اثر کاربرد کود دامی بر تحمل ارقام ذرت دانه‌ای به تنش خشکی در شرایط اقلیمی ایرانشهر

فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۴، شماره ۳، صفحات ۳۸- ۲۳
(پاییز ۱۳۹۷)

امیر بهزادی اصل؛ سید مهدی جوادزاده✉
گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ایرانشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ایرانشهر، ایران s.m.javadzadeh@gmail.com ✉ **(مسؤول مکاتبات)**

چکیده به منظور بررسی واکنش ذرت دانه‌ای تحت تنش خشکی به کاربرد کودهای دامی آزمایشی در قالب طرح کرت‌های دوباره خردشده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در منطقه ایرانشهر اجرا شد. تنش خشکی شامل قطع آبیاری در دو مرحله گل‌دهی و دوره پرشدن دانه اعمال شد. در این آزمایش چهار رقم ذرت دانه‌ای شامل SC704، SC540، SC647 و ماکسیما و کود دامی شامل کود گوسفندی و مرغی به ترتیب به میزان ۱۰ و ۵ تن در هکتار استفاده شد. ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، قطر بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در زمان برداشت فیزیولوژیک گیاه اندازه‌گیری شدند. همچنین، شاخص‌های تحمل شامل شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل، شاخص تحمل به تنش، میانگین هندسی بهره‌وری و شاخص میانگین بهره‌وری محاسبه شدند. قطع آبیاری به ویژه در مرحله گلدهی بر کلیه صفات مورد بررسی در هر چهار رقم تأثیر کاهنده معنی‌داری داشت. هیبرید ۷۰۴ بیشترین تحمل به خشکی را در شرایط آب و هوایی ایرانشهر از خود نشان داد. مصرف کود مرغی در تنش خشکی در مرحله گلدهی نسبت به کود گوسفندی موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت رقم ۷۰۴ شد. شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل، شاخص تحمل به تنش، میانگین هندسی بهره‌وری و شاخص میانگین بهره‌وری رقم ۷۰۴ را به عنوان رقم متحمل به تنش معرفی نمودند. بنابراین، استفاده از کود مرغی برای دستیابی به عملکرد مطلوب در ذرت رقم ۷۰۴ در شرایط تنش خشکی توصیه می‌شود.

شناسه مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پژوهش: ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۱۴

واژه‌های کلیدی

- **تحمل به تنش**
- **تنش آبی**
- **سینگل کراس**
- **ماکسیما**

این مقاله با دسترسی آزاد تحت شرایط و قوانین The Creative Commons of BY - NC - ND انتشار یافته است.

DOI: 10.22034/AEJ.2018.544494

مقدمه ذرت[1] از غلات عمده مناطق مرطوب و نیمه مرطوب گرمسیری است، با این حال، به دلیل قدرت سازگاری بالا، کشت آن در مناطق سردسیر نیز میسر گردیده است.[۷۰] ذرت بعد از گندم و برنج سومین گیاه زراعی مهم در دنیا است.[۴] ذرت به دلیل اهمیت فوق‌العاده در تأمین غذای دام‌ها و پرندگان و مصارف دارویی و صنعتی نسبت به افزایش سطح زیر کشت و همچنین بهبود فنون زراعی اقداماتی اساسی به عمل آمده و در بیشتر کشورهای جهان با شرایط آب‌وهوایی مناسب برای رشد این گیاه، محصول قابل توجهی تولید می‌نماید.[۴۰] بهترین راه مبارزه با خشکی، توسعه ارقام و هیبریدهایی است که تحمل بیشتری نسبت به دوره خشکی داشته باشند.[۱۵] عملکرد دانه کاربردی‌ترین شاخص برای شناسایی ارقام سازگار در محیط‌های دارای تنش است.[۶۷] با این حال، از آن جایی که عملکرد، یک صفت کمی پیچیده و تحت کنترل تعدادی زیادی ژن است عوامل محیطی تأثیر زیادی بر آن می‌گذارند؛ بنابراین، برای شناسایی ارقام متحمل ضمن ارزیابی عملکرد، محصول استفاده از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مرتبط با عملکرد ژنوتیپ آن‌ها توصیه شده است.[۱]

در مناطق خشک کافی نبودن آب آبیاری، وجود گرمای شدید و هوای بسیار خشک، تولید گیاهان در این نواحی را محدود می‌کند. میزان آب مورد نیاز ذرت بسته به شرایط محیطی و غذایی بین ۶ الی ۱۲ هزار مترمکعب در هکتار است.[۳۳] عملکرد ذرت تحت اثر شرایط محیطی، پتانسیل ژنتیکی و برهم‌کنش آن‌ها قرار می‌گیرد اگرچه همه تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده از عوامل تهدیدکننده تولید ذرت به حساب می‌آیند، اما در حال حاضر تنش کم‌آبی مهم‌ترین عامل محدود کننده برای تولید ذرت در ایران و جهان به شمار می‌رود.[۱۵] علاوه بر این، یکی از مهم‌ترین اهداف در اصلاح نباتات، انتخاب ژنوتیپ هایی است که در شرایط تنش خشکی بیشترین عملکرد را تولید کنند.[۲۹] به طور کلی، پژوهش‌های انجام شده در مورد کم آبیاری بر گیاهان زراعی به دو دسته تقسیم می‌شوند، دسته اول افزایش فواصل آبیاری و دسته دوم تنش در مراحل خاصی از رشد گیاه که به تبع هریک، اثرات مختلفی بر رشد و عملکرد گیاه دارند.[۴۷] به عنوان مثال افزایش فواصل آبیاری از ۷ به ۱۴ روز در گندم و جو منجر به کاهش عملکرد دانه و کاه و افزایش غلظت نشاسته در دانه شد.[۵۱] *داگدلن و همکاران (۲۰۰۶)* گزارش کردند که تیمارهای کم آبیاری به طور معنی‌داری عملکرد ذرت را تحت تأثیر قرار داده به طوری که آبیاری بر اساس ۷۰٪ ظرفیت زراعی نسبت به آبیاری بر اساس ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی توانست تا حد زیادی به عنوان یک راهبرد مفید به منظور کاهش مصرف آب در مناطق نیمه خشک مفید باشد.[۱۶] *جعفری و ایمانی (۲۰۰۴)* در بررسی اثر تنش خشکی در مراحل قبل از گلدهی، زمان گلدهی و زمان پرشدن دانه‌های ذرت به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی در هر یک از مراحل فوق باعث کاهش عملکرد ذرت می‌شود.[۳۷] *احمدی و همکاران (۲۰۰۰)* در بررسی تحمل به خشکی در هیبریدهای دیررس ذرت دانه‌ای در سه رژیم آبیاری نشان دادند که بین هیبریدها از نظر صفات رویشی، مراحل نمو، عملکرد و اجزای آن تنوع قابل ملاحظه‌ای وجود دارد. در این بررسی اکثر صفات مورد بررسی نسبت به شرایط تنش واکنش منفی نشان دادند و بیشترین اثر تنش بر عملکرد دانه بود که ناشی از کاهش تعداد دانه در ردیف، طول بلال و وزن ۵۰۰ دانه بود.[۵]

مدیریت مصرف انواع کودهای شیمیایی و آلی و بقایای آن‌ها در خاک از لحاظ تأثیرات زیست محیطی و عملکرد گیاهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران حایز اهمیت می‌باشد. از طرف

[1] *Zea mays* L.

دیگر، قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک تحت تأثیر تنش خشکی تغییرات قابل ملاحظه‌ای می‌یابد. بنابراین، مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش یکی از مسایل مهم در تولید محصولات گیاهی محسوب می‌شود.[۴۴] در پژوهشی گزارش شده که کاربرد ۱۶ تن کود مرغی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در ذرت شده است.[۲۴] در پژوهش دیگری گزارش شد کاربرد کود دامی صفات وزن هزار دانه، وزن خشک اندام هوایی و کارایی مصرف آب در ذرت را افزایش داده کاهش میزان آب مصرفی در گیاه ذرت دانه‌ای رقم SC704 را سبب شد.[۵۰] *دی پائولو و همکاران (۲۰۰۸)* نیز طی پژوهشی به این نتیجه رسیدند که عملکرد ذرت در تیمارهای کم آبیاری وقتی همراه با استفاده از ۳۰–۴۰ تن در هکتار کود دامی بوده معادل عملکرد آن در تیمارهای تمام آبیاری و بدون استفاده از کود دامی بود.[۱۸] در کم آبیاری در زمین‌های حاوی مواد آلی فراوان باعث حفظ رطوبت و در نتیجه جلوگیری از کاهش عملکرد خواهد شد.[۳] *غدیری و مجیدیان (۲۰۰۹)* در پژوهشی گزارش نمودند که تغذیه تلفیقی کود دامی، سبز و شیمیایی برتری قابل توجهی را نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از آن‌ها داشت.[۳۰] *چقازردی و همکاران (۲۰۱۵)* در پژوهشی گزارش نمودند که مصرف ۷۵۰ کیلوگرم کود گوگردی به همراه حداقل ۴ تن کود دامی در هکتار، منجر به تولید بیشترین میزان عملکرد دانه ذرت می‌شود.[۱۳] *ادلیه و همکاران (۲۰۱۰)* نیز نشان داد که افزودن ۱۰ تن در هکتار کود مرغی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه گردید.[۲] *شفازاده و همکاران (۲۰۱۴)* نیز با بررسی شش هیبرید ذرت گزارش کردند که قطع آبیاری در مرحله رویشی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود. 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.[۶۶]

فرناندز (۱۹۹۲) ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد در شرایط محیطی تنش دار و بدون تنش به چهار گروه شامل عملکرد بالاتر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش (گروه A)، عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط بدون تنش (گروه B)، عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط تنش (گروه C) و عملکرد پائین تر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش (گروه D) تقسیم کرد. مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی شاخصی است که می‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد؛ زیرا پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های مربوط به این گروه بیشتراست.[۲۶] *فیشر و مورر (۱۹۷۸)* شاخص حساسیت به تنش[1] را به منظور اندازه‌گیری پایداری عملکرد دانه ارایه دادند که تغییرات عملکرد دانه بالقوه و عملکرد دانه واقعی را در محیط‌های متغیر در برمی‌گیرد.[۲۶] *رزلی و هامبلین (۱۹۸۱)* شاخص تحمل به تنش[2] و نیز شاخص متوسط محصول‌دهی[3] را ارایه دادند. هرچه شاخص تحمل تنش کوچک‌تر باشد نشان دهنده این است که عملکرد هیبرید در دو محیط بدون تنش و تنش نزدیک بوده و یا گیاه مقاوم به تنش است.[۶۰] *فرناندز (۱۹۹۲)* همچنین شاخص تحمل به تنش را به عنوان معیار تعیین اختلاف عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و میانگین هندسی محصول دهی[4] را به عنوان تخمین عملکرد متوسط مقدار بالای شاخص تحمل نیز ارایه داد. شاخص تحمل نشان دهنده حساسیت بالاتر ژنوتیپ ها به تنش خشکی است. بنابراین برای گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب، پایین‌تر بودن مقدار آن یک معیار مناسب محسوب می‌شود.[۲۷]

[1] Stress Susceptibility Index (SSI)
[2] Stress Tolerance Index (STI)
[3] Mean Productivity (MP)
[4] Geometric Mean Productivity (GMP)

حاجی بابایی و عزیزی (۲۰۱۱) اعلام کردند که از هفت شاخص استفاده شده، شاخص تحمل به تنش و میانگین هندسی محصول‌دهی و شاخص متوسط محصول دهی را با توجه به شرایط نرمال و تنش ملایم و شاخص‌های حساسیت به تنش و شاخص تحمل به تنش را با در نظر گرفتن شرایط نرمال و تنش شدید به عنوان بهترین شاخص‌ها برای تعیین ارقام متحمل به تنش کم آبی میان هیبریدهای مختلف ذرت معرفی نمود.[۳۵] *بخشایشی قشلاق و شکارچی (۲۰۱۵)* در پژوهشی گزارش نمودند که مناسب‌ترین شاخص برای غربال ژنوتیپ‌های گندم نان در دو شرایط آبی و دیم، شاخص تحمل به تنش است.[۸] *خلیلی و همکاران (۲۰۰۴)* نیز در بررسی اثر تنش خشکی بر هشت ژنوتیپ ذرت دیررس در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله زایشی و رویشی نشان دادند که بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش و میانگین هندسی محصول‌دهی هیبریدهایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش و با استفاده از شاخص حساسیت به تنش هیبریدهایی با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش انتخاب گردیدند.[۳۹]

با توجه به این که در منطقه ایرانشهر کشت ذرت از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد و از تیر ماه کشاورزان با بحران آب مواجه می‌باشند بنابراین هدف از این پژوهش تعیین اثر جبرانی کود دامی گوسفندی و مرغی بر تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه چهار رقم ذرت دانه‌ای در منطقه ایرانشهر بود.

مواد و روش‌ها این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۹۵ در اراضی جعفرآباد از توابع منطقه ایرانشهر واقع در مختصات جغرافیایی ۴ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی و ۳ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. بافت خاک محل آزمایش لومی رسی، با اسیدیته ۷/۹ بود (جدول ۱). زمین مورد نظر به مساحت ۱۵۰۰ مترمربع در پاییز سال ۱۳۹۵ شخم و در بهار ۱۳۹۶ دو بار دیسک عمود بر هم و پس از خرد کردن کلوخه‌ها توسط دیسک و تسطیح زمین به وسیله لولر، عملیات کرت‌بندی زمین صورت گرفت. بر اساس نتایج تجزیه خاک، سوپرفسفات تریپل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، اوره ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و سولفات پتاسیم تریپل به میزان ۸۰ کیلوگرم با خاک مخلوط گردید. یک‌سوم اوره یا با تمامی کود فسفات و پتاس قبل از کاشت در هنگام آماده‌سازی زمین استفاده و یک‌سوم دیگر در مرحله ساقه رفتن و باقی‌مانده آن در مرحله قبل از گل‌دهی به خاک داده شد.

این آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. آبیاری در دو سطح قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و در دوره پرشدن دانه به عنوان کرت‌های اصلی و ارقام ذرت دانه‌ای شامل SC704، SC540، SC647 و ماکسیما بودند که به عنوان کرت‌های فرعی و کود آلی در دو سطح کود گوسفندی و مرغی به ترتیب به میزان ۱۰ و ۵ تن در هکتار در کرت‌های فرعی فرعی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و به طول ۵ متر بود که روی هر خط ۲۵ بوته به فاصله ۲۰ سانتی‌متر به

جدول ۱) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1) Physical and chemical characteristics of soil

sand (%)	silt (%)	clay (%)	texture	EC (ds/m)	total nitrogen (%)	organic carbon (%)	pH	P (ppm)	K (ppm)
24	48	28	Silt loam	2.12	0.01	0.16	7.9	3	70

صورت دستی کاشته شد. با احتساب ۷۵ سانتیمتر فاصله خطوط کاشت، تراکم کشت در حدود ۷۵۰۰۰ هزار بوته در هکتار و مساحت هر کرت ۲۰ مترمربع بود. برای حذف اثر حاشیه، بین کرت‌های اصلی سه، بین کرت‌های فرعی، دو و بین کرت‌های فرعی فرعی، یک ردیف به صورت نکاشت و فاصله بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. عمق کاشت بذور ۵–۳ سانتی‌متر بود. جهت اطمینان از سبز شدن تعداد دو بذر در هر کپه کاشته شد. در مرحله ۴–۵ برگی شدن پس از کاشت فقط یک بوته حفظ شد. آبیاری بر اساس عرف منطقه‌ی بین ۷ تا ۱۰ روز انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز با وجین دستی در دو نوبت انجام شد. عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تعیین شد. برای تعیین وزن هزار دانه، چهار نمونه ۱۰۰ تایی به تصادف از دانه‌های بلال انتخاب و وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد.

برای از بین بردن اثر حاشیه، دو خط کناری و ۰/۵ متر از دو انتهای خط میانی حذف گردید. برداشت و شمارش بلال‌ها به وسیله دست و به صورت جداگانه انجام شد. صفات مرتبط با عملکرد دانه شامل طول بلال (سانتی‌متر)، قطر بلال (میلی‌متر)، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه (گرم)، از ۱۰ بلال به طور تصادفی در هر کرت اندازه‌گیری و پس از جدا کردن دانه‌ها میزان عملکرد نهایی دانه در هر کرت محاسبه شد. جهت برآورد محاسبه شاخص‌های کمی تحمل و حساسیت به خشکی از روابط زیر استفاده شد.[۲۶،۲۸،۶۲]

میانگین هارمونیک بهره وری	$Harm = \frac{2(Y_P \times Y_S)}{Y_P + Y_S}$
شاخص حساسیت به تنش	$SSI = \frac{(\frac{Y_S}{Y_P})}{1 - (\frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P})}$
شاخص تحمل	$TOL = Y_P - Y_S$
شاخص تحمل به تنش	$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{(\bar{Y}_P)^2}$
میانگین هندسی بهره وری	$GMP = \sqrt{(Y_P)(Y_S)}$
شاخص میانگین بهره وری	$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2}$

Y_P = عملکرد هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش

$\bar{Y}_P$ = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش

Y_S = عملکرد هر ژنوتیپ در محیط دارای تنش

$\bar{Y}_S$ = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش.

داده‌ها با نرم‌افزار SAS ver. 9.1 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

اثر تیمار آبیاری بر تمامی ویژگی‌های بلال به استثنای تعداد ردیف در بلال معنی‌دار بود. اثر هیبریدهای ذرت دانه‌ای بر تمامی ویژگی‌های بلال (به استثنای تعداد دانه در ردیف) معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تیمار آبیاری و هیبریدهای ذرت نیز بر تمامی ویژگی‌های بلال (به استثنای قطر بلال و تعداد دانه در بلال) معنی‌دار بود. سایر اثرات متقابل معنی‌دار نشده بود (جدول ۲).

تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته شد، تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پرشدن دانه نسبت به تیمار شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود به طوری که به ترتیب باعث کاهش ۱۰٪ و ۱۵٪ ارتفاع بوته نسبت به شرایط آبیاری کامل شد (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی کاهش توسعه سلول به واسطه کاهش در آماس سلول منجر به کاهش ارتفاع گیاه شد. همچنین در شرایط تنش خشکی به دلیل کاهش میزان انتقال سیتوکنین از ریشه به بخش هوایی و یا افزایش میزان اسید آبسایسیک[1] در برگ از قابلیت انعطاف‌پذیری دیواره سلول کاسته شد،[۴۵] بنابراین رشد گیاه

[1] Abscisic Acid (ABA)

جدول ۲) تجزیه واریانس خصوصیات رشدی هیبریدهای ذرت دانه ای تحت تأثیر تنش آبی و نوع کود دامی

Table 2) Variance analysis of corn growth characteristics effected by drought stress and manure

		mean of squares						
Source of variation	**df**	**plant height**	**ear length**	**ear diameter**	**row per ear**	**kernels per ear**	**1000 kernel weight**	**seed yield**
Replication	2	41.93	0.21	4.57	0.14	1315.13	105.58	14230.22
Drought stress (S)	2	1790.39 **	14.76**	198.78*	0.80 ns	2132.25*	3350.85**	18354164**
Error (a)	4	17.31	0.23	0.44	0.09	1363.75	54.53	20064.76
Hybrid (H)	3	885.2 **	5.12**	14.25**	0.63**	1093.91ns	369.83**	3432362.4**
S × H	6	26.72 *	0.39*	0.78ns	0.37*	1295.90ns	50.05*	237514**
Manure (M)	1	364.50 **	0.31*	18.89**	0.41*	1554.03ns	100.35*	346250.68**
Error (b)	18	66.2	0.21	0.35	0.08	1315.3	27.93	53421.9
M × D	2	16.67 ns	0.17 ns	0.64 ns	0.07 ns	1369.19 ns	8.84 ns	51286.01ns
M × H	3	5.87 ns	0.19 ns	1.49 ns	0.01 ns	1349.70 ns	8.85 ns	7863.25ns
M × S × H	6	14.70 ns	0.37 ns	0.34 ns	0.37 ns	1320.04 ns	28.38 ns	33763.25ns
Error (C)	24	61.88	0.17	0.83	0.12	1341.43	1.16	35453.11
CV(%)		17.44	2.52	12.8	8.88	9.10	17.1	22.74

*** و ** به ترتیب، معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ و ns غیر معنی‌دار**

* and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively and ns is non- significant.

کاهش یافت. این نتیجه با یافته‌های *رشیدی (۲۰۰۵)* که بیان نمود طویل شدن ساقه ذرت بر اثر تنش در طی دورهٔ رشد رویشی کاهش می‌یابد، همخوانی داشت.[۵۷] بین ارقام ذرت دانه‌ای تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که در هیبرید ۷۰۴ ارتفاع بوته نسبت به سایر ارقام بیشتر و بین ۵ تا۱۰٪ بود. مشابه با نتایج پژوهش حاضر *امیدیان و همکاران (۲۰۱۲)* بیان نمودند بین ارقام از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری مشاهده می‌شود[۴۹] که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. *سیدزوار و همکاران (۲۰۱۵)* بالا بودن ارتفاع ساقه در هیبرید ۶۷۶ را ناشی از پتانسیل ذاتی این هیبرید در داشتن تعداد گره بیشتر ساقه و فاصله میان گره‌های بیشتر در این هیبرید دانستند.[۶۵] *ربانی و امام (۲۰۱۲)* کاهش ارتفاع بوته در تیمار تنش آبی در مرحله رشد رویشی نسبت به تیمار شاهد را حدود ۱۰/۲٪ گزارش کردند.[۵۴] کاهش ارتفاع بوته در اثر کاهش مقدار آب آبیاری با نتایج *پور موسوی و همکاران (۲۰۱۳)* همخوانی دارد. کاهش ارتفاع در اثر کمبود آب را می‌توان در ارتباط با کاهش تعداد گره و طول میانگره دانست.[۵۳] در واقع کم آبیاری باعث کاهش طول دورهٔ رویشی می‌گردد که با کاهش طول این دوره و عبور سریع‌تر گیاه از این مرحله تعداد گره و طول میانگره در گیاه کاهش یافته و به دنبال آن ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد.[۱۷] عناصر غذایی موجود در کود دامی بر روی توسعه و گسترش ریشه مؤثر بوده با توجه به اینکه درصد فسفر و پتاسیم کود مرغی بیشتر از گوسفندی می‌باشد تأثیر آن بر تحریک ارتفاع گیاه بیشتر بود. افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته در اثر استفاده از کود دامی با نتایج *فلاح و همکاران (۲۰۰۷)*، *رفیعی و همکاران (۲۰۱۱)* همخوانی دارد.[۲۴،۵۵]

قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پر شدن دانه باعث کاهش قطر بلال نسبت به شاهد شده است به طوری که تنش خشکی در مراحل فوق به ترتیب ۵ و ۱۰٪ قطر بلال را نسبت به شاهد کاهش داده است. 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.[۴۲] *امام و رنجبر (۲۰۰۱)* اظهار داشتند تنش خشکی از طریق کاهش فراهمی مواد پرورده برای بلال موجب کاهش تجمع ماده خشک در بخش‌های

جدول ۳) اثر قطع آبیاری و کود دامی بر خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های ذرت

Table 3) the effects of irrigation cuttings and manure on agronomic characteristics of corn genotypes

Treatment	plant height (cm)	ear length (mm)	ear diameter (mm)	row per ear	kernels per ear	1000 kernel weight (g)	seed yield (g/m^2)
Drought stress at							
No stress	203 a	17.34 a	73.5 a	12.33 a	36.45 a	310.25 a	1087.59 a
Flowering stage	193.58 b	16.59 ab	67.8 a	12.15 a	34.12 b	294.63 b	659.56 b
Seed filling stage	185.75 c	15.67 b	70.6 a	11.96 a	30.18 c	287.08 c	435.21 c
Corn genotypes							
SC540	185.5 c	15.81 c	69.42 b	14.9 c	30.11 a	292.44 c	787.19 d
SC647	193 b	16.56 b	70.75 ab	13.12 d	32.67 a	295.83 bc	836.89 c
Maxima	195.44 b	16.67 b	70.79 ab	15.24 b	33.3 a	297.72 bc	997.19 b
SC704	202.5 a	17.09 a	71.55 a	16.33 a	34.12 a	303.81 a	1218.79 a
Manures							
Chicken	196.36 a	18.61 a	71.1 a	13.16 a	38.11 a	298.52 a	995.97 a
Cow	191.86 b	16.47 b	70.99 a	11.13 b	37.44 a	296.14 a	681.09 b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ در آزمون دانکن می باشد

Similar letters in each column shows non- significant difference according to Duncan test at 5% level

مختلف بلال گردید.[۲۱] نتایج حاصله از پژوهش‌های *مجدم (۲۰۰۶)* و *رفیعی (۲۰۰۲)* نیز تأثیر منفی تنش خشکی بر قطر بلال را تأیید نمود.[۴۲،۵۵] همچنین، تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه باعث کاهش طول بلال نسبت به شاهد شده است ولی تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشته است به طوری که تنش خشکی در مراحل فوق به ترتیب ۸ و ۵٪ طول بلال را نسبت به شاهد کاهش داده است. *سیدزوار و همکاران (۲۰۱۵)* اظهار کردند که تنش آبی باعث کاهش معنی‌داری در طول بلال شده و با تأثیر بر فتوسنتز برگ موجب کاهش تولید مواد پرورده، رشد سلولی و طول بلال می‌گردد.[۶۵] طول بلال به طور غیر مستقیم بر عملکرد دانه تأثیر داشته و کاهش تعداد دانه در بوته ذرت عملکرد دانه را کاهش خواهد داد.[۱۲] *کلامیان و همکاران (۲۰۰۵)* گزارش کردند که تنش کم آبی باعث کاهش معنی‌دار طول بلال ذرت شد.[۳۸] به نظر می‌رسد تنش خشکی با ایجاد تأخیر در مرحله رشد بلال و کاهش مواد پرورده جهت رشد بلال سبب کاهش طول بلال شده است. *بهنام فر (۱۹۹۷)* 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.[۱۰] *فاطمی و همکاران* (۲۰۰۱) بیان داشتند در تیمارهای با نیاز آبی ۵۰٪ حجم آب مورد نیاز گیاه، کاهش تعداد دانه و ریزتر شدن دانه‌ها باعث کاهش قطر و طول بلال گردید.[۲۵]

قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پر شدن دانه باعث کاهش تعداد دانه در ردیف بلال نسبت به شرایط آبیاری کامل در هیبریدهای ذرت مورد مطالعه شده است که این تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد. این کاهش تعداد دانه در بلال را می‌توان به اثر تنش آبی بر عقیمی تخمک‌ها در بلال نسبت داد. در این گیاه دگر گرده‌افشان به طور معمول چند روز پس از ظهور گل تاجی صورت می‌گیرد. عواملی مثل کمبود آب، نیتروژن و سایر عناصر غذایی می‌تواند سبب کاهش جمعیت دانه‌های گرده گردند.[۶۰] کاهش تعداد دانه، به دلیل کاهش ظرفیت مقصد فیزیولوژیک اثر مستقیم بر عملکرد دانه داشته و تنش آبی طی مرحله گلدهی موجب افت شدید در تعداد دانه خواهد شد. در هیبریدهای مقاوم، با خروج سریع کاکل‌ها، هم‌زمانی ظهور دانه‌ها گرده با پیدایش کاکل‌ها و باروری زیادتر دانه‌ها، میزان کچلی در بلال کاهش و در نتیجه، در شرایط تنش آبی، تعداد دانه در ردیف بلال افت کمتری می‌یابد.[۱۱] به نظر می‌رسد تنش خشکی در مرحله گلدهی و تشکیل

جدول ۴) اثر متقابل قطع آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های ذرت دانه‌ای

Table 4) The effects of irrigation cuttings and on the yield and yield components of corn genotypes

Treatment	Hybrid	mean of squares					
		plant height (cm)	ear diameter (mm)	row per ear	kernels per ear	1000 kernel weight (g)	seed yield (g /m^2)
Full irrigation	SC540	193.5 c	27.33c	14.33 b	34.41 ab	300.54 b	1141.46 ab
	SC 647	199 bc	29.97 bc	14.30ab	33.60 b	305.89 ab	970.02 b
	Maxima	205.5 b	31.44 b	13.42ab	35.44 ab	310.45 ab	1151.68 ab
	SC 704	224 a	32.5a	16.55a	36.11 a	324.12 a	1227.08 a
Irrigation cut off during flowering stage	SC540	186.6 b	27.24 a	14.03 ab	31.11 b	270.78 b	537.95 b
	SC 647	186.8 ab	27.40 a	11.27 a	32.78 ab	267.66 ab	546.89 ab
	Maxima	186.8 ab	26.88 b	12.99 b	32.00 ab	270.99 ab	563.03 ab
	SC 704	192.8 a	26.87 b	12.15 ab	33.89 a	280.71 a	647.91 a
Irrigation cut off during grain filling	SC540	176.3c	24.47 c	12.48 b	29.00 b	257.44 ab	424.56 b
	SC 647	186.1b	26.58 ab	12.76 b	31.32 ab	255.45 b	433.36 ab
	Maxima	194 ab	30.59 a	11.24 a	30.00 ab	260.88 ab	445.79 ab
	SC 704	200.1a	30.71a	12.33 a	31.00 a	268.89 a	563.03 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ در آزمون دانکن می باشد

Similar letters in each column shows non- significant difference according to Duncan test at 5% level.

کاکل‌دهی ذرت مؤثر بوده و از طرفی در مرحله پر شدن دانه سبب سقط جنین و کاهش دانه‌بندی و در نتیجه کاهش تعداد دانه در ردیف می‌شود. این نتایج با یافته‌های برخی پژوهشگران همخوانی داشت.[۴۸] *سیتر و همکاران (۲۰۰۱)* گزارش کردند که فرآیند دانه‌بندی در ذرت به‌وسیله فتوسنتز برگ‌ها، میزان قندها، نشاسته، اسید آبسیزیک و سایتوکنین تعیین می‌شود بنابراین کمبود آب در مرحله کاکل‌دهی ذرت از طریق تأثیر بر این ترکیبات موجب کاهش دانه‌بندی در ناحیه انتهای بلال شد.[۶۴]

قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پر شدن دانه تعداد دانه در ردیف‌ها را به میزان ۱۴٪ و ۱۸٪ کاهش داد. افزایش تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد ردیف سبب افزایش تعداد دانه در بلال شده و میزان عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. کاهش تعداد دانه در بلال ممکن است به دلیل عدم ظهور در زمان مناسب تاسل و یا سقط‌جنین در اثر کمبود هیدرات‌های کربن باشد. نتایج این بررسی با نتایج *ایوب و همکاران (۲۰۰۲)*، *هاشمی دزفولی (۲۰۰۱)*، *ساجدی و اردکانی (۲۰۰۳)* همخوانی دارد.[۷،۳۶،۶۳] علت کاهش برخی ویژگی‌های بلال در اثر تنش خشکی را می‌توان کاهش رشد بلال که مقصد قوی برای مواد فتوسنتزی می‌باشد بیان کرد، زیرا عرضه مواد پرورده تحت تأثیر تنش رطوبتی کاهش می‌یابد که مطابق با نظر یافته‌های سایر پژوهشگرانی است که نشان داده‌اند کم آبیاری ویژگی‌های بلال را کاهش می‌دهد.[۳،۴۳]

چن و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که تعداد نهایی ردیف دانه در بلال، قبل از سایر اجزا تعیین شده و احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف در بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای دریافت مواد پرورده وجود ندارد و به این ترتیب اثر تیمارهای مورد مطالعه تغییر معنی‌داری در این صفت ایجاد نکرده است.[۱۴] نتایج بیانگر آن است که مصرف کود دامی توانسته است اثرات منفی ناشی از کم آبیاری را بهبود دهد. کم آبیاری بر وزن بلال، قطر بلال و تعداد دانه در ردیف نیز پیش از این توسط *مجیدیان و همکاران (۲۰۱۲)*[۴۳] و همچنین تعداد دانه در هر

ردیف بلال و وزن بلال توسط *علیزاده و همکاران (۲۰۰۶)* گزارش شده است.[۶] اثر تیمار قطع آبیاری و هیبریدهای ذرت دانه‌ای و اثر متقابل تیمار آبیاری و هیبریدهای ذرت بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود و سایر اثرات متقابل معنی‌دار نشده بود (جدول ۲). قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پر شدن دانه نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۵٪ و ۱۰٪ بود. تنش خشکی با تحت تأثیر قرار دادن درجه باز شدن روزنه‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش داده[۵۱] و از این راه به طور مستقیم موجب کاهش وزن هر دانه شود.[۲۰،۶۳] کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در تیمار تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه را می‌توان به پدید آمدن دانه‌های چروکیده با وزن کمتر که در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شد[۲۱] نسبت داد .تأثیر کمبود آب در این مرحله موجب کاهش فتوسنتز جاری گیاه، کاهش میزان مواد پرورده و در نتیجه چروکیدگی دانه‌های ذرت خواهد شد.[۲۲] به علاوه، کوتاه شدن دوره رشد دانه و در نتیجه زودرسی در اثر تنش خشکی که توسط برخی پژوهشگران مشاهده شده [۱۹] یکی دیگر از دلایل احتمالی کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه است.[۲۱] هیبریدهای دارای وزن هزار دانه بیشتر دارای پتانسیل عملکرد دانه و شاخص برداشت زیادتری هستند.[۹] بنابراین، به نظر می‌رسد هیبرید ۷۰۴ نسبت به سایر هیبریدها دارای پتانسیل تولید زیادتری باشد (جدول ۴). همچنین نتایج نشان می‌دهد که هیبرید ۷۰۴ در تیمارهای قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه کمتر از بقیه هیبریدها تحت تأثیر منفی تنش خشکی قرارگرفته و در این تیمارها دارای بیشترین وزن هزار دانه بوده است (جدول ۵).

کاهش وزن هزار دانه عمدتاً به علت کاهش عرضه مواد فتوسنتزی است.[۵۳] چرا که تقسیم سلول‌های آندوسپرم و بزرگ شدن آن‌ها در عرض ۳ هفته پس از لقاح تکمیل می‌شود و معمولاً در زمان حداکثر مقدار آب در دانه متوقف می‌شود در نتیجه در زمان تنش خشکی به علت کمبود آب در دانه رشد سلول متوقف می‌شود و ظرفیت دانه برای تجمع نشاسته کاهش می‌یابد.[۳۴،۷۱] *فرانکویز و همکاران (۲۰۱۰)* اعلام کردند که بیشترین اثر تنش خشکی بر وزن هزار دانه در طی پر شدن دانه دیده می‌شود.[۲۷] در اثر قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و پرشدن دانه، وزن هزار دانه در هیبرید ۷۰۴ کاهش یافت. هیبرید ۷۰۴ نسبت به سایر ارقام در مرحله گلدهی و پر شدن دانه به قطع آبیاری مقاوم‌تر است و کاهش عملکرد کمتری دارد. به‌طور کلی تنش آبی در مراحل رشد رویشی و زایشی به دلیل رقابت برای آب و مواد غذایی باعث کاهش وزن دانه می‌شود. همچنین، طول دوره رشد در اثر تنش رطوبتی کاهش می‌یابد که سازوکاری مقاومتی در گیاهان برای تولید بذر و تضمین بقاء نسل بعد در شرایط نامساعد می‌باشد.[۵۰]

تفاوت معنی‌دار وزن هزار دانه در اثر استفاده از کودهای دامی با نتایج *غدیری و همکاران (۲۰۰۹)*، *مجیدیان و همکاران (۲۰۱۲)*، *فلاح و همکاران (۲۰۰۶)*[۲۴] در گیاه ذرت و *پور موسوی و همکاران (۲۰۱۳)* در گیاه سویا[۵۴] همخوانی دارد.[۴۳،۳۰] به نظر می‌رسد مصرف کود دامی تا حد زیادی توانسته کاهش آب آبیاری را جبران کند. از نقطه نظر دیگر استفاده از کود دامی باعث شده است که توان گیاه در مرحله زایشی در برابر تنش خشکی افزایش یابد. زمانی که از کودهای دامی استفاده می‌شود، رهاسازی عناصر از جمله نیتروژن به آرامی انجام می‌شود که همین مسأله باعث خواهد شد در خاک‌هایی که احتمال تثبیت عناصر زیاد است، جذب عنصر به‌وسیله گیاه افزایش یابد.[۵۸] کاهش وزن هزار دانه در آزمایش حاضر نیز عمدتاً به علت کاهش عرضه

مواد فتوسنتزی است. افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه در اثر استفاده از کودهای دامی با نتایج *فلاح و همکاران (۲۰۰۶)*[۲۴] و *مجیدیان و همکاران (۲۰۱۲)* در گیاه ذرت[۴۳] و *پور موسوی و همکاران (۲۰۱۳)* در گیاه سویا[۵۳] همخوانی دارد. استفاده از کود دامی باعث فراهم بودن مواد غذایی و توسعه بهتر ریشه شده و در نتیجه گیاه در انتهای دوره رشد خود با شرایط مطلوبی مواجه و همین عامل موجب افزایش وزن دانه‌ها خواهد شد.

اثر تنش خشکی، رقم، کود دامی بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود؛ سایر اثرات متقابل معنی‌دار نشد. اختلاف معنی‌داری بین زمان‌های قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پر شدن دانه از لحاظ عملکرد دانه وجود داشت (جدول ۳). عملکرد دانه و اجزای آن نسبت به قطع آبیاری واکنش منفی نشان دادند و با قطع آبیاری در مرحله گلدهی و مرحله پر شدن دانه عملکرد دانه به ترتیب ۴۰ و ۶۰٪ کاهش نشان داد. در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی عملکرد دانه در هیبریدهای ذرت دانه‌ای نسبت به شاهد کاهش یافته است (جدول ۴). در هیبرید ۵۰۴ کاهش عملکرد دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی حدود ۳۳٪ نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پرشدن دانه به علت کاهش تعداد بلال در بوته و وزن هزار دانه بود؛ با توجه به اینکه عملکرد دانه بخشی از مجموع ماده خشک تولیدی گیاه است، کاهش ماده خشک گیاهی در شرایط قطع آبیاری می‌تواند توجیه کننده بخشی از کاهش عملکرد دانه باشد. به طور کلی، تنش آبی در مرحله گلدهی نسبت به پرشدن دانه تأثیر منفی بیشتری بر عملکرد دانه داشت. اثر معنی‌دار کمبود آب آبیاری بر عملکرد دانه توسط *علیزاده و همکاران (۲۰۰۶)*، *ربانی و امام (۲۰۱۲)* و *مجیدیان و همکاران (۲۰۱۲)* گزارش شده است.[۶،۴۳] در شرایط تنش خشکی، رشد زایشی گیاه به اتکای ذخایر برگ و ساقه انجام می‌شود وعدم تشکیل مناسب دانه می‌تواند به دلیل ناکافی بودن مواد فتوسنتزی در زمان گرده‌افشانی، پر شدن دانه و یا پیش از آن باشد. تنش شدید ممکن است منجر به تأخیر در ظهور کاکل تا پایان گرده افشانی شود که این اتفاق می‌تواند به علت عدم دسترسی گیاه به آب کافی برای رشد سلول‌های رشته‌های کاکل باشد[۶] و تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش تجمع ماده خشک در دانه می‌گردد و این تأثیر در نتیجه کوتاه شدن دوره رشد مؤثر دانه صورت می‌گیرد و اساساً مهم‌ترین عاملی است که باعث کاهش وزن هزار دانه در شرایط کمبود آب می‌شود بنابراین عرضه مواد پرورده تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد و عملکرد دانه نیز کاهش می‌یابد.

بیشترین عملکرد هیبریدهای ذرت دانه‌ای مربوط به هیبرید ۷۰۴ در مرحله گلدهی و پرشدن دانه بود. به نظر می‌رسد این هیبرید در شرایط تنش خشکی دارای عملکرد و مقاومت بیشتری نسبت به سایر هیبریدها باشد. *شیری و همکاران (۲۰۱۶)* گزارش کردند که در مورد هیبرید ۷۰۴ نسبت به سایر تنش کم آبی در مراحل گلدهی و پر شدن دانه به ترتیب موجب کاهش ۲۹/۲ و ۱۸/۱ درصدی عملکرد دانه شده است.[۷۰] کاهش عملکرد دانه ذرت در اثر تنش کم آبی در مراحل زایشی به کاهش کارایی فتوسنتز و کوتاه شدن طول دوره رشد بستگی دارد.[۵۹] ربانی و امام (۲۰۱۲) گزارش کردند که هیبرید ۷۱۲ تغییرات کمتری نسبت به اعمال تنش کم آبی در مراحل مختلف داشته است.[۵۴]

عملکرد دانه در اثر کاربرد کود مرغی نسبت به کود گوسفندی افزایش یافته است که با نتایج *فلاح و همکاران (۲۰۰۸)*، *مجیدیان و همکاران (۲۰۱۲)* در ذرت[۲۴،۴۳] و *پور موسوی و همکاران*

جدول ۵) شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپهای ذرت در شرایط تنش آبی در مرحله گلدهی

Table 5) Stress tolerance indices in maize genotypes under water stress at flowering stage

Corn hybrids	MHAR	STI	GMP	MP	TOL	SSI
SC540	7.33	0.62	7.93	8.58	6.56	2.06
SC 647	6.94	0.51	7.24	7.55	4.30	1.67
Maxima	7.53	0.63	8.03	8.56	5.91	1.93
SC704	8.58	0.79	9.00	9.44	5.67	1.74
Mean	7.60	0.64	8.05	8.53	5.61	1.85

Yp: Potential Yield, Ys: Yield Under Stress, SSI: Stress Susceptibility Index, TOL: Tolerance, MP: Mean productivity, GMP:Geometric Mean Productivity, STI: Stress Tolerance Index, MHAR: Harmonic Mean

جدول ۶) شاخص های تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های ذرت در شرایط تنش آبی در مرحله پرشدن دانه

Table 6) Stress tolerance indices in maize genotypes under water stress at grain filling stage

Corn hybrids	MHAR	STI	GMP	MP	TOL	SSI
SC540	6.20	0.49	7.06	8.03	7.66	4.24
SC 647	5.96	0.41	6.46	7.00	5.40	3.23
Maxima	6.37	0.50	7.12	7.96	7.11	3.24
SC704	7.69	0.67	8.29	8.94	6.67	1.49
Mean	6.57	0.51	7.24	7.98	6.71	2.57

YP: Potential Yield, YS: Yield Under Stress, SSI: Stress Susceptibility Index, TOL: Tolerance, MP: Mean productivity, GMP:Geometric Mean Productivity, STI: Stress Tolerance Index, MHAR: Harmonic Mean

(۲۰۱۳) در سویا[۵۳] همخوانی دارد. دسترسی بهتر به عناصر غذایی و وجود مواد آلی باعث فراهمی شرایط بهتری برای انجام فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه خواهد شد.[۴۳] به نظر می‌رسد کود دامی با افزایش میزان عناصر غذایی قابل دسترس شامل عناصر ماکرو و میکرو[۴۱] افزایش فعالیت آنزیمی و میکروبی خاک از طریق فراهم نمودن غذا برای میکرو ارگانیزم‌ها، بهبود حفاظت فیزیکی خاک و ایجاد شرایط مناسب برای فعالیت آنزیم‌های نیتروژناز[۳۱] و در نهایت بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک[۳۲] ظرفیت منبع برای تولید اسمیلات‌ها را افزایش داده و شرایط بهتری را به جهت عملکرد بالاتر و کیفیت بهتر محصول فراهم می‌سازد.

هیبریدهای ۷۰۴ و ۷۴۶ با کمترین شاخص تحمل به تنش، متحمل‌ترین هیبریدها نسبت به تنش خشکی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه بودند. همچنین این دو هیبرید با کمترین شاخص تحمل، متحمل‌ترین هیبریدها نسبت به قطع آب در مرحله گلدهی بودند. همچنین هیبرید ۷۰۴ و ۷۴۶ با کمترین شاخص تحمل متحمل‌ترین هیبریدها نسبت به قطع آب در مرحله پر شدن دانه بودند.

هر چه مقادیر شاخص میانگین بهره‌وری بالاتر باشد، تحمل بیشتر آن ژنوتیپ به تنش را نشان می‌دهد. بیشترین میزان شاخص متوسط محصول‌دهی مربوط به هیبرید ۷۰۴ بود که نسبت به سه رقم دیگر تحمل بیشتری نسبت به شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی و دانه‌بندی از خود نشان داد (جدول ۵ و ۶). در بین ارقام ذرت مورد بررسی هیبرید ۷۰۴ بالاترین مقدار میانگین هندسی بهره‌وری را در مرحله گلدهی و پر شدن دانه به خود اختصاص داد. استفاده از شاخص میانگین بهره‌وری که مقادیر بالای عددی آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می‌باشد، اغلب منجر

به گزینش ارقامی با عملکرد بالا در شرایط عادی ولی تحمل کم به شرایط تنش می‌گردد.[۶۰] *سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۵)* گزارش کردند که شاخص میانگین بهره‌وری زمانی برای انتخاب ژنوتیپ ها در شرایط تنش کارایی دارد که شدت تنش شدید نبوده و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش زیاد نباشد.[۶۹] *خلیلی و همکاران (۲۰۱۰)* نیز در هشت ژنوتیپ ذرت دیررس در شرایط بدون تنش و تنش در مرحله زایشی و رویشی نشان دادند که بر اساس شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری، تحمل به تنش هیبریدهایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش و با استفاده از شاخص حساسیت به تنش هیبریدهایی با میانگین عملکرد بالا در شرایط تنش انتخاب می‌گردند.[۳۹] به طور کلی نتایج نشان داد که بین ارقام نیز تفاوت‌های بسیاری با هم در شرایط تنش و هم در شرایط عادی وجود دارد. پژوهشگران بیان داشتند که تفاوت زیادی بین ارقام یک گونه گیاهی از نظر سرعت نسبی رشد می‌تواند وجود داشته باشد؛ و فاکتورهای فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، شیمیایی و یا الگوی اختصاص در تغییر این سرعت نسبی رشد مؤثر هستند.[۵۲]

طبق نظر اکثر پژوهشگران بهترین شاخص برای گزینش ارقام، شاخص تحمل به تنش می‌باشد.[۲۶،۲۷] مقدار شاخص تحمل به تنش بین ۰ و ۱ متغیر است و هر چه مقدار آن بزرگ‌تر باشد نشان دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ نسبت به خشکی است بنابراین اگر هیبرید ۷۰۴ در شرایطی که احتمال کمبود آب در اواخر بهار و طی ماه‌های تابستان وجود دارد کشت شود، کشاورز شاهد افت عملکرد کمتری خواهد بود.

نتیجه‌گیری کلی تأمین آب در دوره گلدهی ذرت از اهمیت ویژه‌ای در بهبود عملکرد آن برخوردار است و در شرایط کم آبی در منطقه ایرانشهر، کشت هیبرید ۷۰۴ توجیه پذیرتر است. بطور کلی هر چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد گیاه ذرت کاسته می‌شود اما با بکارگیری کود دامی مرغی بخصوص در سطوح بالای تنش می‌توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش خشکی بر عملکرد تولیدی این گیاه کاست و با توجه موجهه کشاورزان شهرستان ایرانشهر با مشکل کمبود آب می‌توان با بهره‌گیری از منابع کودهای دامی مرغی از اثرات منفی تنش خشکی کاسته شده و این امر می‌تواند راهکاری برای صرفه جویی در مصرف آب در بخش کشاورزی باشد.

References

1. Abdmishani C, Shahnejat Bushehri AA (1991) Advanced Plant Breeding. University of Tehran Press: Tehran. [in Persian]
2. Adeleye EO, Ayeni LS, Ojeniyi SO (2010) Effect of poultry manure on soil physico-chemical properties, leaf nutrient contents and yield of yam (*Dioscorea rotundata*) on alfisol in southwestern Nigeria. Journal of American Science 6: 956-959.
3. Agul D, Dlagi F (2002) Water use efficincy in corn (*Zea mays* L.) with organic matter. Field Crops Research 43: 171-176.
4. Ahmadi K, Gholoxadeh H, Abaszadeh H, Hosseionpour R, Hatami F, Fazli B, Kazemiyan A, Rafiye M (2014) Agriculture Statistics. Ministry of Agriculture Press: Tehran. [in Persian]
5. Ahmadi J, Zeinali Khanghah H, Rostami M, Choukan R (2000) Evaluation of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) hybrids commercially delayed. Iranian Journal of Agricultural Sciences 4: 891-906. [in Persian with English abstract]
6. Alizadeh A, Majidi A, Nadian H, Noormohammadi GH, Ameriyan M (2007) Effect of drought stress and different nitrogen levels on Phonology and growth of maize (*Zea mays* L.). Journal of Agricultural Sciences of Iran 4(5): 116-128. [in Persian]

7. Ayub M, Ather Nadeem M, Tanveer A, Husnain A (2002) Effect of different levels of nitrogen and harvesting times on the growth yield and quality of sorghum. Asian Journal of Plant Sciences 1(4): 304-307.
8. Bakhshayeshi Gashlagh M, Shekarchezad M (2015) Evaluation of genotypes of bread wheat (*Triticum Aestivum*) using drought tolerance indices. Journal of Crop Breeding 7(16): 49-59.
9. Bassetti P, Westgate ME (1993) Water deficit affects receptivity of maize silks. Crop Science 33: 278-182.
10. Behnamfar K (1997) Study of the effect of potassium fertilizer on creating resistance to drought stress and water use efficiency in corn (*Zea mays* L.) Khuzestan weather conditions. Master Thesis, Islamic Azad University, Ahvaz Branch: Ahvaz, Iran. [in Persian with English abstract]
11. Bolanos J (1995) Physiological bases for yield differences in selected maize (*Zea mays* L.) cultivars from Central America. Field Crops Research 42: 69-80.
12. Cakir R (2004) Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research 89: 1-16.
13. Chaghzardi HH, Mohammadi Gh, Heavenly Al-Aqa P (2015) Evaluation of sulfur and fertilizer effects on growth characteristics of single crum 704 crop and soil acidity. Iranian Journal of Crop Research 11(1):170-162. [in Persian with English abstract]
14. Chen J, Xu W, Velten J, Xin Z, Stout J (2012) Characterization of maize (*Zea mays* L.) inbred lines for drought and heat tolerance. Journal of Soil and Water Conservation 67: 354-364.
15. Choukan R, Taherkhani T, Ghannadha MR, Khodarahmi M (2006) Evaluation of drought tolerance in grain maize (*Zea mays* L.) inbred lines using drought tolerance indices. Iranian Journal of Crop Research 8(1): 79-89. [in Persian with English abstract]
16. Dagdelen N, Yilmaz E, Sezgin F, Gorbuz T (2006) Water yield relation and water use efficiency of cotton and season crop corn in Western Turkey. Agricultural Water Management 82(1-2): 63-85.
17. Daneshian (1979) Study ecophysiological water deficit on soybeans. Master Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch: Tehran, Iran. [in Persian with English abstract]
18. De Paolo O, Frans DB, Muris F (2008) Effect of different irrigation regimes, and manure on corn (*Zea mays* L.) yield. Jouranl of Agronomy Research12 (4):324- 329.
19. Debaeke P, Aboudrare A (2004) Adaptation of crop management to water-limited environment. European Journal of Agronomy 21: 433-446.
20. Emam Y (2007) Cereal Production. Shiraz University Press: Shiraz. [in Persian]
21. Emam Y, Ranjbar GH (2001) The effect of plant density and water stress during vegetative phase on grain yield, yield components and water use efficiency of maize (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Crop Science 3: 51-63. [in Persian with English abstract]
22. Emam Y, Seghateleslami MJ (2005) Crop Yield, Physiology and Processes. Shiraz University Press: Shiraz. [in Persian]
23. Emam Y, Niknejad M (2004) An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Shiraz University Press: Shiraz. [in Persian]
24. Fallah S, Ghalavand A, Khajehpour MR (2007) Effects of animal manure incorporation methods and its integration with chemical fertilizer on yield and yield components of maize (*Zea may*s L.) in Khorramabad, Lorestan. Journal of Soil and Water Sciences 11(40): 233-243.[in Persian]
25. Fatemi R, Kahraryan B, Ghnbary A, Valizadeh M (2006) The evaluation of different irrigation regims and water requirement on yield and yield components of corn. Journal of Agricultural Science 12(1):133-141. [in Persian with English abstract]
26. Farshadfar E, Zamani A, Matlabi MR, Emam-jome EE (2001) Selection for drought resistance chichpea lines. Journal of Agricultural Science 32(1): 65-77.
27. Fernandez GCJ (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of International Symposium on Adaptoition of Food Crops to Temperature and Water stress. Asian Vegetable Research and Development Center. Shanhua, Taiwan.
28. Fisher RA, Maurer R (1978) Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.
29. Francois LE, Danvan TJ, Mass EV (2010) Salinity effects on seed yield, growyh and germination of grain sorghum. Agrononmy Journal 76:741-744.
30. Ghadiri H, Majidian M (2009) Effect of nitrogen levels and irrigated irrigations in milk stages and dough formation on yield, yield components and efficiency of water use in maize (*Zea mays* L.). Journal of Agricultural Science and Technology of Natural Resources 2: 113-103.

31. Ghosh PK, Mandal KJ, Hati K, Ajay M (2004) Comprative effectivence of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics, dry matter yield, nodulation, chlophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology 95: 85-93.
32. Gliessman RS (2006) Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems, Second Edition. CRC Press: Boca Raton.
33. Golbashy M, Ebrahimi M, Khavari Khorasani S, Choucan R (2010) Evaluation of drought tolerance of some corn (*Zea mays* L.) hybrids in Iran. African Journal of Agricultural Research 5(19): 2714-2719.
34. Gooding, MJ, Ellis RH, Shewry P, Schofield J (2003) Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and qualityof winter wheat. Journal of Cereal Science 37: 295-309.
35. Hajibabaei M, Azizi F (2011) Evaluation of drought tolerance indices in some new hybrids of corn. Electronic Journal of Crop Production 3: 139-155.
36. Hashemi-Dezfouli SA, Alemi Saied K, Siadat SA, komauli MR (2001) Effect of planting date on yield of two varieties of sweet corn (*Zea mays* L.) on the weather conditions in Khuzestan. Journal of Agriculture Science 32: 681-689. (in Persian with English Abstract)
37. Jaafari P, Imani MR (2004) Study of drought stress and plant density on yield and some agronomical traits of maize (*Zea mays* L.) KSC301. Proceedings of the 8th Congress of Crop Sciences. Rasht, Iran. [in Persian with English abstract]
38. Kalamian S, Modares Sanavi AM, Sepehri A (2005) Effect of water deficit at vegetative and reproductive growth stages in leafy and commercial hybrids of maize (*Zea mays* L.). Journal of Water, Soil and Plant in Agriculture 5(3): 38-53. [in Persian with English abstract]
39. Khalili M, Kazemi E, Front M, Sustainable M (2010) Evaluation of drought resistance indices in different growth stages of late corn cultivars. Proceedings of the 8th Congress of Crop Sciences. Rasht, Iran. [in Persian with English abstract]
40. Khodabandeh N (2003) Cereal Crops. Tehran University Press: Tehran. [in Persian]
41. Lupway NZ, Girma M, Haque I (2000) Plant nutrient content of cattle manure from small-scale farms and experimental stations in the Ethiopian highlands. Agriculture, Ecosystem and Environment 78: 57-63.
42. Majddam M (2006) Effects of water deficit and nitrogen management on agrophysiological characteristics and yield of corn (*Zea mays* L.) hybrid SC 704 in climatic conditions in Khuzestan. PhD Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch: Ahvaz, Iran. [in Persian with English abstract]
43. Majidian M, Ghalavand A, Kamgar Haghighi AA, Karimian N (2012) Effect of drought stress, nitrogen and organic fertilizer on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components of kernel corn SC704. Iranian Journal of Crop Sciences 10(3):303-330. [in Persian with English abstract]
44. Mohammad Khani N, Heydari R (2006) Effect of drought stress on protective enzyme activity and peroxidation of lipids in two corn cultivars. Journal of Biosciences 10 (22): 4022-8.
45. Mujtaba SM, Alam Nia SM (2002) Drought phenomenon and crop growth, Pakistsn leading magazine for the last 25 years, Pakistan and gulf economist. Agronomy Journal 84: 107-113.
46. Naderi Darbagshahi MR, Noormohamadi GH, Majidi A, Darvish F, Shirani Rad AH, Madani H (2004) Effect of drought stress and plant density on the characteristics in line planting safflower in Isfahan. Seed and Plant Production Journal 20: 296-281. [in Persian with English abstract]
47. Nagaz K, Toumi I, Masmoudi M, Mechlia N (2008) Soil salinity and barley production under full and deficit irrigation with saline water in arid condition of southern Tunisia. Reasearch Journal of Agronomy 2:90-95.
48. Nesmith DS, Ritchie JT (2010) Short and longterm responses of corn (*Zea mays* L.) to a preanthesis soil water deficit. Agronomy Journal 84: 107-113.
49. Omidian A, Sayyidat SA, Naseri R, Moradi M (2012) Effect of zinc sulfate on the yield, oil content and protein content of four canola cultivars. Journal of Agricultural Sciences of Iran 14 (1): 28-16. [in Persian with English abstract]
50. Parvizi Y, Nabati E (2004) Effect of manure application and irrigation interval on yield indices and water use efficiency in maize (*Zea mays* L.). Pajouhesh and Sazandegi 63: 21-29. [in Persian with English abstract]
51. Pessarakli MM, Morgan PV, Gilbert J (2005) Dry matter yield, protein synthesis, starch, and fiber content of barley and wheat plants under two irrigation regimes. Journal of Plant Nutrition 28: 1227-1241.
52. Poorter H (1989) Interspecific variation in relative growth rate: On ecological causes and physio-logical consequences. In: Lambers H, Cambridge ML, Konings H, Pons TL (eds). Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants, SPB Academic Publishing: Netherland.

53. Pourmusavi SM, Throat M, Scientists C, Ghanbari A, Intuitive NU, South C (2013) Effect of manure on quantitative and qualitative yield of 17 soybeans in drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 40(1): 2-15. [in Persian with English abstract]
54. Rabbani J, Emam Y (2012) Yield response of maize (*Zea mays* L.) hybrids to drought stress at different growth stages. Journal of Crop Production and Processing 1(2): 65-78. [in Persian with English abstract]
55. Rafiei M (2000) Effect of drought stress and zinc and phosphorus concentrations and total uptake in corn. PhD Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch: Ahvaz, Iran. [in Persian with English abstract]
56. Rafiei M, Mansesh Sh, Mirror A, Vegetable D, Ahmadi D (2011) Effect of irrigation water and irrigation time in different growth stages on yield and yield components of hybrid seagull cross 704 in Ahwaz climate. Journal of Physiology of Crops (3): 105-93.
57. Rashidi S (2005) Effect of drought stress in different growth stages and levels of nitrogen fertilizer on yield and yield components of maize TC647 in Khuzestan climate. Master Thesis, University of Agricultural Sciences and Natural Resources: Ahvaz, Iran. [in Persian with English abstract]
58. Reddy DD, Rao AS, Rupta TR (2000) Effects of continuous use of cattle manure and fertilizer phosphorus on crop yields and soil organic phosphorus in a vertisol. Bioresource Technology 75:113-118.
59. Ribaut JM, Betran J, Monneveux P, Setter T (2012) Drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). In: Bennetzen JL, Hake SC, (eds).Handbook of Maize: It's Biology, Springer: New York 31–34.
60. Richards RA, Rebtzke GJ, Condon AG, Van Herwaarden AF (2002) Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Science 42: 111-121.
61. Rosielli A, Hamblin J (1981) Theoritical aspects of selection for yield in stress and non stress environment. Crop Science 21: 943-946.
62. Sajjadi N, Ardakani M (2003) Effect of nitrogen fertilizer, iron on physiological parameters of corn (*Zea mays* L.) in Markazi province. Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 99-110. [in Persian with English abstract]
63. Schussler JR, Westgate ME (2013) Maize kernel set at low water potential: II. Sensitivity to reduce assimilates at pollination. Crop Science 31: 1196-1203.
64. Setter TL, Brian A, Lannigan F, Melkonian J (2001) Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies absicise acid and cytokinins. Crop Science 41: 1530-1540.
65. Seyedzavar J, Norouzi M, Aharizad S, Bandehhagh A (2015) Relationship between yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) hybrids under different irrigation. Journal of Crop Ecophysiology 9(1):83-108. [in Persian with English abstract]
66. Shafazadeh M, Yazdan Sepas A, Amini A, Ghanadha M (2004) Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and toleranceindices. Seed and Plant 20: 57-71.
67. Shiri MR, Bahrampour T (2015) Genotype × environment interaction analysis using GGE biplot in grain maize (*Zea mays* L.) hybrids under different irrigation conditions. Cereal Research 5(1): 83-94. [in Persian with English abstract]
68. Shiri MR, Moharramnejad S, Hanifezadeh M, Bandehhagh A (2016) Evaluation of yield stability of maize (*Zea mays* L.) influenced by planting date in Moghan region. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 26(1): 203-214. [in Persian with English abstract]
69. Sio- Se Mardeh A, Ahmadi A, Poustini K, Mohamadi V (2006) Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Research 98: 222- 229. [in Persian with English abstract]
70. Ulger AC, Ibrikci H, Cakir B, Guzel N (1997) Influence of nitrogen rates and row spacing on corn (*Zea mays* L.) yield, protein content and other plant parameters. Journal of plant Nutrition 20: 1697-1709.
71. Yang J, Zhang J (2006) Grain filling of cereals under soil drying. New Phytologist 169: 223-236.

Effect of manure on tolerance of maize cultivars to drought stress in Iranshahr climate condition

Agroecology Journal
Vol. 14, No. 3 (23-38)
(autumn 2018)

Amir Behzadi Asl; Seyyed Mahdi Javadzadeh✉
Department of Agronomy and Plant Breeding, Iranshahr Branch, Islamic Azad University, Iranshahr, Iran
✉ s.m.javadzadeh@gmail.com **(corresponding author)**

Received: 17 May 2018 **Accepted:** 05 November 2018

Abstract To investigate maize genotypes reaction under drought stress to application of manure, an experiment was conducted as split split plot based on randomized complete block design in Iranshahr, Iran. Drought stress included irrigation cut-off in two of flowering and seed filling stages. Maize genotypes consisted of SC704, SC540, and SC647, and Maxima cv. and sheep and poultry manure were applied with the amounts of 10 and 5 t/ha. Plant height, number of seeds per row, ear diameter, thousand kernel weight, and seed yield were measured at physiological harvesting time. Tolerance indices including Stress Susceptibility Index (SSI), Tolerance Index (TOL), Stress Tolerance Index (STI), Geometric mean productivity (GMP), and Mean Productivity Index (MPI) were measured. Irrigation cuttings off had a meaningful declining effect on all studied traits in all four genotypes especially in flowering stage. SC704 hybrid showed the highest drought tolerance in Iranshahr weather conditions. Compared to sheep manure, application of poultry manure increased yield and yield components of SC704 in drought stress in flowering stage. SSI, STI, STI, GMP, TOL, and MPI introduced the SC704 maize hybrid as the most tolerant genotype. Therefore, application of poultry manure is recommended to achieve optimal yield in SC704 under drought stress conditions in Iranshahr, Iran.

Keywords

- corn hybrids
- Maxima
- stress tolerance
- water stress

This open-access article is distributed under the terms of the Creative Commons-BY-NC-ND which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

DOI: 10.22034/AEJ.2018.544494