷
۱۲- طول بلال	۰/۵۵۱* (۰/۳۱۵)	۰/۷۰۹** (۰/۳۳۷)	۰/۴۰۶ (۰/۲۲۶)	۰/۳۴۶ (۰/۴۳۹)	۰/۲۹۶ (۰/۳۰۲)	۰/۶۴۲** (۰/۵۹۱**)	۰/۵۲۸* (۰/۴۹۳*)	۰/۰۵۵ (-۰/۳۷۳)	۰/۳۷۵ (-۰/۲۳۴)	۰/۰۸۰ (۰/۱۲۸)	۰/۳۰۸ (۰/۵۴۸*)	۱	۰/۵۵۹*	-۰/۰۷۸
۱۳- میزان آب نسبی برگ	۰/۵۰۷* (۰/۲۵۰)	۰/۴۹۴* (۰/۳۲۷)	۰/۶۳۵** (-۰/۰۴۶)	۰/۲۸۳ (۰/۳۹۵)	۰/۱۱۰ (۰/۲۷۷)	۰/۴۱۶ (۰/۱۲۶)	۰/۳۷۷ (۰/۳۶۴)	۰/۱۳۸ (-۰/۱۵۴)	۰/۱۴۹ (-۰/۱۱۸)	۰/۲۴۸ (-۰/۳۰۵)	۰/۲۶۴ (۰/۰۱۶)	۰/۴۱۹ (۰/۳۷۳)	۱	۰/۱۵۰
۱۴- میزان آب از دست رفته	-۰/۱۵۲ (۰/۱۰۴)	۰/۱۸۴ (-۰/۱۹۳)	۰/۵۰۱* (-۰/۳۰۹)	۰/۴۰۷ (۰/۱۷۴)	۰/۳۳۶ (۰/۱۶۴)	۰/۴۳۲ (-۰/۰۰۹)	۰/۲۹۲ (-۰/۱۲۹)	-۰/۳۳۱ (-۰/۲۰۱)	۰/۱۷۹ (-۰/۵۱۶*)	۰/۵۹۲** (۰/۰۱۰)	۰/۳۸۹ (۰/۲۳۰)	۰/۱۸۷ (۰/۰۴۴)	۰/۱۹۴ (-۰/۱۴۱)	۱

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد

قسمت بالای قطر جدول همبستگی در شرایط نرمال و قسمت پایین تنش در مرحله پرشدن دانه و تنش در مرحله ظهور پانیکول (اعداد داخل پرانتز).

Archive of SID

www.SID.ir

ولی اثر غیر مستقیم آن‌ها از طریق یکدیگر منفی بود. اگرچه اثر مستقیم قطر ساقه بر عملکرد دانه کم بود، اما اثر غیر مستقیم آن از طریق وزن خشک بر عملکرد دانه قابل توجه بود (جدول ۸).

جدول ۷: مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط آبیاری نرمال

متغیر اضافه شده به مدل	مراحل رگرسیون گام به گام		
	۱	۲	۳
عدد ثابت	۲۴۷/۷۱۱	-۷۱۲/۹۷۱**	-۷۳۹/۰۵۲**
شاخص برداشت	۱۰/۰۹۶**	۱۶/۰۶۴**	۱۶/۰۴۸**
وزن خشک	-	۰/۴۴۲**	۰/۴۳۷**
قطر ساقه	-	-	۱۳/۹۸۶*
ضریب تبیین اصلاح شده (درصد)	۳۳/۸	۹۹/۴	۹۹/۶

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۸: تجزیه علیت در شرایط آبیاری نرمال

نام صفات	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق			اثر کل (همبستگی)
		وزن خشک	شاخص برداشت	قطر ساقه	
وزن خشک	۰/۸۵۶**	-	-۰/۴۰۹	۰/۰۱۰	۰/۴۵۷
شاخص برداشت	۰/۹۷۷**	-۰/۳۶۳	-	-۰/۰۰۳	۰/۶۱۴**
قطر ساقه	۰/۰۴۴	۰/۱۹۲	-۰/۰۷۳	-	۰/۱۶۲ns

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

در شرایط تنش در مرحله ظهور پانیکول صفات شاخص برداشت، وزن خشک، وزن هزار دانه و وزن بلال به‌ترتیب طی چهار مرحله وارد مدل شدند و در مجموع ۹۹/۹ درصد از تغییرات را شامل شدند (جدول ۹). شاخص برداشت و وزن خشک به ترتیب بیش‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند، ولی اثرات غیر مستقیم آن‌ها قابل توجه نبود. وزن هزار دانه و وزن بلال اثر مستقیم کمی بر عملکرد دانه داشتند، ولی اثرات غیر مستقیم آن‌ها از طریق وزن خشک و شاخص برداشت بر عملکرد دانه قابل توجه بود (جدول ۱۰).

جدول ۹: مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط تنش در مرحله ظهور پانیکول

متغیر اضافه شده به مدل	مراحل رگرسیون گام به گام			
	۱	۲	۳	۴
عدد ثابت	۶۶/۷۵۰ns	-۵۶۹/۲۲۴**	-۵۶۰/۶۸۵**	-۵۴۸/۵۲۶**
شاخص برداشت	۱۳/۰۵۸	۱۴/۱۱۶**	۱۴/۱۹۵**	۱۳/۹۵۱**
وزن خشک	-	۰/۴۰۳**	۰/۴۰۶**	۰/۴۰۰**
وزن هزار دانه	-	-	-۰/۱۰۴*	-۰/۰۹۸*
وزن بلال	-	-	-	۰/۱۷۷*
ضریب تبیین اصلاح شده (درصد)	۵۹/۷	۹۹/۸	۹۹/۸	۹۹/۹

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۰: تجزیه علیت در شرایط تنش در مرحله ظهور پانیکول

نام صفات	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق				اثر کل (همبستگی)
		وزن خشک	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	وزن بلال	
وزن خشک	۰/۶۱۳**	-	-۰/۰۸۸	-۰/۰۰۴	۰/۰۰۹	۰/۵۳۰**
شاخص برداشت	۰/۸۴۲**	-۰/۰۶۴	-	-۰/۰۰۴	۰/۰۱۴	۰/۷۸۸**
وزن هزار دانه	-۰/۰۲۳ ns	۰/۱۱۹	۰/۱۴۸	-	۰/۰۰۳	۰/۲۴۷ns
وزن بلال	۰/۰۲۶ ns	۰/۲۰۲	۰/۴۳۸	-۰/۰۰۳	-	۰/۶۶۳**

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه صفات شاخص برداشت و وزن خشک به ترتیب در دو مرحله وارد مدل شدند و ۹۹/۵ درصد از تغییرات عملکرد را تبیین کردند (جدول ۱۱). اثر مستقیم این صفات بر عملکرد دانه زیاد بود ولی اثر غیر مستقیم آن‌ها از طریق یکدیگر کم و منفی بود (جدول ۱۲).

جدول ۱۱: مراحل رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط تنش در مرحله پرشدن دانه

متغیر اضافه شده به مدل	مراحل رگرسیون گام به گام	
	۱	۲
عدد ثابت	۵۴/۲۳۱ ns	-۵۵۷/۶۴۲
شاخص برداشت	۱۲/۸۲۴**	۱۳/۶۲۶**
وزن خشک	-	۰/۴۰۶**
ضریب تبیین اصلاح شده (درصد)	۷۷/۶	۹۹/۵

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۱۲: تجزیه علیت در شرایط تنش در مرحله پرشدن دانه

نام صفات	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق		اثر کل (همبستگی)
		وزن خشک	شاخص برداشت	
وزن خشک	۰/۴۵۸**	-	-۰/۱۱۴	۰/۳۴۴
شاخص برداشت	۰/۹۴۳**	-۰/۰۵۵	-	۰/۸۸۸**

* و ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

بنابراین هم در شرایط آبیاری نرمال و هم در شرایط تنش صفات وزن خشک و نسبت وزن دانه‌ها به وزن خشک بر عملکرد دانه مؤثر بودند و در برنامه‌های گزینش می‌توانند برای بالا بردن ظرفیت تولید در عملکرد دانه مؤثر واقع شوند. هم‌چنین در شرایط آبیاری نرمال افزایش بی رویه وزن زیست توده، از طریق کاهش شاخص برداشت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. در پژوهشی بر گیاه ذرت سینگل کراس۷۰۴ (کارگر و لطفی، ۱۳۹۰)، نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال صفات تعداد دانه در بلال و ارتفاع بوته و در شرایط تنش متوسط طول بلال و در شرایط تنش شدید تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و قطر ساقه بیش‌ترین اثر را بر عملکرد دانه داشتند. قربانزاده و همکاران (۲۰۰۱) نیز با انجام رگرسیون گام به گام در ذرت نشان دادند صفات طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در ردیف و قطر بلال وارد مدل نهایی رگرسیونی شده و بیش-ترین تغییرات عملکرد را توجیه نمودند. در تحقیقی در گندم (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹) سرعت تولید دانه و عملکرد زیستی

Archive of SID

www.SID.ir

بیش‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. در تحقیق دیگری (نورخلج و همکاران، ۱۳۸۹) بزرگ‌ترین اثرات مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه مربوط به صفات عملکرد زیستی و شاخص برداشت بود و بزرگ‌ترین اثر مستقیم و منفی مربوط به ارتفاع گیاه بود.

منابع

احمدی، ج.، زینالی‌خانقاه، ح.، رستمی، م. و چوکان، ر. ۱۳۷۹. بررسی مقاومت به خشکی در هیبریدهای دیررس تجاری ذرت دانه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران. شماره ۴، ص۸۹۱- ۹۰۷.

امام، ی. و ثقه‌الاسلامی، م.ج. ۱۳۸۴. عملکرد گیاهان زراعی، فیزیولوژی و فرآیندها. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۹۳ صفحه.

توحیدی نیا، م .ع.، د . مظاهری، س.م .ب .حسینی و ح . مدنی. ۱۳۹۲ . اثر مصرف توام کود زیستی بارور-۲ و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۴ شماره ۱۵، ص ۲۹۵-۳۰۷.

خلیلی، م.، مقدم، م.، اربط کاظمی، ح.، شکیبا، م.ر.، کانونی، ه. و چوگان، ر. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های مختلف ذرت. مجله دانش کشاورزی پایدار. جلد۲۰/۲ شماره ۱، ص۶۵- ۸۴.

ربانی، ج. و امام، ی. ۱۳۹۰. پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. سال اول شماره ۲، ص۶۵- ۷۸.

رفیعی، م. ۱۳۸۱. اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص‌های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای. رساله دکتری گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

رفیعی منش، ش.، آینه بند، ا. و نباتی احمدی، د. ۱۳۸۹. بررسی اثر مقدار آب آبیاری و زمان قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب و هوایی اهواز. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. شماره ۳، جلد ۷، ۹۳-۱۰۵.

ذاکر نژاد، س.، نادری، ا.، هاشمی دزفولی، س. ا.، لک، ش. و علوی فاضل، م. ۱۳۹۶. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. شماره ۳۶، ۱۳۷-۱۵۶.

سپهری، ع.، مدرس ثانوی، س.ع.م، قره‌یاضی، ب. و یمینی، ی. ۱۳۸۱. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. دوره۴ شماره ۳، ص۱۸۴- ۲۰۱.

Archive of SID

www.SID.ir

شاهرخ‌نیا، ع. ۱۳۷۶ بررسی مکانیسم تخلیه و چگونگی افزایش فسفر به منظور صرفه جویی در مصرف کودهای فسفاته در خاک‌های زراعی کشور، اولین گردهمایی ملی کاهش مصرف سموم و استفاده بهینه از کودهای شیمیایی در کشاورزی، کرج.

شریفی، پ. و عادلی‌نصب، م. ۱۳۹۵. اثر کود زیستی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت تحت شرایط تنش خشکی. مجله تحقیقات غلات. دوره ۶ شماره ۱، ص۱۱۹- ۱۳۲.

علیزاده، ا.، مجیدی، ا. و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۷. تأثیر تنش خشکی و میزان نیتروژن خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت رقم ۷۰۴. مجله پژوهش در علوم کشاورزی. جلد ۴ شماره ۱، ص۵۱-۵۹.

قربانی، ح.، خدارحمی، م.، درویش، ف.، تائب ، م. ۱۳۸۹. بررسی رابطه صفات مهم زراعی با عملکرد دانه در لاین‌های گندم نان. مجله به‌زراعی کشاورزی. دوره ۱۲ شماره ۱، ص ۵۹-۶۷.

قربان زاده، م.، مقدم. م، و گرامی، ع. ۱۳۸۰. تجزیه علیت عملکرد دانه در لاین‌ها و تست کراس‌های ذرت اوپک-۲. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. دوره ۸ شماره ۳، ص ۱۳۱-۱۴۳.

کارگر، س.م.ع. و لطفی، ا. ۱۳۹۰. بررسی همبستگی و تجزیه علیت صفات بر عملکرد سینگل کراس ۷۰۴ ذرت تحت شرایط تنش کم‌آبی. تولید گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی. سال سوم شماره‌های ۳ و ۴، ص۴۳- ۵۵.

مهری، ش.، ابراهیمیان بلقیس آبادی، ف. و احمدزاده شاعرلر، ع.۱۳۹۰. بررسی تحمل هیبریدهای ذرت به تنش خشکی آخر فصل در منطقه مغان. ششمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، ۶ صفحه.

نورخلج، ک.، خدارحمی، م.، امینی، ا.، اسماعیل زاده، م. و صادق قول مقدم، ر.، ۱۳۸۹. بررسی روابط همبستگی و علیت صفات مورفولوژیک در لاین های سینتتیک گندم . مجله زارعت و اصلاح نباتات. جلد ۶، شماره ۶، ص ۷-۱۷.

Ali, Z. I., Golombek, S. D. 2016. Effect of drought and nitrogen availability on osmotic adjustment of five pearl millet cultivars in the vegetative growth stage. Journal of Agronomy and Crop Science. 202, 433–444.

Aminu, D., Mohammed, F. K. and Gambo, F. M. 2014. Heritability and Coefficients analysis of maize (*Zea mays L.*) agronomic traits for drought tolerance in Savanna zones of Bornu state, Nigeria .Science Jornal of Agricultural Reserch and Management.1-4.

Bartels, D. and Sourer, E. 2004. Molecular responses of higher plants to dehydration, in Hirt, H., Shinozaki, K. (ed.), Plant Responses to Abiotic Stress, Springer Verlag, Berlin, Heildelberg, 9-38.

Diaz-Perez, J. C., Shackel, K. A and Sutter, E. G. 1995. Relative water content and water potential of tissue. Journal of Experimental Botany. 46(1): 111-118.

Archive of SID

www.SID.ir

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campanile, R. C., Ricciardi, G. L. and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science. 77: 523-531.

Hussain M. A. and Mohamed M. O. 2017. Estimation of some genetic parameters, correlation and heritability in various maize traits. Science Journal of University of Zakho. 5(1): 70-74.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2007. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*; effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 60: 110-116.

Mohammadi, S., Yazdansepas, A., Rezaie, M. and Mirmahmmodi, T. 2010. Study of response of different Iranian bread wheat genotypes to different sowing dates under full-irrigation and terminal drought stress conditions. Research on Crops. 11(1): 13-19.

Studer, Ch., Hu, Y., Schmidhalter, U. 2017. Interactive effects of N- P- and K-nutrition and drought stress on the development of maize seedlings. Agriculture. 7(90): 1-12

Zhang, L., Gao, M., Li, Sh., Alva, A. K., Ashraf, M. 2014. Potassium fertilization mitigates the adverse effects of drought on selected Zea mays cultivars. Turkish Journal of Botany. 38: 713-723.

Zeidan, M. S. 2007. Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 3(6): 748-752.

Archive of SID

www.SID.ir