فصلنامه علمی پژوهشی دانش زیستی ایران
جلد ۱۳- شماره ۳-پاییز ۱۳۹۷

مقاله تحقیقی

تاثیر تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای

مسعود شیرزادی، کیوان شمس *

گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.

***مسئول مکاتبات:** آدرس الکترونیکی:keyvan@iauksh.ac.ir

مکان انجام پژوهش: گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

چکیده

به منظور بررسی تاثیر کودهای زیستی ازتو بارور۱ و فسفر بارور۲ بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ تحت شرایط کم آبیاری در کشت دوم، آزمایشی به صورت کرت‌های یکبارخرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. دراین آزمایش کرتهای اصلی شامل قطع آبیاری در مرحله ۸ برگی، قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی و آبیاری نرمال (شاهد) وکرت‌های فرعی شامل: ازتوبارور۱، فسفر بارور۲ و کاربرد توام ازتوبارور۱ و فسفر بارور۲ در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که آبیاری و کود زیستی بر صفات ارتفاع بوته ذرت، قطر ساقه، قطر و طول بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و شاخص برداشت ذرت تاثیر معنی داری داشتند. اکثر صفات مورد بررسی در اثر اعمال قطع آبیاری کاهش یافتند ولی تاثیر بازدارنده قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی بر صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه و شاخص برداشت مشهودتر بود. کاربرد توام ازتوبارور۱ و فسفر بارور۲ ،ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه‌ی ذرت را به ترتیب ۱۰/۷، ۳۱/۲، ۱۰/۶ و ۳۳/۷ درصد نسبت به کاربرد ازتوبارور۱ و ۱۸/۷، ۱۷/۳، ۱۶/۵ و ۱۱ درصد نسبت به فسفر بارور۲ تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی بهبود بخشید. بر اساس نتایج به دست آمده، در صورت محدودیت منابع آبی و نیاز به اعمال کم آبیاری، تیمار کم آبیاری در مرحله ۸ برگی توصیه می‌شود زیرا این کم آبیاری تاثیر منفی کمتری بر عملکرد نهایی ذرت داشت. از سوی دیگر استفاده توام کودهای زیستی ازتوبارور۱ و فسفر بارور۲ تا حدی توانست اثرات بازدارنده قطع آبیاری را تعدیل کند.

واژگان کلیدی: ازتوبارور۱، ذرت، عملکرد دانه، فسفر بارور۲، کم آبیاری

مقدمه

در میان گیاهان زراعی، ذرت به عنوان یکی از مهمترین غلات دانه درشت به دلیل نقش مهمی که در تغذیه انسان و دام دارد، در عرصه تولید جهانی از جایگاه ارزشمندی برخوردار است. گرما دوست بودن، برخورداری از مسیر فتوسنتزی ۴ کربنه، کارایی مصرف آب مناسب در مقایسه با سایر غلات از جمله ویژگی‌هایی است که ذرت را مورد توجه محققان قرار داده است. لازم به ذکر است کم‌آبی، خطری جدی برای تولید موفق ذرت در سراسر جهان محسوب می‌شود. تنش خشکی علاوه بر اثر منفی بر عملکرد، باعث بروز یا تشدید سایر تنش‌ها به ویژه تنش کمبود عناصر غذایی از طریق اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی نیز می‌شود (۲۴). در ایران، کشت ذرت از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و استفاده از آن در تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی مورد توجه قرار گرفته

است. از طرف دیگر، تأمین آب مورد نیاز در مراحل خاص رشد رویشی و زایشی ذرت دارای اهمیت می‌باشد. آثار سوء ناشی از تنش آب بر رشد و نمو و عملکرد ذرت، بستگی به زمان وقوع تنش، شدت تنش، مرحله نموی و ژنوتیپ گیاه دارد (۶،۲۸). در استان کرمانشاه در برخی سال‌ها به دلیل عدم دسترسی به آب کافی و هم زمانی رشد ذرت در مرحله رشد رویشی وظهورگل تاجی با رشد سایر گیاهان زراعی به صورت اجتناب ناپذیری باکمبود آب مواجه می‌گردد. کم‌آبیاری راهکاری است که در آن آگاهانه آب کمتر از میزان مورد نیاز در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد. گرچه با اعمال کم‌آبیاری تا حدودی گیاه تحت تنش آبی قرار می‌گیرد ولی با تنظیم مراحل آبیاری و بهینه‌سازی می‌توان از واحد حجم آب حداکثر استفاده را بعمل آورد، از این‌رو مطالعات تکمیلی در این شرایط کاری، همواره می‌تواند مفید واقع شود. لازم به ذکر است اعمال تصمیمات مدیریتی سنجیده و کاربرد حساب شده از دیگر نهاده‌های کشاورزی از جمله کودها می‌تواند تا حدی بر میزان تاثیر کم آبیاری و کاهش اثرات بازدارنده‌ی آن مثمر ثمر باشد. به عبارت دیگر برهمکنش کم‌آبیاری به همراه استفاده از کودهای زیستی می‌تواند نتایج مفیدی داشته باشند که نیازمند مطالعات بیشتر در این زمینه است. از طرف دیگر در سال‌های اخیر کاربرد کودهای شیمیایی افزایش پیدا کرده است. نتیجه استفاده بیش از حد ازکودهای شیمیایی، سبب شده که مشکلات محیطی و اکولوژیکی شدیدی پدید آورد، بنابر این برای کاهش این مشکلات و مدیریت بهتر حاصلخیزی خاک، پیشرفت به سمت کشاورزی پایدار توصیه می‌شود که نیازمند روش‌های نوین تغذیه گیاهی است. در این زمینه توجه به کودهای زیستی از اهمیت خاصی برخوردار است.به همین منظور پژوهش حاضر برای دستیابی به اهداف زیر انجام پذیرفت.

۱) ارزیابی تاثیر کودهای زیستی ازتو بارور ۱ و فسفر بارور ۲ بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت.
۲) بررسی تاثیر کم‌آبیاری در مراحل رشد رویشی و زایشی ذرت
۳) مطالعه تاثیر استفاده از کودهای زیستی نیتروژونه و فسفاته بر تخفیف تاثیر بازدارنده‌ی کم‌آبیاری در کشت دوم ذرت

مواد و روش ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در روستای شیخ حسن،دهستان قلعه شاهین،شهرستان سرپل ذهاب، باعرض جغرافیایی ۳۴,۲۴ درجه شمالی وطول جغرافیایی ۴۵,۵۲ درجه شرقی و ارتفاع۵۴۹ متر ازسطح دریا، اجرا گردید. بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی، متوسط بارندگی منطقه آزمایش در ۳۰ سال گذشته ۴۰۰ میلیمتر و متوسط دمای روزانه ۲۰/۲ درجه سانتی گراد بوده است . خاک منطقه دارای بافت رسی با اسیدیته خنثی بوده، سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش.

عمق نمونه برداری (cm)	هدایت الکتریکی (dS/m)	مواد آلی%	نیتروژن %	فسفر	پتاسیم	منگنز	آهن	روی	مس	بر
				Ppm						
۰ - ۳۰	۰/۵۷	۰/۷۱	۰/۰۵	۱۱/۳	۲۰۲	۰/۷	۱/۳	۰/۴۹	۰/۵۶	۱۷

آزمایش بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در۳ تکرار انجام شد، تیمارهای مورد مطالعه در این پژوهش عبارت بودند از: آبیاری در کرت های اصلی شامل آبیاری کامل در طول دوره رشد بر اساس عرف منطقه (I_1)، قطع آبیاری در مرحله ۸ برگی (I_2) و قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی (I_3). کودهای زیستی در کرت های فرعی شامل ازتوبارور ۱ (B_1)، فسفر بارور ۲ (B_2) و ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲ (B_3). فاصله بین کرت های اصلی و فرعی ۱ متر در نظر گرفته شد، هر کرت فرعی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۵ متر با فاصله ۷۵ سانتی متر و فاصله روی ردیف۲۰

سانتی متر و عمق کاشت ۵ سانتی متر در نظر گرفته شد و فاصله بین تکرارها ۲ متر بود. زمین محل انجام آزمایش قبل از کاشت آبیاری شد و بعد از اینکه زمین به حالت گاورو درآمد، شخم گردید و سپس عملیات دیسک زنی و کربت بندی انجام شد. کود زیستی ازتوبارور ۱ مورد استفاده در این آزمایش، حاوی باکتری های تثبیت کننده نیتروژن از جنس ازتو باکتر وینلاندی (سویه O4) است (۱۰،۱۳). کود زیستی فسفات بارور ۲ حاوی دو نوع باکتری حل کننده فسفات از گونه های باسیلوس لنتوس (سویه P5) و سودوموناس پوتیدا (سویه P13) می باشد. باکتری P5 با تولید اسیدهای آلی باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات معدنی می شود و باکتری P13 با تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات آلی آن می شود که هر دو کود زیستی (شامل 10^8 عدد باکتری زنده و فعال در هر گرم کود زیستی) توسط شرکت زیست فناور سبز تولید شده اند. کودهای زیستی به صورت بذر مال و به نسبت ۱۰۰ گرم در هکتار استفاده شدند. بذرهای مصرفی با توجه به مساحت مورد نیاز روی یک پلاستیک تمیز ریخته شدند، سپس یک ساعت قبل از کشت کودهای ازتوبارور و فسفات بارور به تفکیک و با استفاده از آبپاش روی بذرها پاشیده شدند تا زمانی که بذرها کاملاً آغشته شدند (۱۸،۲۰) و در تاریخ ۱۰ تیر ماه، کشت شدند. همچنین، کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک به ترتیب ۲۰۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار از کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به خاک اضافه شدند. بدین صورت که کود ازته به صورت تقسیط در سه مرحله زمان کاشت، مرحله ۵ تا ۷ برگی و زمان ظهور گل تاجی مصرف شد. کودهای فسفره و پتاسه نیز در زمان کاشت به خاک اضافه شدند. در زمان برداشت، از هرکرت بطور تصادفی ۵ بوته انتخاب و صفاتی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر و طول بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه اندازه گیری شدند و برای تعیین شاخص برداشت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، بوته ها در هفته دوم آبان از دو ردیف میانی پس از حذف دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای ردیف ها به منظور حذف اثرات حاشیه برداشت شدند. داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT–C مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شدند و رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار EXCEL انجام شد.

نتایج وبحث

ارتفاع بوته

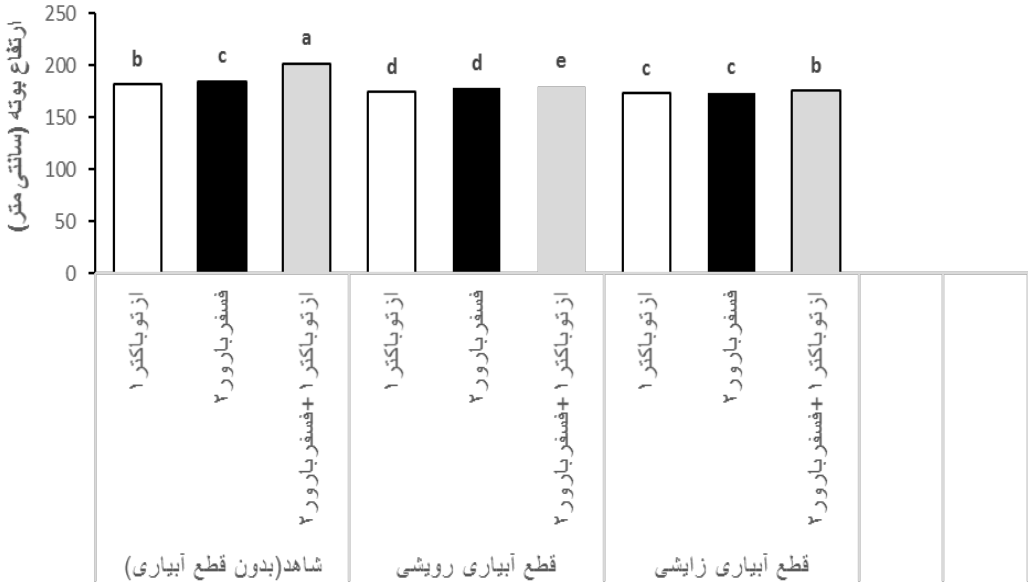
بر اساس نتایج تجزیه واریانس ملاحظه می‌شود که علاوه بر اثرات آبیاری و کودهای زیستی، برهمکنش دوگانه‌ی فاکتورهای مذکور نیزدر سطح احتمال ۵ درصد بر ارتفاع بوته ذرت معنی‌دار است (جدول ۲). به طور کلی ارتفاع بوته در اثر قطع آبیاری در مرحله ۸ برگی و ظهور گل تاجی به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت. میزان کاهش در قطع آبیاری رویشی نسبت به قطع آبیاری زایشی بیشتر بود. همچنین، تیمارهای کودی مورد مطالعه در تحت سطوح مختلف قطع آبیاری تاثیر معنی داری داشتند. با توجه به برهمکنش شرایط آبیاری × تیمارهای کودی، بیشترین ارتفاع بوته در تیمار بدون قطع آبیاری و با مصرف تلفیقی کود ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲ حاصل شد. به طوری که تیمار تلفیقی مذکور ارتفاع بوته را تحت سطوح قطع آبیاری مرحله ۸ برگی و مرحله ظهور گل تاجی بهبود بخشید و این تیمار به ترتیب ۱۹/۳۲ درصد نسبت به کاربرد ازتوبارور ۱ و ۲۸/۴۷ درصد نسبت به کاربرد فسفر بارور ۲ ارتفاع بوته را افزایش داد. چنین روندی در قطع آبیاری زایشی نیز دیده شد. به طوری که کاربرد تلفیقی کود ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲، ارتفاع بوته را ۱۰/۷۶درصد نسبت به کاربرد ازتوباکتر و ۱۸/۸۴ درصد نسبت به فسفر بارور ۲ افزایش داد (شکل ۱). احتمالاً در تیمارهایی که تحت شرایط قطع آبیاری قرار گرفته‌اند، میزان هورمون آبسیزیک اسید، افزایش یافته که این هورمون نیز به نوبه خود از فعالیت IAA و سیتوکینین که تقسیم و افزایش طول سلول‌ها را برعهده دارند، جلوگیری کرده و موجب کاهش رشد رویشی گردیده است (۳۴). فرخی‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش کردند که کم‌آبی از طریق کاهش فتوسنتز و در نتیجه کمبود شیره پرورده موجب کوتاه شدن ارتفاع بوته و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (۱۶). تغذیه مطلوب گیاهی به عنوان یکی از روش‌های مؤثر بر بهبود توانایی گیاهان در مقابله با تنش خشکی به شمار می رود و می‌تواند منجر به کاهش آثار مضر تنش خشکی بر ارتفاع بوته

شود (۱۲). Sprent وSprent (۱۹۹۰) اذعان داشتند که باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن شامل آزوسپیریلوم، سودوموناس و ازتوباکتر از طریق همیاری با ریشه گیاهان، موجب افزایش سطح جذب رطوبت می‌شود و این شبکه گسترده ریشه‌ای از طریق جذب آب و املاح و انتقال آن‌ها به گیاه میزبان موجب افزایش ارتفاع بوته، سطح برگ و وزن خشک آن می‌شود (۳۱).Wu و همکاران (۲۰۰۵) علت بهبود ارتفاع بوته ذرت تلقیح شده با کودهای زیستی را افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود فتوسنتز در اثر افزایش سطح برگ عنوان کردند (۳۵). به نظر می رسد دسترسی گیاه به عناصر غذایی کافی، به خصوص نیتروژن و فسفر از طریق تأثیر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته ذرت بسیار مؤثر بوده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی و کود زیستی بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر بلال و طول بلال.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	قطر بلال	طول بلال
تکرار	۲	۱۱۲۸/۶۶ ns	۳/۴۸ **	۰/۳۱ **	۲۵/۳۸ **
قطع آبیاری (I)	۲	۱۷۴۱۷/۹۲ **	۴/۵۰ **	۵/۵۶ **	۱۲۷/۳۶ **
خطای اصلی	۴	۵۰۷/۵۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۸۸
کودهای زیستی (B)	۲	۱۲۰۸۷/۷۹ **	۰/۶۲ **	۱/۵۶ **	۲۵/۲۳ **
I × B	۴	۷۵۱/۳۷ *	۰/۰۳ ns	۰/۰۳ ns	۶/۶۱ *
خطای فرعی	۱۲	۲۱۵/۱۵	۰/۰۶	۰/۱۸	۲/۰۳
CV	-	۶/۴۴	۹/۶۶	۱۱/۳۰	۷/۰۳

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

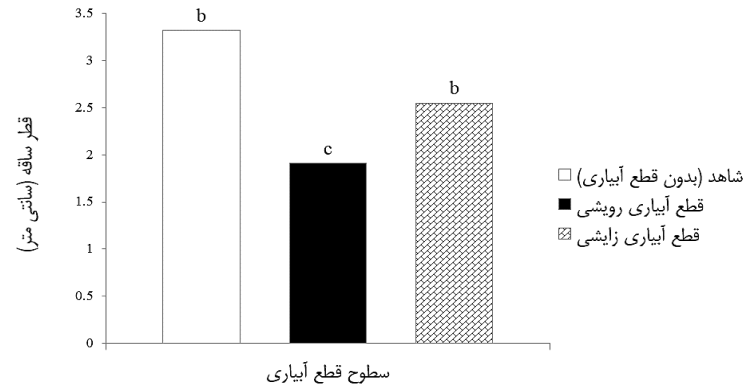


شکل ۱ – اثر برهمکنش آبیاری و کود زیستی بر ارتفاع بوته. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

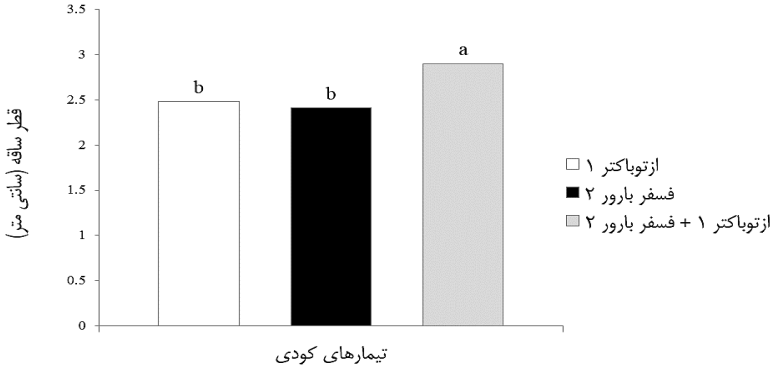
قطر ساقه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال ۱ درصد بر صفت قطر ساقه ذرت تاثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). قطع آبیاری در مرحله ۸ برگی و ظهور گل تاجی قطر ساقه را به ترتیب ۴۲/۴ و ۲۳/۱۹ درصد نسبت به شرایط عدم قطع آبیاری کاهش داد (شکل ۲). به نظر می‌رسد قطع آبیاری در مرحله ۸ برگی، نسبت به قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی تاثیر مشهودتری بر قطر ساقه‌ی ذرت داشته است. پیش‌تر گزارش شده است که اعمال خشکی در مرحله رشد رویشی گیاه ذرت موجب تغییرات فنوتیپی و مورفولوژیک از قبیل کوچک و لوله‌ای شدن سطح برگ‌ها، کاهش ارتفاع بوته، ریزش برگ‌های مسن و قطر ساقه می‌گردد (۱۲). به طور کلی تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد. تنش آب به طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیر مستقیم ورود دی اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها را که به علت شرایط کم آبی بسته‌اند کاهش دهد. انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرار گرفته و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید. بدیهی است که با محدود شدن ساخت و انتقال فرآورده های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه دچار نقصان می‌شود (۵). رفیعی‌منش و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش نمودند که در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش میزان انتقال سیتوکنین از ریشه به بخش هوایی و یا افزایش میزان اسید آبسیزیک در برگ از قابلیت انعطاف پذیری دیواره سلول کاسته شد، لذا رشد گیاه کاهش یافت (۱۱). در آزمایش حاضر قطر ساقه در شرایط بدون قطع آبیاری در بالاترین حد خود مشاهده شد. در آزمایشBozkurt و همکاران (۲۰۱۱) نیز

بیشترین قطر ساقه ذرت در تیمار آبیاری کامل گزارش شد (۲۱). از سوی دیگر کاربرد کودهای زیستی ازتوبارور ۱ و فسفر بارور ۲ به تنهایی یا به صورت کاربرد همزمان موجب بهبود قطر ساقه ذرت شد. کاربرد توام ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲ قطر ساقه را به ترتیب ۱۴/۴۸ و ۱۶/۸۹ درصد نسبت به کاربرد ازتوبارور ۱ و کاربرد فسفر بارور ۲ بهبود بخشید (شکل ۳). آزمایش‌های متعددی در زمینه کاربرد کودهای زیستی از قبیل باکتری‌های حل‌کننده فسفر و محرک رشد انجام شده است و نتایج حاکی از نقش مثبت این ریزموجودات در فنولوژی گیاه بوده است (۱۲).Gilik و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که استفاده از کود بیولوژیک نیتروکسین (حاوی ازتوباکتر)، سبب افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی می‌شود که به دنبال آن رشد گیاه افزایش می‌یابد و می‌توان انتظار داشت که افزایش رشد و نمو بخش‌های مختلف گیاه همچون ساقه حاصل شود (۲۵). توحیدی‌مقدم و همکاران (۱۳۸۷) اذعان داشتند در تیمارهایی که در آن از باکتری‌های همیار تثبیت کننده نیتروژن استفاده شده بود به دلیل تولید هورمون‌های رشدی در گیاه، افزایش صفات مرفولوژیکی گیاه ملاحظه گردید (۳).



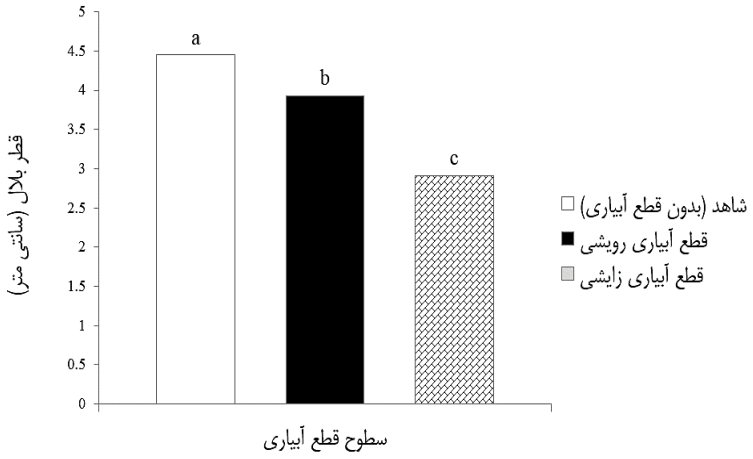
شکل ۲-اثر آبیاری بر قطر ساقه. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.



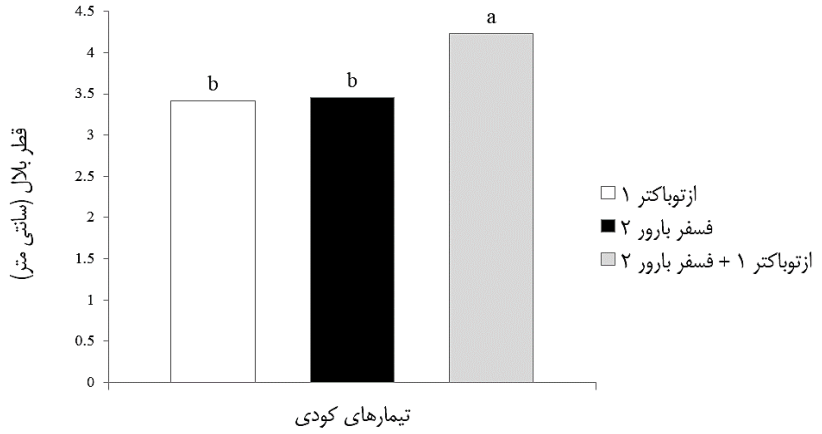
شکل ۳- اثر کود زیستی بر قطر ساقه. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

قطر بلال

نتایج تجزیه واریانس قطر بلال نشان داد که اثر آبیاری و کودزیستی در سطح احتمال ۱ درصد بر قطر بلال ذرت معنی-دار بود (جدول ۲). بر اثرقطع آبیاری در مراحل رویشی (مرحله ۸ برگی) و زایشی (در ظهور گل تاجی) قطر بلال به ترتیب ۱۱/۶۸ و ۳۴/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (شکل ۴). در همین راستاDagdelen و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش دادند که اعمال تنش خشکی از مرحله ظهور گل تاجی تا پر شدن دانـه، باعـث کاهش طول و قطر بلال شد (۲۳). به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی کاهش قطر بلال بر اثر کاهش فتوسنتز جاری و کمبود انتقال مواد فتوسنتزی از ساقه به چوب بلال رخ می‌دهد. به علاوه در تنش خشکی بخشی از کاهش قطر بلال مربوط به کاهش نمو دانه در قسمت‌های وسط و پایین بلال است (۱۹). فاطمی و همکاران (۱۳۹۰) بیان داشتند کاهش تعداد دانه و ریزتر شدن دانه‌ها تحت شرایط کم آبی باعث کاهش قطر و طول بلال گردید (۱۴). بیشترین قطر بلال در تیمار کودی کاربرد توام ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲ و کمترین قطر بلال نیز در تیمارهای کودی کاربرد ازتوبارور ۱ و فسفر بارور ۲ دیده شد که دو تیمارکودی نیز در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۵). در این خصوص فتحی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش نمودند کودهای بیولوژیک نیتروژن (نیتروکسین، نیتروکارا، سوپرنیتروپلاس) و فسفر (بیوفسفر، فسفر بارور ۲، کود mcl) تاثیر معنی‌داری بر قطر و طول بلال داشتند (۱۵). همچنین توحیدی‌نیا و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که کود زیستی فسفر با افزایش حلالیت فسفر خاک و همچنین قابل دسترس نمودن سایر عناصر معدنی باعث بهبود عملکرد گیاه در استفاده موثر از آن‌ها برای سوخت و ساز گیاهی شده و باعث افزایش قطر بلال شده است (۳). Zahir و همکاران (۲۰۰۴) تولید هورمون های محرک رشد توسط سویه‌های مختلف باکتری‌های جنس ازتوباکتر را مسئول افزایش قابل ملاحظه‌ی رشد ذرت دانستند (۳۷). به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر نیز باکتری‌های مورد استفاده احتمالا با تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، باعث افزایش تقسیمات سلولی و قطر بلال ذرت شده‌اند.



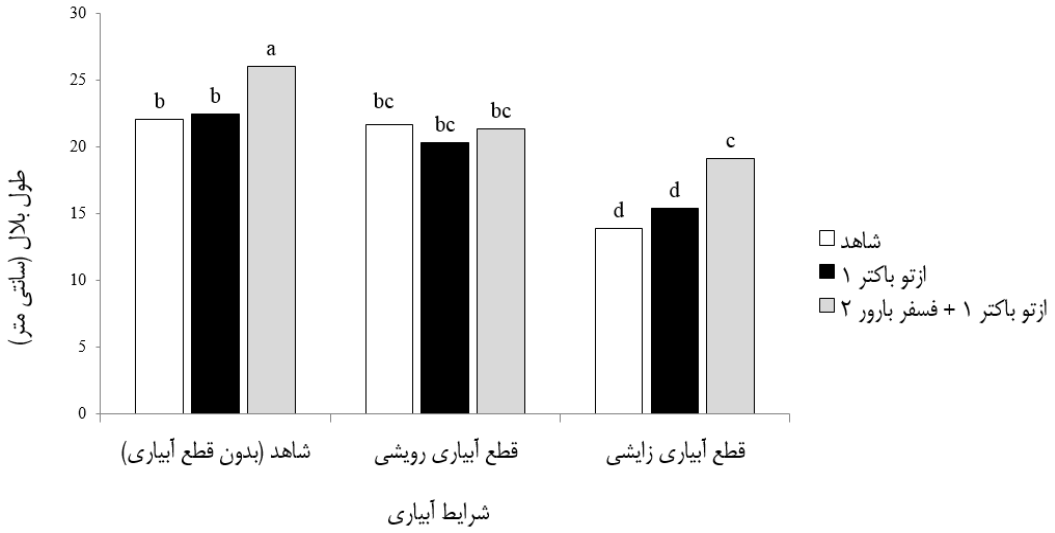
شکل ۴- اثر آبیاری بر قطر بلال. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.



شکل ۵- اثرکودزیستی بر قطر بلال. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

طول بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه اثرات آبیاری و کود زیستی و برهمکنش دوگانه‌ی فاکتورهای مذکور در سطح احتمال ۵ درصد بر طول بلال ذرت معنی‌دار بود (جدول ۲). برهمکنش دوگانه‌ی آبیاری در کود زیستی نشان داد که استفاده از کودهای زیستی نیتروژنه (ازتوبارور ۱) و فسفره (فسفر بارور ۲) موجب بهبود طول بلال تحت شرایط قطع آبیاری شد. به طوری که تیمار تلفیقی ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲ بیشترین طول بلال را تحت شرایط قطع آبیاری زایشی و تحت شرایط بدون قطع آبیاری به خود اختصاص دادند. لازم به ذکر است در تیمار قطع آبیاری رویشی بین تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری دیده نشد و هر سه تیمار کودی در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۶). به نظر می‌رسد تنش در مرحله گلدهی موجب کاهش تولید مواد پرورده اختصاص یافته به بلال و نقصان رشد محور بلال می‌گردد و در نتیجه طول بلال در تیمارهای تنش خشکی در مرحله گلدهی کمتر می‌باشد. در همین راستا Dagdelen و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش دادند که اعمال تنش خشکی از مرحله ظهور گل تاجی تا پر شدن دانه، باعث کاهش طول و قطر بلال شد (۲۳). از سوی دیگر بهنام‌فر (۱۳۷۶) گزارش داد که کاهش طول بلال در هنگام وقوع تنش خشکی می‌تواند ناشی از کاهش تعداد دانه در ردیف و یا عدم رشد کامل دانه‌ها باشد. به نظر می‌رسد تنش خشکی با ایجاد تأخیر در مرحله رشد بلال و کاهش مواد پرورده فراهم جهت رشد بلال سبب کاهش طول بلال گردیده است (۱). ضرابی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تلقیح باکتری‌های حل کننده فسفات با بذر ذرت سبب تغییر معنی‌داری بر قطر چوب بلال و طول بلال می‌شود (۳۸). ربیعیان و همکاران (۱۳۸۸) نیز اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و باکتری‌های حل کننده فسفات خاک علاوه بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد نخود موجب بهبود تحمل گیاه نسبت به تنش کم‌آبی و کاهش اثر منفی آن شده است (۷). فتحی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش نمودند کودهای بیولوژیک نیتروژن و فسفر تاثیر معنی داری بر طول بلال داشتند (۱۵).



شکل ۶- اثر برهمکنش آبیاری و کودزیستی بر طول بلال. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر آبیاری و کود زیستی بر تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف
تکرار	۲	۲/۱۱ ns	۷/۷۰ ns
قطع آبیاری (I)	۲	۵۴/۱۱ **	۳۱۶/۵۲ **
خطای اصلی	۴	۰/۸۸	۴/۰۳
کودهای زیستی (B)	۲	۱۸/۷۷ **	۲۲۵/۸۱ **
I × B	۴	۰/۵۵ ns	۹/۱۴ *
خطای فرعی	۱۲	۱/۸۵	۲/۸۱
CV	-	۱۰/۷۴	۵/۰۰

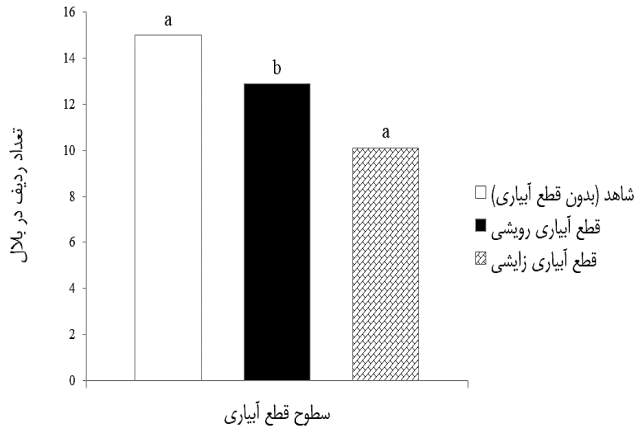
** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

تعداد ردیف در بلال

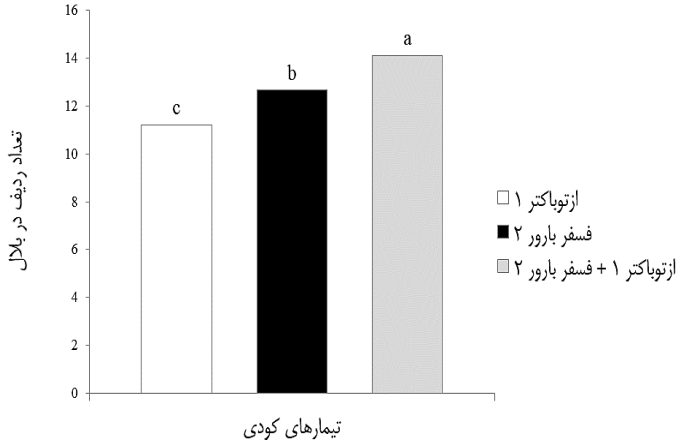
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار بود. قطع آبیاری در مرحله ۸ برگی و ظهور گل تاجی به ترتیب ۱۴/۱۳ و ۳۲/۶ درصد تعداد ردیف در بلال را کاهش دادند به طوری که قطع آبیاری زایشی تاثیر شدیدتری بر تعداد ردیف در بلال داشت (شکل ۷). یافته‌های Payero و همکاران (۲۰۰۹) حاکی از این است که اگرچه بروز تنش خشکی در هر مرحله از رشد گیاه، عملکرد را کاهش می‌دهد، اما اثر آن در مرحله زایشی به علت زیاد بودن میزان تبخیر و تعرق شدیدتر است (۲۹). کلامیان و همکاران (۱۳۸۴) نیز گزارش کردند که اعمال تنش خشکی موجب به تاخیر افتادن مراحل فنولوژیکی گیاه ذرت شد، همچنین تنش آب در طی مرحله رشد رویشی سبب می‌شود که گل آذین ماده کوچکتر و ردیف‌های دانه کمتری در بلال ایجاد شود (۱۷). بیشترین تعداد ردیف در بلال (۱۴/۱۱ ردیف

در بلال) در کاربرد توام کودهای زیستی ازتوبارور ۱ و فسفر بارور ۲ حاصل شد و کاربرد فسفر بارور ۲ (۱۲/۶۶ ردیف در بلال) در مرتبه دوم قرار گرفت (شکل ۸).

.



شکل ۷- اثر آبیاری بر تعداد ردیف در بلال. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند

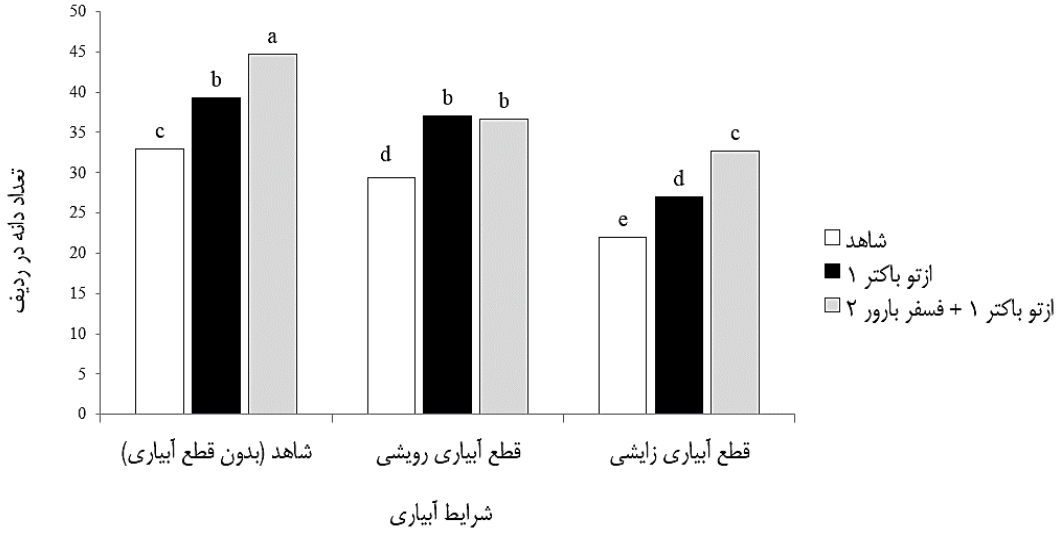


شکل ۸- اثر کودزیستی بر تعداد ردیف در بلال. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

تعداد دانه در ردیف

نتایج تجزیه واریانس نشان دادکه علاوه بر اثر آبیاری و کود زیستی، برهمکنش دوگانه‌ی فاکتورهای مذکور در سطح احتمال ۵ درصد بر روی صفت تعداد دانه در ردیف معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط قطع آبیاری در مرحله ۸ برگی بیشترین تعداد ردیف در بوته در تیمار کاربرد فسفر بارور۲ و در تیمار کاربرد توام ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲ حاصل شد. همچنین، تحت شرایط قطع آبیاری ظهور گل تاجی و شرایط

آبیاری کامل، بیشترین تعداد دانه در ردیف در تیمار کاربرد توام ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲ مشاهده شد (شکل ۹). تنش-های محیطی از طریق ایجاد محدودیت در تأمین مواد فتوسنتزی لازم، تعداد دانه‌ها و ردیف‌ها را در بلال تحت تأثیر قرار می‌دهند (۱۲). از دلایل کاهش تعداد دانه به هنگام تنش کم‌آبی، می‌توان به کاهش تعداد گل و کم شدن تعداد گل‌هایی که به دانه تبدیل می‌شوند، اشاره کرد. در شرایط تنش کم آبی، کمبود آب طی مرحله زایشی از طریق کاهش قدرت مقصد در جذب مواد فتوسنتزی موجب کاهش تعداد گلچه-های بارور می‌شود. در همین راستا گزارش شده است در ذرت از چند روز پیش از گرده افشانی تا تلقیح کامل تخمدان‌ها، جذب آب و عناصر غذایی در بیشینه خود می-باشد و پتانسیل تعداد دانه در ردیف در این دوره تعیین می-شود (۶). رژیم رطوبتی مناسب در دوره قبل از ظهور کاکل، نه تنها برای رشد ساختارهای رویشی که تعیین کننده ظرفیت تولید ماده خشک گیاه هستند، بلکه برای نمو اندام‌های زایشی نیز دارای اهمیت است. در این خصوص Setter و همکاران (۲۰۰۱) بیان نمودند که بروز تنش رطوبتی قبل از ظهور ابریشم‌ها بدلیل افزایش تولید دانه‌های گرده عقیم که ناشی از کمبود مواد پرورده است، تعداد دانه در ردیف بلال را کاهش داد، به عبارت دیگر تنش خشکی قبل از کاکل دهی می‌تواند تعداد دانه را به دلیل افزایش تعداد گامتوفیت‌های عقیم ناشی از کمبود هیدرات کربن، کاهش دهد (۳۰). پیرسته انوشه و همکاران، (۱۳۸۹) گزارش نمودند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد می‌تواند تا حدی در تعدیل شرایط تنش کم‌آبی از طریق بهبود فراهمی عناصر و ترشح مواد تحریک کننده رشد موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه آفتابگردان شود (۲). با توجه به نقش بسیار مهم هورمون-های گیاهی از جمله سیتوکنین در زمان تقسیم سلول‌های آندوسپرمی که پتانسیل مخزن برای تولید و وزن دانه بیشتر را تعیین می‌نمایند، به نظر می‌رسد که کاهش هورمون سیتوکنین در تیمارهایی با فسفر کم می‌تواند عامل کاهش نسبت دانه در این تیمارها نسبت به تیمارهای کود زیستی و مقادیر مناسب کود فسفر شیمیایی باشد. در آزمایش حاضر نیز کود زیستی فسفر بارور ۲ نسبت به ازتوبارور ۱ تاثیر مشهودتری بر تعداد دانه در ردیف بلال داشت.



شکل ۹- اثر برهمکنش آبیاری و کوزیستی بر تعداد دانه در ردیف. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

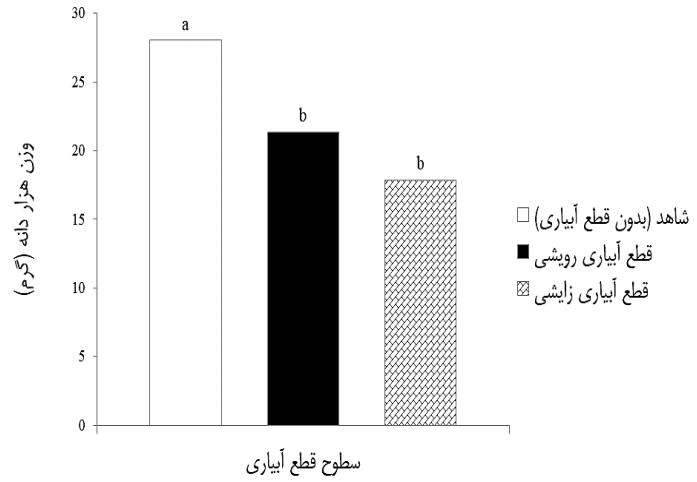
جدول ۴- تجزیه واریانس تاثیر آبیاری و کود زیستی بر وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۳/۷۸ ns	۲۰۸۱۱۹۹/۴ ns	۹۰۲۶۶۵/۵۹ ns	۲/۳۷ ns
قطع آبیاری (I)	۲	۲۳۹/۱۱ **	۲۹۶۸۹۵۷۱۴/۹ **	۳۰۹۷۷۳۹۱/۱۵ **	۳۹۱۰/۵۳ **
خطای اصلی	۴	۹/۱۰	۲۴۵۰۶۶۲/۹	۳۷۶۰۲۳/۸۱	۱۰۶/۵۹
کودهای زیستی (B)	۲	۲۴/۶۴ *	۴۵۰۳۷۵۲۱/۶ **	۹۱۶۶۲۲۳/۲۶ **	۳۴۰/۲۷ **
I × B	۴	۱/۵۶ ns	۳۰۳۶۵۲۱/۵ *	۱۰۵۸۹۰۴/۸۱ *	۶۰/۷۱ ns
خطای فرعی	۱۲	۴/۳۱	۹۷۲۹۲۸/۴	۳۴۰۹۳۵/۵۲	۴۳/۶۲
CV	-	۹/۲۶	۷/۰۰	۷/۶۴	۱۱/۴۳

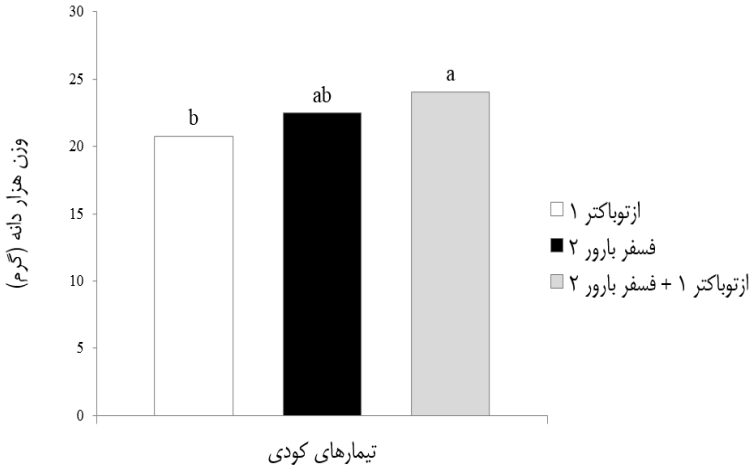
** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ns غیر معنی‌دار بودن را نشان می‌دهد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات آبیاری و کود زیستی بر وزن هزار دانه به ترتیب درسطح احتمال ۱ و۵ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۴). قطع آبیاری مرحله ۸ برگی و مرحله ظهور گل تاجی وزن هزار دانه را به ترتیب ۲۳/۷۶ و ۳۶/۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داد (شکل ۱۰). به نظر می‌رسد در شرایط قطع آبیاری، آب کافی برای پر شدن دانه‌ها وجود نداشته، مقصدهای فیزیولوژی به‌خوبی پر نشده و در نتیجه وزن دانه‌ها به‌شدت کاهش پیدا کرده است. کاهش وزن هزار دانه تحت تنش کم آبی می‌تواند به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پرشدن دانه و دمای زیادتر طی روزهای پایانی دوره رشد باشد (۸). عموماً وقتی گیاه با خشکی مواجه شود، روزنه‌هایش بسته می‌شود و این موضوع موجب کاهش جذب دی اکسید کربن می‌گردد و از طرفی گیاه برای جذب آب، انرژی زیادی مصرف می کند. از سوی دیگر، گیاه در هنگام تنش، سطح برگ خود را کاهش داده و این رفتار سبب کاهش تولید مواد فتوسنتزی می‌گردد. با کاهش مواد فتوسنتزی، انتقال مواد به سمت بذرها نیز کاهش پیدا می‌کند و متعاقب آن از وزن بذور کاسته شده و دانه های کوچکتری حاصل می‌شود (۵). بیشترین وزن هزار دانه ذرت در کاربرد همزمان ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲ حاصل شد. اگرچه، کاربرد کود فسفر بارور ۲ وزن هزار دانه ذرت را ۷/۶۵ درصد نسبت به کاربرد ازتوبارور ۱ افزایش داد، اما تیمارهای کودی مذکور از نظر آماری با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱۱). توحیدی‌نیا و همکاران (۱۳۹۲) اذعان داشتند که در حضور باکتری‌های موجود در کود زیستی فسفر بارور ۲، کود سوپرفسفات تریپل و یا فسفر تثبیت شده در خاک با سرعت بیشتر و در مدت زمان کمتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و همین مسئله منجر به تقویت رشد گیاه و افزایش تعداد و وزن دانه می‌شود (۴). چنین نتیجه‌ای در آزمایش یزدانی و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است. به طور کلی بهبود وزن هزار دانه ذرت را می‌توان به بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه ناشی از فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده ازت موجود در کود ازتوبارور ۱ و فعالیت باکتری‌های محلول ساز فسفات خاک موجود در کود زیستی فسفر بارور ۲ نسبت داد (۳۶).



شکل ۱۰- اثرآبیاری بر وزن هزار دانه. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

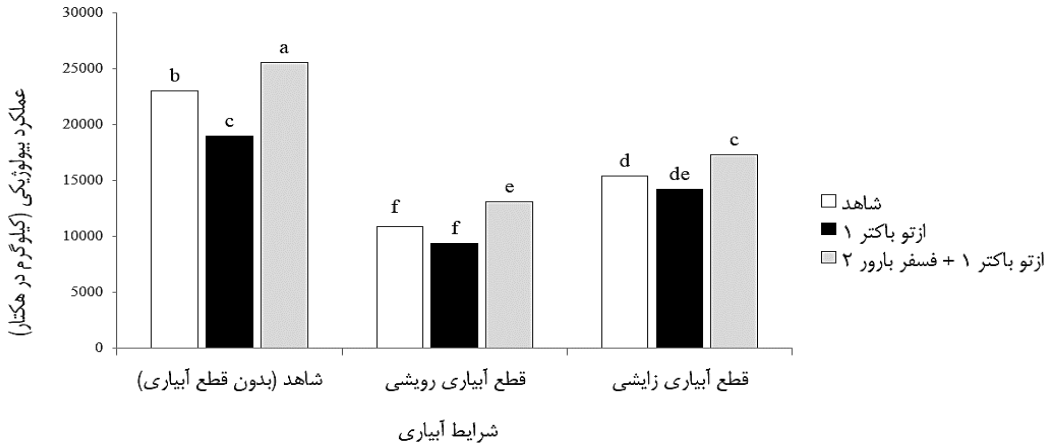


شکل ۱۱- اثر کودزیستی بر وزن هزار دانه. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری و کود زیستی در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شدند. همچنین اثر برهمکنش آبیاری و کودزیستی در سطح احتمال ۵ درصد بر صفت عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود (جدول ۴). در تمام سطوح آبیاری، تیمار کودی کاربرد توام ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲ بالاترین عملکرد بیولوژیک را تولید نمودند و کاربرد ازتوبارور ۱ در مرتبه‌ی بعدی قرار گرفت.

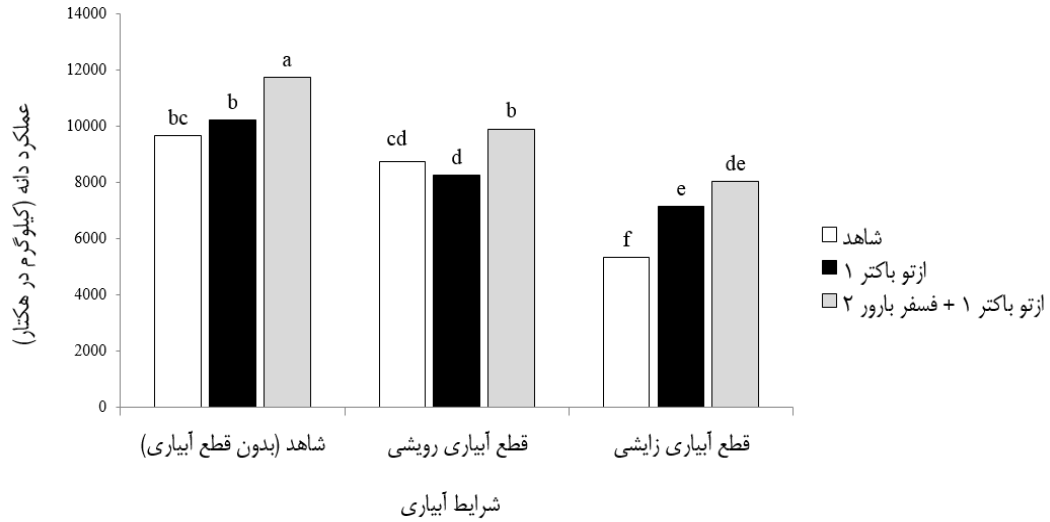
همچنین، در قطع آبیاری در مرحله رویشی، استفاده توام ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲، عملکرد بیولوژیک را ۱۷/۳۰ و ۲۸/۷ درصد نسبت به کاربرد ازتوبارور ۱ و کاربرد فسفر بارور ۲ افزایش داد (شکل ۱۲). عموماً کمبود آب سبب کاهش تولید مواد پرورده و در نتیجه باعث کاهش اندام‌های رویشی و اندام‌های زایشی می‌شود که نهایتاً می‌تواند منجر به کاهش عملکرد زیستی گیاه در شرایط محدودیت آب گردد. Pandeyو Maranvill (۲۰۰۰) کم آبیاری را در مراحل مختلف رشد ذرت اعمال و گزارش کردند که کمبود شدید آب در مراحل اولیه رشد منجر به کاهش ماده خشک گیاه می‌گردد (۲۷). کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید و افزایش پیری برگ‌ها، شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد. در پژوهشی دیگر با اعمال تنش خشکی در مرحله رشد رویشی ذرت کاهش معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک گیاه مشاهده شد و بالاترین عملکرد بیولوژیکی در شرایط بدون تنش حاصل شد (۲۲). به نظر می‌رسد افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار آبیاری مطلوب، به دلیل گسترش بیشتر و طول دوره سبزمانی زیادتر برگ‌ها بوده، که منجر به ایجاد مبدأ فیزیولوژیک بزرگ‌تری می‌گردد (۶). Sprentو Sprent (۱۹۹۰) اذعان داشتند که باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن شامل آزوسپیریلوم، سودوموناس و ازتوباکتر از طریق همیاری با ریشه گیاهان، موجب افزایش سطح جذب رطوبت می‌شود و این شبکه گسترده ریشه‌ای از طریق جذب آب و املاح و انتقال آن‌ها به گیاه میزبان موجب افزایش وزن خشک آن می‌شود (۳۱). بنابر تحقیقات انجام گرفته در شرایط تنش کم‌آبی، فقدان رطوبت بر حرکت عناصر غذایی در خاک تأثیرگذار است. این درحالی است که محققین مختلف تأثیر کودهای را مرتبط با افزایش جذب گیاه میزبان به ویژه در مورد فسفر دانسته‌اند که جذب فسفر باعث افزایش ریشه دهی و در نهایت افزایش جذب آب می‌شود (۲۶). در همین رابطه Subramanian و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که گیاهان ذرت تلقیح شده با میکروارگانیزم‌های محرک رشد، پتانسیل آب برگ را بالاتر از گیاهان غیرتلقیحی، حتی سه هفته پس از تنش خشکی نگهداری می‌کنند (۳۲). به طور کلی در شرایط کمبود فسفر در سطوح پایین فسفر محلول، افزایش فعالیت هورمون‌هایی مانند اتیلن باعث ممانعت از رشد و توسعه اندام های هوایی گیاه می‌شود و در شرایط کمبود فسفر فعالیت هورمون‌هایی مانند سیتوکنین که نقش حیاتی در تقسیم و توسعه سلولی در مناطق مریستمی دارند نیز کاهش می‌یابد، ولی در شرایط فراهمی فسفر، فعالیت این هورمون‌ها افزایش یافته و موجب رشد اندام‌های گیاهی و تقویت رشد اندام‌های زایشی و در نتیجه عملکرد زیستی مطلوب را فراهم می‌کنند (۴).



شکل ۱۲ - اثربرهمکنش آبیاری و کودزیستی بر عملکرد بیولوژیک. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

عملکرد دانه

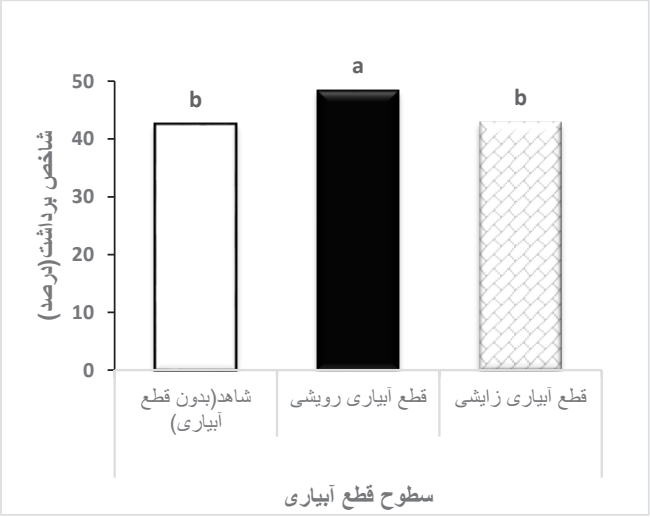
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات آبیاری، کود زیستی و برهمکنش دوگانه ی فاکتورهای مذکور به ترتیب در سطح احتمال ۱ ،۱و ۵ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۴). قطع آبیاری در مرحله ۸ برگی و ظهور گل تاجی، همچنین در شرایط بدون قطع آبیاری، بالاترین عملکرد دانه در کاربرد توام کودهای زیستی نیتروژنه و فسفاته مشاهده شد. کاربرد توام کودهای زیستی نیتروژنه و فسفاته ،عملکرد دانه ی ذرت را به ترتیب ۳۳/۷۵ و ۱۱/۰۲ درصد نسبت به کاربرد کود زیستی ازتوبارور ۱ و کاربرد فسفر بارور ۲ تحت شرایط قطع آبیاری ظهور گل تاجی افزایش داد. چنین روندی در شرایط قطع آبیاری مرحله ۸ برگی و آبیاری کامل هم مشاهده شد (شکل ۱۳). به نظر می‌رسد قطع آبیاری در مرحله زایشی (مرحله ظهور گل تاجی) عملکرد دانه را بیشتر کاهش می-دهد. احتمال می‌رود قطع آبیاری از طریق نقصان فتوسنتز جاری، سبب کم شدن تعداد دانه در ردیف، وزن دانه و در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه شده است. در همین خصوص Cakir (۲۰۰۴) در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد ذرت گزارش نمود که تنش رطوبتی در مرحله کاکل دهی و تشکیل بلال موجب کاهش شدید عملکرد دانه می‌شود (۲۲). ربانی و امام (۱۳۹۰) گزارش نمودند که اعمال تنش خشکی در مراحل گلدهی و پرشدن دانه به ترتیب موجب کاهش ۲۹/۲ و ۱۸/۱ درصدی عملکرد دانه شد (۶). ربیعیان و همکاران (۱۳۸۸) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و باکتری-های انحلال کننده فسفات خاک علاوه بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد نخود موجب تعدیل تنش کم‌آبی و کاهش اثر منفی آن شده است. باکتری های محرک رشد با مکانیسم‌های مختلفی همچون تثبیت بیولوژیک نیتروژن، تولید هورمون اکسین، توسعه سیستم ریشه ای گیاه و ترشح اسیدهای آلی در ریزوسفر قادر به افزایش عملکرد می‌باشند (۷). توحیدی‌نیا و همکاران (۱۳۹۲) نیز گزارش نمودند استفاده از کود زیستی فسفر بارور ۲ موجب افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت ۷۰۴ شده است (۴). این محققین اظهار نمودند که فسفر در استقرار اولیه گیاه و در فعالیت مریستمی و تقسیم سلولی نقش بسیار مهمی داشته و همین مسئله موجب افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه و بهبود عملکرد آن می شود که این نتایج منطبق بر نتایج پژوهش اخیر می باشد.



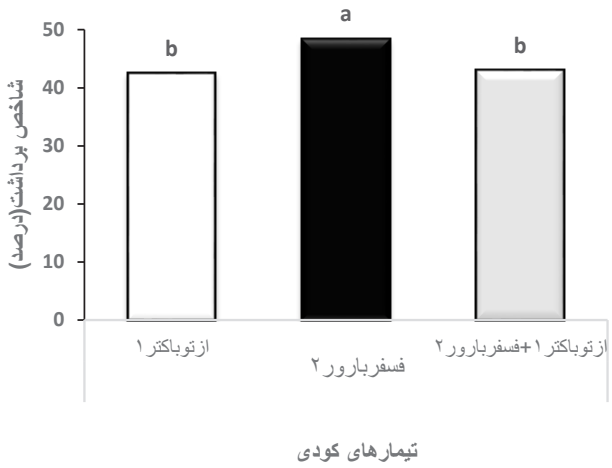
شکل ۱۳ – اثر برهمکنش آبیاری و کودزیستی بر عملکرد دانه. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات آبیاری وکود زیستی در سطح احتمال ۱درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۴). قطع آبیاری مرحله ۸ برگی و در مرحله ظهور گل تاجی شاخص برداشت را نسبت به شاهد کاهش داد. به نظر می‌رسد قطع آبیاری در ظهور گل تاجی تاثیر بیشتری بر عملکرد دانه داشته است و همین مسئله موجب کاهش شاخص برداشت ذرت شد (شکل ۱۴). به عبارت دیگر از آنجایی که یکی از اجزای محاسبه شاخص برداشت عملکرد دانه است، تغییرات شاخص برداشت وابستگی زیادی به تغییرات عملکرد دانه دارد. لیکن، بر اساس معادله شاخص برداشت چون تنش خشکی در مرحله رویشی اثر کاهشی بارزی بر عملکرد بیولوژیک داشته، در حالی که تأثیر آن بر عملکرد دانه به طور نسبی کمتر بوده است. لذا شاخص برداشت در این شرایط افزایش نشان داده است. در صورت وقوع تنش خشکی در مرحله زایشی، شاخص برداشت کاهش جدی می یابد که علت این کاهش را حساسیت گیاه ذرت به تنش خشکی در مرحله بحرانی گلدهی دانسته‌اند (۶). از دلایل کاهش عملکرد دانه در اثر تنش کم‌آبی کوتاه شدن دوره رشد و تسریع پیری برگ‌هاست. البته کاهش سطح فتوسنتز کننده، تولید اسیمیلات فتوسنتزی و نهایتاً رشد کمتر گیاه در شرایط تنش‌زا، می‌تواند به کاهش عملکرد اقتصادی و متعاقب آن در کاهش شاخص برداشت موثر باشد (۹). بالاترین شاخص برداشت (۴۸/۵۱ درصد) مربوط به کاربرد فسفر بارور ۲ بود و سایر تیمارهای کودی در مرتبه بعدی و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱۵). در این خصوص، توحیدی نیا و همکاران (۱۳۹۲) گزارش نمودند که استفاده از کودهای زیستی فسفر موجب تغییر معنی‌دار شاخص برداشت گیاه ذرت شد (۴). گزارش شده است که باکتری‌های موجود در کودهای زیستی نیتروژنه و فسفاته دارای طیف وسیعی از صفات محرک رشد گیاهی مانند تولید هورمون اکسین، تولید آنزیم کیتیناز، تولید متابولیت هایی همچون سیدروفور و سیانید هیدروژن می‌باشند که به طور مستقیم یا غیرمستقیم باعث افزایش رشد گیاه در مراحل رویشی و زایشی می‌گردند و همین تاثیر معنی‌دار می‌تواند بر شاخص برداشت گیاهان زراعی نیز تاثیرگذار باشد (۳۳).



شکل ۱۴- اثر آبیاری بر شاخص برداشت. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.



شکل ۱۵- اثر کودزیستی بر شاخص برداشت. میانگین های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

نتیجه گیری

- قطع آبیاری در مرحله ظهور گل تاجی (زایشی) نسبت به قطع آبیاری در مرحله ۸ برگی (رویشی)، تاثیر بازدارنده‌ی بیشتری بر تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت داشت.
- به طورکلی تحت شرایط کم آبیاری کاربرد هر یک از کودهای زیستی ازتوبارور ۱ و فسفر بارور ۲ به تنهایی یا کاربرد توام این دو کود زیستی موجب بهبود شرایط تغذیه‌ای و رشدی گیاه ذرت شده و همین مسئله توانسته تا حدی اثرات بازدارنده‌ی شرایط کم آبی بر رشد ذرت را تعدیل نماید.
- کاربرد توام کودهای زیستی ازتوبارور ۱ + فسفر بارور ۲ در کشت دوم ذرت سینگل کراس ۷۰۴ تحت شرایط کم آبیاری در منطقه سرپل ذهاب قابل توصیه است.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی - آگروتکنولوژی می باشد و با حمایت حوزه معاونت فناوری و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می شود.

منابع مورد استفاده

۱. بهنام فر، ک. ۱۳۷۶. مطالعه تأثیرکود پتاسیم بر ایجاد مقاومت به استرس خشکی و بازده مصرف آب در گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ص ۱۵۶.

۲. پیرسته انوشه، ه. امام، ی و جمالی رامین، ف. ۱۳۸۹. مقایسه اثر کودهای زیستی با کودهای شیمیایی بر رشد، عملکرد و درصد روغن آفتابگردان درسطوح مختلف تنش خشکی. نشریه بوم شناسی کشاورزی، دوره ۳، ص ۴۹۲-۵۰۱.

۳. توحیدی مقدم، ح. ر.، قوشچی، ف.، ذاکری، ا.، هادی، ح.، ۱۳۸۷. بررسی کارآیی باکتری آزسپریلیوم، ازتوباکتر به همراه مصرف کود شیمیایی نیتروژن بر عملکرد ذرت

علوفه ای. فصلنامه دانش کشاورزی ایران، دوره ۵(۳)، ص ۳۵۵-۳۴۹.
۴. توحیدی نیا، م. ع.، مظاهری، د.، حسینی، س. م. ب.، مدنی، ح.، ۱۳۹۲. اثر مصرف توام کود زیستی بارور ۲ و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران، دوره ۱۵ (۴)، ص ۲۹۵-۳۰۷.
۵. حکمت شعار، ح.، ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار. انتشارات نیکنام، تبریز. ص ۳۷۸.
۶. ربانی، ج.، امام، ی.، ۱۳۹۰. پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی،دوره ۱ (۲)، ص ۶۵-۷۸.
۷. ربیعیان، ز.، رحیم زاده خویی، ف.، یارنیا، م.، ۱۳۸۸. اثر کودهای زیستی نیتروژنه و فسفری بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود رقم پیروز تحت سطوح مختلف آبیاری. مجله پژوهش در علوم زراعی، دوره ۶، ص ۹۳-۹۶.
۸. رستمی، م.، ۱۳۸۳. اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک ارقام گندم و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۹. رشدی، م.، حیدری شریف‌آبادی، ح.، کریمی، م.، نورمحمدی، ق.، درویش، ف.، ۱۳۸۵. بررسی اثرات تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام آفتابگردان. ویژه نامه علمی- پژوهشی، علوم کشاورزی، دوره ۱، ص ۱۲۲-۱۰۹.
۱۰. رضائی چیانه، ا. ش.، فریدوند، ر.، امیرنیا، ح.، مهدوی کیا، ا.، ۱۳۹۷. اثر کود آلی و زیستی بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی بالنگوی شهری در شرایط دیم. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، دوره ۲۸، ص ۲۵-۴۰.
۱۱. رفیعی منش، ش.، آینه بند، ا.، داریوش نباتی، ا.، ۱۳۸۹. بررسی اثر مقدار آب آبیاری و زمان قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۴۰۷ در شرایط آب و هوایی اهواز. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، دوره ۳ (۷)، ص ۱-۱۳.
۱۲. شریفی، پ.، عادلی نسب، م.، ۱۳۹۵. اثر کود زیستی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت تحت شرایط تنش خشکی. تحقیقات غلات، دوره ۶ (۱)، ص ۱۱۹-۱۳۲.
۱۳. صادقیان دهکردی، س. ا. ع.، تدین، م. ر.، تدین، ع.، ۱۳۹۴. تاثیر تنش خشکی و کودهای زیستی و کودهای شیمیایی بر برخی از ویژگی های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بزرک. دوفصلنامه علمی –پژوهشی خشک بوم، دوره ۲(۵)، ص ۸۳-۹۳.
۱۴. فاطمی، ر.، کهراریان، ب.، قنبری، ا.، ولی زاده، م.، ۱۳۹۰. بررسی اثرات رژیم های مختلف آبیاری و نیاز آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای هیبرید سینگل کرس ۷۲۱ . مجله علمی – پژوهشی علوم کشاورزی، دوره ۱۲ (۱)، ص ۱۳۳-۱۴۰.
۱۵. فتحی، ا.، فرنیا، ا.، ملکی، ع.، ۱۳۹۱. تاثیر کودهای زیستی بر روی خصوصیات رشدی بلال و عملکرد دانه ذرت As71. سومین همایش ملی علوم کشاورزی و صنایع غذایی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا. صفحات ۴-۱.
۱۶. فرخی نیا، م.، رشدی، م.، پاسبان اسلام، ب.، ساسان دوست، و. ر.، ۱۳۸۸. بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه و برخی صفات رویشی گلرنگ بهاره. مجله پژوهش در علوم زراعی، دوره ۲ (۵)، ص ۱-۱۱.
۱۷. کلامیان، س.، مدرس ثانوی، ع. م.، سپهری، ع.، ۱۳۸۴. تأثیر تنش کمبود آب در مراحل رشد رویشی و زایشی در هیبریدهای پربرگ و تجاری ذرت. مجله پژوهش کشاورزی آب، خاک و گیاه در کشاورزی، دوره ۵ (۳)، ص ۳۸-۵۳.
۱۸. کنعانی الوار، ع. ی.، راعی. س.، سلماسی، ز.، نصراله زاده، ص.، ۱۳۹۲. بررسی اثر کودهای زیستی و نیتروژنی بر عملکرد و برخی از صفات مورفولوژیکی دو رقم جو بهاره در شرایط دیم. مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار، دوره ۱(۲۳)، ص ۲۹-۱۹.
۱۹. مجدم، م.، ۱۳۸۵. اثرات تنش کمبود آب و مدیریت مصرف نیتروژن بر خصوصیات اگروفیزیولوژیکی و عملکرد ذرت دانه ای هیبرید سینگل کراس ۷۲۱ در

شرایط آب و هوایی خوزستان. رساله دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان. ص ۲۲۱.

۲۰. ملکینارگموسی، م.، بلوچی، ح. ر.، ۱۳۹۱. تاثیر کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت Zea mays var saccharata. مجله پژوهش های تولید گیاهی، دوره ۱۹(۴)، ص ۵۵-۷۶.

21. Bozkurt, S., Yazar, A., Mansuroglu, G. S., 2011. Effects of different drip irrigation levels on yield and some agronomic characteristics of raised bed planted corn. African Journal of Agricultural Research 6 (23): 5291-5300.
22. Cakir, R., 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research 89: 1-6.
23. Dagdelen, N., Gürbüz, T., Sezgin, F., Yılmaz, E., Yesilırmak, E., Akçay, S., 2008. Effect of different water stress on the yield and yield components of second crop corn in semiarid climate. Int l. Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey. pp: 815-826.
24. Debaeke, P., Abdellah, A., 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. European Journal of Agronomy 21: 433-446.
25. Gilik, B. R., Penrose, D., Wenbo, M., 2001. Bacterial promotion of plant growth. Biotechnology Advances 19: 135-138.
26. Graham, J. H., Syvertson, J. P., 1984. Influence of vesicular arbuscular mycorrhiza on the hydraulic conductivity of roots of two citrus rootstocks. New Phytologist 97: 277-284.
27. Pandey, R. K., Maranvill, J. W., 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II: Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. Agricultural Water Management 46 (1): 15-27.
28. Paolo, E. D., Rinaldi, M., 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crops Research 105: 202-210.
29. Payero, J. O., Tarkalson, D. D., Irmak, S., Davison, D., Petersen, J. L., 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. Agricultural Water Management 96: 1387-1397.
30. Setter, T. L., Brian, A., Lannigan, F., Melkonian, J., 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscise acid, and cytokinins. Crop Sciense 41: 1530-1540.
31. Sprent, J., Sprent, P., 1990. Nitrogen fixation organisms. Chapman and Hall. New York. Pp. 323.
32. Subramanian, K. S., Charest, C., Dwyer, L. M., Hamilton, R. I., 1997. Effects of *Arbuscular Mychoriza* on leaf water potential, sugar content and content during drought and recovery of maize. Canadian Journal of Botany 75: 1582-1591.
33. Suresh, A., Pallavi, P., Srinivas, P., Praveen Kumar, V., Chandra, S. J., Ram Reddy, S., 2010. Plant growth promoting activities of Pseudomonads fluorescens associated with some crop plants. African Journal of Microbiology Research 4 (14): 1491-1494.
34. Unger, P. W., 1982. Time and frequency of irrigation effects on sunflower production and water use. Soil Sci Soc Am J 46: 1072–1076.
35. Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C., Wong, M. H., 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.
36. Yazdani, M., Bahmanyar, M. A., Pirdashti, H., Esmaili, M. A., 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn. International Journal of Biological Sciences 1: 2-8.
37. Zahir, A. Z., Arshad, M., Frankerberger, W. F., 2004. Plant growth promoting rhizobactria. Applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.
38. Zarrabi, M., Ullahdadi, A., Akbari, G. H., Iran-nezhad, H., 2010. Survey of regression and correlation relationships between corn yields under different fertilizer treatments. Journal of Ecology 3 (1): 64-50.