نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۵۵۴-۵۴۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 3, Fall 2012, p. 546-554

اثر سطوح نیتروژن بر کارایی مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد دانهٔ ذرت دانه ای در شرایط بهینه و تنش خشکی

مانی مجدم[۱] - عادل مدحج[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۲۷

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و کارایی مصرف آب ذرت سینگل کراس ۷۰۴، این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا شد. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری مطلوب، تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید (به ترتیب آبیاری بر اساس تخلیه ۵۰ ، ۶۰ و ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه) بود. مقادیر نیتروژن در سه سطح ۱۲۰، ۱۸۰ و۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید. میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید به ترتیب ۱۵/۴ و ۳۷ درصد نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت. افزایش میزان نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی ملایم، عملکرد دانه و بیولوژیکی را بطور معنی‌دار افزایش داد. کاهش عملکرد دانه با افزایش شدت تنش خشکی و کاهش کاربرد نیتروژن، به دلیل کاهش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه بود. حداکثر کارآیی مصرف آب (اقتصادی و بیولوژیکی) در تیمار آبیاری مطلوب بود و با اعمال تیمار تنش خشکی کارآیی مصرف آب کاهش معنی‌دار یافت. بالاترین کارآیی مصرف آب به تیمار آبیاری مطلوب و کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعلق داشت. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی شدید، علاوه بر اینکه نمی‌توان از طریق افزایش میزان نیتروژن مصرفی، خسارت های مربوط به عملکرد دانه را کاهش داد، بلکه عدم تاثیر سطوح بالای نیتروژن بر عملکرد دانه ممکن است به افزایش هدرروی نیتروژن در اثر عدم جذب آن منجر شود.

واژه های کلیدی: کمبود آب، عملکرد بیولوژیکی، تعداد دانه در بلال

مقدمه

کمبود آب یکی از مهمترین عوامل محدود کنندهٔ تولید محصولات زراعی نظیر ذرت در سراسر جهان است. کمربند کشت ذرت در دنیا به دلیل ویژگی‌های خاص این گیاه (به لحاظ چهار کربنه بودن و به ویژه گرماپسندی آن)، تطابق نزدیکی با مناطق خشک و نیمه خشک دارد (۱۸). کشور ایران با داشتن تنوع آب و هوایی مناسب از جمله مناطق مستعد تولید ذرت است و این در حالی است که دو سوم زمین‌های کشاورزی ایران در مناطق نیمه خشک قرار دارند و با تنش خشکی مواجه هستند (۳). استان خوزستان به دلیل دارا بودن اراضی مسطح و حاصلخیز و انرژی نورانی زیاد، مناسب کاشت گیاهان زراعی به ویژه ذرت دانه‌ای است. در این استان در برخی سال‌ها به دلیل عدم دسترسی به آب کافی و یا همزمانی رشد ذرت با گیاهان زراعی دیگر نظیر برنج و یا محصولات جالیزی، این گیاه در طول دوره رشد و به ویژه در مرحله رشد رویشی با کمبود آب مواجه می‌گردد. کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، به شدت و طول مدت کمبود آب بستگی دارد (۲۰). هاگ و همکاران (۲۲) نتیجه گرفتند، تنش خشکی ملایم و شدید عملکرد دانهٔ هیبرید ذرت مورد مطالعه را به ترتیب ۶۳ و ۸۵ درصد کاهش داد. شعرباف خجسته و احمدی (۵) گزارش دادند که کاهش عملکرد دانهٔ ذرت در شرایط تنش خشکی در طول دورهٔ رشد، از طریق کاهش تعداد دانه در بلال صورت گرفت. لک و همکاران (۹)، عملکرد دانهٔ ذرت را در شرایط آبیاری مطلوب، تنش ملایم و شدید خشکی (به ترتیب آبیاری پس از

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، اهواز، ایران
۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه زراعت و اصلاح نباتات، شوشتر، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: adelmodhej2006@yahoo.com)

تخلیه ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) مورد مطالعه قرار داده و گزارش کردند، تنش خشکی شدید عملکرد دانه را در مقایسه با شرایط مطلوب، ۴۰ درصد کاهش داد. مجیدیان و همکاران (۱۱) نتیجه گرفتند، با آبیاری در سطحی معادل ۵۰ و۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، عملکرد دانهٔ ذرت به ترتیب ۶۳ و ۴۱ درصد کاهش یافت. این پژوهشگران همچنین گزارش دادند که تیمار آبیاری معادل نیاز آبی، گیاه دارای بیشترین بهره وری مصرف آب بود و اختلاف معنی داری با بقیه سطوح آبیاری داشت و با افزا یش میزان تنش خشکی بهره وری مصرف آب نیز کاهش پیدا کرد.

علاوه بر کمبود آب، کاهش نیتروژن قابل دسترس نیز عملکرد گیاه را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (۴). مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام های رویشی و زایشی موثر است. مراحل فنولوژیکی رشد و نمو در اثر کمبود نیتروژن به تاخیر می‌افتد (۲۱). نیتروژن نخستین عنصری است که کمبود آن در مناطق خشک و نیمه خشک بدلیل کمبود میزان مواد آلی که عمده ترین منبع ذخیره نیتروژن بشمار می‌آید، مطرح می‌شود (۱۳). کمبود نیتروژن ممکن است از طریق کاهش تعداد دانه در بلال (۲۸) و وزن دانه (۱) صورت گیرد.

با توجه به اهمیت وجود آب برای جذب عناصر غذایی و به ویژه نیتروژن، مطالعهٔ برهمکنش تنش خشکی و میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه از اهمیت بسزایی برخوردار است. به عقیده برخی پژوهشگران، مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن اصلی‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد ذرت محسوب می‌شوند (۲۷). در شرایط کمبود آب در خاک که جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن را تحت تاثیر قرار می‌دهد، لزوم برقراری تناسب میان نیتروژن مصرفی و فراهمی رطوبت در خاک ضروری است (۱۰). در شرایطی که آب کافی در اختیار نباشد، مدیریت شرایط مطلوب کارساز نبوده و به هدر رفتن منابع و کاهش کارایی مصرف آب و نیتروژن منجر می‌گردد. افزایش میزان رطوبت خاک، واکنش عملکرد ذرت را به کود نیتروژن افزایش می‌دهد (۱۰). پرینارس و ساندو (۳۰) استفاده از کود نیتروژن را تنها زمانی در افزایش کارایی مصرف آب موثر دانستند که آب کافی برای رشد گیاه وجود داشته باشد.

با در نظر گرفتن احتمال وقوع تنش خشکی و با توجه به مشکلات موجود در خصوص مدیریت مصرف کود نیتروژن در این شرایط، انجام پژوهش جهت دستیابی به حداکثر محصول و بهبود راندمان استفاده از آب ضروری به نظر می‌رسد. 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 بر عملکرد دانه، صفات وابسته به عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در شرایط تنش خشکی پرداخت.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان (۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز) با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه با ارتفاع ۵۱ متر از سطح دریا اجرا شد. بافت خاک مزرعه سیلتی رسی و میزان مواد آلی خاک کمتر از یک درصد بود.

این پژوهش بصورت کرت های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری مطلوب، تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید بود که بر اساس تخلیه ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه انجام شد. مقادیر نیتروژن در سه سطح ۱۲۰، ۱۸۰ و۲۴۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. هیبرید مورد مطالعه، سینگل کراس ۷۰۴ بود. آبیاری تا مرحله ۵-۴ برگی (مرحله استقرار گیاهچه) بر اساس ۵۰ میلی متر تبخیر از تشت در همه تیمارها انجام و از این مرحله به بعد تیمارها اعمال گردید.

هر کرت فرعی از ۷ خط کاشت به طول ۷ متر تشکیل گردید. فاصله بین ردیف و روی ردیف های کاشت به ترتیب ۷۵ و ۱۸ سانتیمتر در نظر گرفته شد. تراکم بوته بر اساس توصیه های تحقیقاتی، ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار بود. کاشت در تاریخ هفتم مرداد ماه انجام گرفت.

نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره تأمین گردید، که۵۰ درصد هنگام کاشت و مابقی در مرحلهٔ شش برگی گیاه بصورت نواری مصرف شد. ابتدا شیارهایی در داخل جویچه های آبیاری هر کرت ایجاد و نیتروژن مصرفی بطور یکنواخت در داخل شیار قرار داده شد، روی شیارها با خاک پوشانده شد و بلافاصله آبیاری انجام گرفت. مقدار کود فسفره بر مبنای ۹۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل محاسبه و مصرف شد. تمامی کود فسفر همزمان با تسطیح نهایی به صورت یکنواخت در سطح مزرعه پخش و با دیسک به زیر خاک برده شد.

نمونه‌برداری خاک از عمق توسعه ریشه بوسیله آگر انجام و پس از رسیدن درصد رطوبت وزنی خاک به میزان تعیین شد. بدین منظور، با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری، به صورت روزانه توسط آگر شش نمونه از نقاط مختلف هر کرت از عمق توسعه ریشه تهیه شده و پس از قرار دادن در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت، درصد رطوبت وزنی آن محاسبه گردید. جهت اعمال تیمار آبیاری از رابطه پیشنهادی علیزاده (۶) حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار از معادلهٔ (۱) محاسبه شد:

V = حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب

F_C = درصد رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی

$$V = \frac{(F_C - \theta_m) \times pb \times D_{root} \times A}{E_i}$$

θ_m = درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری

pb = وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب

A = مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع

D_{root} = عمق توسعه ریشه بر حسب متر

E_i = راندمان آبیاری

بدین ترتیب حجم آب مورد نیاز در هر مرتبه آبیاری برای هر تیمار محاسبه و بر اساس کارآیی پخش آب ۹۰ درصد با استفاده از پمپ و کنتور بصورت یکنواخت توزیع گردید.

به منظور ارزیابی عملکرد بیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه، برداشت به صورت دستی همزمان با تشکیل لایه سیاه در قاعدهٔ دانه ها در ۱۵ آذرماه صورت گرفت. برداشت در مرحلهٔ رسیدگی نهایی و پس از حذف یک متر از ابتدا و انتهای هر کرت از خطوط سوم و چهارم انجام شد. کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب با استفاده از معادلهٔ (۲) و (۳) پیشنهادی علیزاده (۶) و هاشمی دزفولی (۱۴) محاسبه شدند:

$$\text{کارآیی اقتصادی مصرف آب} = \frac{\text{عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{کل حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)}} \quad \text{(کیلوگرم برمتر مکعب)} \qquad (۲)$$

$$\text{کارآیی بیولوژیکی مصرف آب} = \frac{\text{عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{کل حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)}} \quad \text{(کیلوگرم برمتر مکعب)} \qquad (۳)$$

سطح برگ با استفاده از رابطه $LA = L \times W \times 0.75$ محاسبه شد. در این رابطه، LA، L و W به ترتیب سطح برگ، طول برگ و پهن ترین قسمت عرض برگ هستند. تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

اثر سطوح مختلف تنش کمبود آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به ترتیب به تیمار آبیاری مطلوب و تنش شدید خشکی اختصاص داشت (جدول ۲). وقوع تنش خشکی در طول دوره رویشی منجر به کوچک شدن برگها گردید و شاخص سطح برگ و همچنین میزان جذب نور توسط گیاه را کاهش داد (۲). افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی دار شاخص سطح برگ شد (جدول ۲). بطور کلی، بالا بودن شاخص سطح برگ با کاربرد بیشتر نیتروژن همچنان که داویس (۱۷) و پاتل و همکاران (۳۰) بیان داشتند بدلیل تأثیر مثبت این عنصر در اندازه و طول عمر برگهاست. اثر برهمکنش تیمار سطح تنش رطوبتی و سطوح مختلف نیتروژن بر شاخص سطح برگ از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول۱).

عملکرد دانه و صفات وابسته به آن

نتایج نشان داد، اثر تیمار آبیاری بر تعداد دانه در ردیف معنی دار بود (جدول ۱). افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش معنی دار تعداد دانه در ردیف شد (جدول ۲). دلایل کاهش تعداد دانه در ردیف در شرایط تنش خشکی را می‌توان به برخورد مراحل رشد رویشی گیاه بخصوص در مرحله ۱۲ برگی به بعد و مرحله رشد زایشی با تنش خشکی، مرتبط دانست. نسمیت و ریچی (۲۶) و ریچی وهانوی (۳۳) گزارش نمودند کاهش تعداد دانه در ردیف تحت تأثیر تنش خشکی در مرحله ۱۲ برگی به بعد بدلیل اختلال در تشکیل تعداد بالقوه دانه در ردیف و بلال در این مرحله از رشد بود. افزایش نیتروژن باعث افزایش معنی دار تعداد دانه در ردیف شد. تفاوت تعداد دانه در ردیف در تیمار کاربرد ۱۸۰ و ۲۴۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار معنی دار بود (جدول۲). اکینتوی و همکاران (۱۶) نتیجه گرفتند، در سطوح بالای نیتروژن به دلیل تغذیه مناسب و کم شدن شدت رقابت و سقط گلها در مراحل تعیین تعداد تخمک در ردیف، تعداد دانه در ردیف را افزایش می دهد. برهمکنش تنش خشکی و نیتروژن بر تعداد دانه در ردیف معنی‌دار نبود (جدول ۱).

اثر سطوح آبیاری و نیتروژن بر تعداد دانه در بلال در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱). در میان سطوح مختلف تنش خشکی، بیشترین و کمترین تعداد دانه در بلال به ترتیب به آبیاری مطلوب و تنش شدید رطوبت اختصاص داشت (جدول ۲). شوسلر و وستگیت (۳۵) گزارش کردند، تنش خشکی بدلیل اختلال در گرده افشانی و افزایش درصد سقط جنین باعث کاهش تعداد دانه در بلال شد.

اک (۲۸) نیز نتیجه گرفت، تنش کمبود آب در مرحله رویشی بدلیل تعیین پتانسیل اندازه بلال و تعداد تخمدان ها در این دوره از رشد، تعداد دانه در بلال را کاهش داد. کاهش میزان نیتروژن باعث کاهش معنی دار تعداد دانه در بلال شد (جدول۲). به نظر می رسد که در شرایط کمبود نیتروژن و در نتیجه نقصان مقدار تخصیص این ماده به برگها، دو عامل شاخص سطح برگ و همچنین دوام آن کاهش یافته و در نتیجه آن مواد پرورده لازم برای تشکیل دانه در بلال کمتر شده است.

جدول۲- مقایسه میانگین‌های شاخص سطح برگ، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب ذرت تحت تاثیر تنش خشکی و سطوح مختلف نیتروژن

تیمار	شاخص سطح برگ	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت (درصد)	کارایی اقتصادی مصرف آب (متر مکعب / کیلوگرم)	کارایی بیولوژیک مصرف آب (متر مکعب / کیلوگرم)
آبیاری									
۵۰ درصد تخلیه رطوبت	۴/۱۲۵^{a*}	۳۹/۸۴^{a}	۵۶۹^{a}	۲۵۰/۹۰^{a}	۱۰۶۸/۶۶^{a}	۲۰۰۳/۴۷^{a}	۵۳/۳۹^{a}	۱/۷۳^{a}	۳/۲۵^{a}
۶۰ درصد تخلیه رطوبت	۳/۶۴۹^{b}	۳۵/۴۱^{b}	۵۰۶^{b}	۲۳۸^{b}	۹۰۳/۲۱^{b}	۱۷۲۲/۴۷^{b}	۵۲/۵۲^{a}	۱/۴۷^{b}	۲/۸۰^{b}
۷۰ درصد تخلیه رطوبت	۲/۶۹۴^{c}	۲۸/۱۵^{c}	۴۰۰^{c}	۲۲۱/۲۱^{c}	۶۶۴/۸۷^{c}	۱۳۹۲/۸۱^{c}	۴۷/۶۸^{b}	۱/۰۹^{c}	۲/۲۸^{c}
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)									
۱۲۰	۳/۲۷^{b}	۳۲/۲۲^{b}	۴۷۳^{b}	۲۳۴/۹۶^{b}	۸۲۱/۰۷^{b}	۱۶۲۲/۶^{b}	۵۱/۶۳^{a}	۱/۳۵^{b}	۲/۶۳^{b}
۱۸۰	۳/۵۵^{ab}	۳۴/۸۲^{ab}	۵۰۰^{ab}	۲۳۶/۲۳^{ab}	۸۴۴/۸۳^{a}	۱۷۲۱/۰۳^{a}	۵۱/۵۶^{a}	۱/۴۶^{a}	۲/۸۰^{a}
۲۴۰	۳/۶۶^{a}	۳۵/۲۹^{a}	۵۰۳^{a}	۲۳۸/۹۱^{a}	۹۱۰/۸۶^{a}	۱۷۸۵/۱۳^{a}	۵۰/۵۶^{a}	۱/۴۸^{a}	۲/۹۰^{a}

* در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس کارایی مصرف آب، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در ذرت تحت تاثیر تنش خشکی و سطوح مختلف نیتروژن

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		شاخص سطح برگ	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	کارایی اقتصادی مصرف آب	کارایی بیولوژیکی مصرف آب
تکرار	۲	۰/۱۸۰۴۶	۶/۴۷۱	۹۰۶	۱۵۱/۵۴	۲۰۸۷	۸۴۵۷	۶/۰۲۳	۰/۰۰۵۵۳	۰/۰۰۲۲
تنش خشکی	۲	۴/۹**	۱۰۲/۴۷**	۶۵۷۱۳**	۱۹۹۵/۲۷**	۳۷۰۸۲۶**	۸۴۰۹۶۳**	۸۵/۳۵**	۰/۹۵**	۲/۱۱۹**
اشتباه a	۴	۰/۱۱۱۹	۴/۱۵	۱۳۹۶	۱۸۶/۵۱	۲۲۷۴	۲۳۵۸۱	۴/۸۳۶	۰/۰۰۶۰۱	۰/۰۶۲
نیتروژن	۲	۰/۳۷۵۲**	۱۳/۸۳*	۲۵۳۵*	۷۳۶/۵۶*	۱۶۰۳۴**	۶۷۶۰۷**	۲/۷۱$^{n.s}$	۰/۰۴۲۱۲**	۰/۱۷۷۸**
تنش خشکی × نیتروژن	۴	۰/۰۴۹$^{n.s}$	۲/۸۵$^{n.s}$	۸۷۴$^{n.s}$	۸۰/۹۷$^{n.s}$	۸۳۶۱**	۲۳۶۶۸**	۱/۴۸۲$^{n.s}$	۰/۰۲۲۱**	۰/۰۶۲**
اشتباه b	۱۲	۰/۰۲۹۲	۳/۱۶۱	۶۳۲/۱۶	۱۷۴/۹۷	۱۱۸۰	۴۲۲۳	۴/۷۷۵	۰/۰۰۳۱۳	۰/۰۱۱
ضریب تغییرات (٪)		۵	۵/۲	۵/۱	۵/۶	۴	۳/۸	۴/۳	۴	۳/۸

** و *: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد. ns: اختلاف معنی دار نیست.

در این رابطه سینکلر و همکاران (۳۶) گزارش دادند که تعداد نهایی دانه در بلال در زمان گرده افشانی تعیین می‌شود و ناکافی بودن مواد فتوسنتزی برای رشد سلولهای جنینی، اثر منفی بر تعداد دانه در بلال دارد. تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش تعداد دانه در بلال توسط اکینتوی و همکاران (۱۶) گزارش شده است.

اثر تیمار آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن بـر وزن هـزار دانـه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جـدول۱). بـا افـزایش شـدت تنش خشکی، وزن هزار دانه به طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۲). برخورد دوره پر شدن دانه با تنش خشـکی و کوتـاه شـدن ایـن دوره بدلیل کاهش دوام سطح برگ موجب کاهش وزن دانه شـد. افـزایش میزان نیتروژن باعث افزایش معنی دار وزن هزار دانه شد (جـدول ۲). یوهارت و آندرید (۳۷) گزارش کردند که میانگین وزن دانه به میـزان انتقال مواد به بلال بین مرحله گلدهی تا رسیدن دانـه بسـتگی دارد و این امر به نوبه خود به طول عمر برگ پس از مرحله گـرده افشـانی و همچنین روابط منبع و مقصد وابسـته اسـت. اثـر بـرهمکنش سـطوح آبیاری و نیتروژن بر وزن هزار دانه معنی دار نبود (جدول ۱).

اثر تنش خشکی و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکـرد در سـطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بـا افـزایش شـدت تـنش خشکی عملکرد دانه بطور معنی دار کاهش یافت (جدول ۲). میـانگین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید نسبت بـه شـرایط مطلوب به ترتیب ۱۵/۴ و ۳۷ درصد کاهش یافت. علت اصلی کاهش عملکرد دانه در تیمار خشکی کاهش معنی دار تعداد دانـه در بـلال و وزن دانه بود (جدول ۲). سینکلر و همکاران (۳۶) گـزارش دادنـد کـه تنش خشکی از طریق کاهش تعداد دانـه در بـلال و وزن هـزار دانـه باعث کاهش عملکرد دانه شد. اک (۲۸) نتیجه گرفـت، تـنش کمبـود آب در مرحله رویشی و زایشی تعداد دانه و در مرحلـه پـر شـدن دانـه وزن دانه را کاهش می دهد و باعث کاهش عملکرد دانـه مـی گـردد. کمبود آب زمینه کـاهش شـاخص سـطح بـرگ و در نتیجـه کـاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم آورده و نتیجه آن کاهش عرضه مواد پرورده و تأثیر منفی آن بر تولید دانه در بلال و در نتیجه کـاهش عملکرد دانه بود. گاردنر و اندرو (۸) بیان داشتند کـه رژیـم نـامطلوب رطوبتی، ضمن کاهش سطح برگ ها، پیری آنهـا را تسـریع نمـوده و بدین وسیله میزان تولید را خیلی بیشتر از آنچـه کـه بـه علـت اثـرات ناشی از کم شدن شدت فتوسنتز خالص تقلیل می یابـد، کـاهش مـی دهد. افزایش کاربرد میزان نیتروژن باعث افزایش معنـی دار عملکـرد دانه شد که این افزایش بدلیل تعـداد دانـه در بـلال و همچنـین وزن هزار دانه بود.

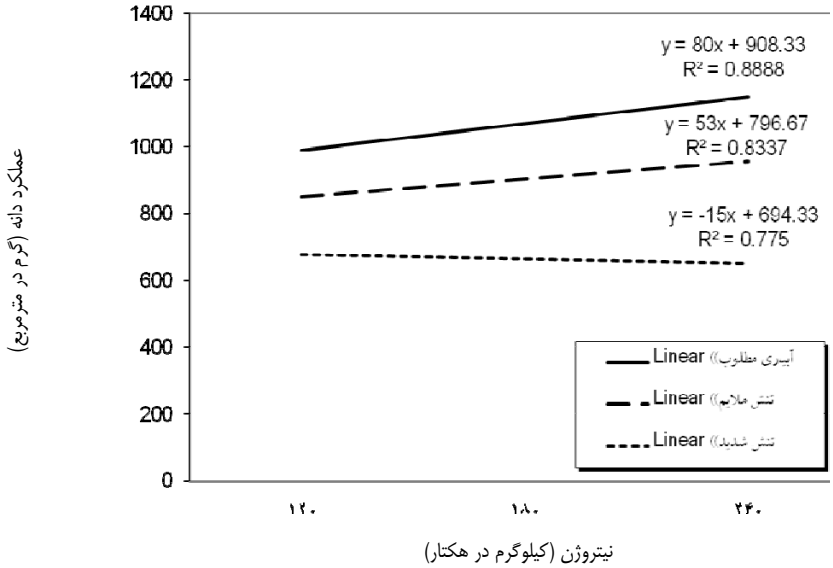
برخی پژوهشـگران گـزارش کردنـد کـه اثـر اصـلی نیتـروژن در افزایش عملکرد دانه از طریق تعداد دانـه اسـت، همچنـین در برخـی موارد، وزن دانه تحت تأثیر نیتروژن قرار گرفته و افـزایش نشـان داده است (۷ و ۳۷).

اثر برهمکنش تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). کاربرد مقـادیر۱۸۰ و۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بـالاترین عملکردهـای دانـه را در شـرایط آبیاری مطلوب به خود اختصاص دادند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثربرهمکنش تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد دانه عملکرد بیولوژیک و کارایی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب ذرت

تیمار تنش	مقادیرنیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)	کارایی اقتصادی مصرف آب (کیلوگرم /مترمکعب)	کارایی بیولوژیک مصرف آب (کیلوگرم/مترمکعب)
۵۰ درصد تخلیه رطوبت×	۱۲۰	۹۷۲/۱۹ b*	۱۸۳۵/۸۰ b	۱/۵۸ b	۲/۹۸ b
	۱۸۰	۱۱۰۱/۵۷ a	۲۰۴۰/۱۷ a	۱/۷۹ a	۳/۳۱ a
	۲۴۰	۱۱۳۲/۲۲ a	۲۱۳۴/۴۴ a	۱/۸۴ a	۳/۴۶ a
۶۰ درصد تخلیه رطوبت×	۱۲۰	۸۳۶/۲۴ c	۱۵۹۳/۳۳ c	۱/۳۶ c	۲/۵۹ c
	۱۸۰	۹۳۰/۶۹ b	۱۷۴۳/۵۵ b	۱/۵۱ b	۲/۸۳ b
	۲۴۰	۹۴۲/۷۱ b	۱۸۳۳/۵۳ b	۱/۵۳ b	۲/۹۸ b
۷۰ درصد تخلیه رطوبت×	۱۲۰	۶۸۴/۷۶ d	۱۴۱۱/۶۶ d	۱/۱۲ d	۲/۳۱ d
	۱۸۰	۶۵۵/۲۲ d	۱۳۷۹/۳۷ d	۱/۰۷ d	۲/۲۶ d
	۲۴۰	۶۵۴/۶۴ d	۱۳۸۷/۴۱ d	۱/۰۸ d	۲/۲۷ d

* در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.



شکل۱- روند تغییرات رگرسیونی عملکرد دانهٔ ذرت در سطوح مختلف تنش خشکی و نیتروژن

پایین ترین عملکرد دانه به تنش شدید خشکی در کلیه سطوح کاربرد نتیروژن اختصاص یافت (جدول۳). تفاوت عملکرد دانهٔ تیمار تنش خشکی ملایم در سطوح بالای نیتروژن با کمترین مقدار کود مصرفی در تیمار آبیاری مطلوب معنی دار نبود.

در این پژوهش، افزایش کاربرد میزان نیتروژن در شرایط تنش شدید خشکی تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه نداشت (شکل۱). به نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی شدید جذب نیتروژن توسط گیاه دچار اختلال می گردد و نیتروژن مورد نیاز برای مراحل بحرانی رشد حتی در صورت افزایش نیترات خاک فراهم نمی‌شود. ملکوتی و همایی (۱۳) در این رابطه بیان نمودند که رطوبت مناسب خاک باعث گسترش ریشه ها شده و مواد غذایی از جمله نیتروژن از سطح بیشتری از خاک دریافت می شود، از طرفی جریان آب در خاک باعث انتقال مواد غذایی به طرف ریشه ها می شود. ساکی نژاد (۳) در بررسی خود اظهار نمود که آبیاری سبب افزایش جذب نیتروژن می شود و افزایش تنش آب به خودی خود توانایی گیاه را از نظر استخراج نیترات از خاک محدود می سازد. آک (۲۸) نیز نتیجه گرفت کود نیتروژن کافی عملکرد دانه ذرت را تحت شرایط تنش ملایم خشکی نسبت به شرایط مطلوب آبیاری به مقدار کمتری افزایش داد ولی زمانی که تنش خشکی شدید بود، افزایش مصرف نیتروژن تاثیری در عملکرد دانه نداشت.

اثر سطوح آبیاری، نیتروژن و برهمکنش آنها بر عملکرد بیولوژیکی معنی دار بود (جدول ۱). عملکرد بیولوژیکی با افزایش شدت تنش خشکی بطور معنی دار کاهش یافت. میانگین عملکرد بیولوژیکی در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید نسبت به شرایط مطلوب به ترتیب ۱۴ و ۳۱ درصد کاهش یافت (جدول۲). افزایش بیوماس گیاهان در شرایط آبیاری مطلوب بدلیل گسترش بیشتر و افزایش تداوم سطح برگ است که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی قوی و مناسب جهت دریافت و جذب نور بیشتر و افزایش تولید ماده خشک گردید (۲۳). عملکرد بیولوژیکی با کاهش کاربرد میزان نیتروژن مصرفی از ۲۴۰ به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بطور متوسط ۱۰ درصد کاهش یافت (جدول۲). به نظر می‌رسد که اثر نیتروژن بر افزایش عملکرد بیولوژیکی در این تحقیق، بدلیل تاثیر مثبت نیتروژن بر اختصاص مواد فتوسنتز در بخش‌های برگ، ساقه و افزایش مواد تجمع یافته در دانه بود (۱۲ و ۳۴). یوهارت و آندراده (۳۷) نیز نتیجه گرفتند که تأثیر منفی کمبود نیتروژن بر کاهش سطح برگ و دوام سطح برگ ذرت موجب کاهش راندمان استفاده از تابش، مقدار مواد پرورده و تجمع مواد خشک شد.

اثر برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی ملایم با افزایش کاربرد نیتروژن عملکرد بیولوژیکی افزایش معنی‌دار یافت، اما در شرایط تنش شدید خشکی تاثیر نیتروژن بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار نبود (جدول ۳). به عبارتی عدم تاثیر مثبت نیتروژن در تولید اندام‌های هوایی مناسب گیاه بدلیل محدودیت جذب نیتروژن و عدم انتقال آن به اندام‌های فتوسنتز کننده در شرایط تنش شدید خشکی، به کاهش بیوماس منجر گردید (۱۰).

اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد

معنی دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی، شاخص برداشت به طور معنی دار کاهش یافت (جدول ۲). تفاوت شاخص برداشت در تیمارهای آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی معنی دار نشد. سینکلر و همکاران (۳۶) نتیجه گرفتند، در شرایط تنش خشکی ملایم مواد تولید شده در کل گیاه کاهش و دانه به یک نسبت کاهش داشت، ولی در شرایط تنش شدید خشکی کاهش بیشتر عملکرد دانه، کاهش معنی دار شاخص برداشت را به همراه داشت. پاندی و همکاران (۲۹) دلیل کاهش شاخص برداشت ذرت در شرایط تنش شدید خشکی را به حساسیت بیشتر رشد زایشی در مقایسه با رشد رویشی نسبت دادند. اثر تیمارهای نیتروژن بر صفت شاخص برداشت معنی دار نبود (جدول ۱). عدم تغییر شاخص برداشت در مقادیر مختلف نیتروژن توسط مجیدیان و غدیری (۱۱) نیز گزارش شده است. اثرات برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر شاخص برداشت معنی دار نبود (جدول ۱).

کارایی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب

اثر تنش خشکی، کاربرد نیتروژن و اثر برهمکنش تنش و نیتروژن بر کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب معنی دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب به طور معنی دار کاهش یافت (جدول ۲). مجیدیان و همکاران (۱۲) نتیجه گرفتند که تیمار آبیاری معادل نیاز آبی گیاه دارای بیشترین بهره وری مصرف آب بود و اختلاف معنی‌داری با بقیه سطوح آبیاری داشت و با افزا یش میزان تنش خشکی بهره وری مصرف آب نیز کاهش پیدا کرد. لی لی و بوردوسکی (۲۳) نیز گزارش کردند، درصورتی که مقدار آب آبیاری ثابت و فاصله آبیاری‌ها از شش روز به نه تا دوازده روز برسد عملکرد به میزان ۳۰ درصد کاهش می یابد که این خود دارای اثر مستقیم بر کارایی مصرف آب است. کاهش کارآیی مصرف آب در شرایط تنش خشکی توسط الکسی و همکاران (۱۵) نیز گزارش شده است.

افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش معنی دار کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب گردید (جدول ۱). رسیدگی همزمان گیاه تحت تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن، یکسان بودن حجم آب مصرفی برای تمامی سطوح مختلف نیتروژن از یک طرف و افزایش معنی دار عملکرد دانه و بیولوژیکی با افزایش کاربرد میزان نیتروژن عامل اصلی در بالا رفتن کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب با افزایش مصرف نیتروژن در این تحقیق بود. مصطفی و عبدالمجید (۲۵) گزارش کردند که افزایش کاربرد نیتروژن میزان تبخیر و تعرق را تنها ۲/۵ و ۵ سانتی متر افزایش داد اما عملکرد دانه و بیولوژیک به میزان بیشتری افزایش پیدا کرد. بطوری که با کاربرد بیشتر نیتروژن کارآیی مصرف آب افزایش یافت. مجیدیان و همکاران (۱۲) نتیجه گرفتند، مصرف نیتروژن مقدار عملکرد دانه را افزایش می دهد، بدون آن که بر مصرف آب تأثیر زیادی داشته باشد. همچنین نیتروژن باعث می شود سیستم ر یشه ای عمیق تر و وسیعتری در طی رشد تولید شود و بهره برداری از آب را افزایش دهد.

در تحقیق حاضر بالاترین کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب در شرایط آبیاری مطلوب و کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار اختصاص داشت که با کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتاردر یک گروه آماری قرار گرفت (جدول۳). کارآیی مصرف آب نیز در شرایط تنش ملایم خشکی همچون آبیاری مطلوب با کاربرد بیشتر نیتروژن افزایش معنی دار داشت ولی در شرایط تنش شدید خشکی با کاربرد بیشتر نیتروژن عملکرد دانه و بیولوژیکی و در نتیجه کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب افزایش غیر معنی دار داشت (جدول۳). عدم استفاده کارآمد از عنصر نیتروژن در جهت توسعه سطح برگ و تولید ماده خشک، با توجه به حجم آب مصرفی تقریباً یکسان در طول دوره رشد برای سطوح مختلف نیتروژن در این پژوهش، دلیل عدم معنی‌دار شدن کارایی اقتصادی و کارایی بیولوژیکی مصرف آب در شرایط تنش شدید خشکی با افزایش مصرف نیتروژن بود. پرنیار و ساندو (۳۲) گزارش دادند، استفاده از کود نیتروژن تنها زمانی در افزایش کارایی مصرف آب گیاهان زراعی موثراست که آب کافی برای رشد گیاه وجود داشته باشد. با توجه به نتایج بدست آمده از این بررسی آبیاری مطلوب علاوه بر اطمینان بیشتر و سطح بالای عملکرد، استفاده مطلوب از نیتروژن را جهت تولید و افزایش کارآیی مصرف آب ممکن می سازد. مصرف کود نیتروژن به میزان کافی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، کارایی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب را تحت شرایط تنش ملایم خشکی همچون شرایط مطلوب آبیاری بطور معنی دار افزایش داد. بنابراین در صورتی که آب کافی در اختیار نباشد و گیاه در طول دوره رشد با تنش ملایم خشکی مواجه باشد، با افزایش کاربرد نیتروژن، می توان تا حدی کاهش عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب را در این شرایط جبران نمود. در این رابطه پراسرتساک و فوکی (۳۱) نشان دادند که در شرایط تنش ملایم خشکی با افزایش نیتروژن خاک جذب، نیتروژن و در نتیجه عملکرد بهبود یافت، اما به هر جهت، این افزایش کمتر از شرایط وجود آب کافی در خاک بود. لذا آنها توصیه نمودند، در زمان تنش ملایم خشکی باید نیتروژن خاک را افزایش داد.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد در شرایط تنش خشکی شدید، علاوه بر اینکه نمی‌توان از طریق افزایش میزان نیتروژن مصرفی، اثر منفی تنش بر عملکرد دانه را کاهش داد، بلکه عدم تاثیر سطوح بالای نیتروژن بر عملکرد دانه ممکن است به افزایش هدرروی نیتروژن در اثر عدم جذب آن منجر شود.

منابع

۱- آلیاری ه.، م. مسگرباشی م.، شکیبا، م. مقدم و م. ساده دل. ۱۳۷۱. تأثیر دورهای آبیاری و مقادیر مختلف کود ازته بر روی عملکرد دانـه و برخـی صفات زراعی ذرت. مجله دانش کشاورزی ۳ (۱و۲):۹۷-۲۰.

۲- رفیعی، م. ۱۳۸۱. اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه ای. پایان نامه دکتـری تخصصـی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز. ۱۴۲ ص.

۳- ساکی نژاد، ط. ۱۳۸۲. مطالعه اثرتنش آب بر روند جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره های مختلف رشد، با توجه به خصوصـیات مرفولوژیک و فیزولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب وهوایی اهواز. پایان نامه دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسـلامی، واحـد علوم و تحقیقات اهواز. ۲۸۸ ص.

۴- سپهری ع.، ع. مدرس ثانوی، ب. قره‌یاضی و ی. یمینی. ۱۳۸۱. تاثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجـزای عملکرد ذرت. مجلهٔ علوم زراعی ایران، ۴ (۳): ۲۰۱-۱۸۴.

۵- شعر باف خجسته، س. و م. احمدی. ۱۳۷۷. بررسی اثرات رژیم های مختلف آبیاری و کود ازت بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه ذرت. خلاصه مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی کرج. ۲۵۱ ص.

۶- علیزاده ا. ۱۳۸۱. رابطه آب و خاک و گیاه (ترجمه). چاپ اول. انتشارات آستان قدس. ۳۵۳ ص.

۷- قاسمی پیربلوطی ع. ۱۳۸۱. بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر نحوه الگوی تخصیص مـاده خشـک در ذرت دانـه ای رقـم SC.704 در منطقه ورامین. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه تهران. ۹۸ ص.

۸- گاردنر اف. پی. پی یرس آر. بی و میشل آر. ال. ۱۳۸۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. انتشارات جهـاد دانشـگاهی مشهد. ۴۶۷ ص.

۹- لک ش.، ا. نادری، ع. سیادت، ا. آینه بند و ق. نورمحمدی. ۱۳۸۶. اثرات تنش کمبود آب بر عملکرد دانه و کارآیی نیتروژن ذرت دانه ای هیبریـد سینگل کراس ۷۰۴ در مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته. فصلنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴ (۲): ۷۶-۶۳.

۱۰- مجدم م.، ا. نادری، ق. نورمحمدی، ع. سیادت، ا. آینه‌بند و ه. موسوی. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر تـنش کمبـود آب، مقـادیر مختلـف و شـیوهٔ توزیـع نیتروژن بر عملکرد دانه و بازدهٔ نیتروژن ذرت دانه‌ای. مجلهٔ علوم کشاورزی ایران، ۳۹ (۱): ۱۰۶-۹۷.

۱۱- مجیدیان م. و غدیری ح. ۱۳۸۱. تاثیر تنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجـزای عملکـرد، کـارایی استفاده از آب و برخی ویژگی های فیزیولوژیک گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۳ (۳): ۵۳۳-۵۲۱.

۱۲- مجیدیان م.، ا. قلاوند، ا.ع. کامگار حقیقی و ن. کریمیان ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بـر قرائـت کلروفیـل متـر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران.۱۰ (۳): ۳۳۰-۳۰۳.

۱۳- ملکوتی م. ج و م. همایی. ۱۳۸۲. حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک، مشکلات و راه حل ها . انتشارات دانشگاه تربیت مـدرس ۴۸۲ ص.

۱۴- هاشمی دزفولی س. ا. ۱۳۷۳. مفهوم کارآیی مصرف آب. نشریه پژوهش و سازندگی. شماره ۲۵: ۳۷-۳۴.

15- Al-Kaisi M.M., and X. Yin 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate and Plant Population on corn yield and water use efficiency. Agronomy Journal. 95: 1475-1482.

16- Aktinoye, H.A., E O., Lucas and J.G. Kling 1997. Effects of density of planting and time of nitrogen application on maize varieties in different ecological zones of West Africa. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 28: 1163 – 1175.

17- Davis J.G. 1994. Managing Plant nutrients for Optimum water use efficiency and water conservation. Advances in Agronomy . 53: 85-120.

18- De Juan Valero J.A., M., Maturano, A., Artigao, J.M., Ramírez Tarjuelo Martín-Benito and Ortega Álvarez J.F. 2005. Growth and nitrogen use efficiency of irrigated maize in a semiarid region as affected by nitrogen fertilization. Spanish Journal of Agricultural Research. 3(1): 134-144.

19-Eck H.V. 1986. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Agronomy Journal. 76: 421-428.

20-Frederick J.R., J.O., Hesketh D.B., Peters and F.E. Below. 1989. Yield and reproductive trait responses of maize hybrids to drought stress. Maydica, 34: 319-328.

21-Girardin P., M., Tollenaar, A., Deltour and J. Muldoon. 1987. Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): effects on development, dry matter accumulation and grain yield. Agronomie (Paris). 7: 289 – 296.

22-Hugh J.E., and R.F. Davids 2003. Effect of drought stress on leaf and while canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal. 95: 688-696.

23-Lyle W.M., and J.P. Bordvosky. 1995. Leap corn irrigation with limited water supplies. Transaction of the Asae. 38: 455-462. *In* field crop Abstract. 1996 (49)8: 715.
24-Moss G.I., and L.A. Downey. 1971. Influence of drought stress on female gametophyte development in corn and subsequent grain yield. Crop Science. 11: 368- 372.
25-Mustafa M.A., and E. Abdolmajid. 1982. Interrelationship of irrigation frequency, nitrogen and gypsum on forage sorghum growth on a saline sodic clay soil. Agronomy Journal. 74: 447-450.
26-Nesmith D.S., and J.T. Ritchie. 1992. Short and long-term responses of corn to a pre- anthesis soil water deficit. Agronomy Journal. 84:107-113.
27-Norwood C.A. 2000. Water use and yield of limited irrigated and dry land corn. Soil Science Society of America Journal. 64: 365 - 370.
28-Oikeh S.O., J.G, Itling and A.E. Okoruwa. 1998. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the west African moist savanna. Crop Science. 38: 1056 -1061.
29-Pandey R.K., J.W., Marienville and A. Adum. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effect on maize in a Sahelian environment. I. Grain yield components. Agricultural Water Management. 46: 1-13.
30-Patel J.B., V.J., Patel and J.R. Patel. 2006. Influence of different methods of irrigation and nitrogen levels on crop growth rate and yield of maize (*Zea mays* L.). Indian Journal of Crop Science. 1(1-2): 175-177.
31-Prasertask A., and S. Fukai 1997. Nitrogen availability and water stress interaction on rice growth and yield. Field crops Research. 52: 249-260.
32-Prinars S.S., and Sandhu B.S. 1987. Irrigation of field crops (principles and practices). Indian Council of Agricultural Research. New Delhi.
33-Ritchie S.W., and J.J. Hanway. 1997. How a corn plant develops. Special Report No. 48, Iowa State University Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.
34-Roy R.K., and R.S. Tripathi. 1987. Effect of irrigation and fertilizer on yield Water use efficiency and nutrient concentration in Winter maize. Indian Journal of Agronomy. 32: 314 – 318.
35-Schussler J.R., and M.S. Westgate. 1991. Maize kernel set at low water potential: I. Sensitivity to reduce assimilates during early kernel growth. Crop Science. 31: 1189 - 1195.
36-Sinclair T., R.D.M., Bennetto and R.O. Muchow 1990. Relative sensivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. Crop Science. 30: 690- 693.
37-Uhart S.A., and F.H. Andrade 1995. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. Crop Science. 35: 1384-1389.