

ارزیابی عملکرد و کارایی مصرف آب هیبریدهای دیررس ذرت در شرایط متفاوت آبیاری و تقسیط کود نیتروژن

محمد توانگر^۱، حمیدرضا عشقی‌زاده^{۱*} و مهدی قیصری^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۱۸)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی رشد و شاخص بهره‌وری مصرف آب هشت هیبرید دیررس ذرت در مقایسه با هیبریدهای رایج منطقه (KSC704 و Maxima-FAO530) تحت شرایط متفاوت آبیاری (آبیاری کامل بر اساس حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی ۵۰ درصد و کم‌آبیاری به‌طور متوسط ۱۶ درصد عمق آب کمتر نسبت به آبیاری کامل) و دو مدیریت کاربرد کود نیتروژن (تقسیم سه و ۱۶ قسمتی نیتروژن به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره با ۴۵ درصد نیتروژن) با استفاده از طرح اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. نتایج نشان داد که عملکرد دانه، علوفه و شاخص سطح برگ گیاه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر برهم‌کنش اثرات سه‌گانه مدیریت آبیاری، نیتروژن و هیبرید ذرت قرار گرفت. در بین هیبریدهای مختلف ذرت تحت مدیریت کم آبیاری و تقسیط ۱۶ قسمتی کود نیتروژن هیبرید SCV19 بالاترین مقدار کارایی مصرف آب (۴۵/۳ کیلوگرم دانه به‌ازای هر متر مکعب آب) را به خود اختصاص داد. به‌طور کلی عملکرد هیبریدهای دیررس مورد مطالعه در مقایسه با هیبریدهای شاهد، SCV۰۴ و ماکسیما، در تاریخ کاشت مورد نظر بیشتر بود که با به‌کارگیری مدیریت کم‌آبیاری و تقسیط بیشتر کود نیتروژن می‌توان بهره‌وری تولید آن را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری عملکرد، ذرت، شاخص تحمل به تنش، کم‌آبیاری

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: hr.eshghizadeh@iut.ac.ir

مقدمه

هکتار و میانگین عملکرد دانه و علوفه این محصول به ترتیب حدود ۷ و ۴۵ تن در هکتار بوده است (۱۸). در این میان معمولاً هیبریدهای مختلف ذرت در سازگاری با آب‌وهوای مختلف، سازگاری با خاک منطقه، میزان تولید ماده خشک قابل سیلو شدن در هکتار، محتوا و مقدار دانه در علوفه درو شده، میزان خرد شدن در هنگام برداشت و قابلیت هضم سیلاژ ذرت با هم تفاوت دارند. هیبریدی ایده‌آل است که دارای توانایی تولید بالای علوفه در هکتار، دارای بیش از ۴۰ درصد دانه در ماده خشک، عدم ریز خرد شدن در هنگام درو کردن و قابلیت هضم بالا باشد (۱۴). خاکسار و همکاران (۱۵) در مقایسه هیبریدهای دیررس کشت تابستانه، بیشترین عملکرد ذرت را از هیبریدهای کرج ۷۲۰ و ۷۰۰ گزارش کرد. نغزگیر (۲۲) گزارش کرد که بین تاریخ‌های کاشت ۱۴ بهمن تا ۲۶ اسفندماه اختلافی از نظر آماری در عملکرد ذرت مشاهده نشد. ولی بین هیبریدهای مورد مقایسه اختلاف مشاهده شد. سوبدی (۳۰) گزارش کرد بیشترین عملکرد دانه ذرت از هیبرید کرج ۷۰۰ با تولید ۱۴/۵ تن در هکتار به دست آمد که نسبت به سایر هیبریدهای مورد مقایسه برتری نشان داد. بنابراین تحقیق حاضر با هدف ارزیابی رشد، عملکرد و شاخص کارایی مصرف آب هیبریدهای دیررس ذرت در مقایسه با هیبریدهای رایج (KSC704 و Maxima-FAO530) منطقه تحت شرایط متفاوت آبیاری و مدیریت کود نیتروژن انجام شد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های محل اجرای آزمایش

پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی این شهر در منطقه لورک نجف‌آباد واقع در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۶۳۰ متر، در بهار و تابستان سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. میانگین حداکثر دما در طول فصل رشد در بهار و تابستان سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ حدود ۲/۳۴ درجه سلسیوس و میانگین

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که هر ساله خسارت‌های قابل توجهی به محصولات زراعی به‌ویژه در ایران که کشوری خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، وارد می‌آورد (۲۴). در چنین شرایطی، استفاده از روش‌های کارآمد مصرف بهینه آب با حفظ بهره‌وری مصرف و از طرف دیگر تولید غذای مناسب راهکاری برای سازگاری با بحران کمبود آب خواهد بود (۷). در این میان کم‌آبیاری یک راهکار بهینه برای تولید محصولات تحت شرایط کمبود آب است که معمولاً با کاهش محصول در واحد سطح و افزایش آن از طریق گسترش سطح زیر کشت همراه است (۱۹).

نیتروژن از بین عناصر غذایی اصلی مورد نیاز گیاه، اثر عمده‌ای بر رشد دارد و در آزمایش‌های مختلف ارتباط مستقیم نیتروژن با رشد بوته ذرت و عملکرد دانه ثابت شده است (۱ و ۲۰). المدرس و همکاران (۲) اظهار داشتند تعیین بهترین مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن، به‌طور معنی‌داری کارایی مصرف نیتروژن را بهبود می‌بخشد. کاربرد مقادیر بهینه نیتروژن در زمان مناسب در مراحل مختلف رشد، می‌تواند بر ظرفیت جذب نیتروژن گیاه مؤثر باشد (۸). هون و همکاران (۱۳) طی تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که تقسیم کود نیتروژن سبب افزایش عملکرد دانه و کاهش میزان مصرف نیتروژن می‌شود. همچنین در رابطه با شیوه‌های تقسیم نیتروژن و کارایی زراعی نیتروژن گزارش کردند که رابطه مستقیمی بین شیوه‌های تقسیم و مجموع نیتروژن جذب شده با راندمان زراعی و راندمان بازیافت نیتروژن وجود دارد. هرگونه افزایش در کارایی مصرف نیتروژن با به‌کارگیری راهکارهای مناسب، اثری مثبت بر اقتصاد تولید و محیط زیست خواهد داشت.

گیاه ذرت یکی از غلات مهم جهان به‌شمار می‌رود (۵). بنا بر آمار سازمان خواروبار جهانی (فائو-۲۰۱۷) سطح زیر کشت ذرت حدود ۱۸۸ میلیون هکتار و میزان تولید سالانه این گیاه حدود ۱ میلیارد و ۶۰ میلیون تن گزارش شده است. سطح زیرکشت این گیاه در ایران نیز در سال ۲۰۱۷ حدود ۱۳۰ هزار

دریافتی در تیمار کم آبیاری نسبت به آبیاری کامل در مراحل رشد: (۱) از سبز شدن تا انتقال از رویشی به زایشی یا ۱۰-۸ برگی، (۲) از ۱۰-۸ برگی تا ظهور گل آذین نر و (۳) از مرحله ظهور گل آذین نر تا رسیدگی خمیری دانه به ترتیب ۸۰، ۹۰ و ۸۰ درصد بود. رطوبت قابل استفاده خاک به مقدار آب موجود در منطقه توسعه ریشه در بین حد ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم گفته می شود. مقدار تخلیه رطوبت از خاک بر اساس مقدار تبخیر- تعرق ذرت طی دوره رشد بر اساس داده های روزانه هواشناسی ایستگاه نجف آباد، رابطه فائو- پنمن- مانتیث و ضریب گیاهی ذرت برای مراحل مختلف رشد تعیین شد. برای حصول اطمینان از اعمال صحیح رژیم های رطوبتی، از ۳ عمق ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متری خاک نمونه برداشته و در آزمایشگاه رطوبت وزنی تعیین شد. در ابتدای آزمایش و تا زمان استقرار کامل گیاه، هر دو محیط رطوبتی همزمان و به یک میزان و بسته به نیاز گیاه آبیاری و سپس از مرحله ۸-۶ برگی رژیم های آبیاری مورد نظر اعمال شد.

اولین آبیاری به منظور جبران کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت مزرعه تا عمق ۴۰ سانتی متری خاک انجام شد. به این منظور رطوبت اولیه خاک در عمق های ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی متری با روش نمونه گیری وزنی اندازه گیری شد. با استفاده از رابطه ۱ مقدار آب مورد نیاز برای اولین آبیاری تعیین شد (۱۶):

$$I_{first} = (\theta_{FC} - \theta_{BI}) \times D \quad (1)$$

در این رابطه I_{first} عمق آب در اولین آبیاری برحسب سانتی متر، θ_{BI} میانگین رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری، و D عمق ستون خاک برابر با ۴۰ سانتی متر است. پس از آبیاری اول، عمق آب آبیاری مورد نیاز بر اساس تخلیه مجاز آب از خاک ($MAD = 50\%$) و با استفاده از رابطه ۲ محاسبه و تا مرحله خمیری نرم به تمام گیاهان داده شد (۱۲).

$$SMD = -(\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \times 0.5 \times Z_I \quad (2)$$

SMD: مقدار مجاز تخلیه آب از خاک در عمق توسعه ریشه برحسب سانتی متر؛ Z_I : عمق توسعه فعال ریشه برحسب سانتی متر؛ θ_{pwp} : رطوبت حجمی خاک در حد پژمردگی دائم؛ θ_{FC} : رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی است.

حداقل دمای روزانه ۱۹/۵ درجه سلسیوس بود (شکل ۱). بافت خاک لوم رسی و مقدار نیتروژن آن به طور میانگین ۰/۲۰ درصد و مقادیر فسفر و پتاسیم به ترتیب ۷/۱۴ و ۴۴/۲ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

مواد گیاهی مورد استفاده

در این آزمایش هشت هیبرید دومنظوره دیررس ذرت از شرکت آمریکن ژنتیکس (جدول ۱) به همراه هیبریدهای رایج KSC704 و Maxima-FAO530 مورد ارزیابی قرار گرفتند.

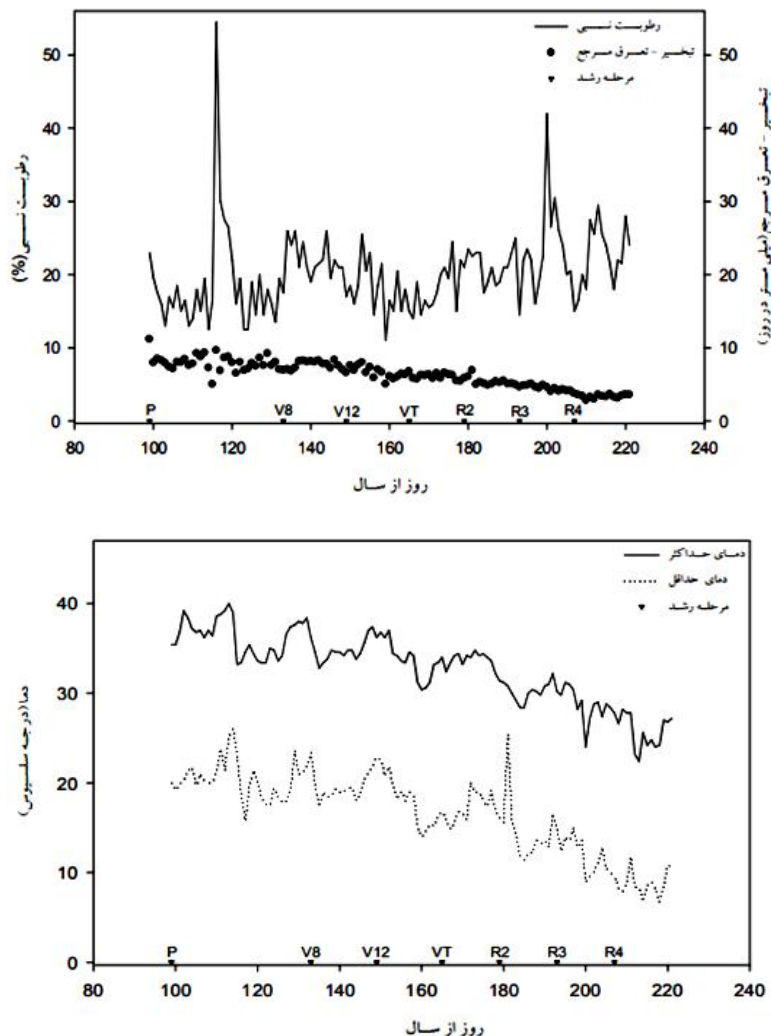
پس از لوله گذاری و نصب نوارهای آبیاری قطره ای در قطعه زمین مورد نظر، کاشت بذور به صورت دستی انجام شد. آرایش کاشت مزرعه مستطیلی و به طور میانگین فاصله بین ردیف های کاشت ۷۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۱۱ سانتی متر در نظر گرفته شد. تراکم بوته پس از کاشت حدود ۱۳ بوته در مترمربع بود. اندازه هر کرت آزمایشی حدود ۹ مترمربع، شامل دو ردیف ۶ متری با فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. اولین آبیاری در تاریخ ۲ خرداد ۱۳۹۶ انجام شد.

نحوه اجرای آزمایش

این مطالعه به صورت آزمایش اسپلیت - اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. در این طرح دو سطح مختلف آبیاری (بر اساس رابطه فائو- پنمن- مانتیث در دو سطح آبیاری نرمال و کم آبیاری) به عنوان فاکتور اصلی و تحت دو مدیریت تقسیم کود نیتروژن که به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد و روی ۱۰ هیبرید ذرت دانه ای - علوفه ای که به عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شد مورد بررسی قرار گرفت.

سطوح مدیریت آبیاری

در این طرح عامل آبیاری کامل بر اساس حداکثر تخلیه مجاز رطوبتی ۵۰ درصد ($MAD=50\%$) انجام شد و تیمار کم آبیاری کسری از عمق آب آبیاری در تیمار آبیاری کامل را دریافت کرد. درصد کم آبیاری در طی دوره رشد گیاه متغیر بود. مقدار آب



شکل ۱. تغییرات دمای حداقل روزانه (Tmin)، دمای حداکثر روزانه (Tmax)، رطوبت نسبی روزانه (RH) و تبخیر- تعرق پتانسیل روزانه (ET0) طی دوره رشد گیاه ذرت در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

جدول ۱. برخی ویژگی‌های هیبریدهای مورد مطالعه در آزمایش

شماره	هیبرید ذرت	گروه رسیدگی (FAO)	هدف تولید	شرکت تولید کننده
۱	SC719 (دز)	دیررس	دومنظوره	شرکت امریکن ژنتیکس
۲	SC720 (آفرین)	دیررس	دومنظوره	شرکت امریکن ژنتیکس
۳	SC722	دیررس	دومنظوره	شرکت امریکن ژنتیکس
۴	SC728	دیررس	دومنظوره	شرکت امریکن ژنتیکس
۵	SC740	دیررس	دومنظوره	شرکت امریکن ژنتیکس
۶	SC756	دیررس	دومنظوره	شرکت امریکن ژنتیکس
۷	SC796	دیررس	دومنظوره	شرکت امریکن ژنتیکس
۸	SC798	دیررس	دومنظوره	شرکت امریکن ژنتیکس
۹	SC704	دیررس	دومنظوره	مغان
۱۰	SC530 (ماکسیما)	میان رس	دومنظوره	مارتون و شر

سطح برگ برحسب سانتی مترمربع در بوته اندازه گیری شد. برداشت نهایی به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه های ذرت و در تاریخ ۸ شهریور ۱۳۹۶ انجام شد. برای این منظور از یک مترمربع هر کرت و با حفظ رعایت اثر حاشیه ای بوته ها برداشت و سپس برای تعیین وزن خشک، نمونه ها به صورت مجزا در داخل پاکت قرار داده شده و در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه خشک شدند.

کارایی مصرف آب آبیاری

بر اساس رابطه ۴ شاخص کارایی مصرف آب به صورت مقدار ماده خشک تولید شده به مقدار آب مصرفی تعریف می شود (۱۲):

$$(۴) \quad \text{مقدار آب مصرفی} / \text{ماده خشک تولید شده} = \text{IWUE}$$

بر اساس رابطه ۴ شاخص کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) برای دانه و یا ماده خشک تولیدی به صورت مقدار عملکرد هر بخش (بر اساس کیلوگرم در هکتار) به مقدار آب آبیاری مصرفی (بر اساس متر مکعب در هکتار) تعریف می شود.

شاخص تحمل به خشکی

فرناندز شاخص تحمل به خشکی را به عنوان معیاری برای گزینش ارقام تحمل کننده تنش خشکی مطرح کرد. مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده تحمل زیاد به تنش و عملکرد بالقوه بالاست (۱۱). Y_{pi} و Y_{si} به ترتیب عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب و Y_p میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش است:

$$(۵) \quad \text{STI} = (Y_{pi} - Y_{si}) / (Y_p)^2$$

تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش برهم کنش سه فاکتور اصلی کود نیتروژن، رژیم آبیاری و هیبرید در گیاه ذرت در قالب طرح اسپلیت اسپلیت پلات به صورت بلوک کاملاً تصادفی و در چهار تکرار ارزیابی شد. همچنین تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. در این تجزیه و تحلیل با استفاده از دستورالعمل GLM داده ها بررسی شدند. مقایسه میانگین ها نیز با استفاده از آزمون کمترین تفاوت معنی دار (LSD) در سطح

لازم به ذکر است مبارزه با علف های هرز با استفاده از علف کش های آترازین به صورت پیش کاشتی و همچنین استفاده از علف کش استوکلر (شیمو گرو) به مقدار ۵ لیتر در هکتار در مرحله ۲ تا ۴ برگی ذرت از طریق سیستم آبیاری و نیز طی دو مرحله به صورت وجین دستی در مرحله ۸ برگی انجام شد.

سطوح مدیریت تغذیه نیتروژن

کوددهی مزرعه همراه با سیستم آبیاری نواری قطره ای انجام شد. برای این منظور مخزن کود ۲۰۰ لیتری در ورودی مسیر آب تعبیه شد. بدین منظور مقدار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره ($N=45\%$) و با دو مدیریت تقسیط ۱۶ قسمتی (یک قسمت در هر آبیاری) و ۳ قسمتی (در سه مرحله فنولوژیک ذرت شامل: مرحله سبز شدن، مرحله ۱۰-۸ برگی و مرحله ظهور گل آذین نر) صورت گرفت. غلظت نترات آب آبیاری تقریباً برابر با ۳۰ میلی گرم در لیتر بود که به ازای هر ۱۰۰۰ متر مکعب آب مصرفی در هکتار حدود شش کیلوگرم نیتروژن وارد خاک می شود.

شاخص های اندازه گیری

وقایع فنولوژیکی شامل: مراحل سبز شدن، چهار برگی، هشت برگی، ده برگی، دوازده برگی، چهارده برگی، شانزده برگی، کاکل دهی، گرده افشانی و مرحله خمیری نرم (با مشاهده دانه های میانی که از طریق ارزیابی چند بلال در هر هیبرید انجام شد) بر اساس رسیدن ۵۰ درصد بوته های هر هیبرید به مرحله مورد نظر ثبت شد و درجه روز رشد هر مرحله بر اساس آمار هواشناسی به دست آمده از مزرعه (شکل ۱) در طول اجرای آزمایش و بر اساس دمای پایه ۱۰ درجه و بیشینه ۳۵ درجه سلسیوس با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$(۳) \quad \text{GDD} = \sum ((T_{\max} + T_{\min}) / 2) - T_b$$

اندازه گیری سطح برگ گیاه در مرحله ظهور گل آذین نر به روش تخریبی برگ های ۵ بوته در هر تیمار جدا و سطح برگ آنها اندازه گیری شد. بدین منظور از دستگاه سطح برگ سنج الکترونیکی (model Winarea-ut-11 made in Iran) استفاده و

جدول ۲. مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات برخی صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر مدیریت نیتروژن و رژیم آبیاری در هیبریدهای ذرت

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد دانه	عملکرد علوفه	شاخص سطح برگ
آبیاری (آ)	۱	۱/۸۷**	۷۳/۲۵**	۹۴/۳**
بلوک در آبیاری	۳	۰/۰۲	۰/۳۲	۰/۳۰۱
نیتروژن (ن)	۱	۰/۲**	۶/۵۳ ^{ns}	۴۹/۰**
(آ)** (ن)	۱	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۲/۳۲*
خطای دوم	۶	۰/۰۴	۲/۸۶	۰/۶۵۱
رقم (ر)	۹	۱/۱۵**	۳۰/۲**	۸/۸۲**
(ن)** (ر)	۹	۰/۰۷**	۱/۸۲*	۱/۷۹**
(ر)** (آ)	۹	۰/۰۵*	۱۰/۳**	۲/۰۶**
(آ)** (ر)** (ن)	۹	۰/۰۷**	۲/۱۲**	۳/۳۶**
خطای اصلی (E)	۱۰۸	۰/۰۲۵	۰/۸۰	۰/۵۰۳
ضریب تغییرات		۱۱/۵	۱۲/۴	۱۱/۲

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهند.

(جدول ۲). در شرایط تقسیط سه‌قسمتی کود نیتروژن، بیشترین و کمترین عملکرد دانه تحت رژیم آبیاری نرمال به ترتیب متعلق به هیبریدهای SC ۷۵۶ (۱/۸۰ کیلوگرم در مترمربع) و SC ۷۲۲ (۰/۹۶ کیلوگرم در مترمربع) و تحت شرایط کم‌آبیاری متعلق به هیبریدهای SC ۷۱۹ (۱/۵۲ کیلوگرم در مترمربع) و SC ۷۲۲ (۰/۷۳ کیلوگرم در مترمربع) بود (جدول ۳). در حالی که تحت شرایط تقسیط ۱۶ قسمتی کود نیتروژن، بیشترین و کمترین عملکرد دانه تحت رژیم آبیاری نرمال به ترتیب متعلق به هیبریدهای SC ۷۱۹ (۱/۸۵ کیلوگرم در مترمربع) و SC ۷۹۶ (۰/۹۰ کیلوگرم در مترمربع) و تحت شرایط کم‌آبیاری متعلق به هیبریدهای SC ۷۱۹ (۳/۳۹ کیلوگرم در مترمربع) و SC ۷۲۲ (۰/۸۹ کیلوگرم در مترمربع) بود (جدول ۳). با افزایش تقسیط کود نیتروژن، میانگین عملکرد دانه هیبریدهای ذرت در شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری به ترتیب ۲/۳۲ و ۹/۱۱ درصد افزایش یافت (جدول ۳). بیشترین افزایش عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال با ۲۳/۹ درصد در هیبرید SC ۷۴۰ و در شرایط

احتمال ۵ درصد انجام شد. سپس با بررسی نتایج به مقایسه تیمارهای مورد نظر پرداخته شد.

نتایج و بحث

مراحل فنولوژیک

در بررسی مراحل فنولوژیک در هیبریدهای ذرت مشاهده شد که به جز رقم ماکسیما که جزء ارقام میان‌رس محسوب می‌شود سایر هیبریدها بر اساس اطلاعات روزانه مرکز هواشناسی نجف آباد تا زمان برداشت علوفه به‌طور میانگین ۱۶۷۷ درجه روز رشد دریافت کرده‌اند. همچنین مدت زمان رسیدگی هیبرید ماکسیما به برداشت علوفه به‌صورت میانگین ۸۵ روز و برای سایر هیبریدها بین ۱۰۰ تا ۱۱۰ روز بوده است.

عملکرد دانه

برهم‌کنش اثرات سه‌گانه مدیریت آبیاری، نیتروژن و هیبرید ذرت بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد

جدول ۳. مقایسه میانگین برهم کنش اثرات مدیریت آبیاری، نیتروژن و هیبرید بر عملکرد دانه ذرت

عملکرد دانه (کیلوگرم در مترمربع)								هیبرید
تغییرات		کم آبیاری		تغییرات*		آبیاری نرمال		
مقدار	درصد	۱۶ تقسیط	۳ تقسیط	مقدار	درصد	۱۶ تقسیط	۳ تقسیط	
۱۴/۵	۰/۲۸۳	۱/۱۵	۰/۹۷	۱/۴۲	۰/۰۳۱	۱/۰۹	۱/۰۷	ماکسیما
۱۰/۸	۰/۲۲۴	۱/۱۴	۱/۰۳	۱۴/۹	۰/۳۷۱	۱/۴۳	۱/۲۴	SCV۰۴
۱۱/۰	۰/۳۳۶	۱/۶۹	۱/۵۲	۷/۸۵	۰/۲۷۱	۱/۸۵	۱/۷۳	SCV۱۹
۱۸/۳	۰/۴۱۴	۱/۳۸	۱/۱۲	۸/۰۷	۰/۲۲۴	۱/۵۰	۱/۳۸	SCV۲۰
۲۱/۶	۰/۳۲۰	۰/۸۹	۰/۷۳	۲۳/۰	۰/۴۴۵	۱/۱۸	۰/۹۶	SCV۲۲
۰/۴۶۱	۰/۰۱۲	۱/۳۱	۱/۳۰	۱۱/۱	۰/۳۶۲	۱/۸۰	۱/۶۲	SCV۲۸
۶/۲۹	۰/۱۱۵	۰/۹۷	۰/۹۱	۲۳/۹	۰/۵۱۸	۱/۳۴	۱/۰۸	SCV۴۰
۴/۴۹	۰/۱۳۲	۱/۵۳	۱/۴۷	-۸/۵۱	-۰/۳۰۷	۱/۶۵	۱/۸۰	SCV۵۶
۱۳/۶	۰/۳۰۰	۱/۲۵	۱/۱۰	-۳۹/۰	-۱/۱۶	۰/۹۰	۱/۴۸	SCV۹۶
-۰/۷۸۴	-۰/۰۲۲	۱/۳۹	۱/۴۰	-۳/۰۸	-۱/۱۰	۱/۵۹	۱/۶۵	SCV۹۸
۹/۱۱	۰/۲۱۱	۱/۲۶	۱/۱۶	۲/۳۲	۰/۰۶۵	۱/۴۳	۱/۴۰	میانگین
۰/۱۱۱				LSD 5%				

*تغییرات به اختلاف بین تیمار تقسیط سه قسمتی و ۱۶ قسمتی اطلاق می شود.

تحمل کند (۲۱). نتایج تحقیقات کاکیر (۵) درخصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد ذرت نشان داد که تنش رطوبتی در مرحله کاکل دهی و تشکیل بلال موجب کاهش شدید عملکرد دانه می شود. همچنین، اعمال تنش رطوبتی در مرحله رشد رویشی باعث افت ۳۱-۲۸ درصدی ماده خشک تولیدی شد. تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه باعث کاهش تجمع ماده خشک در دانه می شود و این تأثیر در نتیجه کوتاه شدن دوره رشد مؤثر دانه صورت می گیرد (۲۳). لارسون و سلیگ (۱۷) در بررسی اثرهای تنش رطوبتی بر هیبریدهای زودرس و دیررس ذرت به این نتیجه رسیدند که هیبریدهای زودرس نسبت به انواع دیررس سازگاری بهتری به کمبود آب دارند که این امر می تواند موجب بهبود عملکرد آنها شود. در شرایط تنش خشکی انتهای فصل ممکن است ژنوتیپ های زودرس از تبعات سوء تنش خشکی فرار کنند (۶). بنابراین مطابق با نتایج سایر

تنش کم آبی با ۲۱/۶ درصد در هیبرید SCV۲۲ مشاهده شد. این درحالی است که کمترین افزایش عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال با ۱/۴۲ درصد در هیبرید ماکسیما و در شرایط تنش کم آبی با ۰/۴۶۱ درصد در هیبرید SCV۲۸ مشاهده شد (جدول ۳). این نتایج نشان می دهد که میزان و نوع تأثیر مثبت افزایش تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد دانه به شرایط آبیاری و هیبرید ذرت وابسته است. افزایش تقسیط کود نیتروژن در شرایط آبیاری نرمال عملکرد دانه هیبریدهای SCV۵۶، SCV۹۶ و SCV۹۸ را کاهش ولی وزن دانه سایر هیبریدها (به جز ماکسیما) را به طور معنی داری افزایش داد.

تنش خشکی یکی از مهم ترین تنش های غیرزنده است که بسته به فصل و زمانی که واقع می شود، می تواند به صورت جدی به کاهش محصول گیاه منجر شود. در مناطق خشک و نیمه خشک، گیاه در طول رشد خود با دوره های کم آبی روبه رو می شود و برای تولید عملکرد مناسب باید بتواند این دوره ها را

جدول ۴. مقایسه میانگین برهم کنش اثرات مدیریت آبیاری، نیتروژن و هیبرید بر عملکرد علوفه ذرت

عملکرد علوفه (کیلوگرم در مترمربع)								
هیبرید	آبیاری نرمال		تغییرات		کم آبیاری		تغییرات	
	۳ تقسیط	۱۶ تقسیط	مقدار	درصد	۳ تقسیط	۱۶ تقسیط	مقدار	درصد
ماکسیما	۱/۸۴	۲/۲۹	۱/۶۵	۲۴/۳	۱/۶۰	۱/۹۹	۱/۳۹	۲۳/۵
SCV۰۴	۲/۳۲	۲/۰۱	-۱/۰۸	-۱۲/۷	۱/۹۲	۲/۳۲	۱/۴۹	۲۱/۱
SCV۱۹	۳/۲۳	۲/۹۶	-۰/۹۲۵	-۷/۷۷	۲/۹۳	۳/۱۲	۰/۷۱۲	۶/۵۸
SCV۲۰	۳/۳۶	۳/۵۶	۰/۶۶۹	۵/۳۵	۲/۵۹	۲/۵۹	۰/۰۱۵	۰/۱۵۶
SCV۲۲	۲/۷۲	۲/۴۰	-۱/۱۵	-۱۱/۵	۱/۵۰	۱/۶۹	۰/۷۱۸	۱۲/۹
SCV۲۸	۳/۲۳	۳/۲۳	۰/۰۳۳	۰/۲۸۱	۱/۸۳	۱/۷۷	-۰/۲۱۰	-۳/۱۱
SCV۴۰	۲/۱۱	۲/۳۵	۰/۸۸۱	۱۱/۳	۲/۲۱	۲/۳۵	۰/۴۸۹	۵/۹۹
SCV۵۶	۱/۹۴	۲/۲۵	۱/۱۵	۱۶/۱	۲/۴۸	۱/۸۴	-۲/۳۲	-۲۵/۳
SCV۹۶	۲/۲۸	۲/۸۵	۲/۱۹	۲۶/۱	۱/۵۳	۱/۶۸	۰/۵۱۹	۹/۱۵
SCV۹۸	۲/۸۰	۳/۵۰	۲/۶۱	۲۵/۱	۲/۹۳	۳/۲۸	۱/۲۶	۱۱/۶
میانگین	۲/۵۹	۲/۷۴	۰/۶۰۳	۶/۳۲	۲/۱۵	۲/۲۶	۰/۴۰۸	۵/۱۳
	LSD 5%				۰/۳۹۱			

عملکرد علوفه تحت رژیم آبیاری نرمال به ترتیب متعلق به هیبریدهای SCV۱۹ و SCV۲۸ (۳/۲۳ کیلوگرم در مترمربع) و کمترین متعلق به هیبرید ماکسیما (۱/۸۴ کیلوگرم در مترمربع) و تحت شرایط کم آبیاری بیشترین متعلق به هیبریدهای SCV۱۹ و SCV۹۸ (۲/۹۳ کیلوگرم در مترمربع) و کمترین متعلق به هیبرید SC ۷۲۲ (۱/۵۰ کیلوگرم در مترمربع) بود (جدول ۴). درحالی که تحت شرایط تقسیط ۱۶ قسمتی کود نیتروژن، بیشترین و کمترین عملکرد علوفه تحت رژیم آبیاری نرمال به ترتیب متعلق به هیبریدهای SCV۲۰ (۳/۵۶ کیلوگرم در مترمربع) و SCV۰۴ (۲/۰۱ کیلوگرم در مترمربع) و تحت شرایط کم آبیاری متعلق به هیبریدهای SCV۹۸ (۳/۲۸ کیلوگرم در مترمربع) و SCV۹۶ (۱/۶۸ کیلوگرم در مترمربع) بود (جدول ۴).

با افزایش تقسیط کود نیتروژن، میانگین عملکرد علوفه هیبریدهای ذرت در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری به ترتیب ۶/۳۲ و ۵/۱۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین افزایش عملکرد علوفه در شرایط آبیاری نرمال با ۲۶/۱ درصد در

پژوهشگران در این مطالعه نیز صرف نظر از تأثیر سایر عوامل آزمایشی، تنش کم آبی عملکرد دانه هیبریدهای ذرت را به طور میانگین ۱۵/۴ درصد کاهش داد (جدول ۳). بیندر و همکاران (۳) با استفاده از شیوه توزیع یک سوم کود نیتروژن در زمان کاشت و دو سوم بقیه در زمانی که ارتفاع گیاه به ۹۰ سانتی متر رسید، به بیشترین میزان تعداد دانه در هر بلال و عملکرد نهایی دست یافت (۳). رادز و همکاران (۲۹) در یک مطالعه بر روی خاکی که بافت سبک داشت چنین نتیجه گرفتند که به کاربردن کود نیتروژن چندین بار طی فصل رشد، باعث افزایش عملکرد دانه ذرت نسبت به کاربرد همان میزان کود در یک یا دو مرحله در طی فصل رشد می شود.

عملکرد علوفه

برهم کنش اثرات سه گانه مدیریت آبیاری، نیتروژن و هیبرید بر عملکرد علوفه ذرت در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). در شرایط تقسیط سه قسمتی کود نیتروژن، بیشترین

مطالعه نیز صرف نظر از تأثیر سایر عوامل آزمایشی، تنش کم-آبی عملکرد علوفه هیبریدهای ذرت را به طور میانگین ۱۷/۱ درصد کاهش داد (جدول ۴). نیلی و جوادی (۲۵) با تقسیط کود به صورت ۳۰ درصد پایه به علاوه ۶۰ درصد در مرحله هشت برگی و ۱۰ درصد در مرحله ظهور گل آذین نر بیشترین عملکرد را گزارش کرد. در این مطالعه نیز دامنه پاسخ هیبریدهای ذرت از نظر عملکرد علوفه به تقسیط بیشتر کود نیتروژن در شرایط آبیاری معمول بین ۱۲/۷- تا ۲۶/۱ درصد و در شرایط کم آبیاری بین ۲۵/۳- تا ۲۳/۵ درصد متغیر بود (جدول ۴).

شاخص سطح برگ

برهم کنش اثرات سه گانه مدیریت آبیاری، نیتروژن و هیبرید ذرت بر سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). در شرایط تقسیط سه قسمتی کود نیتروژن، بیشترین و کمترین سطح برگ تحت رژیم آبیاری نرمال به ترتیب متعلق به هیبریدهای SCV۲۰ (۷/۹۹ مترمربع) و SCV۰۴ (۵/۲۹ مترمربع) و تحت شرایط کم آبیاری متعلق به هیبریدهای SCV۵۶ (۶/۱۹ مترمربع) و ماکسیما (۳/۷۴ مترمربع) بود. در حالی که تحت شرایط تقسیط ۱۶ قسمتی کود نیتروژن، بیشترین و کمترین سطح برگ تحت رژیم آبیاری نرمال به ترتیب متعلق به هیبریدهای SCV۴۰ (۷/۷۲ مترمربع) و SC ۷۹۸ (۵/۵۵ مترمربع) و تحت شرایط کم آبیاری متعلق به هیبریدهای SCV۲۲ (۷/۲۱ مترمربع) و ماکسیما (۵/۰۴ مترمربع) بود. با افزایش تقسیط کود نیتروژن، میانگین سطح برگ هیبریدهای ذرت در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری به ترتیب ۲۱/۰ و ۱۶/۹ درصد افزایش یافت.

بیشترین افزایش سطح برگ در شرایط آبیاری نرمال با ۵۴/۴ درصد در هیبرید SCV۰۴ و در شرایط تنش کم آبی با ۳۴/۶ درصد در هیبرید ماکسیما مشاهده شد. این در حالی است که کمترین افزایش سطح برگ در شرایط آبیاری نرمال با ۷/۶۳ درصد در هیبرید SCV۲۲ و در شرایط تنش کم آبی با ۴/۶۰

هیبرید SCV۹۶ و در شرایط تنش کم آبی با ۲۳/۵ درصد در هیبرید ماکسیما مشاهده شد. این در حالی است که کمترین افزایش عملکرد علوفه در شرایط آبیاری نرمال با ۰/۲۸۱ درصد در هیبرید SCV۲۸ و در شرایط تنش کم آبی با ۰/۱۵۶ درصد در هیبرید SCV۲۰ مشاهده شد (جدول ۴).

در حالی که تحت شرایط تقسیط ۱۶ قسمتی کود نیتروژن، بیشترین و کمترین عملکرد علوفه تحت رژیم آبیاری نرمال به ترتیب متعلق به هیبریدهای SCV۲۰ (۳/۵۶ کیلوگرم در مترمربع) و SCV۰۴ (۲/۰۱ کیلوگرم در مترمربع) و تحت شرایط کم آبیاری متعلق به هیبریدهای SCV۹۸ (۳/۲۸ کیلوگرم در مترمربع) و SCV۹۶ (۱/۶۸ کیلوگرم در مترمربع) بود (جدول ۴). با افزایش تقسیط کود نیتروژن، میانگین عملکرد علوفه هیبریدهای ذرت در شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری به ترتیب ۶/۳۲ و ۵/۱۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴).

بیشترین افزایش عملکرد علوفه در شرایط آبیاری نرمال با ۲۶/۱ درصد در هیبرید SCV۹۶ و در شرایط تنش کم آبی با ۲۳/۵ درصد در هیبرید ماکسیما مشاهده شد. این در حالی است که کمترین افزایش عملکرد علوفه در شرایط آبیاری نرمال با ۰/۲۸۱ درصد در هیبرید SCV۲۸ و در شرایط تنش کم آبی با ۰/۱۵۶ درصد در هیبرید SCV۲۰ مشاهده شد (جدول ۴).

در مطالعه روی گیاه ذرت وقوع چهار روز تنش رطوبتی قابل مشاهده طی دوران رشد رویشی به صورت لوله ای شدن برگ ها، سبب ۱۰-۵ درصد کاهش عملکرد شد و وقوع همین شرایط طی دوران ابریشم دهی و گرده افشانی با ۵۰-۴۰ درصد کاهش عملکرد همراه بود (۲۶). در پژوهش های مختلف گزارش شده است، عملکرد محصولات گوناگون در اثر مدیریت های نادرست روش های کم آبیاری، کاهش معنی داری می یابند (۹). مطالعات گذشته کاهش بین ۱۰ تا ۷۶ درصدی در عملکرد گیاه ذرت، تحت تأثیر کم آبیاری، متناسب با شدت تنش و حساسیت مرحله رشد را نشان می دهند (۲۸). بنابراین مطابق با نتایج سایر پژوهشگران در این

(۴). مطالعات گذشته کاهش بین ۱۰ تا ۷۶ درصدی در عملکرد گیاه ذرت، تحت تأثیر کم آبیاری، متناسب با شدت تنش و حساسیت مرحله رشد را نشان می‌دهند اما اگر کم آبی به درستی اعمال شود نه تنها باعث کاهش معنی‌دار عملکرد می‌شود بلکه سبب افزایش کارایی مصرف آب می‌شود (۱۰). همچنین مطابق با نتایج سایر پژوهشگران در این مطالعه نیز تقسیط بیشتر نیتروژن بهره‌وری مصرف آب ذرت را به‌طور میانگین ۳۲/۷ درصد افزایش داد (جدول ۵). پادماواتی و گاپالاسوامی (۲۷) با تقسیط کود به صورت ۲۵ درصد پایه به علاوه ۵۰ درصد در مرحله هشت برگی و ۲۵ درصد در مرحله ظهور گل‌آذین نر بیشترین کارایی مصرف آب را گزارش کردند. در این مطالعه دامنه پاسخ هیبریدهای ذرت از نظر کارایی مصرف آب به تقسیط بیشتر کود نیتروژن در شرایط آبیاری معمول بین ۳۹/۱- تا ۲۴/۰ درصد و در شرایط کم آبیاری بین ۰/۷- تا ۲۱/۷ درصد متغیر بود (جدول ۵). بنابر نتایج حاصل شده در این پژوهش می‌توان گفت اعمال کم آبیاری با شرایط مذکور و مراحل انجام شده در این پژوهش باعث افزایش کارایی مصرف آب در برخی ارقام بدون کاهش معنی‌دار عملکرد شده است.

شاخص تحمل به تنش دانه (STIG) و ماده خشک (STIdw)
نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان داد که شاخص تحمل به تنش دانه (STIG) به نوع هیبرید و مدیریت نیتروژن وابسته بود (جدول ۶). در بررسی صفت شاخص تحمل به تنش هیبرید SCV۱۹ در بالاترین رده قرار گرفت. همچنین در بررسی این شاخص کم تحمل‌ترین هیبرید مورد مطالعه SCV۴۰ بود که نشان‌دهنده نوسان عملکرد این رقم در عملکرد تحت شرایط رژیم کم آبیاری است. لازم به ذکر است با افزایش تقسیط کود نیتروژن شاخص تحمل به تنش افزایش یافت (جدول ۷). در این مطالعه نیز دامنه پاسخ هیبریدهای ذرت از نظر شاخص تحمل به تنش دانه (STIG) در شرایط تقسیط بیشتر در مقایسه با شرایط تقسیط کمتر بین

درصد در هیبرید SCV۰۴ مشاهده شد. مطابق با نتایج این پژوهش سویدی (۳۰) روی ذرت نشان داد رژیم مختلف آبیاری می‌تواند تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد داشته باشد، همچنین، گزارش کردند که تنش کم آبی شاخص سطح برگ را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. همچنین تیسر (۳۱)، گزارش کرد که شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و شاخص برداشت تحت شرایط کمبود آب کاهش یافت. مطابق با تحقیقات سایر پژوهشگران تقسیط نیتروژن اثر مثبت و معنی‌داری روی افزایش سطح برگ داشته است بر همین اساس تیسردال و نلسون (۳۲) نتیجه گرفت که ارتفاع بوته و بلال با مصرف بیشتر تقسیط بیشتر کود نیتروژن، افزایش می‌یابد. این محقق نشان داد که شاخص سطح برگ بیشتر با تقسیط کود در اوایل رشد و مصرف بالای کود نیتروژن به دست آمده اما مصرف تأخیری کود نیتروژن و تقسیط کم آن، باعث کاهش شاخص سطح برگ می‌شود.

کارایی مصرف آب آبیاری (کیلوگرم دانه در متر مکعب آب)
بررسی کارایی مصرف آب تحت مدیریت‌های نیتروژن و آبیاری در هیبریدهای مختلف ذرت نشان‌دهنده برتری هیبریدهای تحت مدیریت کم آبیاری و تقسیط ۱۶ قسمتی کود نیتروژن بود. از این موضوع می‌توان این‌گونه برداشت کرد که تحت مدیریت مذکور با مصرف آب کمتر عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر مدیریت‌ها تولید شده است. لازم به ذکر است بهترین هیبرید از نظر بهره‌وری مصرف آب تحت مدیریت مذکور هیبرید SCV۱۹ بود. همچنین کمترین بهره‌وری مصرف آب به مدیریت آبیاری نرمال و تقسیط ۳ قسمتی کود نیتروژن تعلق داشت. به عبارت دیگر تحت مدیریت مذکور با مصرف آب بیشتر عملکرد دانه کمتری نسبت به سایر مدیریت‌ها تولید شده است. همچنین تحت شرایط این مدیریت، هیبرید SCV۹۶ دارای کمترین بهره‌وری مصرف آب بود. در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است، عملکرد محصولات گوناگون در اثر مدیریت‌های نادرست روش‌های کم آبیاری، کاهش معنی‌داری می‌یابند

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر نیتروژن و هیبرید بر کارایی مصرف آب آبیاری

کارایی مصرف آب آبیاری (کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب مصرفی)

هیبرید	آبیاری نرمال		تغییرات		کم آبیاری		تغییرات	
	۱۶ تقسیط	۳ تقسیط	مقدار	درصد	۳ تقسیط	۱۶ تقسیط	مقدار	درصد
ماکسیما	۱/۷۷	۱/۷۴	۰/۰۴	۱/۱۴	۱/۹۸	۲/۲۷	۰/۵۸	۱۴/۶
SCV۰۴	۲/۳۲	۲/۰۲	۰/۶۰	۱۴/۹	۲/۱۰	۲/۳۳	۰/۴۶	۱۰/۹
SCV۱۹	۳/۰۱	۲/۸۰	۰/۴۴	۷/۹۱	۳/۱۰	۳/۴۵	۰/۶۹	۱۱/۱
SCV۲۰	۲/۴۳	۲/۲۴	۰/۳۶	۸/۰۳	۲/۲۹	۲/۸۰	۰/۸۴	۱۸/۳
SCV۲۲	۱/۹۲	۱/۵۶	۰/۷۲	۲۳/۱	۱/۴۹	۱/۸۲	۰/۶۵	۲۱/۷
SCV۲۸	۲/۹۳	۲/۶۳	۰/۵۹	۱۱/۲	۲/۶۴	۲/۶۶	۰/۰۲	۰/۳۷۷
SCV۴۰	۲/۱۷	۱/۷۵	۰/۸۴	۲۴/۰	۱/۸۶	۱/۹۷	۰/۲۳	۶/۱۸
SCV۵۶	۲/۶۷	۲/۹۳	-۰/۵۰	-۸/۵۷	۲/۹۹	۳/۱۲	۰/۲۷	۴/۵۲
SCV۹۶	۱/۴۷	۲/۴۱	-۱/۸۸	-۳۹/۱	۲/۲۴	۲/۵۴	۰/۶۱	۱۳/۶
SCV۹۸	۲/۵۹	۲/۶۷	-۰/۱۷	-۳/۱۸	۲/۸۶	۲/۸۴	-۰/۰۴	-۰/۷
میانگین	۲/۳۳	۲/۲۸	۰/۱۰۴	۳/۹۴	۲/۳۶	۲/۵۷	۰/۴۳۱	۰/۰۹۱
	LSD 5%		۰/۱۷۲					

جدول ۶. مقادیر درجه آزادی و میانگین مربعات بر شاخص تحمل به تنش (STI) برای دانه (STIG) و ماده خشک (STIDW) تحت تأثیر مدیریت نیتروژن در ارقام ذرت

میانگین مربعات		درجه آزادی	منبع تغییر
STIDW	STIG		
۰/۲۷۲**	۰/۱۷۳*	۱	نیتروژن (ن)
۰/۰۲۹	۰/۰۲۶	۶	بلوک در نیتروژن
۰/۹۲۷**	۰/۸۴۵**	۹	رقم (ر)
۰/۰۶۹**	۰/۰۲۸ ^{ns}	۹	(ن)*(ر)
۰/۰۱۹	۰/۲۴۵	۵۴	خطا (E)
۱۶/۸	۱۷/۹		ضریب تغییرات

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می دهند.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر نیتروژن و هیبرید بر شاخص تحمل به تنش دانه (STIG) و ماده خشک (STIDW)

هیبرید	STIG			STIDW		
	۳ تقسیط	۱۶ تقسیط	درصد تغییرات	۳ تقسیط	۱۶ تقسیط	درصد تغییرات
ماکسیما	۰/۵۱۸	۰/۵۴۹	۱۴/۶	۰/۴۹۲	۰/۷۵۱	۵۲/۶
SCV۰۴	۰/۶۲۳	۰/۷۹۳	۲۷/۲	۰/۵۷۸	۰/۶۲۱	۷/۶۰
SCV۱۹	۱/۲۶	۱/۵۲	۲۰/۴	۱/۳۲	۱/۳۲	-۰/۲۶۸
SCV۲۰	۰/۷۵۸	۰/۹۷۲	۲۸/۲	۱/۱۴	۱/۳۳	۱۷/۳
SCV۲۲	۰/۳۴۷	۰/۵۱۴	۴۷/۹	۰/۵۴۹	۰/۵۴۲	-۱/۲۱
SCV۲۸	۱/۰۲	۱/۱۳	۱۱/۰	۰/۸۰۳	۰/۸۲۸	۳/۱۳
SCV۴۰	۰/۴۸۴	۰/۶۲۲	۲۸/۵	۰/۶۲۳	۰/۷۳۵	۱۸/۰
SCV۵۶	۱/۲۸	۱/۲۱	-۴/۸۳	۰/۶۶۱	۰/۵۴۰	-۱۸/۱
SCV۹۶	۰/۷۸۸	۰/۷۱۹	-۸/۷۸	۰/۵۰۱	۰/۶۰۶	۲۰/۹
SCV۹۸	۱/۱۲	۱/۰۷	-۴/۲۵	۱/۱۰	۱/۶۵	۴۹/۶
میانگین	۰/۸۲۲	۰/۹۱۷	۱۱/۶	۰/۷۷۸	۰/۸۹۴	۱۴/۹
LSD 5%	۰/۰۵۴				۰/۰۴۸	

نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که تأثیر تقسیط کود نیتروژن بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در گیاه ذرت، به‌طور همزمان به وضعیت آبیاری و نوع هیبرید وابسته بود. تحت هر دو شرایط آبیاری نرمال و کم‌آبیاری افزایش تقسیط کود نیتروژن، عملکرد دانه، عملکرد علوفه و کارایی مصرف آب آبیاری را افزایش داد. کارایی مصرف آب آبیاری هیبریدهای مورد مطالعه تحت مدیریت کم‌آبیاری و تقسیط ۱۶ قسمتی کود نیتروژن افزایش یافت. همچنین با افزایش تقسیط کود نیتروژن شاخص تحمل به تنش دانه و علوفه افزایش یافت. به‌طور کلی عملکرد هیبریدهای دیررس در مقایسه با هیبریدهای شاهد، SCV۰۴ و ماکسیما، در تاریخ کاشت مورد نظر بیشتر بود که با به‌کارگیری مدیریت کم‌آبیاری و تقسیط بیشتر کود نیتروژن می‌توان بهره‌وری تولید آن را افزایش داد.

۸/۷۸- تا ۴۷/۹ درصد متغیر بود. در بررسی صفت شاخص تحمل به تنش در ماده خشک، هیبرید SCV۹۸ در بالاترین رده قرار گرفت همچنین در بررسی این شاخص کم‌تحمل‌ترین رقم در هیبریدهای مورد مطالعه SCV۹۶ بود که نشان از نوسان عملکرد این رقم در عملکرد تحت شرایط رژیم کم‌آبیاری دارد لازم به‌ذکر است با افزایش تقسیط کود نیتروژن شاخص تحمل به تنش افزایش یافت (جدول ۷). در این مطالعه نیز دامنه پاسخ هیبریدهای ذرت از نظر شاخص تحمل به تنش ماده خشک (STIDW) در شرایط تقسیط بیشتر در مقایسه با شرایط تقسیط کمتر بین ۱/۱۸- تا ۶/۵۲ درصد متغیر بود. نتایج به‌دست آمده در این مطالعه نشان داد که شاخص تحمل به تنش ماده خشک (STIDW) به نوع هیبرید و مدیریت نیتروژن وابسته بود (جدول ۶).

منابع مورد استفاده

1. Agha Alikhani, M. 1993. Effect of different quantities and nitrogen fertilizer distribution on quantitative and qualitative function of forage sorghum. Master thesis, Tarbiat Modares University, Tehran. Iran.
2. Almodares, A., M. Jafarinia and M. Hadi. 2009. The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 6: 441-446.
3. Binder, D. L., D. H. Sander and D. T. Walters. 2000. Maize response to time of nitrogen application as affected by level of nitrogen deficiency. *Agronomy Journal* 92: 1228-1236.
4. Bock, B. 1984. Nitrogen in Crop Production. American Society of Agronomy. USA.
5. Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1-16.
6. Davari, M. and H. Seyedabolhassani. 1997. The effects of nitrogen fertilizer and solfat on growth of corn on Zarghan. *Iranian Journal of Field Crop Science* 1: 19-32.
7. Debaeke, P. and A. Aboudrare. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. *European Journal of Agronomy* 21: 433-446.
8. Doberman, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice: nutrient disorders and nutrient management. International Rice Research Institute. Singapore.
9. Eshghizadeh, H. and P. Ehsanzadeh. 2009. The Effect of different irrigation regimes on corn genotypes: performance, yield components, irrigation water use efficiency. *Iranian Journal of Field Crop Science* 2: 145-153.
10. Fang, Q. X., L. Ma, D. C. Nielsen, T. J. Trout and L. R. Ahuja. 2014. Quantifying Corn Yield and Water Use Efficiency under Growth Stage-Based Deficit Irrigation Conditions. In , & , Practical Applications of Agricultural System Models to Optimize the Use of Limited Water. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., and Soil Science Society of America, Inc. <https://doi.org/10.2134/advagricysystem5.c1>
11. Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan. 13-16 August.
12. Gheysari, M., S. -H. Sadeghi, H. W. Loescher, S. Amiri, M. J. Zareian, M. M. Majidi, P. Asgarinia and J. O. Payero, 2017. Comparison of deficit irrigation management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. *Agricultural Water Management* 182: 126-138.
13. Huan, Y., W. Hua-Song and W. Zhi-Jie. 2010. Evaluation of SPAD and Dualex for in-season corn nitrogen status estimation. *Acta Agronomica Sinica* 36: 840-847.
14. Kaman, H., C. Kirda and S. Sesveren. 2011. Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 98: 801-807.
15. Khaksar, K., R. Chaokan, S. H. Heidari, J. Daneshian, F. Khazaei and F. Farhadi. 2009. Study of grain yield and its components in corn hybrids in two planting dates using different rates of biofertilizers in Karaj region, Iran. *Journal of Plant Ecophysiology* 3: 141-150.
16. Kiani, M., M. Gheysari, B. Mostafazadeh-Fard, M. M. Majidi, K. Karchani and G. Hoogenboom. 2016. Effect of the interaction of water and nitrogen on sunflower under drip irrigation in an arid region. *Agricultural Water Management* 171: 162-172.
17. Larson, E. and M. Clegg. 1999. Using corn maturity to maintain grain yield in the presence of late-season drought. *Journal of Production Agri* 12: 400-405.
18. Ministry of Agriculture. 2017. MAJ The statistics of the Agriculture Deputy Directorate of Ministry of Agriculture. Available online at: <http://zeraat.maj.ir>. Accessed 2017.
19. Mohammadi, S. 1997. The effects of nitrogen fertilizer whit chlorophyll meter on yield of grain corn on water stress conditions. *Iran Crop Research* 15: 61-73.
20. Moghadam, R. and A. Kochaci. 2006. Effect of Climate Change on Crop Products. Ferdowsi University of Mashhad Press. Iran.
21. Mullins, G., S. Alley and D. Reeves. 1998. Tropical maize response to nitrogen and starter fertilizer under strip and conventional tillage systems in southern Alabama. *Soil and Tillage Research* 45: 1-15.
22. Nafziger, E. D. 1994. Corn planting date and plant population. *Journal of Production Agriculture* 7: 59-62.
23. Nesmith, D. and J. Ritchie. 1992. Short-and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal* 84: 107-113.
24. Nejad, S. M. H., O. Alizadeh, B. Amiri, M. Barzegari and M. E. Bayat. 2018. The effects of drought and heat stress on some physiological and agronomic characteristics of new hybrids of corn in the north of Khuzestan Province (Iran). *EurAsian Journal of BioSciences* 12: 32-36.
25. Neli, A. and V. Javadi. 1995. Recognition of Catechism Crop Products. Ferdowsi University of Mashhad Press. Iran.

26. O'Neill, P. M., J. F. Shanahan and J. S. Schepers. 2006. Use of chlorophyll fluorescence assessments to differentiate corn hybrid response to variable water conditions. *Crop Science* 46: 681-687.
27. Padmavathi, P. and N. Gopaldaswamy. 1995. Effect of time of nitrogen application, methods of weed control and sowing on yield and economics of maize. *Madras Agricultural Journal* 82: 460-461.
28. Paredes, P., G. Rodrigues, I. Alves and L. Pereira. 2014. Partitioning evapotranspiration, yield prediction and economic returns of maize under various irrigation management strategies. *Agricultural Water Management* 135: 27-39.
29. Rhoads, F., R. Mansell and L. Hammond. 1978. Influence of water and fertilizer management on yield and water-input efficiency of corn. *Agronomy Journal* 70: 305-308.
30. Subedi, K. and B. Ma. 2005. Ear position, leaf area, and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. *Crop Science* 45: 2246-2257.
31. Tesar, M. 1984. *Physiological Basis of Crop Growth and Development*. American Society of Agronomy, Madison, Wis. (EUA) Crop Science Society of America, Madison, Wis. USA.
32. Tisdale, S. L. and W. L. Nelson. 1958. *Soil Fertility and Fertilizers*. Macmillan Company.; New York. USA.

Evaluation of Late Maturing Corn Hybrids for Yield and Water use Efficiency under Different Irrigation Regimes and Split-Application of Nitrogen Fertilizer

M. Tavangar¹, H. R. Eshghizadeh¹ and M. Gheysari²

(Received: August 26-2019; Accepted: December 9-2019)

Abstract

The present study aimed to evaluate the growth and water use efficiencies of eight late-maturing corn hybrids in comparison to the common use of KSC704 and Maxima-FAO530 under different water-nitrogen management systems. Two irrigation regimes (based on 50% soil-water depletion as the normal irrigation and, on average, 16% less than normal as the deficit irrigation) and two nitrogen (N) application managements (3 and 16 split-application of 150 kg N from Urea, 45% N) were induced using the split-split plot experiment based on a completely randomized block design with four replications at Research Field of Isfahan University of Technology on 2017. The results showed that yield, forage and leaf area index were significantly ($P < 0.01$) affected by the interaction of three studied factors (Irrigation \times Nitrogen \times Corn hybrid). For different corn hybrids, more water use efficiencies were achieved by deficit-irrigation regime and 16- split-application of N; in this regard, the SC719 hybrid had the highest value of 3.45 kg m⁻³. Generally, the performances of the studied late maturing corn hybrids were higher than those of the control hybrids of SC704 and SC530 at this planting date, which could be improved by using the deficit-irrigation regime and more split-application of the N fertilizer.

Keywords: Deficit irrigation, Maize, Stress Tolerance Index, Yield productivity

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran.

2. Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran.

*: Corresponding author, Email: hr.eshghizadeh@iut.ac.ir