دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهلم، ۱۳۹۹

اثر تنش خشکی، سطوح مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی ذرت سینگل‌کراس ۷۰۴

رضا رضایی سوخت آبندانی[۱،۲]، سید عطاء الله سیادت[۲،۳]، علیرضا پازکی[٤]، شهرام لک[۲]، مانی مجدم[۲]

دریافت: ۹۶/۱۲/۲۰ پذیرش: ۹۷/۵/۱۱

چکیده

به منظور مطالعه اثر تنش خشکی، سطوح مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر برخی صفات فیزیولوژیکی و زراعی ذرت، تحقیقی در مرکز تحقیقات کشاورزی بایع‌کلا (نکاء) طی دو سال زراعی ۱۳۹٤و ۱۳۹۵ انجام پذیرفت. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی هیبرید ذرت سینگل‌کراس ۷۰٤ اجرا شد. تنش خشکی به عنوان عامل اصلی در ٤ سطح (آبیاری پس از ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و نیتروژن سه سطح (۸۰، ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار) وپتاسیم در سه سطح (۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. مقایسه میانگین‌ها اثر متقابل نشان داد که با افزایش مقادیر نیتروژن و پتاسیم شاخص برداشت ۳۰/۵۲ درصد کاهش یافت. همچنین کمترین شاخص برداشت نیتروژن تحت اثر متقابل دور آبیاری×نیتروژن مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر با مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به میزان ۳۰/۹۱ درصد کاهش داشت. بیشترین محتوای نسبی آب و شاخص مقدار کلروفیل برگ در دور آبیاری ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر و مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقایسه میانگین‌ها به ترتیب برابر ۹٤/۱۲٪ و ٦۱/۵۹٪ حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه و نیتروژن برگ بلال برای سال دوم در دور آبیاری ۷۵ میلی‌متر تبخیر و مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با میانگین ۱۲۸۰۷ کیلوگرم در هکتار و ۲/۷۲ درصد بدست آمد. لذا با افزایش تنش خشکی، نیتروژن و پتاسیم صفات شاخص برداشت و شاخص برداشت نیتروژن کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ذرت، عملکرد دانه، محتوای نسبی آب برگ، نیتروژن، پتاسیم

رضایی سوخت آبندانی، ر.، س.ع. سیادت، ع.ر. پازکی، ش. لک و م. مجدم. ۱۳۹۹. اثر تنش خشکی، سطوح مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی ذرت سینگل‌کراس ۷۰٤ . مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۰: ۵۲-٤۰.

۱- گروه زراعت، واحد پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۳- گروه زراعت، رامین، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، اهواز، ایران

٤- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران- مسئول مکاتبات.

Alireza.pazoki@ur.ac.ir

مقدمه

ذرت، به عنوان گیاهی گرمسیری در مناطقی که در سراسرفصل زراعی رطوبت و حرارت کافی فراهم است کشت میشود(بیشاپ و هال، ۱۹۸۳). گیاه ذرت در سال ۲۰۱۶ در بین غلات مقام اول از نظر عملکرد بعد از گندم مقام دوم و از نظر سطح زیر کشت مقام چهارم پس از گندم، جو و برنج دارا می-باشد (فائو، ۲۰۱۶). سطح زیر کشت ذرت در نیا بیش از ۱۳۰ میلیون هکتار گزارش شده و سهم کشور ایران از این مقدار حدود ۲۳٤ هزار هکتار برآورد شده است (آمار نامه وزارت جهاد کشاورزی، ۹۵-۱۳۹٤). به طوری که ٤۰۵۰ هزار هکتار از اراضی کشور به ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای اختصاص یافته است (آمار نامه وزارت جهاد کشاورزی، ۹۵-۱۳۹٤). در بین تمامی منابع لازم برای رشد و فعالیت گیاه، آب به عنوان فراوان‌ترین و در عین حال محدودترین منبع برای کشاورزی محسوب می‌شود. ایران به عنوان یکی از کشورهای خاورمیانه، با متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲٤۰ میلی‌متر معادل یک سوم میانگین نزولات سالیانه جهانی، برخوردار می‌باشد لذا کشورمان جزء مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید (کافی و همکاران، ۲۰۰۹). با وجود این که ۹٤ درصد از آب‌های استحصال شده و ٦٤ درصد از کل آب‌های قابل استحصال کشور در بخش کشاورزی مصرف می-شود، فقط ۲۱ درصد از اراضی کشور آبیاری می‌شود. در چنین شرایطی کم آبیاری با هدف افزایش تولید به ازاء هر واحد آب مصرفی و استفاده بهینه از منابع محدود آب امری ضروری و اجتناب ناپذیر است (کافی و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج پژوهشهای تئولت و همکاران (۱۹۹۷) ظرفیت بالای محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی گندم و جو را گزارش کردند و اظهار داشتند که ظرفیت بالا به خاطر تجمع قندهای محلول و کاهش پتانسیل اسمزی می‌باشد. به‌طور کلی محتوای نسبی آب برگ معرف خوبی از وضعیت آب گیاه است و در برنامه‌های اصلاحی به عنوان شاخص مناسب و مهمی در انتخاب برای مقاومت به خشکی مدنظر قرار می‌گیرد، بین پتانسیل آب گیاه و محتوای نسبی آب برگ همبستگی مثبت و بالایی وجود دارد و گیاهانی که در پایان دوره تنش بتوانند محتوای نسبی آب برگ بالاتری را حفظ کنند به لحاظ مقاومت به خشکی نیز برتر خواهند بود، محتوای نسبی آب برگ باعث می‌شود که هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و فرآوری CO_2 کاهش پیدا کند (حسن‌پور و همکاران، ۲۰۰۸). رشدی و همکاران (۲۰۰٦) بیان کردند که با افزایش فواصل آبیاری در گیاه آفتابگردان عملکرد دانه کاهش یافت.علوی فاضل و همکاران (۲۰۱۳) نیز کاهش وزن دانه در تنش قطع آب پس از گرده‌افشانی را گزارش نمودند. براساس تحقیقات ابوالخیرا و مکی (۲۰۰۷) در شرایطی که میزان آب برای دستیابی به حداکثر عملکرد با محدویت مواجه باشد، شکل‌گیری عملکرد دانه مستقیماً وابسته به میزان آبی است که پس از گرده‌افشانی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد.مسعود و اعظم علی(۲۰۰۷)بیان نمودند که تنش خشکی ناشی از افزایش فواصل بین آبیاری‌ها از طریق کاهش تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه در خوشه، عملکرد دانه ارزن را کاهش می‌دهد. تنش خشکی در دوره پر شدن دانه نیز سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود (کائور و همکارن، ۲۰۱۲).

نیتروژن به عنوان مهم‌ترین عنصر مورد نیاز برای رشد و نمو گیاهان و همچنین جزء کلیدی در بسیاری از ترکیبات زیستی محسوب شده و نقش مهمی را در فعالیت فتوسنتزی و تشکیل عملکرد نهایی گیاه ایفاء می‌کند (کائور و همکاران، ۲۰۱۲) که امروزه به طور فشرده در سیستم‌های کشاورزی مدرن به منظور شبیه‌سازی عملکرد گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (مسعود و اعظم علی، ۲۰۰۷). مصرف متعادل کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژن برای دستیابی به میزان بهینه محصول و در عین حال کاهش خطرات زیستی محیطی ضروری به نظر می‌رسد (عظیم و همکاران، ۲۰۱۵). در آزمایشی که رستمی و همکاران (۲۰۰۸) در مزرعه آزمایشی دانشگاه لرستان انجام دادند کمترین میزان عملکرد در تیمار عدم کاربرد کود و بیشترین میزان عملکرد در تیمار کاربرد ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. مجدم و همکاران (۱۳۸٦) بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد می‌گردد و افزایش کود نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی عملکرد دانه و بیولوژیک را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد.در اثر کمبود نیتروژن به علت کاهش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ، نسبت فتوسنتز گیاه زراعی همچنین عملکرد بیولوژیک گیاه کاهش می‌یابد (مارینا و همکاران، ۲۰۰۳). عنصر پتاسیم در ایجاد فشار تورژسانس و باز و بسته شدن روزنه‌ها، در تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن تولید شده نقش دارد و تعادل آبی گیاه را کنترل می‌کند (دورسبان، ۲۰۰۵). امام و نیک‌نژاد (۲۰۰٤) بیان نمودند که پتاسیم علاوه بر افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، سبب افزایش تحمل گیاهان به شوری، کم‌آبی، انواع تنش‌ها، آفات و بیماری‌ها شده و کارآیی مصرف آب و عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. این تحقیق با توجه به چالش‌های

موجود در کشور و منطقه در رابطه با مدیریت نامناسب آبیاری و مصرف کود انجام گرفت و به بررسی اثرات سطوح مختلف نیتروژن و پاسیم بر عملکرد دانه، صفات فیزیولوژیکی ذرت دانه-ای در شرایط تنش خشکی پرداخت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در طی دو سال زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بابع کلاء (نکاء) وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران اجرا گردید. طول و عرض جغرافیایی منطقه به ترتیب ۵۳ درجه و ٤٤ ثانیه و ۳٦ درجه و ٤۱ ثانیه و ارتفاع از سطح دریا ٤ متر می‌باشد. به منظور بررسی خصوصیات شیمیایی خاک، نمونه مرکب تهیه که در جدول (۱) و همچنین مشخصات اقلیمی منطقه مورد آزمایش در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۱ - نتایج تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق	Ec ds/m	pH	T.N.V	N درصد	K میلی گرم در کیلوگرم	O.M درصد	O.C درصد	Sand درصد	Silt درصد	Clay درصد	کلاس
۰-۳۰	۰/۷٦	۷/۷٦	۲۵	۰/۱۳٤	۹۹	۲/۷	۱/۱	٤٤	۵۰	٦	C-L

جدول ۲- مشخصات اقلیمی سال ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ منطقهموردآزمایش (هواشناسی استان مازندران)

ماه	میانگین حداقل دما (سانتی‌گراد)		میانگین حداکثردما (سانتی‌گرا		میانگین میزان بارندگی (میلی‌متر)		میانگین رطوبت نسبی (درصد)		میانگین مجموع میزان تبخیر(میلی‌متر)	
	٤٤	۹۵	۹٤	۹۵	۹٤	۹۵	۹٤	۹۵	۹٤	۹۵
فروردین	۹/۱	۹/۵	۱۸/۲	۱۹/۵	۱۵	۹۸/۷	۷۹	۷٦	۷۲/۱	۷۱/۸
اردیبهشت	۱٤/۲	۱۵/۸	۲۳/۹	۲۵/۲	۵/٤	۲۷/۲	۷٤	۷۷/۵	۱۳۳/۲	۱۱۵/۹
خرداد	۲۰/۵	۱۹/۲	۳۱/٦	۲۸/٦	۳/۵	۲۳/۷	٦٦/۵	۷۵/۵	۱۹۸/۲	۱۵٤/٤
تیر	۲۳/٤	۲۲/۲	۳۲	۳۱/٤	۸۳/۳	۵۹/٤	۷۲/۵	۷۵/۵	۱۸۲/۵	۱٦۹/٤
مرداد	۲۲/۷	۲۲/٦	۳۳/۹	۳۳/۵	۳/٦	٦/۷	۷۱/۵	۷۳/۵	۱۹٦/۲	۱۹۳/۹
شهریور	۲۰/۹	۲۱/۲	۲۹/۷	۳۲	۱۱۲/٦	۹۹/۳	۷٤/۵	۷۱/۵	۱۳۳/۷	۱۵٦/٦
مهر	۱٦/۸	۱٤/۸	۲٦/۹	۲۵	۱۱۲/۵	۱۰٤/۲	۷٦	۷٦	۸۵/۹	۷۷/۵
آبان	۹/۷	۱۰/۲	۱۸/٦	۱۸/٤	۱۰۰/٤	۵٤	۷۹	۸۱	٤۲/۷	۳۷/۷
آذر	٤/٤	۱/۸	۱٤/۷	۱۲/٤	۵۵/۳	۵۸/۳	۱۵۵	۷٦	۱۹/٦	۲۲/۹
دی	۱/٤	۲/۵	۱۵/۸	۱۳/۱	۵۲/۹	۱۱/۲	۷۵/۵	۷٦/۵	۲۵/۸	۲۳/۱
بهمن	۳/٤	۵/۲	۱۲/٦	۱۰/۹	۸۹/۵	۹۲/۹	۸۷/۵	۷۹	۳۰/۳	۲٦
اسفند	۷/٦	٤/٤	۱۵/۷	۱۵/٦	۹۱/۷	۱٦/٤	۷۹/۵	۸۲	۳۵/٤	٦۷/٤
میانگین	۱۳/۰٦	۱۲/٤۵	۲۲/۸	۲۲/۱۳	٦۰/٤۷	۵٤/۳۳	۸۲/۷۵	۷٦/٤٦	۹٦/۳	۹۳/۰۵

آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. دور آبیاری در ٤ سطح آبیاری ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به عنوان فاکتور اصلی، ۳ سطح نیتروژن (از منبع اوره) ۸۰، ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار و ۳ سطح پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. بذور در عمق ۵ سانتی‌متر و به روش خشکه‌کاری کاشته شدند و به منظور جوانه‌زنی مطمئن و داشتن تعداد بوته‌های کامل در هر کپه ۲ عدد بذر قرار داده شد. ولی پس از سبز شدن در مرحله ۵ تا ۷ برگی برای حصول تراکم گیاهی مناسب، تنک شدند. جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ ذرت از علف‌کش کروز

(نیکوسولفورون) در مرحله ۲ تا ٦ برگی به میزان ۲ لیتر در هکتار در طول مرحله رشد انجام شد. جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک در شرایط ظرفیت مزرعه از عمق(۳۰-۰) سانتی‌متری خاک از تکرارهای هر آزمایش نمونه‌برداری شد و سپس نمونه‌ها بلافاصله در آون در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت قرار داده شدند و درصد رطوبت وزنی آن‌ها در شرایط ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه (۱) تعیین گردید.

رابطه (۱) ۱۰۰ × وزن خاک خشک (برحسب گرم)- وزن خاک مرطوب (برحسب گرم) =رطوبت وزنی خاک (درصد)
وزن خاک خشک (بر حسب گرم)

جهت تعیین دقیق زمان آبیاری در هرآزمایش، با گذشت ٤۸ ساعت از زمان آبیاری به صورت روزانه و متوالی توسط اوگر از خاک مزرعه در محدوده توسعه ریشه نمونه‌برداری انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. پس از رسیدن درصد رطوبت وزنی خاک به میزان تعیین شده جهت اعمال تیمار آبیاری از رابطه (۲) زیر حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار محاسبه شد (اک، ۱۹۹٤):

$$d=\frac{(Fc-\theta)}{100}\times D \qquad \text{رابطه (۲)}$$

d : عمق آب آبیاری (برحسب میلی‌متر)، FC : رطوبت ظرفیت مزرعه (برحسب درصد)، θ: رطوبت خاک در زمان نمونه گیری (برحسب درصد)، D : عمق ریشه گیاه در مرحله رشد (برحسب میلی‌متر)، بدین ترتیب حجم آب مورد نیاز در هر مرتبه آبیاری در هر کرت آزمایشی محاسبه و براساس کارآیی توزیع آب ۹۰ درصد با استفاده از پمپ و کنتور به صورت یکنواخت توزیع گردید. مساحت مزرعه آزمایشی ۲۰×۵۰ مترمربع و ابعاد هر کرت ۳/۵×۵ مترمربع در نظرگرفته شد. هر واحد آزمایشی شامل ۵ جویچه، ۷ پشته به طول ۳/۵ متر و به فاصله ۷۰ سانتی‌متر بود. جهت جلوگیری از اثر حاشیه، فاصله بین تیمارها ۲ متر در نظر گرفته شد. ۵۰ درصد از نیتروژن مورد نیاز هرتیمار به عنوان پایه در زمان کاشت و ۵۰ درصد باقی مانده نیز به صورت سرک در دو مرحله ٦-۸ برگی و ۱۰-۱۲ برگی مصرف شد. برای تعیین عملکرد نهایی در هر کرت دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و نیم متر از انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد و در سطح باقی‌مانده عملکرد دانه (اقتصادی) تعیین گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، بخش هوایی بوته‌ها هر کرت در زمان برداشت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون خشک و پس از توزین به عنوان عملکرد بیولوژیک بر حسب کیلوگرم در هکتار منظور شد.

متحوای نسبی آب برگ (RWC)

به منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، نمونه‌برداری قبل از انجام آبیاری از تمام کرت‌ها در مرحله گل‌دهی و از برگ پرچم صورت گرفت. از نمونه‌ها دیسک‌های برگی به قطر یک سانتی‌متر تهیه و وزن‌تر آن‌ها تعیین شد. این نمونه‌ها به مدت ٤ ساعت در شدت نور کم در آب مقطر قرار داده شدند، سپس وزن نمونه‌های برگی در حالت آماس (تورژسانس) اندازه‌گیری و به جهت تعیین وزن خشک به مدت ٤۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون قرار گرفتند. سپس با استفاده از فرمول زیر میزان آب نسبی برگ بر حسب درصد محاسبه گردید (رهنما، ۲۰۰٦).

$$\text{محتوای نسبی آب برگ}^{1}\ (\text{RWC}) = \frac{FW-DW}{TW-DW}\times 100 \qquad \text{رابطه (۳)}$$

FW: وزن تر برگ، DW: وزن خشک برگ، TW: وزن برگ در حالت اشباع

روش اندازه‌گیری شاخص مقدار کلروفیل برگ

قرائت توسط کلروفیل‌متر (عدد اسپاد) با دستگاه اسپادمتر، مدل (Spad-502) از هر کرت و در هر مرحله به طور میانگین با متوسط ۱۵ گیاه و هر گیاه دو قرائت صورت گرفت، قرائت‌ها از وسط برگ کاملی که یقه در آن تکامل یافته بود و بین یقه و نوک برگ و نزدیک به رگبرگ اصلی و بین ساعت ۸ تا ۱۰ صبح انجام شد (آرنون، ۱۹۷۹).

روش اندازه‌گیری نیتروژن برگ بلال

اندازه‌گیری نیتروژن کل در برگ به روش کجلدال و با دستگاه کجل مدل PGU 500، تک پس از روش هضم در بالن ژوژه با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه انجام گرفت (پابلاکیونز، ۲۰۰۹).

1-Relative water content of leaves

شاخص برداشت

از رابطه عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک ضربدر ۱۰۰ بر حسب درصد از انتخاب ۱۰ بوته در هرکرت محاسبه شد (نتانوس و کوتروباس، ۲۰۰۲).

$$\text{شاخص برداشت}^{1}\ (\text{HI}) = \frac{GY}{BY} \times 100$$

که در این معادله: HI: شاخص برداشت، Y: عملکرد دانه ذرت (بر حسب کیلوگرم در هکتار)، BY: عملکرد بیولوژیک (بر حسب کیلوگرم در هکتار) است.

مقدار شاخص برداشت نیتروژن

با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (فاگریا، ۲۰۰۹):

$$(\text{NHI}) = \frac{Grain_{N}}{Shoot_{N} + Grain_{N}}$$

شاخص برداشت نیتروژن[2]

که در این معادله: Grain_{N} و Shoot_{N} به ترتیب نشان دهنده میزان نیتروژن در دانه و بخش غیر از دانه است.

در پایان اجرای این پژوهش برای تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از انجام آزمون بارتلت، از مدل آماری اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها حاصل از این تحقیق با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ٦)، Minitab و SPSS (نسخه ١٦) مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و رسم نمودارها نیز توسط نرم افزار Excel صورت پذیرفت (یزدی صمدی و همکاران، ۱۳۹۲).

نتایج و بحث

عملکرد دانه

عملکرد دانه از نظرآماری تحت تأثیر دور آبیاری، مقادیر نیتروژن، مقادیر پتاسیم ($P\langle 0.01$) و تحت اثر متقابل دور آبیاری×نیتروژن و اثر متقابل سال×دور آبیاری×نیتروژن ($P\langle 0.05$) قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه تحت مقادیر مختلف پتاسیم به ترتیب برای تیمارهای با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم پتاسیم در هکتار ١٢١٨١/٤ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تحت شرایط ۷۵ کیلوگرم پتاسیم در هکتار ١٢١٧٩/٣ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ٤). همچنین نتایج ملکی و همکاران (٢٠١٤) و استورد (٢٠٠٦) نشان داد که کاربرد ٦٠ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در ذرت در شرایط تنش خشکی از کاهش بیشتر عملکرد دانه ذرت جلوگیری نمود. همچنین مقایسه میانگین اثرات متقابل سه عاملی سال×دور آبیاری×نیتروژن مختلف از لحاظ صفت مذکور، نشان داد که در گروه‌های متفاوت آماری قرار گرفتند به طور کلی بیشترین عملکرد دانه برای سال دوم با دور آبیاری ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و با مصرف ٢٤٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ١٢٨٠٧ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به سال اول با دور آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A تحت شرایط ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ١١٤٢٩ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید و همچنین با اختلاف ١٠/٧٦ درصدی نسبت به پایین‌ترین میزان عملکرد دانه، بیشترین عملکرد دانه را داشته است (شکل ۱). کافی و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که بیشترین تقاضای گیاه ذرت به نیتروژن در فاصله-ی۲۰ تا ۹۰ روز پس از کاشت است. از آن‌جا که در مراحل شش تا هفت برگی پتانسیل تعداد دانه گرده در آینده مشخص می‌شود و از مرحله ۸ تا ۱۰ برگی جذب موادغذایی و ماده خشک گیاه به‌طور مستمر افزایش می‌یابد و در مرحله پس از گل‌دهی وزن هزار دانه افزایش می‌یابد.

1-Harvest Index
2-Nitrogen Harvest Index

شکل ۱-اثر متقابل سال× دور آبیاری× سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه

Y_1: سال اول، Y_2: سال دوم، I_1:75mm، I_2:100mm، I_3:125mm، I_4:150mm

N_1:80 kg/ha، N_2:160 kg/ha، N_3:240 kg/ka

جدول ۳- تجزیه مرکب صفات فیزیولوژیکی ذرت دانه‌ای سینگل‌کراس ۷۰٤ تحت تیمارهای دورآبیاری، مقادیر نیتروژن و پتاسیم در طی سال های ۹٤ و ۹۵.

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
سال	۱	۲٤۸۷۵/۵۷٤۱^{ns}	۱۷۹۳۰٦٦/٦۷^{ns}	۸/۱۲۷۸۲٤۰۷^{ns}
تکرار×سال	٤	۵۷۸۵/۰۲**	٦۸۲۷۰٦**	۷/۰۳۹۷۷**
آبیاری	۳	۱۹۲٦۵٤/۱۹۱**	۱۰۰۱۵۷۲۱/۹**	۷۱/۱۹۸۸۰۷٤**
سال×آبیاری	۳	۳/۵۲٤۷^{ns}	٦۷/۹^{ns}	۰/۰۰۷۸۲٤۱^{ns}
تکرار×سال×آبیاری	۱۲	۸/۳۸	۲۸۸	۰/۰۰۹۷۷
نیتروژن	۲	۲۸۳۸۱۵۲٦/۷**	۵۵۳۸۸۱۰۷۳۵**	۵۷٤۳/۵۹۸۸۷**
پتاسیم	۲	۷٤/۰۲**	۸۳**	۲/۸۳۵٤۵**
نیتروژن×پتاسیم	٤	۰/۰۲^{ns}	۳/۱^{ns}	۲/٦۲٤۹۲**
آبیاری×نیتروژن	٦	۰/٤۷*	٦/۲^{ns}	۰/۰۰۰٦^{ns}
آبیاری×پتاسیم	٦	۰/۱۲^{ns}	۳/۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۵^{ns}
آبیاری×نیتروژن×پتاسیم	۱۲	۰/۱۲^{ns}	۲/۲^{ns}	۰/۰۰۰۳۲^{ns}
سال×نیتروژن	۲	۰/۰۷^{ns}	۱/۰٦^{ns}	۰/۰۰۰٦^{ns}
سال×پتاسیم	۲	۰/۰۲^{ns}	۱/۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۵^{ns}
سال×آبیاری×نیتروژن	٦	۰/٤۷*	٦/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۰٦^{ns}
سال×آبیاری×پتاسیم	٦	۰/۱۲^{ns}	۳/۱۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۵^{ns}
سال×نیتروژن×پتاسیم	٤	۰/۰۲^{ns}	۳/۲۹^{ns}	۰/۰۰۰۳۲^{ns}
سال×آبیاری×نیتروژن×پتاسیم	۱۲	۰/۱۲^{ns}	۲/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۳۲^{ns}
خطا	۱۲۸	۰/۱٦	۳/۷	۰/۰۰۰۳۹

^{ns}غیر معنی‌دار، ** و * : به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات فنولوژیکی ذرت سینگل‌کراس ۷۰٤ تحت دورآبیاری، مقادیر نیتروژن و پتاسیم.

	تیمارها	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
دور آبیاری	I_1 75mm		۳۰۷۱٤/٦a	٤۱/۹ a
	$I_2$100mm		۳۰٥۷۰/۰۳b	٤۱/۱۷ b
	$I_3$125mm		۳۰۳۰۲/۰۷c	٤۰/٥۲ c
	$I_4$150mm		۲۹۷۳۸/۳d	۳۹/۲۰ d
مقادیر نیتروژن	N80		۲۳٦۲۷c	
	N160		۲۷۱۰۸b	
	N240		٤۰۲٥۷ a	
مقادیر پتاسیم	K75	۱۲۱۷۹/۳c	۳۰۳۳۰/۲۷c	
	K150	۱۲۱۸۰/۳۸b	۳۰۳۳۱/۰۱b	
	K225	۱۲۱۸۱/٤a	۳۰۳۳۲/٤a	

* : در هر ستون و در هر گروه تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ٥ درصد براساس آموزن چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

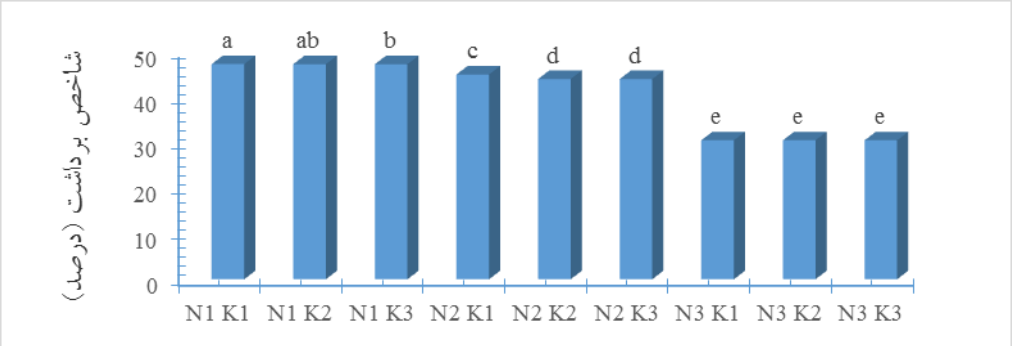
عملکرد بیولوژیک

همان طوری که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، عملکرد بیولوژیکی از نظرآماری تحت تأثیر دور آبیاری، مقادیر نیتروژن و پتاسیم ($P\langle 0.01$) قرار گرفت. در حالی که بیشترین عملکرد بیولوژیک با دور آبیاری ۷٥ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (۳۰۷۱٤/٦ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تیمار دور آبیاری ۱٥۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A (۲۹۷۳۸/۳ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد و همچنین با اختلاف ۳/۱۸ درصدی نسبت به پایین‌ترین میزان عملکرد بیولوژیک، بیشترین عملکرد بیولوژیک را داشته است (جدول ٤). همچنین دانشیان و همکاران (۲۰۰٦) تأثیر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های مختلف سویا را مورد بررسی قرار دادند و نتایج بدست آمده نشان داد که تنش سبب کاهش عملکرد بیولوژیک گردید. نتایج مربوط به اثر ساده مقادیر مختلف کود نیتروژن نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار با مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ٤۰۲٥۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار با شرایط ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۲۳٦۲۷ کیلوگرم در هکتار را به خود اختصاص دادند و دارای اختلاف ٤۱/۳۱ درصدی داشت (جدول ٤). می‌توان نتیجه گرفت کمبود نیتروژن احتمالاً به علت کاهش شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و نسبت فتوسنتز گیاه زراعی را کاهش می‌دهد. هم‌چنین چون باعث کاهش در گرفتن نور و کاهش کارآیی استفاده از نور می-شود، در نتیجه هنگامی که میزان کود نیتروژن کم باشد عملکرد بیولوژیک گیاه کاهش می‌یابد (دانشیان و همکاران، ۲۰۰٦). در رابطه با کاهش عملکرد بیولوژیک با مصرف مقادیر زیاده از حد نیتروژن سیمسیکو و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که سطوح بالای نیتروژن از سنتز نشاسته در اندام های هوایی ممانعت به عمل می آورد و سطح قند ریشه را کاهش می دهد بنابراین رشد ریشه و به دنبال آن رشد اندام های هوایی به واسطه ی مصرف نیتروژن زیاد منع می شود.مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف کود پتاسیم نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک با مصرف ۲۲٥ و ۷٥ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به ترتیب به میزان ۳۰۳۳۲/٤۰ و ۳۰۳۳۰/۲۷ کیلوگرم در هکتار نتیجه شد (جدول ٤).

شاخص برداشت

شاخص برداشت بیان کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیکی است (آلیستون، ۱۹۷٦). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر دور آبیاری، مقادیر مختلف کود نیتروژن، سطوح مختلف کود پتاسیم، اثر متقابل دو عاملی نیتروژن×پتاسیم ($P\langle 0.01$) و اثر متقابل سال×نیتروژن ($P\langle 0.05$) از لحاظ آماری معنی‌دار بودند (جدول ۳).مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف دور آبیاری از لحاظ صفت مذکور بیانگر این مطلب بود که وزن هزار دانه در گروه‌های متفاوت آماری قرار گرفتند. به طور کلی دور آبیاری ۷٥ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A با میانگین ٤۱/۹ درصد، بیشترین و دور آبیاری ۱٥۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A با میانگین ۳۹/۲۰ درصد، کمترین شاخص برداشت را

به خود اختصاص دادند و دارای اختلاف ٦/٤٥ درصدی با کمترین دور آبیاری داشت (جدول ٤). همچنین حداکثر برهمکنش اثر نیتروژن و پتاسیم بر شاخص برداشت با مصرف ٨٠ کیلوگرم نیتروژن و ٧٥ کیلوگرم پتاسیم در هکتار ٤٧/٢٧ درصد و حداقل آن تحت شرایط ٢٤٠ کیلوگرم نیتروژن و ٢٢٥ کیلوگرم پتاسیم ٣٠/٥٢ درصد حاصل گردید و شاخص برداشت در سطح کودی ٨٠ کیلوگرم نیتروژن و ٧٥ کیلوگرم پتاسیم در هکتار با اختلاف ٣٥/٤٤ درصد بیشتر از سطح کودی ٢٤٠ کیلوگرم نیتروژن و ٢٢٥ کیلوگرم پتاسیم در هکتار بود (شکل ٢).



شکل ٢- اثر تیمارهای سطوح مختلف کود نیتروژن و پتاسیم بر شاخص برداشت

N_1: 80 kg/ha، **N_2**: 160 kg/ha، **N_3**: 240 kg/ka، **K_1**: 75 kg/ha، **K_2**: 150 kg/ha، **K_3**: 225 kg/ha

جدول ٥- تجزیه مرکب صفات فیزیولوژیکی ذرت دانه‌ای سینگل‌کراس ٧٠٤ تحت تیمارهای دورآبیاری، مقادیر نیتروژن و پتاسیم در طی سال های ٩٤ و ٩٥.

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص برداشت نیتروژن	محتوای نسبی آب برگ	شاخص مقدار کلروفیل	نیتروژن برگ بلال
سال	١	٢/٦٠٩٢٠١٨٥ ns	١٠٢/٣٩٦٤٧٤*	٢٥٤/٧٧٩٩٤٥ns	٢/٨٧٠٤١٦٦٧ns
تکرار×سال	٤	١٧/٠٣٨٦٣٢**	١٠/٣٥٨٠٩٥ns	٦٣٢٠/٩٥٠٤١**	١/٢٦٣٨٠٤١٧**
آبیاری	٣	١٩٤٢/٠٥٨١٨**	٢٩٢/٠٤٦٨٩٦**	٤٩٨٨/٥٤٨٦٦**	١/٤٧٩٨٦٢٣٥**
سال×آبیاری	٣	١/٨١٨٨٩ ns	٠/١٩٦٩٨٥٢ ns	٠/٠٩٧٥٩ns	٠/٠٠٠٨٤٥٧ns
تکرار×سال×آبیاری	١٢	٤/٩١٧٧٤٨	١/٥٨٤٦٥٣	١٨٠٩/٧٥١٦	٠/٠٢٧٩٨٨٧٣
نیتروژن	٢	١١٠/١٢٠٦٣٤**	١٣٠٥/٠٦٢١٤**	١٠٣٨/٧٩٦٩٢**	١/٠٤٦٤٣٨٨٩**
پتاسیم	٢	٠/٠٠٥٤٦٧ns	٠/٢٧١٢٥ ns	٣٠/٥٨٩٦٦ ns	٠/٠٠٧١٠١٣٩**
نیتروژن×پتاسیم	٤	٠/٠٣٣٠٩٢ns	٠/٤٢٤٢٢١ ns	٢١/٥٧٣٨١ns	٠/٠٠٠٠٠٢٧٨ ns
آبیاری×نیتروژن	٦	١١٠/٩٦٦٠٤٥**	١٥١/٥١٥٦٤٨**	٢٤٤/٥٨٠٦**	٠/٠٠١٤٣٨٣**
آبیاری×پتاسیم	٦	٠/٠٣٠٧٠٨ns	٠/٣٣٥٨٩٩ ns	٣٩/٧٢٤٤٨ ns	٠/٠٠٠٠٠٢٦٢ ns
آبیاری×نیتروژن×پتاسیم	١٢	٠/٠٢٦٥٦٢ns	٠/٤١٥٨٢٩ ns	٤٥/٣٠٦٩ns	٠/٠٠٠٠٠٢١٦ ns
سال×نیتروژن	٢	٠/٠٠٩٠١٧ ns	٠/٠٠٦٧١٢ ns	٠/٠١٠١٣ns	٠/٠٠٠٠٣٨٨٩ ns
سال×پتاسیم	٢	٠/٠١٨٣٣٤ns	٠/٠٠٠٣٢٤ns	٠/٠٠١٢٣ns	٠/٠٠٠٠٠١٣٩ ns
سال×آبیاری×نیتروژن	٦	٠/٠٤١١٣٤ns	٠/٠٢٠٣٩٥ns	٠/٠١٢٥٣ns	٠/٠٠١٤٣٨٣**
سال×آبیاری×پتاسیم	٦	٠/٠٣١١٨١ ns	٠/٠٠٥٢٥٧ ns	٠/٠٠٢٨٧ ns	٠/٠٠٠٠٠٢٦٢ ns
سال×نیتروژن×پتاسیم	٤	٠/٠٣٢٧٨٧ns	٠/٠٠٣٦٢٨ns	٠/٠٠٣٠٧ns	٠/٠٠٠٠٠٢٧٨ ns
سال×آبیاری×نیتروژن×پتاسیم	١٢	٠/٠٢٦٣٦٣ ns	٠/٠٠٢٨٧٣٠ ns	٠/٠٠٢٢٥ns	٠/٠٠٠٠٠٢١٦ ns
خطا	١٢٨	١/٥٠٤٠٨٥	٢٢/٨٩٧٣٦٧	٣٩/٩٩١٦٦	٠/٠٠٠٠٣٣٢٢

ns غیر معنی‌دار، ** و * : به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ١ و ٥ درصد.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل دور آبیاری × نیتروژن بر صفات اندازه گیری شده ذرت سینگل‌کراس ۷۰٤ در طی سال های ۹٤ و ۹۵.

دور آبیاری	نیتروژن	شاخص برداشت نیتروژن (درصد)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	شاخص مقدار کلروفیل (عدد)
$I_1 75mm$	N_1 80	٤٩/٥٥a	٧٩/١٦e	٤٣/٨٦bcd
$I_1 75mm$	N_2 160	٤٨/٦٩a	٨٣/٠٣cde	٥٥/٥٦ab
$I_1 75mm$	N_3 240	٤٨/٣٦a	٩٤/١٢a	٦١/٥٩a
$I_2 100mm$	N_1 80	٤١/٧٨b	٨٢/٧cde	٥٤/٣٦abc
$I_2 100mm$	N_2 160	٣٨/٥٣cd	٨٩/٢٢ab	٥٦/٨٠ab
$I_2 100mm$	N_3 240	٣٧/٣٧d	٩١/٨٩a	٦٠/١٠a
$I_3 125mm$	N_1 80	٤٢/٣٣b	٨٠/٥٣ de	٣٨/٠٥d
$I_3 125mm$	N_2 160	٣٩/٨٥c	٨١/١٥ de	٣٩/٢٣cd
$I_3 125mm$	N_3 240	٣٧/١٣d	٨٦/٧ bc	٤٢/٨٤bcd
$I_4 150mm$	N_1 80	٣٧/٩٠d	٨١/٢٣ de	٣٧/٥٨d
$I_4 150mm$	N_2 160	٣٤/٧٤e	٨٤/١٤ bcde	٣٦/٤٨d
$I_4 150mm$	N_3 240	٣٠/٩١f	٨٤/٨ bcd	٣٩/٦٨cd

* : در هر ستون و در هر گروه تیمار میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال خطای ۵ درصد براساس آموزن چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

شاخص برداشت نیتروژن (NHI)

جدول تجزیه مرکب بیانگر تأثیر معنی‌دار دور آبیاری، نیتروژن و اثر برهمکنش دور آبیاری× نیتروژن بر شاخص برداشت نیتروژن ($P\langle 0.01$) بود (جدول ۵). براساس جدول مقایسه میانگین بیشترین برهمکنش دور آبیاری×نیتروژن برای دور آبیاری ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و با مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ٤۹/۵۵ درصد و کمترین شاخص برداشت نیتروژن مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۵۰ میلی-متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A با شرایط ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به میزان ۳۰/۹۱ درصد بدست آمد (جدول ٦).

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

با توجه به جدول تجزیه واریانس تأثیر دور آبیاری، نیتروژن و اثر برهمکنش دور آبیاری× نیتروژن بر محتوای نسبی آب برگ ($P\langle 0.01$) اختلاف آماری داشت (جدول ۵). براساس نتایج بدست آمده نشان داد که مقایسه میانگین بیشترین برهمکنش دور آبیاری×نیتروژن برای دور آبیاری ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و با مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب ۹٤/۱۲ و ۹۱/۸۹ درصد و کمترین محتوای نسبی آب برگ مربوط به تیمار دور آبیاری ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A با شرایط ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۷۹/۱٦ درصد حاصل شد و اختلاف ۱۵/۸۲ و ۱۳/۸٦ درصدی داشت (جدول ٦). پژوهش‌های متعدد نشان داده است که تنش خشکی از طریق افت محتوای نسبی آب برگ از یک سوء موجب کاهش سطح برگ و از سوی دیگر کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ می‌شود (نسیکا و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین با افزایش دوره خشکی، پتانسیل آب، محتوی نسبی آب و رشد ریشه و جوانه‌ها کاهش خواهد یافت. از طرفی تراکم کلروفیل کاهش ولی تراکم کاروتن افزایش می‌یابد (سینکی و همکاران، ۲۰۰٤).

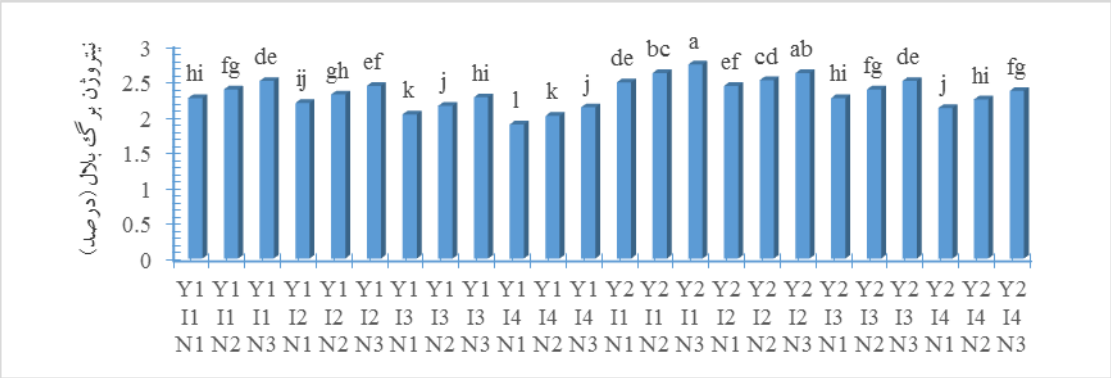
شاخص مقدار کلروفیل

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که دور آبیاری، نیتروژن و اثر برهمکنش دور آبیاری× نیتروژن بر شاخص مقدار کلروفیل ($P\langle 0.01$) تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۵). براساس مقایسه میانگین و اثر برهمکنش دور آبیاری× نیتروژن برای دور آبیاری ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و با مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب برابر ٦۱/۵۹ و ٦۰/۱۰ عدد و کمترین شاخص مقدار کلروفیل مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۲۵ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A با شرایط ۸۰ و ۱٦۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب برابر ۳۸/۰۵، ۳۷/۵۸ و ۳٦/٤۸ عدد را به خود اختصاص دادند و دارای اختلاف ۳۸/۲۳ و ۳۷/٤۸ درصدی داشت (جدول ٦). می‌توان بیان داشت که نیتروژن

ارتباط نزدیکی با کلروفیل برگ دارد، این عنصر بخش جدانشدنی کلروفیل و اولین عامل جذب کننده نور مورد نیاز برای فتوسنتز می‌باشد. برنجر و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که اثر شش تیمار کودی (۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) را بر روی عملکرد ذرت در مناطق مدیترانه‌ای مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که مقادیر کلروفیل به مقدار زیادی تحت تأثیر افزایش تیمارهای نیتروژن قرار می‌گیرد و با افزایش کود نیتروژن، افزایش می‌یابد. گزارش‌های بسیاری موید تأثیر مثبت عنصر پتاسیم در افزایش محتوای کلروفیل در ذرت می‌باشد (پری و همکاران، ۲۰۱۱؛ آیاد و همکاران، ۲۰۱۰؛ منصوری‌فر و همکاران، ۲۰۱۰).

نیتروژن برگ بلال

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان داد که دور آبیاری، نیتروژن، پتاسیم، اثر متقابل دوگانه دور آبیاری×نیتروژن و اثر متقابل سه گانه سال×دور آبیاری×نیتروژن ($P\langle 0.01$) اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین‌های برهمکنش سال×دور آبیاری×نیتروژن نشان داد که بیشترین نیتروژن برگ بلال برای سال دوم با دور آبیاری ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و با مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۲/۷۲ درصد و کمترین نیتروژن برگ بلال مربوط به تیمار سال اول با دور آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A تحت شرایط ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۱/۸۸ درصد در رتبه بعدی قرار گرفت و همچنین دارای اختلاف ۳۰/۸۹ درصدی با آن بود (شکل ۳). لک (۱۳۹۲) بیان کرد با افزایش فواصل آبیاری‌ها تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر افزایش درصد نیتروژن برگ بلال و غلظت کلروفیل a به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. این وضعیت حاکی از افزایش جذب نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه در هنگام مصرف مقادیر زیاد کود بود که با نتایج آزمایش لویس و همکاران (۲۰۰۱) که گزارش نمودند با افزایش مصرف نیتروژن، درصد نیتروژن برگ بلال به صورت خطی افزایش می‌یابد، مطابقت داشت.



شکل ۳-اثر متقابل سال×دور آبیاری × سطوح مختلف کود نیتروژن برگ بلال

Y_1: سال اول، Y_2: سال دوم، 75mm:I_1، 100mm:I_2، 125mm:I_3، 150mm:I_4

80 kg/ha:N_1، 160 kg/ha:N_2، 240 kg/ka:N_3

نتیجه‌گیری

این تحقیق نشان داد که آبیاری پس از ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A بر گیاه ذرت تأثیر بسیار مثبتی بر صفات شاخص‌های کارآیی گیاه ذرت داشت، به طوری که ۱۵۰ میلی-متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A موجب کاهش عملکرد دانه به میزان ۱۰/۷۶ درصدی شد. بنابراین عملکرد محصول رابطه نزدیکی با قابلیت دسترسی به آب دارد. به منظور دستیابی به عملکرد بهینه ذرت، ناگزیر از دور آبیاری ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A هستیم. افزایش نیتروژن و پتاسیم تا حد ۲۴۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد دانه گردید. در پژوهش حاضر مشاهده شد که افزایش هم زمان رطوبت خاک، نیتروژن و پتاسیم منجر به افزایش عملکرد دانه حاصل شد، ولی مصرف مقادیر بالای نیتروژن و پتاسیم در شرایط کمبود آب در خاک، عملکرد دانه را به علت کاهش جذب و افزایش هدر روی نیتروژن و پتاسیم کاهش داد. بنابراین مصرف بالای نیتروژن و پتاسیم در شرایط عدم دسترسی به آب کافی علاوه بر افزایش هزینه تولید و آلودگی‌های زیست محیطی، مقدار عملکرد دانه ذرت را نیز کاهش می‌دهد. با توجه به نتایج

بدست آمده می‌توان بیان کرد که صرف افزایش کاربرد کودهای شیمیایی نمی‌تواند متضمن تولید محصولی با کمیت و کیفیت خوب باشد. زیرا با افزایش مصرف کودهای شیمیایی معمولاً از طریق هدر روی و آبشویی آن‌ها و یا طریق تأثیرات نامطلوبی که روی ساختمان خاک بوجود می‌آوردند، کارآیی مصرف کود کاهش می‌یابد.

منابع

امام، ی و نیک‌نژاد، م. ۱۳۸۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی تولید محصول .دانشگاه شیراز، ۵۷۱ صحفه.

آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی. ۹۵-۱۳۹٤. جلد اول. ۱۲۵ صفحه.

حسن‌پور، ج؛ کافی، م و میرهادی، م. ج. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی ویژگی های فیزیولوژیکی جو . مجله علمی کشاورزی ایران. ۳۹ (۱): ۱۷۷-۱٦۵.

لک، ش؛ نادری، ا؛ سیادت، س. ع؛ آینه بند، ا؛ نورمحمدی، ق و موسوی، ه. ۱۳۸٦. تأثیر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذرت دانه ای در شرایط آب و هوایی خوزستان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی.٤۲: ۱٤-۱.

مجدم، م؛ نادری، ا؛ نورمحمدی، ق؛ سیادت، س. ع و آینه‌بند، ا. ۱۳۸٦. بررسی تأثیر تنش خشکی و مدیریت مصرف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی خوزستان. شماره ۱۳. صحفه ۷۰۵-٦۹۱.

یزدی صمدی، ب؛ رضایی، ع و ولی‌زاده، م. ۱۳۹۲. طرح‌های آماری در پژوهش‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ نهم. ۷٦٤ صحفه.

Abo-El-Kheir, M. S. A. and Mekki, B. B. 2007. Response of maize cross-10 to water deficits during silking and grain filling stages. World Journal ofAgricultural Sciences, 3:3: 269-272

Alavi Fazel, M., Lack, S. H. and Sheykhi Nasab, M. 2013. The Effect of Irrigation-off at some Growth Stages on Remobilization of Dry Matter and Yield of Corn Hybrids. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5 (20): 2372-2378.

Arnon, I. 1975. Mineral nutrition of maize: International potash. Institut. Berm / Switzer land, pp. 1-33.

Ayad, H. S.,Reda, F. andAbdalla, M. S. A. 2010. Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). World Journal of Agricultural Sciences, 6: 601-608.

Azeem, K., Shah, S., Ahmad, N., Shah, S. T., Khan, F., Arafat, Y., Naz, F., Azeem, I., and Ilyas, M. 2015. Physiological indices, biomass and economic yield of maize influenced by humic acid and nitrogen levels. Russian Agricultural Sciences, 41:115-119.

Berenguer, P., Santiveri, F., Boixadera, J., and Lloveras, J. 2009. Nitrogen fertilisation of irrigated maize under Mediterranean conditions. Europ. J. Agron. 30: 163–171.

Bishop, D., and D. A. Hall. 1983. Cropscience and food production, Mc Graw Hill Book Co. 406pp.

Daneshian, J., Majidei, A.,Noormohamaddi, GH., and Jonobi, P. 2006. Investigation of Drought Effects and Application of Different Quantities of Potassium on Soybeans, Ninth Congress of Agronomy and Plant Breeding (Abstracts), September 5-7, Abourihan Campus, Tehran University. 150-138 pages.

Dobermann, A. R. 2005. Nitrogen Use Efficiency - State of the Art. University of Nebraska Lincoln DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.

Eck, H. V. 1984. Irrigation corn yield response to nitrogen and water. Agronomy journa, l76(3): 421 – 428.

Fageria, N. K. 2009. The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. New York, NY, USA.

FAO. 2015. Agricultural production statistics. Available at: http://faostat.fao.org.

Jafari, S., Paknejad, F., and Jami AL-Ahmadi, M. 2009. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids, *International Journal of Plant Production*, 3:4: 33-38.

Kafi, M.,Borzoee,A.,Salehi,M.,Kamandi,A.,Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Enviromental Stresses in Plants (translated). Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR) Press, Mashhad, Iran.

Kaur, A. ,Bedi, S., Gill, G., and Kumar, M. 2012. Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, Crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L.) genotypes. Maydica, 57: 75-82.

Maleki, A.,Fazel,S.,Naseri,R.,Rezaei,K.,andHeydari, M. 2014. The Effect of Potassium and Zinc Sulfate Application on Grain Yield of Maize under Drought Stress Conditions Adv. Environ. Biol. 8(4): 890-893.

Mansouri-Far, C.,Modarres Sanavy, S. A. M., and Saberali, S. F. 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Agric. Water Manag. 97 (1): 12-22.

Maqsood, M., andAzam Ali, S. N. 2007. Effects of environmental stress on growth, radiation use efficiency and yield of finger millet (*Eleucine coracona*). Pakistan Journal of Botany 39: 463-474.

Mariana, A., Melay, A.,Hernan, E.,Echevrriab, C., Stud ertb, L. G., Andradeb, F., and Barbara, N. 2003. Tillage system. Agronomy Journal. 95: 1525-1531.

Netanos, D. A., and Koutroubas, S. D. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. Field Crops Res. 74: 93-101.

Nissanka, S. P., Dixon, M. A., and Tollenaar, M. 1997. Canopy gas exchange response to moisture stress in old and new maize hybrid. Crop Sci. 37: 172-181.

Perry, T. W., Rhykerd, C. L., Holt, D. A. and Mayo, H. H. 2011. Effect of potassium fertilization on chemical characteristics, yield and nutritive value of corn silage. Journal of Animal Science, 34:642-646.

Poblaciones, M. A. J., Lopez-Bellido, L., and Lopez-Bellido, R. J. 2009. Field estimation of technological bread-making quality in wheat. Field Crop. Res. 112:253-259.

Rahnama, A. 2006. Plant Physiology. Publications Puran Pajohesh.332 page.

Roshdi, M., Heydari Sharifabad, H., Karimi, M., Nourmohammadi, G H. and Darvish, F. 2006. A Syrvey on the impact of water deficiency over theyield of sunflower seed cultivar and its components. J. Agri. Sci. 12 (1): 109-121.

Rostami, M.,Koocheki,A. R.,Nassiri Mahallai, M., and Kafi, M.2008. Evaluation of chlorophyll meter (SPAD) data for prediction of nitrogen statusin corn (*Zea mays* L.), American- Eurasian J. Agric. & Environ, Sci, 3(1): 79-85.

Simsek, M., Can, A., Denek, N., and Tonkaz, T. 2011. The effects of different irrigation regimes on yield and silage quality of corn under semi-arid conditions. Afr. J. Biotechnol. 10(31): 5869-5877.

Sinaki, J. M.,Nourmohammadi, GH., and Maleki, A. 2004. Effect of water deficit on seedling, plant lets and compatible solutes of forage sorghum CV. Speed feed. 4 International Crop Sci. Conference. Brisbane, USA. 26 Sep-1 oct

Steward, F. C. 2006. Plant physiology VOL-IX: Water and solution in plants. Academic press. Inc. Florida. pp: 347.

Teulate, B., Rekika, D., Nachit, M. M., and Monneveux, P.1997. Comparative osmotic adjustments in barley and tetraploid wheats. Plant Breeding 116: 519-523.

Wang, Z., Rui. Y., Shen. J., and Zhang, F. 2008. Effects of N fertilizer on root growth in *Zea mays* L. seedlings, Spanish Journal of Agricultural Research, 6 (4): 677-682.

Effect of drought stress, different levels of nitrogen and potassium fertilizer on some physiological and agronomical traits of maize hybrid (Zea mays L. cv. single cross 704)

R. Rezaei Sokht-Abandani[1], S.A. Siadat[2], A. Pazoki[3], Sh. Lak[4], M. Mojaddam[4]

Received: 2018-3-11 Accepted: 2018-8-2

Abstract

In order to study the effect of drought stress, different levels of nitrogen and potassium fertilizers on the growth of corn this research were done at the agricultural research center of biokola (Neka) during two years 2015 and 2016. The experiment was conducted as split factorial in a completely randomized block design with three replications on S.C704. The main factor was 4 levels of drought stress (irrigation after 75, 100, 125 and 150 millimeter evaporation from class A evaporation pan) and the sub-factor three levels of nitrogen (80, 160 and 240 $kg.ha^{-1}$) and three levels of potassium (75, 150 and 225 $kg.ha^{-1}$) were considered. The mean comparison results showed that with increasing nitrogen and potassium consumption, the harvest index decreased by 30.52%. Also, the lowest nitrogen removal index under the interaction of irrigation × nitrogen irrigation intervals with irrigation intervals of 150 mm evaporation from class an evaporation 240 kg N/ha decreased by 30.91%. The highest relative leaf water content and leaf chlorophyll content were obtained for irrigation intervals of 75 mm with $kg.N.ha^{-1}$, 94.12% and 61.59%, respectively. Also, the highest grain and nitrogen yield were obtained for the second year in 75 mm irrigation interval and 240 $kg.N.ha^{-1}$ with average 12807 kg/ha and 2.72%, respectively. So after increasing in drought stress, nitrogen and potassium, the traits as harvest index and nitrogen removal index decreased.

Keywords: Corn, drought stress, grain yield, relative water content, nitrogen and potassium

1- Department of Agronomy, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2- Department of Agronomy, Ramin Branch, Agricultural and Natural Resources University, Ahvaz, Iran
3- Department of Agronomy and Plant breeding, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4- Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran