

بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و کارآیی مصرف آب و نیتروژن گیاه ذرت (SC 704)

- روزین قبادی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران (نویسنده مسئول)
- علی شیرخانی، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و منابع طبیعی استان کرمانشاه
- علی جلیلیان، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و منابع طبیعی استان کرمانشاه

تاریخ دریافت: اسفند ماه ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۳۳۰۶۳۵۲
پست الکترونیک نویسنده مسئول: rozhin.ghobadi@gmail.com

چکیده:

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی استفاده از آب و نیتروژن ذرت دانه ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی به صورت طرح کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد غرب انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح ۱۰٪، ۸۰٪ و ۶۰٪ نیاز کامل آبی گیاه بود و فاکتور فرعی کود نیتروژن شامل میزان توصیه شده بر اساس آزمون خاک (۱۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص)، ۳۰ درصد بیشتر از این میزان (۲۲۱ کیلوگرم نیتروژن خالص) و ۳۰ درصد کمتر از این میزان (۱۱۹ کیلوگرم نیتروژن خالص) در پلات های فرعی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش شدید خشکی نسبت به آبیاری مطلوب عملکرد دانه را به میزان ۴۵/۶۲ درصد کاهش داد. افزایش کود نیتروژن تا حد ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار با تأثیر بر افزایش شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد، عملکرد دانه را افزایش داد. اما مصرف نیتروژن در مقادیر بیشتر از نیاز گیاه نه تنها اثر مثبتی بر عملکرد نداشت بلکه در این شرایط عملکرد دانه نسبت به مصرف مقدار مناسب نیتروژن ۱۱/۳ درصد کاهش یافت. به علاوه در شرایط مصرف بهینه کود نسبت به مقادیر بیشتر آن نه تنها کارآیی مصرف نیتروژن افزایش یافت بلکه حداکثر کارآیی مصرف آب (۲/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب) نیز در این شرایط به دست آمد. در رابطه با اثر متقابل آبیاری و نیتروژن، افزایش هم زمان رطوبت خاک و نیتروژن عملکرد دانه را افزایش داد ولی مصرف مقادیر بالای کود نیتروژن در شرایط تنش رطوبتی به علت کاهش جذب و افزایش هدرروی نیتروژن عملکرد دانه را کاهش داد به طوری که بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۹/۲۳ تن در هکتار) در تیمار تأمین نیاز کامل آبی گیاه و کاربرد ۲۲۱ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد، و کمترین میزان آن (۹/۱۷ تن در هکتار) مربوط به تیمار تنش شدید خشکی و کاربرد ۲۲۱ کیلوگرم نیتروژن بود

کلمات کلیدی: ذرت، تنش خشکی، کارآیی مصرف نیتروژن، کارآیی مصرف آب

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:104 pp: 79-87

Effects of Water stress and nitrogen fertilizer on yield, its components, water and nitrogen use efficiency of corn (Zea mays L.) cv. SC. 704.

By:

- R. Ghobadi, (Corresponding Author; Tel: 09183306352), Young Researchers and Elite Club, Kermanshah Branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran
- A. Shirkhani, Scientific Staff of Kermanshah Research Center for Agriculture and Natural Resources
- A. Jalilian, Scientific Staff of Kermanshah Research Center for Agriculture and Natural Resources

Received: February 2012

Accepted: April 2013

To evaluate the effects of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and water and nitrogen use efficiency of corn, (hybrid Sc 704) an experiment was conducted as a split plot design based on randomized complete block with three replication in Agricultural Research Station in West Islamabad. Main factor included three levels of irrigation requirement (%100, %80 and %60 of irrigation requirement) and nitrogen fertilizer factor 170 kg of pure nitrogen per hectare, %30 more and %30 less than this amount positioned in the sub-plots. The results showed that drought stress caused reducing yield and its components. So that severe drought stress as compared to normal irrigation decreased the grain yield to 45.62 percent. Increasing nitrogen fertilizer up to 170/ha by influencing on leaf area index, biological yield and yield components, caused increasing the grain's yield. But nitrogen consumption greater than amount of plant need didn't have a positive effect on yield. On the other hand in this situation grain yield versus using the proper amount of nitrogen 11.3 percent decreased. In addition, under the condition of optimum consuming of fertilizer versus more than it not only increased nitrogen use efficiency but also maximum water use efficiency was obtained. Related to effects of irrigation and nitrogen interaction increasing soil moisture and nitrogen simultaneously increased the grain's yield; but using a great deal of nitrogen fertilizer under the condition of water stress due to decreased absorption and increased waste nitrogen, decreased the grain's yield; so the maximum amount of grain's yield (19.23 ton/ha) was achieved by treatment of affording full irrigation requirement and applying 221 kg of nitrogen and the lowest amount (9.17ton/ha) was obtained by treatment of severe drought stress and same amount of fertilizer.

key Words: Corn, drought stress, nitrogen use efficiency, water use efficiency.

مقدمه

خشکی یکی از مهم ترین فاکتورهای محدود کننده ی تولید ذرت در جهان است که هر ساله عملکرد جهانی ذرت را به طور متوسط ۱۷ درصد کاهش می دهد و در بعضی مناطق این کاهش تا ۷۰ درصد نیز گزارش شده است (۱۵). کمربند کشت ذرت در دنیا به دلیل ویژگی های خاص این گیاه به لحاظ چهار کربنه بودن و به ویژه گرماسپندی آن تطابق نزدیکی با مناطق خشک و نیمه خشک دارد. در مناطق خشک و نیمه خشک، شرایط ایده آل جهت تولید عملکرد زیاد این گیاه، به جز رطوبت کافی قابل تأمین می باشد. کشور ایران با داشتن تنوع آب و هوایی مناسب از جمله مناطق مستعد تولید ذرت است و این در حالی است که دو سوم زمین های کشاورزی ایران در مناطق نیمه خشک قرار دارند که عملاً با تنش خشکی مواجه هستند (۱۰). کمبود آب، رشد، نمو، اختصاص ماده خشک و عملکرد دانه را در طول هر مرحله از رشد ذرت تحت تأثیر قرار می دهد، اما میزان خسارت، به مرحله رشد در زمان تنش، شدت و مدت زمان کمبود آب بستگی دارد. در آزمایش لک و همکاران (۱۳۸۶) انجام دادند با افزایش شدت تنش خشکی، تعداد

دانه در هر بلال کاهش یافت به گونه ای که کمترین تعداد دانه در بلال (۴۰۳/۲ دانه در بلال) به تیمار تنش شدید رطوبتی تعلق داشت، به علاوه تنش رطوبتی موجب کاهش معنی دار وزن هزار دانه گردید به گونه ای که بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب مربوط به سطوح آبیاری مطلوب و تنش شدید رطوبتی بود. در مطالعه انجام شده توسط Di Marco و همکاران (۲۰۰۷) آبیاری میزان عملکرد دانه هر گیاه را به میزان ۴۳٪ افزایش داده بود، آن ها اثر آبیاری روی تولید دانه را به واسطه ی افزایش در عملکرد ماده خشک گیاه ذکر کردند که به میزان ۳۵٪ (۲۵۹ تا ۳۵۰ گرم) افزایش یافته بود.

علاوه بر کمبود آب، کمبود نیتروژن مورد نیاز می تواند فشار مضاعفی را بر رشد و عملکرد گیاه وارد آورد. نیتروژن عنصر ضروری برای رشد بوده و تغییر در مقادیر قابل دسترس آن به ویژه در شرایط تنش آب عملکرد گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مقدار مواد فتوسنتزی بین اندام های رویشی و زایشی مؤثر بوده و مراحل فنولوژیکی رشد و نمو در اثر کمبود نیتروژن به تأخیر می افتد (۲). بیش از نیمی از ۱۱۰ کیلوگرم در

می شود.

این تحقیق با هدف بررسی اثر سطوح متفاوت خشکی و کود نیتروژن و اثرات متقابل آن ها بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی استفاده از نهاده های آب و نیتروژن و تعیین بهترین میزان نیتروژن مصرفی در شرایط کم آبیاری ذرت دانه ای ۷۰۴ در شرایط استان کرمانشاه جهت استفاده در برنامه های به زراعی اجرا شد، تا به راهکارهایی مناسب جهت افزایش کارایی استفاده از منابع و کاهش هزینه ها دست یافت.

مواد و روش ها

این تحقیق در بهار و تابستان سال ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه واقع در اسلام آبادغرب (طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۴۶ متر از سطح دریا)، با استفاده از ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴ (دیررس- تک بلال و دندان اسی) اجرا شد. نتایج حاصل از آزمایشات خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. آزمایش به صورت طرح کرت های یک بار خرد شده بر پایه ی طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این بررسی ۹ تیمار شامل فاکتور آبیاری در سه سطح نیاز کامل آبی گیاه، ۸۰ درصد نیاز آبی و ۶۰ درصد نیاز آبی به عنوان فاکتور اصلی و سطوح مختلف کود نیتروژن (به صورت اوره) که بر اساس آزمون خاک تعیین شد شامل میزان توصیه شده بر اساس آزمون خاک (۱۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص معادل ۳۶۹/۵ کیلوگرم اوره در هکتار) ۳۰ درصد بیشتر از این میزان (۲۲۱ کیلوگرم نیتروژن خالص معادل ۴۸۰/۳ کیلوگرم اوره در هکتار) و ۳۰ درصد کمتر از این میزان (۱۱۹ کیلوگرم نیتروژن خالص معادل ۲۵۸/۷ کیلوگرم اوره در هکتار) در پلات های فرعی قرار گرفت که در سه مرحله ی هم زمان با کاشت، هفت برگی و قبل از گل دهی استفاده شد. نیاز آبی گیاه طی فصل رشد بر اساس معادله پنمن منتهی فائو (معادله ۱) با استفاده از نرم افزارهای اپتی وات و نت وات در دوره های ده روزه با توجه به آمار هواشناسی منطقه تعیین (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۷) و میزان آب آبیاری طبق فرمول: مساحت کرت (مترمربع) × نیاز آبی روزانه (میلی متر در روز) × دور آبیاری (روز) محاسبه و مقادیر آب در نظر گرفته شده برای هر کرت توسط سیستم کنتور و هیدروفیکس در اختیار گیاهان قرار گرفت.

معادله ۱:

$$ET_0 = \frac{0.408[\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2(es-ea)]}{\Delta + \gamma(1+0.34 U_2)}$$

که در آن:

ET₀: تبخیر و تعرق مرجع (mm.d-1)

Δ: شیب منحنی تغییرات فشار بخار اشباع (es) نسبت به درجه حرارت (KPa°C-1) (T)

Rn: میزان تابش خالص خورشیدی (MJ.m-2.d-1)

G: چگالی شار حرارتی خاک (MJ.m-2.d-1)

U₂: میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (m.s-1)

es و ea: فشار بخار اشباع و فشار واقعی بخار آب در هوا (Kpa)

g: ثابت سایکرومتری (Kpa°C-1) است.

هکتار افزایش سالیانه عملکرد ذرت در بیش از نیم قرن گذشته به بهبود کودپذیری و استفاده از کودهای نیتروژنه نسبت داده شده است (۲۳). افزایش نیتروژن منجر به تولید مقدار بیشتر ماده خشک و عملکرد دانه، همچنین موجب گسترش و حجیم شدن ریشه ها و جذب بیشتر رطوبت از خاک می شود، علاوه بر آن افزایش نیتروژن باعث تسریع رشد سبزینه ای، افزایش حجم بخش هوایی گیاه و افزایش تبخیر و تعرق گیاه می شود (۷). گزارشات متعددی در خصوص تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش تعداد دانه در بلال، وزن دانه و عملکرد دانه ذرت ثبت شده، از این رو تمایل به استفاده از مقادیر بیشتر کود نیتروژن وجود دارد (۲۸ و ۱۰). در آزمایشی که Rostami 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 ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. اما از سوی دیگر کاربرد نامناسب و فراوان کود نیتروژن باعث افزایش هزینه کاشت و افزایش احتمال آلودگی آب های زیرزمینی، تجمع نیترات در محیط ریشه و انتشار گازهای گلخانه ای می گردد (۲۷). به طور معمول گیاهان تنها ۳۰ تا ۵۰ درصد از کودهای غیر ارگانیک نیتروژن را به کار می برند و مابقی توسط تبخیر، دنیتریفیکاسیون و آبشویی هدر می رود (۲۶). همچنین مقادیر بسیار زیاد نیتروژن باعث کاهش جذب نیتروژن توسط گیاه شده و کارایی مصرف نیتروژن (عملکرد دانه به ازای یک واحد کود نیتروژن مصرف شده) کاهش می یابد در حال حاضر علی رغم این که مصرف کودهای شیمیایی در ایران بالاتر از مصرف متوسط جهانی و معادل متوسط مصرف کود در کشورهای توسعه یافته است، میزان تولید در واحد سطح پایین تر از این کشورهاست. مصرف کود تا زمانی مقرون به صرفه است که میزان افزایش عملکرد، هزینه مصرف کود بیشتر را تأمین نماید. به عبارت بهتر استفاده از کود نیز مانند هر سرمایه گذاری دیگر بایستی بازده منطقی داشته باشد زیرا که قانون بازده نزولی در مورد کود نیز صادق است (۳). بین رطوبت موجود در خاک و قابلیت استفاده ماده غذایی رابطه نزدیکی وجود دارد به طوری که منفعت حاصل از کاربرد کود را می توان نتیجه ای از شرایط آبی دانست (۱۹). بنا به نظر Magyes و همکاران (۲۰۰۴)، آبیاری راندمان کوددهی را افزایش می دهد و به علت همبستگی مثبت بین آبیاری و کوددهی، کوددهی در شرایط مطلوب آبی نسبت به کمبود آب صرفه اقتصادی بیشتری دارد. تحت شرایط کمبود آب در خاک که جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن کاهش می یابد، لزوم برقراری تناسب میان فزاهمی رطوبت در خاک و نیتروژن مصرفی ضروری به نظر می رسد (۵). از سوی دیگر ذرتی که خوب کود داده شده باشد آب را به طور مؤثرتری استفاده می کند زیرا از ریشه ی عمیق تر آب بیشتری جذب می کند و ریشه ها تا حدودی ظرفیت بیشتری برای جذب آب از خلل و فرج کوچک تر و غشاء آلی که ذرات خاک را احاطه کرده اند دارند. مصرف عناصر غذایی کافی به خصوص نیتروژن باعث می شود سیستم های ریشه ای عمیق تر و وسیع تری در طی رشد تولید شود. چون بهره برداری از آب رابطه نزدیکی با رشد ریشه دارد، تغذیه گیاه در شرایطی که رطوبت خاک کمتر از حد مطلوب است اثر مثبتی بر روی کارایی مصرف آب دارد و همچنین باعث افزایش عملکرد

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق نمونه برداری (cm)	بافت خاک	فسفر قابل جذب (av.P) p.p.m	پتاسیم قابل جذب (av.K) p.p.m	نیتروژن کل (درصد)	کربن آلی O.C%	منگنز (Mn) p.p.m	آهن (Fe) p.p.m	روی (Zn) p.p.m
۳۰-۰	سیلتی کلی	۱۱/۶	۶۴۰	۰/۰۸	۰/۸۱	۱۳/۶	۳/۹	۰/۷۸
۶۰-۳۰	سیلتی کلی	۷/۸	۶۳۰	۰/۱	۱/۰	۴/۲	۳/۷۸	۰/۷۲

میزان کود نیتروژن استفاده شده (kg) / عملکرد دانه تولید شده (kg) = کارایی مصرف نیتروژن
و کارایی اقتصادی مصرف آب طبق فرمول زیر (۱۳) محاسبه شد:

کیلوگرم دانه تولید شده در هکتار
مترمکعب آب آبیاری مصرفی در هکتار = کارایی اقتصادی مصرف آب بر حسب تولید دانه

تجزیه‌های آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص سطح برگ در مرحله گل دهی به طور معنی داری (در سطح احتمال ۱٪) تحت تأثیر مقادیر مختلف مصرف آب قرار گرفت (جدول ۲). به طوری که شاخص سطح برگ در تیمار تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی کمترین مقدار (۲/۲۵) تفاوت فاحشی با دو تیمار دیگر که در یک سطح آماری بودند داشت (جدول ۳). رشد سلولی یکی از حساس ترین فرآیندهای گیاه به تنش آبی است و قبل از فتوسنتز یا هدایت روزه ای کاهش پیدا می کند. تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل اسمزی از حد متوسط شده، در نتیجه فشار ترگر و پتانسیل آبی شیره ی سلولی کاهش پیدا می کند (۲۴). همچنین اثر سطوح کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ از نظر آماری در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش مقدار کود نیتروژن شاخص سطح برگ افزایش یافت به طوری که کمترین شاخص سطح برگ (۲/۳۳) در پایین ترین سطح کودی (۱۱۹ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به دست آمد و بیشترین مقدار آن (۳/۱۷) مربوط به کاربرد ۲۲۱ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود (جدول ۳). تأمین نیتروژن کافی برای گیاه شاخص سطح برگ را که زمینه تولید و تجمع ماده خشک است افزایش می دهد. در آزمایش Grazia و همکاران (۲۰۰۳) نیز مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ داشت و آن را افزایش داده بود.

طول بلال

اثر تیمارهای آبیاری بر طول بلال از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲)، به طوری که با کاهش مقدار آب مصرفی طول بلال کاهش یافت و بیشترین میزان طول بلال (۱۸/۲۴ سانتی متر) با آبیاری مطلوب به دست آمد که با تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه اختلاف معنی داری نداشت و کمترین میزان آن (۱۴/۶۱ سانتی متر) مربوط به تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (جدول ۳). کاهش طول بلال در تیمارهای تنش به دلیل مواجه شدن مراحل بحرانی رشد زایشی

مراحل آماده‌سازی زمین به صورت شخم پاییزه و دیسک بهاره انجام و سپس آماده‌سازی فاروها صورت گرفت. طول هر کرت ۶ متر و عرض آن ۲/۶ متر شامل چهار خط کاشت بود. فسفر به میزان ۲۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل در هکتار و پتاسیم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار به صورت پیش‌کاشت استفاده گردید. کاشت در ۱۷ اردیبهشت ماه به صورت دستی در عمق ۵ سانتی‌متری روی پشته و به صورت کپه‌ای انجام گردید، در هر کپه ۲ تا ۳ عدد بذر ضد عفونی شده با قارچ‌کش ویتاواکس (یک در هزار) قرار داده شد. فاصله خطوط کشت ۶۵ سانتی‌متر و روی خط بر اساس تراکم توصیه شده برای رقم (۲۰ سانتی‌متر) در نظر گرفته شد به طوری که تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار حاصل شد. در مرحله‌ی ۴ برگی پس از استقرار کامل گیاه تنک انجام و با استفاده از نیروی کارگری خاک بوته‌ها داده شد. تا قبل از مرحله ۶ برگی آبیاری مطلوب برای تمام کرت‌ها صورت گرفت و اولین تنش آبی در مرحله ۶ برگی در دوره‌های ده روزه بر اساس تیمارهای آبی در نظر گرفته شده اعمال گردید. دو سوم باقیمانده‌ی کود نیتروژن در مراحل هفت‌برگی و قبل از گل‌دهی بر اساس میزان محاسبه شده به کرت‌ها اضافه شد. در مرحله‌ی هفت‌برگی به منظور مبارزه با علف‌های هرز با استفاده از علف‌کش 2-4-D به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار سم‌پاشی انجام شد، به منظور کنترل آفت طوقه‌بر (آگروتیس) سم‌پاشی با استفاده از سم دیازینون در مرحله‌ی دو برگی انجام شد. در مرحله گل دهی سطح برگ ۶ بوته که به طور تصادفی از ردیف دوم و سوم انتخاب شده بودند اندازه‌گیری شد. سطح برگ که در مرحله گل دهی حداکثر است، بر اساس فرمول مونتگومری از حاصل ضرب بیشترین عرض در طول برگ در ضریب ثابت ۰/۷۵ محاسبه گردید (۲۱). به منظور تعیین عملکرد و اجزای آن برداشت بلال‌های ۲ ردیف میانی هر واحد آزمایشی در زمان بلوغ فیزیولوژیک و پیدا شدن لایه سیاه در محل اتصال دانه به چوب بلال، پس از حذف دو خط کناری و دو بوته از ابتدا و انتهای هر کرت (به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای) به صورت دستی انجام گرفت. طول بلال، وزن چوب بلال، درصد چوب بلال، تعداد ردیف در هر بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن صد دانه با استفاده از ۶ بلال که به صورت تصادفی جدا شده بودند، محاسبه گردید. در زمان برداشت میزان رطوبت دانه‌های هر کرت جداگانه به وسیله دستگاه رطوبت سنج تعیین و یادداشت شد و در نهایت وزن دانه‌ها بر اساس رطوبت ۱۴ □ و بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید. در زمان برداشت بخش هوایی بوته‌های هر کرت به همراه بلال برداشت و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و پس از توزین به عنوان عملکرد بیولوژیکی بر حسب تن در هکتار منظور شد. مقدار کارایی مصرف نیتروژن با استفاده از رابطه زیر (۱۸) محاسبه شد:

تا حد ۱۷۰ کیلوگرم تعداد دانه در ردیف بلال را افزایش داد اما با افزایش بیشتر نیتروژن تعداد دانه در ردیف کاهش یافت که می تواند به کاهش میزان ماده خشک تولیدی به علت تأثیر منفی مقادیر زیاده از حد نیتروژن در شرایط تنش خشکی نسبت داده شود.

وزن صد دانه

اثر سطوح مختلف آبیاری بر میانگین وزن صد دانه از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲)، به نحوی که بالاترین وزن صد دانه (۲۹۲/۱ گرم) در تیمار آبیاری مطلوب به دست آمد و کمترین مقدار آن (۲۵۲/۴ گرم) در تیمار تنش شدید خشکی (تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه) حاصل شد (جدول ۳). اثر سطوح نیتروژن بر میانگین وزن صد دانه در از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش کود نیتروژن تا میزان توصیه شده وزن صد دانه افزایش یافت اما با افزایش بیشتر کود نیتروژن وزن صد دانه کاهش یافت (جدول ۳). با مصرف بهینه نیتروژن، سرعت رشد برگ ها افزایش یافته و برگ ها در مدت زمان کمتری نسبت به عدم مصرف نیتروژن رشد خود را تکمیل می کنند و مواد فتوسنتزی مازاد بر نیاز خود را ذخیره کرده و بعد از گرده افشانی به دانه منتقل می کنند. وقتی که گیاه تحت تأثیر عوامل محیطی در دوره های مختلف رشد قرار می گیرد ترکیبات ذخیره شده در اندام های هوایی نقش مهمی را در پر کردن دانه ها ایفا می کنند (۸). در رابطه با کاهش وزن صد دانه در اثر کاربرد مقادیر زیاده از حد کود نیتروژن نسبت به مصرف مقدار توصیه شده می توان گفت که در چنین حالتی افزایش بیش از حد کود نیتروژن با تمديد رشد رویشی، فاز زایشی گیاه را به تأخیر می اندازد در نتیجه ی این تأخیر طول دوره ی پر شدن دانه کاهش یافته و دانه ها فرصت زمان کمتری برای تجمع آسمیلات های فتوسنتزی خواهند داشت. Zeidan و همکاران (۲۰۰۶) نیز در رابطه با اثر مقادیر بالای نیتروژن بیان داشتند که مصرف کودهای نیتروژنه زیاده از نیاز گیاه بلال دهی را به تأخیر انداخته و فاصله بین گرده افشانی و ظهور بلال را افزایش می دهد و طول دوره پر شدن دانه را ۳ تا ۴ روز کاهش می دهد و در نتیجه ظرفیت و عملکرد دانه کاهش می یابد. اثر متقابل تنش خشکی و نیتروژن بر وزن صد دانه معنی دار نبود (جدول ۲).

عملکرد بیولوژیک

تیمار آبیاری با سطح احتمال ۱٪ باعث تغییر معنی دار وزن ماده خشک اندام هوایی گیاه شد (جدول ۲)، بیشترین عملکرد بیولوژیک (۴۰/۳۰ تن در هکتار) در شرایط آبیاری مناسب به دست آمد و با اعمال تنش خشکی از مقدار تولید ماده خشک گیاه کاسته شد (جدول ۳). اثر سطوح نیتروژن نیز بر عملکرد بیولوژیک از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲)، با افزایش مصرف کود نیتروژن از ۱۱۹ به ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار، وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت، اما کاربرد ۲۲۱ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار وزن خشک اندام هوایی را کاهش داد (جدول ۳). 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. اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک نیز از لحاظ آماری در سطح

با کمبود مواد پرورده می باشد. غدیری و مجیدیان (۱۳۸۲) نیز طی تحقیق خود کاهش طول بلال را با افزایش شدت تنش خشکی عنوان داشتند. همچنین سطوح مختلف کود نیتروژن تأثیر معنی داری روی طول بلال نداشت (جدول ۲). بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر طول بلال غیر معنی دار بود (جدول ۲).

قطر چوب بلال

قطر چوب فقط تحت تأثیر سطوح آبیاری در سطح احتمال ۵٪ معنی دار گردید و تیمار آبیاری مطلوب بیشترین قطر چوب بلال را به میزان (۲۳/۴۸ میلی متر) تولید نمود و با افزایش شدت تنش خشکی قطر چوب بلال کاهش یافت (جدول ۳)، با افزایش شدت تنش خشکی تولیدات فتوسنتزی کاهش می یابد، سهم بلال و به تبع آن سهم چوب بلال از آسمیلات های فتوسنتزی کمتر شده و در نتیجه قطر چوب بلال در این شرایط نسبت به شرایط مطلوب آبی کاهش یافت.

درصد چوب بلال

با افزایش شدت تنش رطوبتی درصد چوب بلال به طور معنی داری (در سطح ۵٪) افزایش یافت (جدول ۲). کمترین درصد چوب بلال (۱۳/۳۱ درصد) در شرایط تأمین نیاز آبی کامل گیاه و بیشترین مقدار آن معادل ۱۷/۲۸ درصد مربوط به تنش شدید رطوبتی بود (جدول ۳). به عبارتی در شرایط تنش نسبت سهم چوب به دانه در بلال در مقایسه با شرایط مطلوب افزایش یافت، در شرایط تنش خشکی دانه ها (تعداد و وزن) که مخزن اصلی جهت دریافت مواد فتوسنتزی هستند کاهش یافته و سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی تجمع یافته در بلال به چوب اختصاص می یابد. سطوح مختلف کود نیتروژن تأثیر معنی داری روی درصد چوب بلال نداشت (جدول ۲).

تعداد ردیف دانه

تعداد ردیف دانه در بلال تحت تأثیر تیمار آبیاری در سطح احتمال ۵٪ معنی دار گردید و با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین تعداد ردیف در بلال (۱۵/۰۲) در تیمار آبیاری مطلوب و کمترین تعداد (۱۳/۵۳) با تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۳). کاهش تعداد ردیف دانه در بلال همراه با افزایش شدت تنش خشکی حاکی از این مطلب است که مقادیر مختلف آبیاری دریافت مواد فتوسنتزی توسط مقاصد فیزیولوژیکی را تحت تأثیر قرار داده است. تعداد ردیف دانه در بلال تحت تأثیر تیمار کودی و اثر متقابل فاکتورها قرار نگرفت. به نظر می رسد صفت فوق صفتی ژنتیکی بوده هر چند که می تواند تحت تأثیر محیط قرار بگیرد. در آزمایش Sharifi و Taghizadeh (۲۰۰۹) نیز سطوح نیتروژن بر تعداد ردیف های دانه اثر معنی داری نداشت.

تعداد دانه در ردیف

اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر تعداد دانه در ردیف بلال در سطح ۵٪ معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در ردیف (۴۷/۶) مربوط به تیمار تأمین نیاز کامل آبی گیاه و حداکثر مقدار نیتروژن بود و کمترین آن (۳۱/۶۷) در تیمار تنش شدید خشکی و حداکثر مقدار نیتروژن به دست آمد (جدول ۴). در تیمار آبیاری کامل با افزایش میزان نیتروژن مصرفی تعداد دانه در ردیف بلال افزایش یافت اما در تیمارهای تنش ملایم و شدید رطوبتی افزایش کود نیتروژن

افزایش عملکرد دانه شود و پس از آن عملکرد ثابت بوده یا کاهش می یابد که به نظر می رسد افزایش بیش از حد کلروفیل برگ در این شرایط کارآمد نبوده و عملکرد توسط سایر عوامل محدود کننده کاهش می یابد. می توان عنوان نمود که افزایش هم زمان رطوبت خاک و نیتروژن منجر به افزایش عملکرد دانه می شود ولی در صورت تنش رطوبتی افزایش نیتروژن عملکرد دانه را کاهش می دهد. بدون آبیاری کوددهی باعث کاهش عملکرد می شود. این نتایج با نتایج Magyes و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت با از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ تحت تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت (جدول ۲). شاخص برداشت در تیمار تنش ملایم رطوبتی نسبت به آبیاری مطلوب افزایش یافت به طوری که بیشترین شاخص برداشت (۵۰/۶۶ درصد) در شرایط تنش ملایم رطوبتی به دست آمد ولی در تیمار تنش رطوبتی شدید شاخص برداشت کاهش یافت و کمترین میزان (۴۵/۶ درصد) به دست آمد (جدول ۳). بنابراین با توجه به این که در شرایط تنش ملایم رطوبتی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک هر دو نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت، افزایش شاخص برداشت در این حالت به علت تأثیر بیشتر تنش بر عملکرد بیولوژیک (مخرج کسر) نسبت به عملکرد اقتصادی (صورت کسر) می باشد. به عبارت دیگر تنش ملایم رطوبتی، عملکرد دانه را نسبت به عملکرد بیولوژیک کمتر تحت تأثیر قرار داده و شاخص برداشت در مقایسه با آبیاری مطلوب افزایش می یابد. در آزمایش Moser و همکاران (۲۰۰۹) نیز تنش خشکی شاخص برداشت را در مقایسه با آبیاری مطلوب افزایش داد. دلیل کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش شدید خشکی تأثیر بیشتر تنش بر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک است به عبارتی حساسیت بیشتر رشد زایشی نسبت به شرایط نامطلوب در مقایسه با رشد رویشی می باشد. به علاوه در اثر کمبود شدید آب به دلیل اختلال در توزیع مواد فتوسنتزی، شاخص برداشت نیز کاهش پیدا می کند، که از دلایل احتمالی آن می توان به تسریع پیری گیاه و کاهش دوره پر شدن دانه و در نتیجه کاهش وزن دانه اشاره نمود. شاخص برداشت بیان گر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین اندام های رویشی گیاه و دانه می باشد. لک و همکاران (۱۳۸۵) نیز کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش رطوبتی را به علت تأثیر بیشتر تنش بر عملکرد دانه نسبت به عملکرد ماده خشک عنوان داشتند. اختلاف میان سطوح کود نیتروژن از لحاظ شاخص برداشت در سطح ۵٪ معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش میزان کود مصرفی شاخص برداشت کاهش یافت به نحوی که بیشترین میزان شاخص برداشت (۵۰/۱۳ درصد) در پایین ترین سطح نیتروژن مصرفی به دست آمد و کمترین آن (۴۵/۹ درصد) مربوط به کاربرد مقادیر بالای کود نیتروژن بود (جدول ۳). به عبارتی با مصرف مقادیر کم نیتروژن از مجموع مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه نسبت بیشتری به دانه اختصاص می یابد و با افزایش کود نیتروژن تا حد نیاز گیاه، با این که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به علت اثر مثبت نیتروژن بر فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی افزایش می یابد اما سهم کمتری از آسمیلات های فتوسنتزی به دانه اختصاص یافته یعنی افزایش عملکرد دانه نسبت به افزایش عملکرد بیولوژیک کمتر بوده و شاخص برداشت

احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک (۴۴/۹ تن در هکتار) مربوط به تیمار آبیاری مطلوب و بیشترین میزان نیتروژن مصرفی بود و کمترین میزان (۲۰/۲۲ تن در هکتار) در شرایط تنش شدید خشکی و بالاترین سطح نیتروژن به دست آمد، در شرایط آبیاری مطلوب با افزایش میزان نیتروژن عملکرد بیولوژیک افزایش یافت اما در شرایط تنش ملایم و شدید رطوبتی افزایش کاربرد کود نیتروژن تا حد ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیولوژیک را افزایش داد در حالی که با مصرف مقدار بیشتر کود عملکرد بیولوژیک کاهش یافت (جدول ۴). می توان عنوان داشت که در شرایط تنش رطوبتی افزایش کود تا حد نیاز گیاه باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تأثیر منفی کمبود آب بر عملکرد بیولوژیک گیاه می شود، به عبارتی کاربرد مقادیر مناسب کود نیتروژن می تواند مقابله با تنش آبی را در گیاه ذرت افزایش دهد اما مصرف مقادیر بیشتر از نیاز نیتروژن در شرایط تنش رطوبتی بر عملکرد بیولوژیک تأثیر نامطلوب دارد.

عملکرد دانه

اثر مقادیر مختلف آب بر عملکرد دانه از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). به طوری که بالاترین میزان عملکرد (۱۸/۷۲ تن در هکتار) با آبیاری مطلوب به دست آمد و کمترین مقدار آن (۱۰/۱۸ تن در هکتار) مربوط به تیمار تنش شدید آبی بود (جدول ۳). علت اصلی کاهش عملکرد دانه در تیمارهای تحت تأثیر تنش خشکی (ملایم و شدید) نسبت به آبیاری مطلوب کاهش معنی دار تعداد دانه در بلال و وزن دانه در این تیمارها بود. همچنین اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه از نظر آماری با سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). با افزایش مقدار کود نیتروژن تا حد ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد نسبت به کاربرد ۱۱۹ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار افزایش یافت، در حالی که با افزایش بیشتر کود تا حد ۲۲۱ کیلوگرم در هکتار عملکرد کاهش یافت به گونه ای که کمترین میزان عملکرد دانه (۱۴/۱۱ تن در هکتار) مربوط به این تیمار کودی بود (جدول ۳). اثر متقابل تیمارهای آبیاری و میزان های نیتروژن بر عملکرد دانه در از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲)، بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۹/۲۳ تن در هکتار) در تیمار آبیاری مطلوب و بیشترین مقدار کود مصرفی به دست آمد، و کمترین میزان آن (۹/۱۷ تن در هکتار) مربوط به تیمار تنش شدید خشکی و بیشترین مقدار کود بود. در شرایط مطلوب از نظر آبیاری افزایش مصرف کود نیتروژن عملکرد دانه را افزایش داد اما در شرایط تنش ملایم و شدید رطوبتی کاربرد نیتروژن تا حد میزان توصیه شده (۱۷۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد را افزایش داد، اما با افزایش بیشتر کود نیتروژن (۲۲۱ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه کاهش یافت (جدول ۴). در صورت کمبود شدید رطوبت خاک جذب نیتروژن توسط گیاه دچار اختلال می گردد و نیتروژن مورد نیاز برای مراحل بحرانی رشد حتی در صورت افزایش نیترات خاک فراهم نمی گردد و در نتیجه عملکرد دانه کاهش می یابد، آبیاری سبب افزایش جذب نیتروژن می شود و افزایش تنش آب به خودی خود توانایی گیاه را از نظر استخراج نیترات خاک محدود می سازد (۱۱). خزاعی و همکاران (۱۳۸۴) نیز بیان داشتند که بالا بودن درصد نیتروژن برگ در شرایط تنش تا یک میزانی می تواند باعث

از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). در هر سه سطح آبیاری با افزایش کاربرد نیتروژن کارایی استفاده از نیتروژن کاهش یافت (جدول ۴). تلفات بیشتر نیتروژن در سطوح بالای کاربرد نیتروژن را می توان به کاهش جذب این عنصر در شرایط تنش رطوبتی خاک نسبت داد. در شرایط تنش خشکی نیاز نیتروژن غلات بستگی زیادی به رطوبت قابل دسترس خاک و مقدار نیتروژن قابل استفاده آن دارد. Zakia و همکاران (۲۰۱۰) عنوان نمودند زمانی که آب عامل محدود کننده ی رشد گیاه نیست، مصرف مقادیر زیاد نیتروژن برای رشد گیاه سودمند خواهد بود، در حالی که تحت شرایط تنش رطوبتی، کاربرد کود نیتروژن رشد رویشی گیاه را افزایش می دهد، با افزایش رشد رویشی میزان تبخیر و تعرق افزایش می یابد و رطوبت موجود در خاک از این طریق تخلیه می شود و این امر منجر به کاهش میزان ماده خشک تولیدی به ازای هر واحد نیتروژن مصرفی و کاهش کارایی مصرف نیتروژن می شود. بنابراین در صورت عدم دسترسی به آب کافی و مواجهه گیاه با کمبود شدید آب در خاک، کاهش مصرف نیتروژن از یک سو باعث کاهش هزینه ها می شود و از سوی دیگر از مصرف بی مورد نهاده ها که معمولاً با افزایش عملکرد همراه نیست، جلوگیری به عمل خواهد آورد (۹).

کاهش می یابد. با افزایش نیتروژن به میزان بیشتر از نیاز گیاه نیز به علت اثر منفی مقادیر بالای کود بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و حساسیت بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک در این شرایط شاخص برداشت کاهش یافت. اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر شاخص برداشت بر اساس تجزیه واریانس معنی دار نبود (جدول ۲).

کارایی مصرف آب

اثر متقابل سطوح آبیاری و کود نیتروژن بر کارایی مصرف آب از لحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۲). روند تغییرات کارایی مصرف آب و عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح متفاوت آبیاری و نیتروژن نیز مشابه بود، در شرایط آبیاری مطلوب با افزایش مقدار کود نیتروژن کارایی مصرف آب به طور معنی داری افزایش یافت اما در شرایط تنش رطوبتی (ملایم و شدید) کاربرد کود نیتروژن تا حد نیاز گیاه کارایی مصرف آب را افزایش داد اما افزایش بیشتر کود نیتروژن شاخص مزبور را کاهش داد (جدول ۴). این بررسی با نتایج تحقیقات آزمایشی Al-Kaisi و Yin (۲۰۰۳) مطابقت دارد آن ها عنوان نمودند در صورت کافی بودن آب مصرف کود نیتروژن در خاک های دارای کمبود نیتروژن راندمان مصرف آب را افزایش می دهد.

کارایی مصرف نیتروژن

اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر کارایی استفاده از نیتروژن

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

میانگین مربعات (MS)																			
تکرار	تنش خشکی	خطای a	کود نیتروژن	خشکی * نیتروژن	خطای b	ضریب تغییرات (%)	شخص	طول	قطر	درصد	تعداد ردیف	تعداد دانه در	وزن	عملکرد	عملکرد	شاخص	کارایی مصرف	کارایی مصرف	
۲	۲	۴	۲	۴	۱۲	-	سطح برگ	بلال	چوب بلال	چوب بلال	در بلال	ردیف بلال	صد دانه	دانه	بیولوژیک	برداشت	نیتروژن	مصرف آب	
۰/۰۹۶ ns	۲/۲۷۳ **	۰/۰۷۳	۱/۶۶۳ **	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۳۹	-	۰/۷۱۳ ns	۲/۴۴۱ ns	۴/۶۶۳ ns	۰/۹۴۸ ns	۰/۹۴۸ ns	۲۴/۲۲۳ ns	۷۹/۳۸۳ ns	۰/۹۶۶ ns	۸۰/۸۶ ns	۲/۷۷۸ ns	۴۷/۵۲۲ ns	۰/۰۴۱ ns	۰/۰۴۱ ns
۲/۲۷۳ **	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۷۳	۳۴/۳۰۷ **	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۳۹	-	۳۴/۳۰۷ **	۰/۶۸۱ *	۳۷/۷۴ *	۵/۰۱۸ *	۲۹۸/۷۲۷ **	۳۵۴۳/۵۹۰ **	۱۷۰/۹۶۷ **	۱۷۰/۹۶۷ **	۷۳۲/۰۸۳ **	۶۱/۵۱۶ *	۶۶۲۴/۵۲۹ **	۰/۳۵۹ *	۰/۳۵۹ *
۰/۰۷۳	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۷۳	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۳۹	-	۱/۹۷	۴/۸۸۲	۳/۱۰۲	۰/۶۶۶	۳/۸۳۵	۱۳۲/۱۳۱	۱/۰۴۵	۱/۰۴۵	۳/۴۸۳	۴/۳۳۸	۴۲/۶۵۲	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴
۱/۶۶۳ **	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۷۳	۱/۲۵۵ ns	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۳۹	-	۱/۲۵۵ ns	۵/۸۹۰ ns	۳/۹۶۷ ns	۰/۴۰۸ ns	۳۰/۳۶۰ *	۳۲۱/۰۲۷ *	۷/۳۹۷ **	۷/۳۹۷ **	۴۳/۷۰۹ **	۴۲/۲۰۳ *	۸۱۷۴/۳۸۸ **	۰/۲۷۷ **	۰/۲۷۷ **
۰/۰۷۴ ns	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۷۳	۲/۶۴۹ ns	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۳۹	-	۲/۶۴۹ ns	۴/۳۰۴ ns	۱/۲۶۵ ns	۰/۴۰۶ ns	۲۲/۶۷۱ *	۱۴۷/۰۲۷ ns	۳/۹۱۳ **	۳/۹۱۳ **	۴۳/۹۰۷ **	۱۴/۸۷۹ ns	۳۰/۶۶۱ **	۰/۱۲۱ **	۰/۱۲۱ **
۰/۰۳۹	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۷۳	۳/۳۵۹	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۳۹	-	۳/۳۵۹	۲/۳۷۹	۱/۴۶۳	۰/۳۸۰	۴/۷۹۷	۵۹/۱۱۱	۰/۶۲۴	۰/۶۲۴	۴/۷۶۰	۸/۲۴۶	۲۷/۴۲۸	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱
۹/۴۲	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۷۳	۱۰/۷۸	۰/۰۷۴ ns	۰/۰۳۹	-	۱۰/۷۸	۷/۳۸	۸/۰۵	۴/۳۳	۵/۸۲	۲/۸۲	۵/۲۹	۵/۲۹	۶/۹۶	۶/۰۱	۵/۵۷	۵/۸۵	۵/۸۵

** = اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد * = اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد NS = عدم اختلاف معنی دار

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده مقادیر مختلف مصرف آب و کود نیتروژن بر صفات اندازه گیری شده

تیمار	صفات	شاخص سطح برگ	طول بلال (سانتی متر)	قطر چوب بلال (میلی متر)	درصد چوب بلال	تعداد ردیف در بلال	وزن صد دانه (گرم)	برداشت (درصد)	مقدار آب مصرفی	
									۱۰۰ (D1)	۸۰ (D2)
مقدار آب مصرفی	۱۰۰ (D1)	۳/۲۳ a	۱۸/۲۴ a	۲۳/۴۸ a	۱۳/۳۱ b	۱۵/۰۲ a	۲۹۲/۱ a	۴۶/۹۷ b	۱۰۰ (D1)	۱۰۰ (D1)
بر اساس نیاز گیاه (درصد)	۸۰ (D2)	۲/۹۱ a	۱۷/۶۷ a	۲۰/۷۷ ab	۱۴/۴۶ b	۱۴/۱۸ ab	۲۷۲/۹ b	۵۰/۶۶ a	۸۰ (D2)	۸۰ (D2)
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	۶۰ (D3)	۲/۲۵ b	۱۴/۶۱ b	۱۸/۴۶ b	۱۷/۲۹ a	۱۳/۵۳ b	۲۵۲/۴ c	۴۵/۶۰ b	۶۰ (D3)	۶۰ (D3)
نیتروژن	۱۱۹ (N1)	۲/۳۳ c	۱۶/۹۲ a	۱۹/۹۷ a	۱۵/۶۴ a	۱۴/۳۴ a	۲۶۵/۶ b	۵۰/۱۳ a	۱۱۹ (N1)	۱۱۹ (N1)
نیتروژن	۱۷۰ (N2)	۲/۹۰ b	۱۷/۱۷ a	۲۱/۴۰ a	۱۴/۳۲ b	۱۴/۰۰ a	۲۷۵/۹ a	۴۷/۱۹ ab	۱۷۰ (N2)	۱۷۰ (N2)
نیتروژن	۲۲۱ (N3)	۳/۱۷ a	۱۶/۴۳ a	۲۱/۳۳ a	۱۵/۰۹ ab	۱۴/۳۹ a	۲۶۲/۳۳ b	۴۵/۹۰ b	۲۲۱ (N3)	۲۲۱ (N3)

در هر ستون و در هر گروه تیماری میانگین های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت آماری معنی داری ندارند.

جدول ۴ مقایسه میانگین اثرات متقابل مقادیر مختلف مصرف آب و کود نیتروژن بر صفات اندازه گیری شده

صفات تیمار	تعداد دانه در ردیف بلال	عملکرد دانه (تن/هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن/هکتار)	کارآیی مصرف آب (kg/m ³)	کارآیی مصرف نیتروژن (kg/kg)
D1N1	۳۹/۹۰ b	۱۸/۰۰ ab	۳۴/۷۰ b	۲/۳۹ cd	۱۵۱/۳ a
D1N2	۴۳/۷۳ ab	۱۸/۹۳ a	۴۱/۳۰ a	۲/۵۱ bc	۱۱۱/۳ c
D1N3	۴۷/۶۰ a	۱۹/۲۳ a	۴۴/۹۰ a	۲/۵۶ bc	۸۷/۰۶ e
D2N1	۳۴/۹۰ c	۱۶/۶۷ b	۳۱/۸۸ bc	۲/۷۷ ab	۱۴۰/۰ b
D2N2	۴۰/۳۷ b	۱۷/۲۳ b	۳۴/۴۰ b	۲/۸۶ a	۱۰۱/۴ d
D2N3	۳۵/۱۰ c	۱۳/۹۳ c	۲۸/۱۴ cd	۲/۳۱ cd	۶۲/۹۴ f
D3N1	۳۱/۹۳ c	۹/۸۰ e	۲۱/۲۷ e	۲/۱۶ de	۸۲/۰۹ e
D3N2	۳۳/۳۳ c	۱۱/۵۷ d	۲۵/۳۰ d	۲/۵۶ bc	۶۸/۰۴ f
D3N3	۳۱/۶۷ c	۹/۱۷ e	۲۰/۲۲ e	۲/۰۳ e	۴۱/۴۷ g

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده ی عدم اختلاف معنی دار بین تیمارها بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

D1: تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه
D2: تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه
D3: تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه
N1: ۱۱۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار
N2: ۱۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار
N3: ۲۲۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

نتیجه گیری

رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays L.*)، مجله علوم زراعی ایران. جلد ۴، صفحات ۲۰۱-۱۸۴.

۳. شهسواری، ن.، و صفاری، م. (۱۳۸۴) اثر مقدار نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم در کرمان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، جلد ۶۶، صفحات ۸۷-۸۲.

۴. علیزاده، ا.، و کمالی، غ.ع. (۱۳۸۷) نیاز آبی گیاهان در ایران، انتشارات دانشگاه اما رضا.

۵. علیزاده اقیانوس، پ.، آذری، آ. و سلیمی، م. (۱۳۸۸) بررسی واکنش عملکرد دانه ی لاین ها و هیبریدهای ذرت به اثر متقابل تنش رطوبتی و مقادیر کود نیتروژن، اولین همایش ملی تنش های محیطی در علوم کشاورزی. دانشگاه بیرجند.

۶. غدیری، ح. و مجیدیان، م. (۱۳۸۲) تأثیر سطوح نیتروژن و قطع آبیاری در مراحل شیری و خمیری شدن دانه بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی استفاده از آب در ذرت دانه ای (*Zea mays L.*)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال هفتم. جلد ۲، صفحات ۱۱۲-۱۰۳.

۷. فولادمند، ح.ر.، نیازی، ج.ا.، کشاورزی شیرازی، ه. و جوکار، ل. (۱۳۸۵) اثر متقابل مقادیر مختلف آبیاری و ازت بر عملکرد گندم. مجله علمی- پژوهشی علوم کشاورزی، سال دوازدهم. جلد ۴، صفحات ۷۸۶-۷۷۹.

۸. کاظمی پشت مساری، ح.، پیردشتی، ه.ا. و بهمنیار، م.ع. (۱۳۸۷) بررسی انتقال مجدد نیتروژن در ارقام مختلف برنج (*Oreza sativa L.*) در مقادیر و تقسیط مختلف کود نیتروژن، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. شماره ۱، جلد ۳، صفحات ۱-۱۶.

۹. لک، ش.، نادری، ا.، سیادت، ع.ا.، آینه بند، ا.، نورمحمدی، ق. و موسوی، ه. (۱۳۸۶). تأثیر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و انتقال

در پژوهش حاضر مشاهده شد که افزایش همزمان رطوبت خاک و نیتروژن منجر به افزایش عملکرد دانه می شود ولی مصرف مقادیر بالای کود نیتروژن در شرایط کمبود آب در خاک به علت کاهش جذب و افزایش هدر روی نیتروژن عملکرد دانه را کاهش می دهد، بنابراین در صورت عدم دسترسی به آب کافی جهت تأمین نیاز کامل آبی ذرت مصرف مقادیر بالای کود نیتروژن علاوه بر افزایش هزینه تولید و آلودگی های زیست محیطی عملکرد دانه را نیز کاهش می دهد. با انتخاب ترکیب مناسب تیمار آبیاری و نیتروژن می توان شرایط مناسب برای بهبود عملکرد را فراهم آورد. تیمار WIN3 (تأمین نیاز کامل آبی گیاه و کاربرد ۲۲۱ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) که بالاترین رکورد عملکرد دانه (۱۹/۲۳ تن در هکتار) را به خود اختصاص داد به عنوان ترکیب تیماری برتر در این آزمایش معرفی می گردد. البته شایان ذکر است با توجه به ضرورت رویکرد به کاهش مصرف کودهای شیمیایی و در راستای عمل به توصیه های کشاورزی پایدار می توان انتخاب تیمار WIN2 را نیز توصیه نمود، در این حالت با تأمین نیاز کامل آبی گیاه و دریافت کود نیتروژن متناسب با نیاز گیاه (۱۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در این آزمایش) میزان ۱۸/۹۳ تن دانه تولید شد و از این نظر با تیمار رکورد دار در یک گروه آماری قرار گرفت. بنابراین در مناطق مشابه محل اجرای طرح تیمار مزبور قابل توصیه می باشد.

منابع مورد استفاده

۱. خزاعی، ح.، محمدآبادی، ع.ا. و برزویی، ا. (۱۳۸۴) بررسی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک انواع ارزن در رژیم های مختلف آبیاری، مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۳، شماره ۱، صفحات ۳۵-۴۴.
۲. سپهری، ع.، مدرس ثانوی، م.ع.، قره یاضی، ب. و یمینی، ی. (۱۳۸۱) تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل

- (108-159).
21. Rostami, M. Koocheki, A. R. Nassiri Mahallai, M. and Kafi, M. (2008) Evaluation of chlorophyll meter (SPAD) data for prediction of nitrogen status in corn (*Zea mays* L.), American- Eurasian J. Agric. & Environ, Sci, 3(1): 79-85.
 22. Sharifi, R. S. and Taghizadeh, R. (2009) Response of maize (*Zea mays* L.) cultivars to different levels of nitrogen fertilizer, Journal of Food. Agriculture & Environment 7(3&4): 518-521.
 23. UR Rahman, M. GUL, S. and Ahmad I. (2004) Effects of water stress on growth and photosynthetic pigments of corn (*Zea mays* L.) cultivars. International Journal of agriculture & biology6(4): 652-655.
 24. UR Rahman, H. Ali, A. Waseem, M. Tanveer, A. Tahir, M. Nadeem, M. A. and Zamir, S. I. (2010) Impact of nitrogen application growth and yield of maize (*Zea mays* L.) growth aline and in combination with cowpea (*Vigna unguiculata* L.). American-Euain J. gri & Environ Sci 7(1): 43-47.
 25. Yu-kui, R. Yun-feng, P. Zheng-rui, W. and Jian-bo. (2009) Stem perimeter, height and biomass of maize (*Zea mays* L.) grown under different N fertilization regims in Beijing, China. International Journal of Plant Production 3(2): 85-90.
 26. Zakia, I. A. Dawelbeit, S. E. and Salih, A. A. (2010) Effect of water stress and nitrogen application on grain yield of wheat, <http://www.arcsudan.sd/proceedings/>.
 27. Zeidan, M. S. Amany, A. and El-Kramany, M. F. (2006) Effect of N-fertilizer and plant density on yield and quality of maize in sandy soil. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 2(4): 156-161.
- ۴۲، صفحات ۱-۱۴.
 ۱۰. لک، ش.، نادری، ا.، سیادت، ع.ا.، آینه بند، ا. و نورمحمدی، ق (۱۳۸۵) اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴ در خوزستان، مجله علوم زراعی ایران. جلد ۸، صفحات ۱۷۰-۱۵۳.
 ۱۱. مجدم، م.، نادری، ا.، نورمحمدی، ق.، سیادت، ع.ا.، آینه بند، ا. و موسوی، ه. (۱۳۸۷) بررسی تأثیر تنش کمبود آب، مقادیر مختلف و شیوه توزیع نیتروژن بر عملکرد دانه و بازده نیتروژن ذرت دانه ای. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۱، صفحات ۹۷-۱۰۶.
 ۱۲. مجیدیان، م.، فلاوند، ا.، کریمیان، ن.ع. و کامگارحقیقی، ع.ا. (۱۳۸۷) تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن، کود دامی و آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، شماره ۱، جلد ۱، صفحات ۸۵-۶۷.
 ۱۳. هاشمی دزفولی، ا. (۱۳۷۳) مفهوم کارایی مصرف آب، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. جلد ۲۵، صفحات ۳۴-۳۷.
 14. Al-Kaisi, M. M., and Yin, X. (2003) Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. Agronomy Journal 95(1475-1482).
 15. Dashtbandan Nejad, S., Saki, T. and Lack, S. (2010) Study effect drought stress and different levels potassium fertilizer on K⁺ accumulation in corn. Nature and Science 8:5(23-27).
 16. Di Marco, O. N., Aello, M. S. and Chicatun, A. (2007) Effect of irrigation on corn plant dry matter yield, morphological components and ruminal degradability of leaves and stems. Journal of animal and veterinary advances 6:1(8-11).
 17. Earl, H. J., and Davis, R. (2003) Drought stress effects on maize. Published in Agron. J 9(5): 688-696.
 18. Gerdon, W. B. Whitney, B. A. and Raney, R. J. (1993). Nitrogen management in furrow irrigated, ridge-tilled corn. Journal of Production in Agriculture 6: 213-217.
 19. Hussaini, M. A., Ogunlela, V. B. Ramalan, A. A. and Falaki, A. M. (2008). Mineral composition of dry season maize (*Zea mays* L.) in response to varying levels of nitrogen, phosphorus and irrigation at Kadawa, Nigeria. World Journal of Agricultural Sciences 4 (6): 775-780.
 20. Megyes, A. Ratonyi, T. and Huzsvai, L. (2004) The effect of fertilization and irrigation on maize (*Zea mays* L.) production, www.date.hu/acta-agraria. 21- Montgomery, E.C. (1911) Corelation studies in corn. In: Annual report No. 24. Nebrasks agricultural research station. Lincoln, NE,