

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

### تنش خشکی

رقیه امینیان<sup>۱\*</sup>، هیلا سادات طبسی<sup>۲</sup>، فرهاد حبیب‌زاده<sup>۳</sup> و سامان پارسامهر<sup>۴</sup>

۱ و ۳) استادیار گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

۲) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، نراق، ایران.

۴) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

\*نویسنده مسئول: roghayehaminian@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۲۴

### 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 (به ترتیب شاهد بدون کود، ۱۰۰ درصد توصیه کودی و ۵۰ درصد بیش‌تر از توصیه کودی) و هیبرید به‌عنوان عامل فرعی در دو سطح (SC704 و SC700) 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 و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و استفاده از سینگل کراس SCV۰۴ 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 SCV۰۰ و هم-چنین آبیاری کامل، مصرف ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر و هیبرید SCV۰۴ حاصل شد.

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

## 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 Souer, 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 عادل‌نصب, 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 آن‌جایی 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 یک‌دیگر 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

شده است. با توجه به شرایط کمبود آب در کشور و اهمیت غلات، این مطالعه به منظور 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 و شیمیایی خاک در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق نمونه پرداری (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 به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تنش خشکی به عنوان 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 (به ترتیب شاهد بدون کود، براساس توصیه کودی و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اضافه‌تر از توصیه کودی) و عامل فرعی فرعی نیز هیبرید (SC704 به عنوان هیبرید عرف منطقه و SC700 به عنوان 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 به صورت پخش سطحی و مخلوط با خاک قبل از انجام کاشت استفاده شد. هم‌چنین میزان ۲۰۰ 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 معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) یک سوم در زمان کاشت، یک سوم در مرحله ۶-۷ برگی و یک سوم قبل از ظهور گل‌های نر) استفاده شد. پس از مصرف کودهای شیمیایی مورد نیاز، آماده کردن جوی و پشته‌ها به وسیله 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

۱۸ سانتی‌متر 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 به صورت 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).

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

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 نمونه‌ها در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفتند و وزن خشک (DW) آن‌ها به‌دست آمد. در نهایت از RWL از رابطه ۲ به‌دست آمد (Gavuzzi et al., 1997).

$$\text{رابطه ۲: } \text{RWL} = \{(FW - 6w) / (FW - DW)\} \times 100$$

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

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 بر عملکرد 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 به دلیل کاهش میزان انتقال سیتوکینین از ریشه به بخش هوایی و یا افزایش میزان اسیدآبسیزیک 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). به نظر می‌رسد دلیل کاهش تولید کل ماده خشک در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی گسترش نامناسب و تداوم کم‌تر سطح برگ نسبت به گیاهان شاهد باشد که موجب کاهش کارایی استفاده از نور دریافتی و تولید ماده 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 به دلیل تعلق زیاد و جایگزین نشدن آن به علت عدم دسترسی ریشه گیاه به آب کافی در تیمار تنش خشکی باشد (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱). به نظر می‌رسد علت کاهش تعداد دانه در هر ردیف بلال در شرایط تنش رطوبتی به علت 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 به دلیل کاهش در تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه بود. خسارت ناشی از تنش خشکی به

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 در این مرحله (ظهور ابریشم بلال تا رسیدگی دانه) و کم آبیاری در مراحل میانی رشد (۱۲ برگ تا ظهور برگ ابریشم) توصیه شد (ذاکرنژاد و همکاران، ۱۳۹۶). اگرچه تنش خشکی در همه مراحل رشد ذرت کاهش عملکرد دانه را به دنبال 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 (به- ترتیب 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 (شکل ۱- الف). برای صفت ارتفاع بین اکثر تیمارها اختلاف آماری وجود نداشت. ولی بین تیمارهای قطع یک دور آبیاری در مرحله ظهور 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

پرشدن دانه و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر تفاوت معنی داری مشاهده نشد (شکل ۱-ب). هم‌چنین برهم‌کنش هیبرید و آبیاری برای صفت عملکرد دانه و برهم‌کنش هیبرید و کود برای صفت وزن هزار دانه معنی دار 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 (شکل ۱-ج). بین دو هیبرید SC700 و SC704 در سطوح مختلف آبیاری تفاوت معنی داری 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 معنی داری وجود نداشت (شکل ۱-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
بلوک	۲	۲/۶۶ <sup>ns</sup>	۵۴/۷۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۹ <sup>**</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۸۱ <sup>ns</sup>
آبیاری	۲	۱/۰۵ <sup>ns</sup>	۷۴/۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۴۸/۹ <sup>**</sup>
خطا a	۴	۱/۸۰	۷۸/۱۹	۰/۱۲	۰/۱۲	۲/۱۵
کود	۲	۱۱/۵۵ <sup>**</sup>	۴۴/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۲۱ <sup>*</sup>	۲۸/۴۲ <sup>**</sup>
کود×آبیاری	۴	۰/۸۶ <sup>ns</sup>	۱۸۹/۶۳ <sup>*</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۴/۷۱ <sup>ns</sup>
کود×بلوک	۴	۷/۷۲ <sup>*</sup>	۴۷/۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۳/۶۶ <sup>ns</sup>
خطا b	۸	۰/۹۸	۴۵/۳۱	۰/۱۱	۰/۰۷	۱/۸۱
هیبرید	۱	۱/۵ <sup>ns</sup>	۲۱/۴۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۸ <sup>**</sup>	۱۵/۵۷ <sup>*</sup>
هیبرید×آبیاری	۲	۱/۰۵ <sup>ns</sup>	۶۲/۹۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۲۸/۶۷ <sup>ns</sup>
هیبرید×کود	۲	۰/۶۶ <sup>ns</sup>	۴۰/۹۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۷۲ <sup>ns</sup>
هیبرید×کود×آبیاری	۴	۱/۶۳ <sup>ns</sup>	۹۲/۷۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۵ <sup>ns</sup>	۱/۰۵ <sup>ns</sup>
خطا c	۱۸	۲	۳۴/۱۷	۰/۰۳	۰/۰۴	۳/۰۴
ضریب تغییرات		٪ ۱۶	٪ ۴/۲۹	٪ ۶/۵۶	٪ ۴/۶۴	٪ ۸/۶۰

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

آبیاری	تعداد برگ	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (cm)	قطر بلال (cm)	طول بلال (cm)	میزان آب نسبی برگ (%)	میزان آب از دست رفته (%)
a1	۹/۱۱ <sup>a</sup>	۱۳۶/۰۶ <sup>a</sup>	۲/۵۹ <sup>a</sup>	۴/۶۵ <sup>a</sup>	۲۳ <sup>a</sup>	۸۷/۲۳ <sup>a</sup>	۷۴/۶۶ <sup>a</sup>
a2	۸/۶۶ <sup>a</sup>	۱۳۸/۲۳ <sup>a</sup>	۲/۵۹ <sup>a</sup>	۴/۵۸ <sup>a</sup>	۲۰/۰۵ <sup>b</sup>	۷۸/۰۰ <sup>b</sup>	۷۲/۱۱ <sup>a</sup>
a3	۸/۷۲ <sup>a</sup>	۱۳۴/۱۷ <sup>a</sup>	۲/۵۸ <sup>a</sup>	۴/۵۸ <sup>a</sup>	۱۸/۷۳ <sup>c</sup>	۶۸/۴۴ <sup>c</sup>	۶۲/۷۲ <sup>b</sup>
کود فسفر							
b1	۹/۰۵ <sup>a</sup>	۱۳۶/۳۳ <sup>a</sup>	۲/۵۱ <sup>b</sup>	۴/۵۴ <sup>b</sup>	۱۹/۲۵ <sup>b</sup>	۷۶/۳۳ <sup>b</sup>	۶۶/۵۶ <sup>b</sup>
b2	۹/۵ <sup>a</sup>	۱۳۷/۶۱ <sup>a</sup>	۲/۵۰ <sup>b</sup>	۴/۵۵ <sup>b</sup>	۱۹/۸۶ <sup>b</sup>	۷۷/۶۷ <sup>b</sup>	۷۰/۱۷ <sup>a</sup>
b3	۷/۹۴ <sup>b</sup>	۱۳۴/۵۰ <sup>a</sup>	۲/۷۵ <sup>a</sup>	۴/۷۳ <sup>a</sup>	۲۱/۶۷ <sup>a</sup>	۷۹/۶۷ <sup>a</sup>	۷۲/۷۸ <sup>a</sup>
هیبرید							
c1	۹ <sup>a</sup>	۱۳۵/۵۲ <sup>a</sup>	۲/۵۶ <sup>a</sup>	۴/۷۳ <sup>a</sup>	۲۰/۷۹ <sup>a</sup>	۸۰/۳۳ <sup>a</sup>	۶۹/۱۹ <sup>a</sup>
c2	۸/۶۶ <sup>a</sup>	۱۳۶/۷۸ <sup>a</sup>	۲/۶۳ <sup>a</sup>	۴/۴۸ <sup>b</sup>	۱۹/۷۲ <sup>b</sup>	۷۵/۴۴ <sup>b</sup>	۷۰/۴۸ <sup>a</sup>

اعداد هر ستون هر عامل که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد باشند: 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 کیلوگرم در هکتار (۵۰ درصد بیش‌تر از توصیه کودی)؛ c1: ذرت سینگل کراس ۷۰۰، c2: ذرت سینگل کراس ۷۰۴

## جدول ۴: تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد

شاخص برداشت	میانگین مربعات					تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	درجه آزادی	منابع تغییرات
	عملکرد دانه	وزن خشک	وزن هزار دانه	وزن بلال	تعداد دانه در ردیف				
۰/۰۰۱۸ <sup>ns</sup>	۳۰۶۵۰۰۰/۰۰ <sup>ns</sup>	۲۴۵۹۵۸/۸۰ <sup>ns</sup>	۶۷۳/۷۳ <sup>ns</sup>	۱۴۳/۶۸ <sup>**</sup>	۶۳/۶۸ <sup>ns</sup>	۴/۵۰ <sup>ns</sup>	۲	بلوک	
۰/۰۰۲۶۰ <sup>**</sup>	۱۴۷۶۲۱۸۷/۵۰ <sup>*</sup>	۲۰۶۷۰۵۴۲/۷۹ <sup>**</sup>	۳۴۳۵/۳۸ <sup>**</sup>	۵۳/۴ <sup>ns</sup>	۱۶۷/۴۶ <sup>**</sup>	۹/۵۶ <sup>ns</sup>	۲	آبیاری	
۰/۰۰۴۰	۱۷۶۲۶۵۶/۲۵	۱۰۴۱۴۴۹/۶۰	۳۲۰/۱۱	۱۱۸/۹۹	۱۶/۶۸	۲/۸۹	۴	خطا a	
۰/۰۰۱۴ <sup>*</sup>	۳۲۴۰۳۱۲/۵۰ <sup>*</sup>	۴۱۸۷۷۳۴/۱۴ <sup>ns</sup>	۷۳۸/۷۳ <sup>ns</sup>	۹۴/۲۹ <sup>**</sup>	۵۸/۰۷ <sup>**</sup>	۱۰/۱۷ <sup>ns</sup>	۲	کود	
۰/۰۰۳۶ <sup>ns</sup>	۱۲۶۵۳۱۲/۵۰ <sup>ns</sup>	۹۶۶۵۱۷/۱۳ <sup>ns</sup>	۸۴۶/۷۷ <sup>ns</sup>	۱۱/۲۶ <sup>ns</sup>	۱۵/۰۷ <sup>ns</sup>	۱/۳۱ <sup>ns</sup>	۴	کود×آبیاری	
۰/۰۰۱۰ <sup>ns</sup>	۱۴۵۱۴۰۶/۲۵ <sup>ns</sup>	۷۲۶۲۲۴/۶۰ <sup>ns</sup>	۲۸۶/۷۷ <sup>ns</sup>	۲۴/۰۴ <sup>ns</sup>	۲۷/۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۴۲ <sup>ns</sup>	۴	کود×بلوک	
۰/۰۰۲۱	۶۸۶۴۸۴/۳۸	۷۲۶۹۰۹/۶۶	۲۶۱/۵	۵/۳۵	۶/۹۶	۲/۵۶	۸	خطا b	
۰/۰۰۰۱ <sup>ns</sup>	۶۰۵۰۱۰۴/۱۷ <sup>**</sup>	۲۹۰۴۰۰۰/۰۰ <sup>ns</sup>	۱۰۵۷/۷۹ <sup>ns</sup>	۱۷۰/۶ <sup>**</sup>	۱/۱۸ <sup>ns</sup>	۲۰/۱۷ <sup>**</sup>	۱	هیبرید	
۰/۰۰۰۴ <sup>ns</sup>	۸۵۶۹۷۹/۱۷ <sup>*</sup>	۵۹۴۰۶۹/۷۹ <sup>ns</sup>	۴۰/۵۷ <sup>ns</sup>	۴/۲۲ <sup>ns</sup>	۲۴/۶۸ <sup>ns</sup>	۰/۶۷ <sup>ns</sup>	۲	هیبرید×آبیاری	
۰/۰۰۱۴ <sup>ns</sup>	۶۰۴۴۷۹/۱۷ <sup>ns</sup>	۶۸۰۰۷۱/۸۸ <sup>ns</sup>	۱۵۳۰/۵۷ <sup>*</sup>	۵۳/۵۵ <sup>ns</sup>	۱۱/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۳۹ <sup>ns</sup>	۲	هیبرید×کود	
۰/۰۰۰۵ <sup>ns</sup>	۱۵۵۱۰۴/۱۷ <sup>ns</sup>	۱۴۱۷۹۳۰/۲۱ <sup>**</sup>	۵۹۹/۱۸ <sup>ns</sup>	۵۳/۶۹ <sup>ns</sup>	۴/۱۸ <sup>ns</sup>	۰/۶۴ <sup>ns</sup>	۴	هیبرید×کود×آبیاری	
۰/۰۰۰۹۷	۲۱۱۵۶۲/۵۰	۲۹۰۲۲۰/۶۰	۲۶۶/۳۱	۱۹/۷۲	۸/۹۶	۲/۳۷	۱۸	خطا c	
٪ ۷/۷۷	٪ ۷/۴۸	٪ ۴/۵۷	٪ ۹/۳	٪ ۱۲/۲۸	٪ ۶/۸۱	٪ ۱۰/۰۱		ضرب تغییرات	

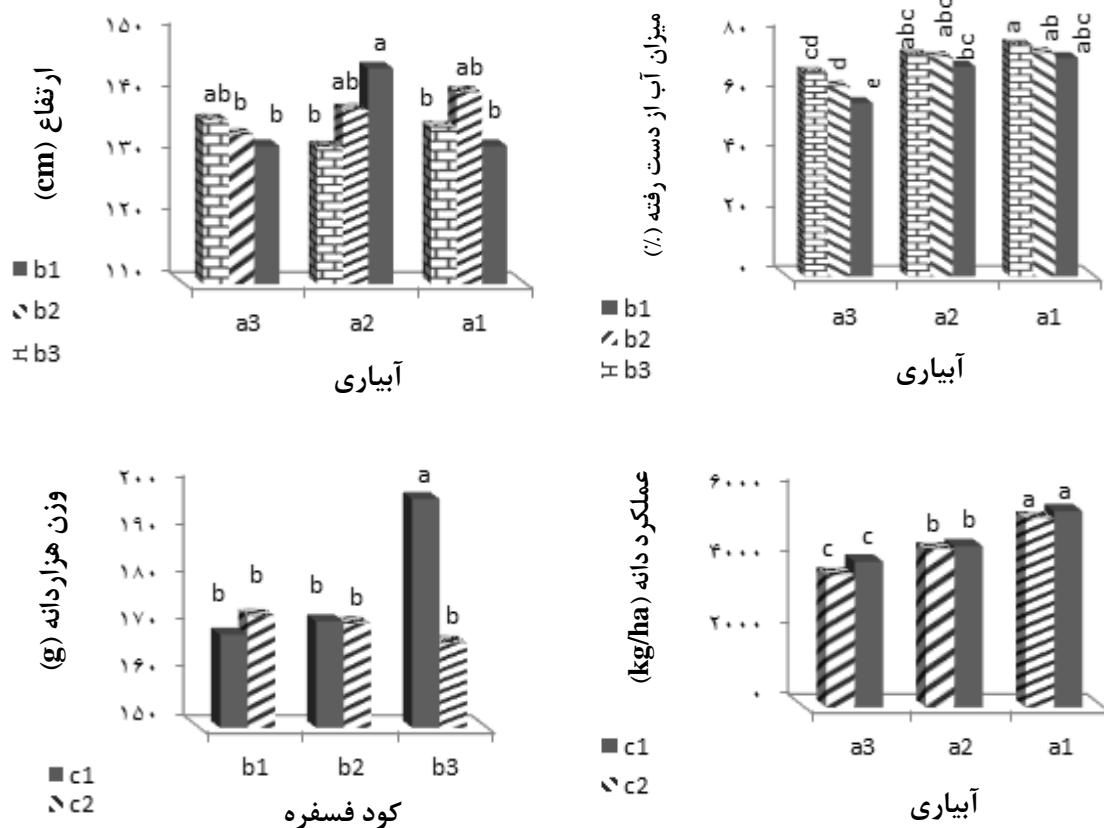
ns، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

## جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات اصلی عملکرد و اجزای عملکرد

شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (Kg/ha)	وزن خشک (Kg/ha)	وزن هزار دانه (g)	وزن بلال (g)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف دانه در بلال	آبیاری
۰/۴۳ <sup>a</sup>	۷۱۳۳/۳ <sup>a</sup>	۱۳۰۲۸/۸۹ <sup>a</sup>	۱۸۶/۷۲ <sup>a</sup>	۳۶/۱۱ <sup>ab</sup>	۴۷/۱۶ <sup>a</sup>	۱۴/۲۷ <sup>b</sup>	a1
۰/۴۰ <sup>b</sup>	۵۹۵۰/۰ <sup>b</sup>	۱۱۲۰۵/۴۲ <sup>b</sup>	۱۶۰ <sup>b</sup>	۳۷/۸۹ <sup>a</sup>	۴۳/۵ <sup>b</sup>	۱۶/۱۷ <sup>a</sup>	a2
۰/۳۶ <sup>c</sup>	۵۳۵۴/۲۰ <sup>c</sup>	۱۱۱۴۱/۸۱ <sup>b</sup>	۱۷۹/۴۴ <sup>a</sup>	۳۴/۴۴ <sup>b</sup>	۴۱/۱۱ <sup>c</sup>	۱۵/۲۸ <sup>ab</sup>	a3
							کود فسفر
۰/۳۹ <sup>b</sup>	۵۷۸۳/۳۰ <sup>b</sup>	۱۱۳۳۸/۴۷ <sup>c</sup>	۱۷۱/۳۹ <sup>a</sup>	۳۴ <sup>b</sup>	۴۲ <sup>b</sup>	۱۴/۶۷ <sup>b</sup>	b1
۰/۳۸ <sup>b</sup>	۶۰۴۱/۷۰ <sup>b</sup>	۱۱۷۳۸/۸۹ <sup>b</sup>	۱۷۲ <sup>a</sup>	۳۵/۸۸ <sup>ab</sup>	۴۴/۲۲ <sup>a</sup>	۱۵/۳۳ <sup>ab</sup>	b2
۰/۴۳ <sup>a</sup>	۶۶۱۲/۵۰ <sup>a</sup>	۱۲۲۹۸/۷۵ <sup>a</sup>	۱۸۲/۷۸ <sup>a</sup>	۳۸/۵۵ <sup>a</sup>	۴۵/۵۵ <sup>a</sup>	۱۶/۱۷ <sup>a</sup>	b3
							هیبرید
۰/۴ <sup>a</sup>	۶۴۸۰/۶۰ <sup>a</sup>	۱۱۸۶۵/۳۷ <sup>a</sup>	۱۷۹/۸۲ <sup>a</sup>	۳۷/۹۳ <sup>a</sup>	۴۴/۰۷ <sup>a</sup>	۱۶/۰۰ <sup>a</sup>	c1
۰/۴ <sup>a</sup>	۵۸۱۱/۱۰ <sup>b</sup>	۱۱۷۱۸/۷۰ <sup>a</sup>	۱۷۰/۹۶ <sup>a</sup>	۳۴/۳۷ <sup>b</sup>	۴۳/۷۸ <sup>a</sup>	۱۴/۷۸ <sup>b</sup>	c2

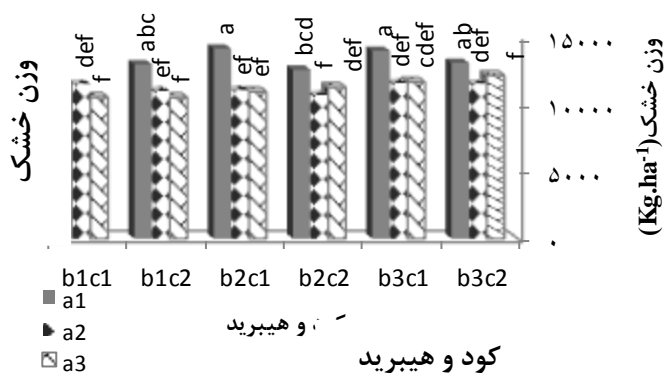
اعداد هر ستون هر عامل که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. اعداد هر ستون هر عامل که دارای حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد. a1: آبیاری کامل، a2: قطع یک دور آبیاری 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





شکل ۱: 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 دانه b1, b2 و b3 به ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل. c1 و c2 به ترتیب 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 به ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل. c1 و c2 به ترتیب هیبرید سینگل کراس ۷۰۰ و ۷۰۴

### تجزیه همبستگی

به‌نژادگران گیاهان علاقه‌مند به توسعه ارقام با عملکرد بهبود یافته و سایر ویژگی‌های زراعی مطلوب هستند. اما از آن-جایی که 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 معنی‌دار 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 ( $r=0/689^{**}$ ) 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 (جدول ۶). در شرایط تنش در مرحله پرشدن دانه و تنش در مرحله ظهور پانیکول بیش‌ترین همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت مشاهده شد (به‌ترتیب  $r=0/888^{**}$  و  $r=0/788^{**}$ ). 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). مہری 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 کم‌اهمیت در مدل حذف شوند. در رگرسیون گام به گام می‌توان طی مراحل 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.

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	-۰/۰۲۰	-۰/۰۲۵۳	-۰/۰۴۵۴	-۰/۰۴۳	-۰/۰۳۴۶	-۰/۰۱۶۴	-۰/۰۱۵۲	-۰/۰۱۲۷	-۰/۰۲۷۰	-۰/۰۴۳۳	-۰/۰۶۸۶ <sup>**</sup>	-۰/۰۲۷۹
۲- تعداد دانه در ردیف	۰/۵۵۳ <sup>*</sup> (-۰/۰۳۷)	۱	-۰/۰۴۳۷	-۰/۰۰۲۲	-۰/۰۴۰۲	-۰/۰۵۳۲ <sup>**</sup>	-۰/۰۱۹۴	-۰/۰۱۹۵	-۰/۰۰۰۶	-۰/۰۰۶۷	-۰/۰۳۴۴	-۰/۰۶۸۹ <sup>**</sup>	-۰/۰۰۹۶	-۰/۰۲۶۲
۳- وزن بلال	۰/۳۷۱ <sup>*</sup> (۰/۰۲۶)	۰/۳۸۰ <sup>*</sup> (-۰/۰۱۹۰)	۱	-۰/۰۰۶۷	-۰/۰۰۵ <sup>**</sup>	-۰/۰۴۵۵	-۰/۰۰۶۹	-۰/۰۳۷۱	-۰/۰۱۶۹	-۰/۰۲۴۶	-۰/۰۰۰۳	-۰/۰۵۶۹ <sup>**</sup>	-۰/۰۵۶۳ <sup>**</sup>	-۰/۰۱۶۲
۴- وزن هزار دانه	۰/۴۸۱ <sup>**</sup> (۰/۵۶۵ <sup>۵</sup> )	۰/۴۲۲ <sup>*</sup> (۰/۲۸۷)	۰/۵۷۳ <sup>**</sup> (۰/۱۲۵)	۱	-۰/۰۱۳۲	-۰/۰۲۶۷	-۰/۰۱۵۴	-۰/۰۰۷۹	-۰/۰۰۵۳	-۰/۰۰۰۹	-۰/۰۳۷۴	-۰/۰۰۸۴	-۰/۰۲۲۷	-۰/۰۱۴۰
۵- وزن خشک	۰/۲۴۰ <sup>*</sup> (۰/۲۲۳)	۰/۳۷۴ <sup>*</sup> (۰/۱۴۹)	۰/۳۴۸ <sup>*</sup> (۰/۳۳۰)	۰/۵۶۱ <sup>*</sup> (۰/۱۹۴)	۱	-۰/۰۴۵۷	-۰/۰۴۱۹	-۰/۰۱۳۱	-۰/۰۱۲۰	-۰/۰۲۴۴	-۰/۰۲۹۷	-۰/۰۶۶۰ <sup>**</sup>	-۰/۰۵۲۵ <sup>*</sup>	-۰/۰۱۹۲
۶- عملکرد دانه	۰/۳۷۲ <sup>*</sup> (۰/۰۹۲)	۰/۴۳۰ <sup>*</sup> (۰/۰۲۶)	۰/۶۳۵ <sup>**</sup> (۰/۶۶۳ <sup>**</sup> )	۰/۶۱۱ <sup>**</sup> (۰/۲۴۷)	۰/۳۴۳ <sup>*</sup> (۰/۵۳۰ <sup>*</sup> )	۱	-۰/۰۱۲۱	-۰/۰۴۲۹	-۰/۰۱۳۲	-۰/۰۱۶۲	-۰/۰۳۱۲	-۰/۰۵۳۸ <sup>*</sup>	-۰/۰۲۷۴	-۰/۰۰۶۹
۷- شاخص برداشت	۰/۲۵۵ <sup>*</sup> (-۰/۰۴۱)	۰/۲۷۲ <sup>*</sup> (-۰/۰۶۵)	۰/۵۰۰ <sup>*</sup> (۰/۵۲۰ <sup>*</sup> )	۰/۳۶۷ <sup>*</sup> (۰/۱۷۶)	-۰/۰۱۲۱ <sup>*</sup> (-۰/۰۱۰۳)	۰/۸۸۸ <sup>**</sup> (۰/۷۸۸ <sup>**</sup> )	۱	-۰/۰۲۸۸	-۰/۰۰۳۶	-۰/۰۰۷۵	-۰/۰۰۶۵	-۰/۰۰۵۰	-۰/۰۱۸۶	-۰/۰۲۵۱
۸- تعداد برگ	۰/۳۸۹ <sup>*</sup> (۰/۳۱۷)	۰/۰۰۹۵ <sup>*</sup> (-۰/۰۷۵)	۰/۲۵۶ <sup>*</sup> (-۰/۳۰۷)	-۰/۰۱۶۴ <sup>*</sup> (۰/۰۲۵)	-۰/۰۰۹۸ <sup>*</sup> (-۰/۰۶۱)	-۰/۰۰۵۰ <sup>*</sup> (-۰/۰۴۱۱)	-۰/۰۰۰۲ <sup>*</sup> (-۰/۰۳۸)	۱	-۰/۰۳۵۵	-۰/۰۵۶ <sup>*</sup>	-۰/۰۱۲۸	-۰/۰۱۸۸	-۰/۰۰۲۹	-۰/۰۳۴۳
۹- ارتفاع بونه	۰/۶۱۲ <sup>**</sup> (۰/۱۱۶)	۰/۳۷۰ <sup>*</sup> (۰/۰۹۶)	۰/۳۸۲ <sup>*</sup> (-۰/۱۳۵)	-۰/۰۶۶۸ <sup>**</sup> (-۰/۳۱۷)	-۰/۰۰۰۸ <sup>*</sup> (-۰/۰۱۸)	۰/۳۶۱ <sup>*</sup> (-۰/۳۱۸)	۰/۳۷۹ <sup>*</sup> (-۰/۳۶۶)	۰/۳۳۹ <sup>*</sup> (۰/۶۷۰ <sup>**</sup> )	۱	-۰/۰۲۰۲	-۰/۰۱۶۵	-۰/۰۱۰۰	-۰/۰۳۲۹	-۰/۰۰۵۸
۱۰- قطر ساقه	۰/۱۰۰۷ <sup>*</sup> (-۰/۳۰۹)	۰/۱۸۷ <sup>*</sup> (-۰/۰۳۱)	۰/۵۹۴ <sup>**</sup> (۰/۵۳۹ <sup>*</sup> )	۰/۴۶۹ <sup>**</sup> (-۰/۱۲۱)	۰/۳۴۷ <sup>*</sup> (۰/۲۸۰)	۰/۴۸۱ <sup>**</sup> (۰/۳۷۳)	۰/۴۰۱ <sup>*</sup> (۰/۲۱۴)	۰/۳۴۰ <sup>*</sup> (-۰/۰۴۵۶)	۰/۳۲۰ <sup>*</sup> (-۰/۰۴۲۰)	۱	-۰/۰۳۹۵	-۰/۰۳۱۶	-۰/۰۲۷۰	-۰/۰۴۵۷
۱۱- قطر بلال	۰/۴۴۸ <sup>*</sup> (۰/۲۷۱)	۰/۲۳۳ <sup>*</sup> (۰/۱۶۲)	۰/۵۳۶ <sup>**</sup> (۰/۲۵۲)	-۰/۰۱۱۸ <sup>**</sup> (۰/۰۴۹۱ <sup>*</sup> )	۰/۶۶۷ <sup>**</sup> (۰/۴۲۴)	۰/۵۳۳ <sup>*</sup> (۰/۳۳۵)	۰/۳۴۸ <sup>*</sup> (۰/۱۰۷)	۰/۰۰۶۲ <sup>*</sup> (-۰/۰۶۶۶)	۰/۵۰۹ <sup>*</sup> (-۰/۰۶۰)	۰/۴۶۹ <sup>**</sup> (۰/۳۴۱)	۱	۰/۵۵۱ <sup>*</sup>	۰/۱۶۶۷	۰/۱۶۶۷
۱۲- طول بلال	۰/۵۵۱ <sup>*</sup> (۰/۳۱۵)	۰/۷۰۹ <sup>**</sup> (۰/۳۳۷)	۰/۴۰۶ <sup>*</sup> (۰/۱۲۶)	۰/۳۲۶ <sup>*</sup> (۰/۰۴۳۹)	۰/۲۹۶ <sup>*</sup> (۰/۰۳۰۲)	۰/۶۴۳ <sup>**</sup> (۰/۵۹۱ <sup>**</sup> )	۰/۵۲۸ <sup>*</sup> (۰/۰۴۹۳ <sup>*</sup> )	۰/۰۵۵ <sup>*</sup> (-۰/۳۷۳)	۰/۳۷۵ <sup>*</sup> (-۰/۳۳۴)	۰/۰۸۰ <sup>*</sup> (۰/۱۲۸)	۰/۳۰۸ <sup>*</sup> (۰/۵۲۸ <sup>*</sup> )	۱	۰/۵۵۹ <sup>*</sup>	-۰/۰۰۷۸
۱۳- میزان آب نسبی برگ	۰/۵۰۰۷ <sup>*</sup> (۰/۲۵۰)	۰/۴۹۴ <sup>*</sup> (۰/۳۳۷)	۰/۶۳۵ <sup>**</sup> (-۰/۰۴۶)	۰/۲۸۳ <sup>*</sup> (۰/۰۳۹۵)	۰/۱۱۰ <sup>*</sup> (۰/۰۲۷۷)	۰/۴۱۶ <sup>*</sup> (۰/۱۲۶)	۰/۳۷۷ <sup>*</sup> (۰/۰۳۶۴)	۰/۱۲۸ <sup>*</sup> (-۰/۱۵۴)	۰/۱۴۹ <sup>*</sup> (-۰/۱۱۸)	۰/۳۴۸ <sup>*</sup> (-۰/۰۳۰۵)	۰/۲۶۴ <sup>*</sup> (۰/۰۱۶)	۰/۴۱۹ <sup>*</sup> (۰/۳۷۳)	۱	۰/۱۵۰
۱۴- میزان آب از دست رفته	-۰/۱۵۲ <sup>*</sup> (۰/۱۰۴)	۰/۱۸۴ <sup>*</sup> (-۰/۰۱۹۳)	۰/۵۰۱ <sup>*</sup> (-۰/۰۳۰۹)	۰/۴۰۷ <sup>*</sup> (۰/۱۷۴)	۰/۳۳۶ <sup>*</sup> (۰/۱۶۴)	۰/۴۳۲ <sup>*</sup> (-۰/۰۰۹)	۰/۲۹۲ <sup>*</sup> (-۰/۰۱۲۹)	-۰/۰۳۳۱ <sup>*</sup> (-۰/۰۳۰۱)	۰/۱۷۹ <sup>*</sup> (-۰/۰۵۱۶ <sup>*</sup> )	۰/۵۹۳ <sup>**</sup> (۰/۰۱۰)	۰/۳۸۹ <sup>*</sup> (۰/۲۲۰)	۰/۱۸۷ <sup>*</sup> (۰/۰۴۴)	۰/۱۹۴ <sup>*</sup> (-۰/۰۱۴۱)	۱

\* و \*\* به ترتیب معنی داری در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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

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

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

\* 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	-	۰/۱۶۳ <sup>ns</sup>

\* 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

مراحل رگرسیون گام به گام				متغیر اضافه شده به مدل
۴	۳	۲	۱	
-۵۴۸/۵۲۶**	-۵۶۰/۶۸۵**	-۵۶۹/۲۲۴**	۶۶/۷۵ <sup>ns</sup>	عدد ثابت
۱۳/۹۵۱**	۱۴/۱۹۵**	۱۴/۱۱۶**	۱۳/۰۵۸	شاخص برداشت
۰/۴۰۰**	۰/۴۰۶**	۰/۴۰۳**	-	وزن خشک
-۰/۰۹۸*	-۰/۱۰۴*	-	-	وزن هزار دانه
۰/۱۷۷*	-	-	-	وزن بلال
۹۹/۹	۹۹/۸	۹۹/۸	۵۹/۷	ضریب تبیین اصلاح شده (درصد)

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

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 خشک	۰/۶۱۳**	-	-۰/۰۸۸	-۰/۰۰۴	۰/۵۳۰**
شاخص برداشت	۰/۸۴۲**	-۰/۰۶۴	-	-۰/۰۰۴	۰/۷۸۸**
وزن هزار دانه	-۰/۰۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۱۱۹	۰/۱۴۸	-	۰/۳۴۷ <sup>ns</sup>
وزن بلال	۰/۰۲۶ <sup>ns</sup>	۰/۲۰۲	۰/۴۳۸	-۰/۰۰۳	۰/۶۶۳**

\* و \*\* به ترتیب معنی داری 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 به عنوان متغیر تابع و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه

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

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۱۲: تجزیه علیت در شرایط تنش در مرحله پر شدن 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	۰/۹۴۲**	-۰/۰۵۵	-	۰/۸۸۸**

\* و \*\* به ترتیب معنی داری 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 کراس ۷۰۴ (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 بیش‌ترین تغییرات عملکرد را توجیه نمودند. در تحقیقی در گندم (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹) سرعت تولید دانه و عملکرد زیستی

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، ص ۸۹۱-۹۰۷.
- 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. جلد ۲۰/۲ شماره ۱، ص ۶۵-۸۴.
- 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، ص ۶۵-۷۸.
- 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. دوره ۴ شماره ۳، ص ۱۸۴-۲۰۱.

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 عادل‌نصب، م. ۱۳۹۵. اثر کود زیستی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت تحت شرایط تنش خشکی. مجله تحقیقات غلات. دوره ۶ شماره ۱، ص ۱۱۹-۱۳۲.

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، ص ۵۱-۵۹.

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، ص ۴۳-۵۵.

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 لاین‌های سینتتیک گندم. مجله زراعت 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 Journal of Agricultural Reserch and Management*. 1-4.

**Bartels, D. and Souer, E. 2004.** Molecular responses of higher plants to dehydration, in Hirt, H., Shinozaki, K. (ed.), *Plant Responses to Abiotic Stress*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 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.

**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., Yazdanehpas, 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.