

Effect of different levels of nitrogen and plant density on grain yield and its components and water use efficiency of maize (*Zea mays* L.) cv. SC. 704 under different moisture conditions in Khuzestan

^۵ شهرام لک^۱، احمد نادری^۲، سید عطا الله سیادت^۳، امیر آینه بند^۴ و قربان نور محمدی^۵

۴. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد، اجزای

عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ در خوزستان. مجله علوم زراعی ایران. جلد هشتم، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۵.

تاریخ دریافت: ۸۵/۵/۱۸

- ۱- دانشجوی دوره دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز (مکاتبه کننده)
 - ۲- استادیار، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی صفوی آباد- دزفول
 - ۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
 - ۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
 - ۵- استاد، عضو هیأت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد علوم تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی

رویشی ذرت و قبل از گردهافشانی تأکید کردند. کمبود آب در مرحله رشد رویشی بر گسترش برگ‌ها و توسعه ساقه تأثیر گذاشت و میزان تجمع مواد را در این اندام‌ها به شدت کاهش می‌دهد (Nesmith and Ritchie, 1992) و در نتیجه با توجه به این که در شرایط تنش خشکی، رشد زایشی گیاه به ذخایر موجود در ساقه و برگ بیشتر وابسته است عدم تشکیل مناسب دانه می‌تواند به دلیل ناکافی بودن مواد فتوسنتزی در زمان گردهافشانی، پر شدن دانه و قبل از آن باشد (Zinselmier *et al.*, 1995).

علاوه بر کمبود آب، کمبود نیتروژن مورد نیاز نیز می‌تواند اثرات کاهشی بیشتری را بر رشد و عملکرد گیاه وارد آورد. تغییر در مقادیر قابل دسترس نیتروژن عملکرد گیاه را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر است. بعضی از مراحل فنولوژیکی رشد و نمو در اثر کمبود نیتروژن به تأخیر می‌افتد (Girardin *et al.*, 1987). به عقیده دانشمندان مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن اصلی ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد ذرت محسوب می‌شوند (Norwood, 2000). گزارشات متعددی درخصوص تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش تعداد دانه در بلال، وزن دانه و عملکرد دانه ذرت وجود دارد (Osborne *et al.*, 2002). در شرایط کمبود آب در خاک که جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لزوم برقراری تناسب میان نیتروژن مصرفی و فراهمی رطوبت در خاک ضروری به نظر می‌رسد. در شرایطی که آب کافی در اختیار نباشد، مدیریت شرایط مطلوب کارساز نبوده و به هدر رفتن منابع تولید به ویژه آب و نیتروژن منجر می‌گردد و کارآیی مصرف آب و نیتروژن را کاهش می‌دهد.

تراکم بهینه گیاه در واحد سطح نیز یکی از عوامل مهم و مؤثر در تولید محصولات زراعی نظیر ذرت است. محققان به این امر پی بردند که عملکرد بالا در اثر مصرف کود، تأمین رطوبت و استفاده از ارقام جدید تنها

کمبود آب از محدود کننده‌ترین عوامل تولید محصولات زراعی نظیر ذرت در سراسر جهان است. کمرنند کشت ذرت در دنیا به دلیل ویژگی‌های خاص این گیاه به دلیل چهار کربنه بودن و به ویژه گرم‌پستندی آن تطبیق نزدیکی با مناطق خشک و نیمه خشک دارد. در مناطق خشک و نیمه خشک، شرایط ایده‌الجهت تولید عملکرد زیاد این گیاه، به جز رطوبت کافی، قابل تامین می‌باشد. 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 که عملاً با تنش خشکی مواجه هستند (ساکی نژاد، ۱۳۸۲). استان خوزستان به دلیل دارا بودن اراضی مسطح و حاصلخیز و انرژی نورانی زیاد، برای تولید گیاهان زراعی به ویژه ذرت دانه‌ای مناسب است، در این استان در برخی سال‌ها به دلیل عدم دسترسی به آب کافی و یا هم زمانی رشد ذرت با سایر گیاهان زراعی نظیر برنج و یا محصولات جالیزی، این گیاه در طول دوره رشد و به خصوص در مرحله رشد رویشی و پیش از ظهور گل تاجی با کمبود آب مواجه می‌شود. اثرات سوء ناشی از کمبود آب بر رشد و نمو و عملکرد ذرت بستگی به زمان و قوع و شدت تنش، مرحله نموی و ژنتیپ گیاه دارد. نتایج برخی مطالعات نشان داده است که کمبود آب در دوره رشد رویشی در مقایسه با کمبود آب در مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه تأثیر کمتری بر عملکرد نهایی ذرت داشته است (Denmead and Shaw, 1960). به گزارش ازبورن و همکاران (Osborne *et al.*, 2002) تنش کمبود آب در مراحل قبل از گل‌دهی، گل‌دهی و بعد از گل‌دهی، عملکرد ذرت را به ترتیب ۲۵، ۵۰ و ۲۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد. گزارش‌هایی مبنی بر حساس بودن مرحله گل‌دهی و گردهافشانی در ذرت نسبت به کمبود آب ارائه شده است (Westgate, 1994). با این وجود محققین بر اهمیت تأمین آب کافی در مرحله رشد

این تحقیق در دو سال متولی ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا گردید. در هر سال سه آزمایش هر یک به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. در هر آزمایش یک سطح تیمار آبیاری اعمال گردید. تیمار آبیاری دارای سه سطح شامل آبیاری مطلوب (I_1)، تنش ملایم (I_2) و تنش شدید رطوبتی (I_3) (به ترتیب آبیاری بر اساس تخلیه ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. تا مرحله چهار تا پنج برگی (مرحله استقرار گیاهچه) آبیاری ها بر اساس تخلیه رطوبتی معادل ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در همه کرت ها انجام و از این مرحله به بعد تا ۱۰ روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیک دانه تیمارهای آبیاری دقیقاً اعمال گردید. در هر آزمایش، نیتروژن به عنوان کرت اصلی دارای سه سطح (N_2 ، N_1 و N_3 به ترتیب کاربرد معادل ۱۴۰، ۱۸۰ و ۲۲۰ کیلوگرم به عنوان کرت فرعی دارای سه سطح تراکم ۶، ۷/۵ و ۹ بوته در مترمربع به ترتیب D_1 ، D_2 و D_3 بودند. هر کرت فرعی دارای هفت خط کاشت به طول هفت متر و به فاصله ۷۵ سانتی متر از یکدیگر بود.

در هر دو سال اجرای پژوهش، قطعه آزمایشی پیش از کشت ذرت زیر کشت گندم بود. مقدار کود فسفر بر مبنای مصرف ۹۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هر هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل محاسبه و مصرف شد و نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره تأمین گردید. ۵۰ درصد از نیتروژن مورد نیاز هر تیمار به عنوان پایه و ۵۰ درصد باقی مانده نیز به صورت سرک در مرحله چهار تا شش برگی مصرف شد. برای کنترل شیمیایی علف های هرز، مزرعه پیش از کاشت بوسیله مخلوط سه آترازین و لاسو (یک کیلوگرم آترازین + چهار لیتر لاسو) با استفاده از سمپاش تراکتوری سمپاشی گردید و سپس دیسک سبک زده شد. در طول دوره رشد نیز مبارزه با

زمانی به دست می آید که تعداد گیاه در واحد سطح نیز بهینه باشد (صادقی، ۱۳۷۹). با توجه به این موضوع در سال های اخیر تحقیقات در زمینه تعیین تراکم گیاهی بهینه نسبت به دیگر عوامل مؤثر در تولید بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است. تراکم بهینه جهت دستیابی به حداکثر عملکرد اقتصادی به ژنو تیپ، هدف تولید و فراهمی آب و مواد غذایی قابل استفاده در خاک خصوصاً نیتروژن بستگی دارد. در شرایط مطلوب، افزایش تعداد گیاهان در واحد سطح تا رسیدن به یک حد مناسب موجب افزایش عملکرد ذرت می شود (نور محمدی و همکاران، ۱۳۷۶). گرچه در سطوح پایین تراکم بوته، بخش اعظم ماده خشک گیاه در بلال جای می گیرد، اما با افزایش تراکم بوته، کاهش مقدار ماده خشک اختصاص یافته به بلال با افزایش تعداد بلال در واحد سطح جبران شده و در مجموع بر عملکرد دانه در واحد سطح افزوده می شود، ولی زیاد شدن تعداد گیاهان و بروز کمبود آب و یا عناصر غذایی در خاک ممکن است نتیجه مطلوب را در پی نداشته باشد (Duncan, 1975). در این شرایط لازم است تراکم گیاهی به گونه ای تأمین شود تا ضمن میزان مصرف آوردن عملکرد قابل قبول، کارآیی مصرف آب و نیتروژن نیز افزایش یابد. با وجود این که مطالعه مدیریت های زراعی همانند تعیین میزان مناسب مصرف نیتروژن و تراکم گیاهی بیشتر در شرایط مطلوب رطوبتی انجام گرفته است ولی وجود شرایط مطلوب با توجه به نوسانات دائمی شرایط اقلیمی و درجه مدیریت تولید کننده همواره امکان پذیر نمی باشد.

این تحقیق با هدف بررسی کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط متفاوت رطوبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارآیی مصرف آب ذرت و تعیین راهکارهایی جهت دستیابی به افزایش بازدهی مصرف منابع در شرایط استان خوزستان اجرا گردید.

هر آزمایش نمونه برداری شد. نمونه های خاک دست نخورده در حلقه های لاستیکی مخصوص ریخته شد و پس از آن که با اضافه کردن آب مقطر به حالت اشباع در آمد بر روی صفحات ویژه دستگاه های مخصوص گذاشته شد و تحت مکش ۰/۳۰ اتمسفر قرار گرفت، سپس نمونه ها بلا فاصله در آون در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و درصد رطوبت وزنی آن ها در شرایط ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه زیر (علیزاده، ۱۳۷۴) تعیین گردید:

$$\frac{\text{وزن خاک خشک (گرم)}}{\text{وزن خاک مرطوب (گرم)}} = \frac{\text{رطوبت وزنی خاک (درصد)}}{100}$$

صرفی در هر هکتار در سطوح I₁, I₂ و I₃ به ترتیب ۶۱۴۲، ۶۱۱۰ و ۶۰۶۳ متر مکعب بود. فاصله میان آبیاری ها نیز در تیمارهای I₁, I₂ و I₃ به ترتیب ۶، ۹ و ۱۳ روز محاسبه گردید.

در مرحله ابیریشمدهی پس از حذف حواشی، پنج گیاه از خطوط نمونه برداری برداشت و شاخص سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ بلال محاسبه شدند. سطح هر برگ با استفاده از معادله زیر (سبحانی، ۱۳۷۹) محاسبه گردید:

$$S = 0.46(L.W) + 0.00046(L.W)^2$$

که در آن S سطح برگ، L و W نیز به ترتیب حداکثر طول و عرض برگ سبز ذرت می باشند. محتوای نسبی آب برگ بلال جهت بررسی چگونگی واکنش گیاه به تنش کمبود آب اندازه گیری شد.

برگ بلال سه بوته از ردیف های دوم و ششم هر کرت فرعی قبل از آبیاری در ساعت ۱۲ ظهر جدا و در آزمایشگاه بلا فاصله از این برگ ها دیسک هایی تهیه و توزین شدند و وزن تازه آن ها ثبت گردید. پس از آن دیسک ها به مدت ۲۴ ساعت درون ظروف حاوی آب مقطر در دمای چهار درجه سانتی گراد قرار داده شدند تا به حالت اشباع کامل رسیدند. در پایان این مرحله رطوبت سطحی دیسک های برگی توسط حolle های

علف های هرز به صورت دستی انجام گرفت. کشت بذر به صورت دستی در اوایل مرداد ماه انجام و بوته های اضافی در مرحله ۲-۴ برگی تنک شدند. بافت خاک از نوع رس سیلتی، وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۴ گرم بر سانتی متر مکعب، رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به ترتیب ۲۴/۸ و ۱۱/۲ درصد و رطوبت اشباع خاک نیز ۴۹/۶ درصد بود. جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک در شرایط ظرفیت مزروعه از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک از تکرارهای

جهت تعیین دقیق زمان آبیاری در هر آزمایش، با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری به صورت روزانه و متوالی توسط آگر از خاک مزروعه در عمق توسعه ریشه نمونه برداری 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 زیر (علیزاده، ۱۳۷۴) حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار محاسبه شد:

$$V = \frac{(FC - \Theta_m) \times P_b \times D_{Root} \times A}{E_i}$$

V = حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب
 FC = درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی
 Θ_m = درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری
 P_b = وزن مخصوص ظاهری خاک (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 در هر آزمایش محاسبه و بر اساس کارآیی توزیع آب درصد با استفاده از پمپ و کنتور به صورت ۹۰ یکنواخت توزیع گردید. میانگین دو ساله حجم آب

درجه سانتی گراد قرار داده شدند. محتوای نسبی آب برگ بلال با استفاده از رابطه زیر (علیزاده، ۱۳۷۴) محاسبه شد:

کاغذی نم گیری و مجدداً وزن شدند. وزن مذکور به عنوان وزن اشباع ثبت گردید. نمونه‌ها جهت محاسبه وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲

$$\text{محتوای نسبی آب برگ بلال (درصد)} = \frac{\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن تازه برگ}}{\text{وزن خشک برگ} - \text{وزن اشباع برگ}} \times 100$$

برداشت، توزین و در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک گردید و با توجه به وزن اولیه اندام‌ها و دانه، عملکرد ماده خشک کل و عملکرد دانه بر اساس وزن خشک آن‌ها تصحیح شد. اجزای عملکرد شامل تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه با استفاده از ۱۰ بلال که به صورت تصادفی از خطوط ۶ و ۵ و ۴ هر کرت جدا شدند، محاسبه گردید.

کارآیی اقتصادی بیولوژیک مصرف آب با استفاده از روابط زیر (هاشمی دزفولی، ۱۳۷۳) محاسبه شدند:

آزمایش در هر سال، با تشکیل لایه سیاه در قاعدة دانه‌ها، در نیمه آذرماه با برداشت دستی تمام بوته‌های موجود در دو مترمربع وسط هر کرت پایان یافت. محصول کل هر کرت فرعی ابتدا بسته‌بندی و ایکت گذاری شد و جهت انجام اندازه گیری‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه بلال‌ها جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه جدا شدند. ابتدا وزن تربخش‌های مختلف تعیین (وزن اولیه) و سپس جهت تعیین درصد رطوبت اندام‌های مختلف و دانه و محاسبه عملکرد ماده خشک کل و دانه، نمونه‌های تصادفی از محصول بخش‌های مختلف و دانه هر کرت

$$\text{عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)} = \frac{\text{کارآیی اقتصادی مصرف آب بر حسب تولید دانه (کیلو گرم بر مترمکعب)}}{\text{حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)}}$$

$$\text{عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار)} = \frac{\text{کارآیی بیولوژیک مصرف آب بر حسب تولید کل ماده خشک (کیلو گرم بر مترمکعب)}}{\text{کل حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)}}$$

بطوریکه میزان شاخص سطح برگ از ۴/۹ در آبیاری مطلوب به ترتیب به ۳/۷ و ۲/۶ در تیمارهای تنفس ملايم و شدید رطوبتی رسید (جدول ۱ و ۲). در این تحقیق میانگین محتوای نسبی آب برگ بلال در زمان ابریشم‌دهی از ۹۰/۲ درصد در شرایط مطلوب به ۸۶/۸ و ۷۹/۹ درصد به ترتیب در تنفس ملايم و شدید رطوبتی کاهش یافت (جدول ۲). کاهش شاخص سطح برگ در شرایط تنفس را می‌توان به کاهش محتوای نسبی آب برگ نسبت داد. نتایج آزمایش کوسکوئلولا و فکت (Cosculleola and Fact, 1992) نیز نشان داد که با افزایش تنفس کمبود آب، پتانسیل آب برگ در ذرت به طور فزاینده‌ای منفی شد و شاخص سطح برگ کاهش

در پایان اجرای این پژوهش، به منظور تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از انجام آزمون بارتلت، از مدل آماری آزمایش کرتهای خرد شده در مکان در سال بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار Rایانه‌ای MSTATC و MINITAB انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامتنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش شدت تنفس رطوبتی شاخص سطح برگ کاهش معنی‌داری یافت

گزارشات مشابهی در خصوص تأثیر مثبت افزایش تراکم بوته بر شاخص سطح برگ توسط بلومتال و همکاران (Blumenthal *et al.*, 2003) و منوکس و همکاران (Monneveux *et al.*, 2005) ارائه شده است. اثرات متقابل آبیاری و تراکم بوته و نیتروژن و تراکم بر شاخص سطح برگ معنی دار بود (جدول ۱). در هر سطح آبیاری و یا نیتروژن مصرفی، افزایش تراکم موجب افزایش شاخص سطح برگ گردید، هر چند افزایش تراکم بوته در شرایط تنفس شدید رطوبتی و یا هنگام مصرف مقادیر کمتر کود، تأثیر مثبت چندانی بر این شاخص نداشت (جدول ۳). این نتایج نشان داد که افزایش تراکم بوته تنها در شرایط آبیاری مطلوب و یا همراه با مصرف مقادیر زیاد نیتروژن سودمند می باشد و در سایر شرایط اثر چندانی بر افزایش شاخص سطح برگ نخواهد داشت. وقتی آب آبیاری به اندازه کافی فراهم باشد و یا تعذیه گیاه با نیتروژن کافی صورت گیرد اثرات منفی افزایش تراکم بوته بر سطح برگ تک بوته کاهش یافته ولی در مجموع با افزایش تراکم بوته، شاخص سطح برگ افزایش می یابد.

اثر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته و اثرات متقابل آنها بر تعداد ردیف دانه در بلال معنی دار نبود (جدول ۱). معنی دار نشدن اثر تیمارهای مختلف بر این صفت نشان دهنده ثبات نسبی این جزء از عملکرد دانه در مقابل تغییرات شرایط محیطی است. از آن جا که تعداد نهایی ردیف دانه پیش از سایر اجزای عملکرد بر روی ناحیه نموی بلال تعیین می شود (Hanway, 1992)، احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف دانه در بلال رقابت چندانی بین مخزن های فیزیولوژیک برای دریافت مواد پرورده وجود نداشته و اثر تیمارهای مورد مطالعه تغییر معنی داری در این صفت ایجاد نکرده است. اثر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن، تراکم و اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر تعداد دانه در بلال معنی دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنفس خشکی، تعداد دانه

یافت. مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ داشت. گیاهان با دریافت نیتروژن بیشتر، سطح برگ بیشتری نسبت به گیاهان با نیتروژن مصرفی کمتر داشتند (جدول ۱ و ۲). با افزایش مصرف نیتروژن شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد ۲۲۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار (N_3) به $\frac{3}{9}$ رسید در حالی که میانگین شاخص سطح برگ در تیمار N_1 (کاربرد ۱۴۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار) از $\frac{3}{5}$ فراتر نرفت (جدول ۲)، هر چند کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش شاخص سطح برگ گردید، لیکن تفاوت بین دو تیمار کاربرد ۱۸۰ و ۲۲۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار معنی دار نبود (جدول ۲). رشد کند گیاهان در مراحل اولیه و در نتیجه اختصاص کم مواد فتوسنتری به برگ ها، باعث کاهش سطح برگ در مقادیر کم مصرف نیتروژن گردید. در این تحقیق، افزایش مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب، تأثیر مثبتی بر افزایش شاخص سطح برگ داشت، در حالی که در تیمار تنفس رطوبتی شدید، شاخص سطح برگ در سطوح مختلف نیتروژن تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۱ و ۳). این وضعیت احتمالاً ناشی از اختلال در فرآیند جذب نیتروژن توسط گیاه در شرایط تنفس شدید رطوبتی بود. ساکی نژاد (۱۳۸۲) نیز گزارش نمود که کمبود شدید آب در خاک موجب محدود شدن توانایی گیاه جهت جذب نیترات از خاک می شود.

با افزایش تراکم بوته، شاخص سطح برگ افزایش معنی داری نشان داد. بطوريکه بیشترین شاخص سطح برگ معادل $\frac{3}{3}$ ، $\frac{3}{9}$ و $\frac{4}{1}$ به ترتیب در تراکم های 60000 ، 75000 و 90000 بوته در هکتار در مرحله ابزیشمدهی به دست آمد (جدول ۱ و ۲). افزایش تراکم بوته با کاهش سطح برگ در هر بوته و افزایش شاخص سطح برگ همراه بود. زمانی و کوچکی (۱۳۷۳) نیز افزایش حداکثر شاخص سطح برگ را با افزایش تراکم بوته های ذرت گزارش داده و اعلام داشتند که در بیشترین تراکم شاخص سطح برگ به $\frac{3}{17}$ رسید.

جدول ۱- خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم دهی، محتوای نسبی آب برگ بالا، عملکرد دانه و اجزای آن، عملکرد بیولوژیکی،
شاخص برداشت و کارآبی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب

Table 1. Summary of combined analysis of variance for Leaf Area Index (LAI) at silking, Relative Water Content (RWC) of ear leaf, grain yield and its components, biological yield, harvest index and economical and biological water use efficiency

| S. O. V. | منابع تغییرات | میانگین مربعات (MS) | | | | | | | | | | کارآبی بیولوژیکی Biological water use |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------|-----------------|--|----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------------------|---------------------------------------|
| | | درجه آزادی df. | LAI at silking | RWC of ear leaf | متداول ردیف برگ بالا در مرحله ابریشم دهی | شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم دهی | تعداد دانه در بلال | تعداد دانه در بلال | وزن هزاردانه دانه | عملکرد Grian | عملکرد Biological yield | |
| | | | | | | | | | | | کارآبی اقتصادی Economical | |
| Year (Y) | سال | 1 | 2708.8 ns | 1734 ns | 0.32 ns | 14666 ns | 202.3 ns | 82017 ns | 1197446 ns | 15.9 ns | 201.3 ns | 476.7 ns |
| Irrigation (I) | آبیاری | 2 | 76719** | 1769986** | 0.21 ns | 334718** | 4397.7** | 1693234 | 4949286** | 104.6** | 4152.8** | 11973.3** |
| Y × I | سال × آبیاری | 2 | 125.6 ns | 14028 ns | 0.0022 ns | 783 ns | 29.7 ns | 7169 ns | 12183 ns | 1.8 ns | 10.7 ns | 13.2 ns |
| Rep/ Y × I | تکرار/ سال × آبیاری | 12 | 577.4 | 70238 | 1.28 | 5726 | 364 | 17429 | 86546 | 11.1 | 46.5 | 214.3 |
| Nitrogen (N) | نیتروژن | 2 | 3137.8** | 79222 ns | 0.3 ns | 563.09** | 802.6 ns | 290884** | 868169** | 17.8 ns | 776.7** | 2317.9** |
| Y × N | سال × نیتروژن | 2 | 41.4 ns | 2069 ns | 0.003 ns | 278 | 1.9 ns | 605 ns | 1497 ns | 0.3 ns | 1.5 ns | 3.7 ns |
| I × N | آبیاری × نیتروژن | 4 | 382.7* | 3276 ns | 0.02 ns | 5930* | 67.1 ns | 31784* | 92430** | 2.4 ns | 83.3* | 241.7* |
| Y × I × N | سال × آبیاری × نیتروژن | 4 | 26.2 ns | 544 ns | 0.0014 ns | 78 ns | 1.6 ns | 274 ns | 745 ns | 0.25 ns | 0.7 ns | 1.8 ns |
| Error (E _a) | اشتباه | 24 | 120.3 | 30470 | 1.2 | 2074 | 313 | 11030 | 31159 | 10.9 | 29.7 | 76.2 |
| Density (D) | تراکم | 2 | 7757.4** | 125707** | 0.78 ns | 200651** | 6878.7** | 79025** | 753910** | 163.6** | 210.5** | 2013.9** |
| Y × D | سال × تراکم | 2 | 41.3 ns | 177 ns | 0.007 ns | 40 ns | 0.5 ns | 1012 ns | 1394 ns | 2.1 ns | 2.6 ns | 3.4 ns |
| I × D | آبیاری × تراکم | 4 | 959.3** | 12125 ns | 0.04 ns | 71 ns | 88.6 ns | 21418** | 70057** | 5.9 ns | 56.6** | 182.2** |
| Y × I × D | سال × آبیاری × تراکم | 4 | 47.3 ns | 271 ns | 0.001 ns | 54 ns | 0.3 ns | 308 ns | 355 ns | 0.6 ns | 0.8 ns | 0.9 ns |
| N × D | نیتروژن × تراکم | 4 | 159.1* | 5720 ns | 0.21 ns | 1672 ns | 159.7 ns | 16607** | 38908** | 5.3 ns | 44.5* | 104.2** |
| Y × N × D | سال × نیتروژن × تراکم | 4 | 54.7 ns | 2775 ns | 0.01 ns | 441 ns | 6.3 ns | 2735 ns | 4640 ns | 0.7 ns | 7.3 ns | 12.5 ns |
| I × N × D | آبیاری × نیتروژن × تراکم | 8 | 24.1 ns | 7493 ns | 0.05 ns | 931 ns | 45.9 ns | 3448 ns | 4427 ns | 5.1 ns | 9.2 ns | 11.6 ns |
| Y × I × N × D | سال × آبیاری × نیتروژن × تراکم | 8 | 50.8 ns | 5043 ns | 0.07 ns | 325 ns | 4.5 ns | 2152 ns | 2401 ns | 2.1 ns | 5.7 ns | 6.4 ns |
| Error (E) | اشتباه | 72 | 46.7 | 8228 | 0.51 | 1135 | 194.5 | 2003 | 14476 | 4.7 | 5.3 | 28.1 |

ns, * and **: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant, significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

* کلیه میانگین مربعات در عدد ثابت ۱۰۰۰ ضرب شده اند.

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم دهی، محتوای نسبی آب برگ، عملکرد دانه و اجزای آن، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و کارایی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب

Table 2. Mean comparison for LAI at silking, RWC of ear leaf, grain yield and its components, biological yield, harvest index and economical and biological water use efficiency

| تیمار Treatment | شاخص سطح LAI at silking | محتوای نسبی آب برگ بلال (درصد) RWC of ear leaf | تعداد ردیف در بلال Rows per ear | تعداد دانه در بلال Grains per ear | وزن هزاردانه (گرم) 1000 KW | عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Grian yield (g) | عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (gm ⁻²) | شاخص برداشت Harvest index (%) | کارآبی اقتصادی مصرف آب (کیلو گرم ماده خرشک بر متر مکعب آب مصرفی) آب (کیلو گرم دانه بر متر مکعب آب آب مصرفی) | کارآبی بیولوژیکی آب (کیلو گرم ماده خرشک بر متر مکعب آب مصرفی) آب (kgm ⁻³) | کارآبی بیولوژیکی آب (kgm ⁻³) |
|-----------------------|-------------------------------|--|--|--|-------------------------------------|---|--|---|---|--|---|
| | | | | | | | | | | | |
| Irrigation () | | | | | | | | | | | |
| I ₁ | آبیری مطلوب | 4.9 a | 90.8 a | 14.2 a | 559.6 a | 253.8 a | 1050.2 a | 2016.4 a | 52.3 a | 1.71 a | 3.28 a |
| I ₂ | تنش ملایم | 3.7 b | 86.9 b | 14.1 a | 497.5 b | 244.9 b | 898.2 b | 1761.3 b | 51.1 a | 1.47 b | 2.89 b |
| I ₃ | تنش شدید | 2.6 c | 79.5 c | 14.1 a | 403.2 c | 235.8 c | 697.2 c | 1413.3 c | 49.4 b | 1.15 c | 2.34 c |
| Nitrogen () | | | | | | | | | | | |
| N ₁ | ۱۴۰ کیلو گرم در هکتار | 3.5 b | 84.5 a | 14.1 a | 405.4 b | 240.8 a | 800.1 b | 1588.8 b | 50.3 a | 1.31 b | 2.60 b |
| N ₂ | ۱۸۰ کیلو گرم در هکتار | 3.8 a | 85.9 a | 14.2 a | 497.8 a | 245.2 a | 903.5 a | 1768.6 a | 51.0 a | 1.48 a | 2.90 a |
| N ₃ | ۲۲۰ کیلو گرم در هکتار | 3.9 a | 86.9 a | 14.2 a | 512.1 a | 248.5 a | 942.1 a | 1833.6 a | 51.4 a | 1.54 a | 3.00 a |
| Density () | | | | | | | | | | | |
| D ₁ | ۶ بوته در مترمربع | 3.3 c | 87.3 a | 14.3 a | 545.2 a | 255.4 a | 838.7 b | 1596.2 b | 52.4 a | 1.37 b | 2.62 b |
| D ₂ | ۷/۵ بوته در مترمربع | 3.9 b | 85.7 b | 14.1 a | 491.6 b | 246.2 a | 911.4 a | 1775.7 a | 51.3 b | 1.49 a | 2.91 a |
| D ₃ | ۹ بوته در مترمربع | 4.1 a | 84.2 c | 14.0 a | 423.6 c | 232.9 a | 895.6 a | 1819.1 a | 49.1 c | 1.47 a | 2.98 a |

* در هر ستون و در هر گروه تبعه اعداد دارای حروف بکسان تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد براساس آزمون چندامنه ای دانکی ندارند.

* Means followed by similar letters, in each column, are not significantly different ($P < 0.05$)- Using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × نیتروژن، آبیاری × تراکم بوته و نیتروژن × تراکم بوته بر شاخص سطح برگ مرحله ابریشم دهی، تعداد دانه در بلال، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی و کارآبی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب

Table 3. Mean comparison of interaction effects of irrigation × nitrogen, irrigation × plant density, nitrogen × plant density on LAI at silking stage, number of grain per ear, grain yield biological yield and economical and biological water use efficiency

| تیمار Treatment | شاخص سطح برگ LAI at silking | تعداد دانه Grains per ear | عملکرد دانه Grain yield (gm ⁻²) | عملکرد بیولوژیکی Biological yield (gm ⁻²) | کارآبی آقتصادی مصرف آب (کیلو گرم دانه بر متر مکعب آب مصرفی) | کارآبی بیولوژیکی مصرف آب (کیلو گرم ماده خشک بر متر مکعب آب مصرفی) |
|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|---|---|---|
| Irrigation * Nitrogen | | | | | | |
| I ₁ N ₁ | 4.5 b | 508.4 b | 932.4 b | 1808.7 b | 1.51 b | 2.94 b |
| I ₁ N ₂ | 5.1 a | 573.2 a | 1077.8 a | 2066.8 a | 1.75 a | 3.36 a |
| I ₁ N ₃ | 5.3 a | 597.2 a | 1140.5 a | 2173.6 a | 1.85 a | 3.53 a |
| I ₂ N ₁ | 3.5 d | 453.0 c | 800.3 c | 1598.2 c | 1.31 c | 2.62 c |
| I ₂ N ₂ | 3.8 c | 512.3 b | 927.0 b | 1810.7 b | 1.51 b | 2.97 b |
| I ₂ N ₃ | 3.9 c | 527.3 b | 967.3 b | 1875.2 b | 1.59 b | 3.08 b |
| I ₃ N ₁ | 2.4 e | 389.8 d | 667.7 d | 1359.5 d | 1.10 d | 2.25 d |
| I ₃ N ₂ | 2.5 e | 407.9 d | 705.7 d | 1428.4 d | 1.17 d | 2.36 d |
| I ₃ N ₃ | 2.7 e | 411.9 d | 718.3 d | 1451.9 d | 1.19 d | 2.40 d |
| Irrigation * Plant density | | | | | | |
| I ₁ D ₁ | 4.3 c | 616.5 a | 972.2 b | 1818.5 c | 1.58 b | 2.95 c |
| I ₁ D ₂ | 5.1 b | 566.3 a | 1081.8 a | 2070.3 b | 1.76 a | 3.36 b |
| I ₁ D ₃ | 5.4 a | 495.9 a | 1096.7 a | 2160.3 a | 1.78 a | 3.51 a |
| I ₂ D ₁ | 3.3 f | 555.4 a | 852.6 d | 1619.8 d | 1.40 d | 2.66 d |
| I ₂ D ₂ | 3.9 f | 502.5 a | 930.3 c | 1816.2 c | 1.53 c | 2.98 c |
| I ₂ D ₃ | 4.0 d | 434.8 a | 911.8 c | 1848.1 c | 1.50 c | 3.03 c |
| I ₃ D ₁ | 2.4 h | 463.7 a | 691.2 f | 1350.4 f | 1.14 f | 2.23 f |
| I ₃ D ₂ | 2.7 g | 405.9 a | 722.1 e | 1440.5 e | 1.19 e | 2.38 e |
| I ₃ D ₃ | 2.6 g | 340.0 a | 678.4 f | 1448.9 e | 1.12 f | 2.40 e |
| Nitrogen * plant density | | | | | | |
| N ₁ D ₁ | 3.1 f | 502.7 a | 762.5 e | 1471.1 d | 1.25 e | 2.41 d |
| N ₁ D ₂ | 3.6 d | 468.0 a | 860.1 d | 1674.4 c | 1.41 d | 2.74 c |
| N ₁ D ₃ | 3.7 d | 380.5 a | 777.7 e | 1620.9 c | 1.27 e | 2.66 c |
| N ₂ D ₁ | 3.4 e | 559.9 a | 863.5 d | 1637.9 c | 1.42 d | 2.68 c |
| N ₂ D ₂ | 3.9 c | 496.0 a | 921.2 c | 1800.4 b | 1.51 c | 2.95 b |
| N ₂ D ₃ | 4.1 b | 437.6 a | 925.7 b | 1867.6 b | 1.52 b c | 3.06 b |
| N ₃ D ₁ | 3.4 e | 572.9 a | 890.0 d | 1679.7 c | 1.46 d | 2.75 c |
| N ₃ D ₂ | 4.1 b | 510.7 a | 952.7 b | 1852.2 b | 1.56 b | 3.04 b |
| N ₃ D ₃ | 4.3 a | 452.6 a | 983.4 a | 1968.7 a | 1.61 a | 3.23 a |

* در هر ستون و در هر گروه تیمار میانگین های دارای حروف یکسان تفاوت معنی داری در سطح ۵٪ بر اساس آزمون چندانمنه ای دانکن ندارند.

* Means followed by similar letters, in each column and each group of treatments, are not significantly different ($p < 0.05$) – Using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

مناسب نیتروژن در رژیم مطلوب رطوبتی خاک بوده است.

افزایش تراکم بوته موجب کاهش معنی دار تعداد دانه در بلال شد. تعداد دانه در بلال در کمترین تراکم بوته با میانگین $545/2$ دانه در هر بلال به طور معنی دار نسبت به سایر تراکم‌ها بیشتر بود (جداول ۱ و ۲). تعداد دانه در بلال یکی از اجزاء مهم عملکرد دانه در ذرت است که به شدت تحت تأثیر تراکم بوته قرار می‌گیرد و با افزایش تراکم بوته به طور ناگهانی کاهش می‌یابد (Andrade *et al.*, 1993). پژوهشگران دلیل اصلی این تغییرات را کاهش نفوذ نور فعال در فتوستتر، کاهش فتوستتر در واحد گیاه و کاهش سرعت رشد گیاه می‌دانند (Tollenaar and Aguilera, 1992).

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش رطوبتی موجب کاهش معنی دار وزن نهایی دانه گردید. بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب مربوط به سطوح آبیاری مطلوب و تنش شدید رطوبتی بود (جداول ۱ و ۲). کاهش وزن هزار دانه در تنش شدید رطوبتی را می‌توان به کمتر بودن کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای قبل از مرحله گرگده‌افشانی در اندام‌های رویشی و کاهش دوام سطح برگ که در نتیجه دوره پرشدن دانه‌ها را کوتاه می‌نماید، نسبت داد. اگرچه افزایش مصرف نیتروژن وزن هزار دانه را افزایش داد، اما این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود (جداول ۱ و ۲). از آن جا که در این تحقیق زمان کاربرد نیتروژن قبل از مرحله گلدهی بود بنابراین وجود نیتروژن کافی از سقط سنبلچه‌ها و گل‌ها جلوگیری نمود و بدین ترتیب بیشترین تأثیر مصرف نیتروژن بر روی تعداد دانه بود، زیرا افزایش کاربرد نیتروژن موجب افزایش تعداد دانه در بلال گردید، با افزایش تعداد دانه اسیمیلات‌های حاصل از فتوستتر جاری و مواد ذخیره‌ای بین دانه‌های بیشتری توزیع شده و در نتیجه وزن دانه تغییر چندانی نکرد. احتمالاً چنانچه کاربرد نیتروژن بعد از مرحله گلدهی صورت می‌گرفت چون تعداد دانه‌ها (مخازن) قبلاً تعیین شده بود، تغییرات بیشتری در وزن

در هر بلال کاهش یافت به گونه‌ای که کمترین تعداد دانه در بلال ($403/2$ دانه در بلال) به تیمار تنش شدید رطوبتی تعلق داشت (جدول ۲). با توجه به ثبات نسبی تعداد ردیف‌های دانه در بلال در تیمارهای مختلف، جزء اصلی تغییرات تعداد دانه در هر بلال، تغییرات تعداد دانه در هر ردیف بود. اعمال تنش رطوبتی در طول مراحل رویشی و زایشی و برخورد مراحل نموی تعیین کننده تعداد دانه در ردیف با تنش رطوبتی، موجب ایجاد اختلال در فرآیند مزبور گردید که نتیجه آن کاهش تعداد دانه در بلال بود. مصرف نیتروژن بیشتر باعث افزایش معنی دار تعداد دانه در بلال گردید (جداول ۱ و ۲). در این تحقیق، مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن موجب افزایش شاخص سطح برگ و افزایش فراهمی مواد پرورده برای بلال از طریق دوام فتوستتر گردید و به دلیل کاهش رقابت دانه‌ها برای عناصر غذایی، تعداد دانه در بلال افزایش یافت (جدول ۲). قاسمی پیربلوطی (۱۳۸۱) گزارش داد که فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در دوره بحرانی تشکیل دانه یعنی یک تا دو هفته قبل تا سه هفته پس از ابیریشمدهی از طریق افزایش سرعت رشد گیاه بر تعداد دانه مؤثر است و این وضعیت موجب ایجاد یک همبستگی قوی میان تعداد دانه در بلال با شاخص سطح برگ در مرحله ابیریشمدهی شد. در مطالعات متعدد، تأثیر مثبت مصرف نیتروژن بر افزایش تعداد دانه در بلال در هیبریدهای مختلف ذرت گزارش شده است (Osborne *et al.*, 2002). اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن از لحاظ تعداد دانه در بلال معنی دار بود (جدول ۱). مصرف 180 و 220 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در تیمار آبیاری مطلوب به طور محسوسی موجب افزایش تعداد دانه در بلال شد، هر چند با مصرف مقادیر زیاد نیتروژن اثرات منفی کمبود آب بر تعداد دانه در بلال جبران نگردید (جدول ۳). تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر تعداد دانه در بلال در شرایط آبیاری مطلوب، احتمالاً ناشی از جذب

کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تفاوت معنی دار وجود نداشت (جدول ۲). افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش مصرف نیتروژن، به دلیل ایجاد مخزن قوی یعنی تعداد دانه بیشتر و فعالیت منبع یعنی شاخص سطح برگ بیشتر و دوام زیادتر آن بود (جدول ۲). گزارشات مختلف نشان داده است که سرعت رشد گیاه در طول مدت ابریشمدهی که ارتباط زیادی با تعداد دانه در بلال و در نهایت عملکرد دانه دارد به طور مؤثری تحت تأثیر مصرف نیتروژن قرار می‌گیرد (صادقی، ۱۳۷۹). اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۱). مصرف مقادیر زیاد کود در شرایط آبیاری مطلوب، به صورت قابل ملاحظه‌ای موجب افزایش عملکرد دانه شد در حالی که در شرایط تنفس شدید رطوبتی، مصرف مقادیر بیشتر کود منجر به افزایش محسوس و چشمگیر عملکرد دانه نگردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد این وضعیت ناشی از کاهش جذب و افزایش هدر روی نیتروژن در شرایط کمبود آب در خاک بوده است.

تفاوت بین میانگین عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف بوته بسیار معنی دار بود (جدول ۱). افزایش تعداد بوته در واحد سطح منجر به افزایش معنی دار عملکرد دانه گردید، هر چند میان عملکرد دانه در تراکم‌های ۷۵۰۰ و ۹۰۰۰ بوته در هکتار اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۲). بالاتر بودن عملکرد در تراکم‌های مزبور نسبت به تراکم ۶۰۰۰ بوته در هکتار، مربوط به تعداد بیشتر بلال در واحد سطح بود، چون دو جزء دیگر عملکرد دانه یعنی تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه با افزایش تراکم کاهش یافتد (جدول ۲). با توجه به وجود رابطه خطی بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ که توسط ایرمایر و میبورن (Irmiren and Milborn, 1980) گزارش شده است می‌توان انتظار داشت که افزایش تراکم بوته با افزایش شاخص سطح برگ در جامعه گیاهی و افزایش نور دریافتی و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه به

تک دانه به وجود می‌آمد. اثر تراکم بوته بر وزن هزار دانه بسیار معنی دار بود و با افزایش تراکم بوته وزن هزار دانه کاهش یافت، بطوریکه بیشترین وزن هزار دانه با میانگین $255/4$ گرم از کمترین تعداد بوته در واحد سطح به دست آمد (جدوال ۱ و ۲). کمتر بودن ذخیره کربوهیدرات‌ها در ساقه‌ها قبل از مرحله گرده‌افشانی و کاهش فتوسنتز جاری ناشی از کاهش دوام سطح برگ، پس از گل‌دهی و بالا بودن تنفس در تراکم‌های بالا، موجب کاهش محسوس وزن هزار دانه در تراکم‌های مزبور گردید. نتایج پژوهش‌های انجام شده توسط امام و رنجبر (۱۳۷۹) با یافته‌های این تحقیق مبنی بر کاهش وزن هزار دانه در اثر افزایش تراکم بوته مطابقت دارد. اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری \times نیتروژن، آبیاری \times تراکم، نیتروژن \times تراکم و اثرات متقابل سه جنبه آبیاری \times نیتروژن \times تراکم بر وزن هزار دانه معنی دار نگردید (جدول ۱).

اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد دانه از لحاظ آماری معنی دار بود و در تنفس شدید رطوبتی در مقایسه با آبیاری مطلوب، عملکرد دانه به میزان حدود ۳۵ درصد کاهش یافت (جدوال ۱ و ۲)، این کاهش عمدتاً به دلیل کاهش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه بود (جدول ۲). عملکرد نهایی ذرت بستگی به نمو موفقیت آمیز گل‌ها، باروری کامل آنها، تکوین رویان و تجمع نشاسته و پروتئین در دانه دارد و هر کدام از این فرآیندها نیاز به عرضه مستمر مواد پرورده دارد (Tollenaar and Daynard, 1978). تنفس رطوبتی از طریق کاهش سطح برگ‌ها و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌شود (Nissanka *et al.*, 1997).

اثر تیمار نیتروژن نیز بر عملکرد دانه معنی دار بود (جدول ۱) و افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه شد، هر چند بین تیمار کاربرد ۱۸۰ و ۲۲۰

حالی بود که از لحاظ سایر عوامل به ویژه عنصر غذایی نیتروژن محدودیتی وجود نداشت. در نتیجه به موازات افزایش تراکم بوته باید نیتروژن در دسترس افزایش یابد. این نتایج با گزارشات بلومتال و همکاران (Blumenthal *et al.*, 2003) و منووکس و همکاران (Monneveux *et al.*, 2005) که گزارش نمودند در تراکم‌های بالا تأمین عناصر غذایی کافی به ویژه نیتروژن ضروری می‌باشد، مطابقت دارد.

اثر کمبود آب، مصرف نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیک معنی دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنفس رطوبتی، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت (جدول ۲). این نتایج یافته‌های سپهری و همکاران (۱۳۸۱) و ازبوری و همکاران (Osborne *et al.*, 2002) مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنفس رطوبتی را تأیید نمود. دلیل افزایش تولید کل ماده خشک در گیاهان در شرایط آبیاری مطلوب، گسترش بیشتر و تداوم طولانی تر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید (جدول ۲).

کاهش سطح نیتروژن مصرفی از ۲۲۰ به ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، عملکرد بیولوژیک را به طور متوسط ۶۰۳ گرم در مترمربع کاهش داد (جدول ۲). در مقاییر بیشتر نیتروژن، سرمایه‌گذاری مواد فتوسترنزی در بخش‌های برگ و ساقه افزایش یافته و در نتیجه مواد تجمع یافته در دانه نیز فزونی یافت. کمبود نیتروژن به علت کاهش اندازه و دوام سطح برگ، باعث کاهش میزان نور دریافتی، کارآیی استفاده از نور و فتوسترنزی گیاه زراعی شد و به موازات آن عملکرد بیولوژیک کاهش یافت (جدول ۲).

تفاوت میانگین عملکرد بیولوژیک در تراکم‌های بوته مختلف معنی دار بود و با افزایش تراکم بوته عملکرد بیولوژیکی افزایش یافت (جدول ۱ و ۲).

تولید حداکثر عملکرد دانه منجر گردد. اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری \times تراکم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۰۹۶/۷ گرم در مترمربع از بالاترین تراکم بوته در آبیاری مطلوب (I₁D₃) به دست آمد که از نظر آماری با میانگین تیمار تراکم متوسط در شرایط آبیاری مطلوب (I₁D₂) تفاوت نداشت (جدول ۳). نتایج این تحقیق نشان داد که توصیه برای تراکم‌های بوته بالا تنها در شرایط مطلوب می‌تواند مفید باشد و در شرایط تنش، استفاده از تراکم‌های بوته بالا نه تنها مفید نیست بلکه ممکن است نتیجه نامطلوبی را در پی داشته باشد. لیانگ و همکاران (Liang *et al.*, 1992) تراکم بالا (Liang *et al.*, 1992) زیاد و مصرف زیاد کود را برای دستیابی به عملکرد بالا توصیه نمودند. راسمن و کوک (Rossman and Cook, 1966) نیز در آزمایشی نشان دادند که در شرایط محدودیت رطوبتی، حداکثر عملکرد ذرت از تراکم ۴/۵ تا ۵/۵ بوته در مترمربع به دست آمد در حالی که با بهبود شرایط آبیاری، بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۵/۵ تا ۶ بوته در مترمربع حاصل می‌شود.

اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن \times تراکم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار بود و بیشترین عملکرد دانه به میزان ۹۸۳/۴ گرم در مترمربع مربوط به تیمار کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و تراکم بوته ۹۰۰۰ در هکتار (N₃D₃) بود (جدول ۱ و ۳). در شرایط مطلوب رطوبتی اثرات توأم افزایش تراکم بوته و مصرف نیتروژن مثبت بود و موجب افزایش عملکرد دانه گردید، در تراکم‌های پائین به دلیل کاهش تعداد بلال در واحد سطح عملکرد دانه کمتر بود و افزایش نیتروژن به دلیل محدودیت ظرفیت هر گیاه در استفاده از نیتروژن تا حد معنی مؤثر بود، نیتروژن مازاد بدون استفاده باقی ماند و از دسترس خارج گردید. با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه در واحد سطح به دلیل افزایش تعداد بلال در واحد سطح افزایش یافت، این در

۵۲/۳ درصد متعلق به آبیاری مطلوب بود که از نظر آماری تفاوت معنی داری با شاخص برداشت در تیمار تنش ملایم رطوبتی نداشت (جدول ۱ و ۲). در این تحقیق، تنش رطوبتی عملکرد دانه را به میزان بیشتری نسبت به عملکرد ماده خشک کاهش داد، که در نتیجه آن شاخص برداشت کاهش یافت. ستر (Setter, 1990) اظهار داشت که کمبود آب از جمله عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاه می باشد که علاوه بر کاهش ماده خشک تولیدی، موجب اختلال در تسهیم کربوهیدراتها به دانه و در نتیجه کاهش شاخص برداشت می شود. تفاوت بیشترین و کمترین شاخص برداشت به دست آمده در سطوح مختلف نیتروژن حدود یک درصد بود که از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۱ و ۲). نتایج به دست آمده نشان داد که کاربرد نیتروژن تغییری در نحوه توزیع مواد فتوستنتری بوجود نیاورد و عملکرد دانه و ماده خشک را به نسبت یکسانی افزایش داد. گزارشات مشابهی مبنی بر عدم تأثیر کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن بر شاخص برداشت ارائه گردیده است (قاسمی پیربلوطی، ۱۳۸۱). اثر سطوح مختلف تراکم بوته نیز بر نظر شاخص برداشت معنی دار بود (جدول ۱). با افزایش تراکم بوته، شاخص برداشت به دلیل کاهش شدید تسهیم مواد پرورده به دانه کاهش یافت، تراکم بوته ۶۰۰۰ در هکتار (D₁) با میانگین ۵۲/۴ درصد و تراکم بوته ۹۰۰۰ در هکتار (D₃) با میانگین ۴۹/۱ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان شاخص برداشت را داشتند (جدول ۲). از آنجاییکه بین اندام های رویشی و زایشی جهت دریافت مواد فتوستنتری رقابت درون گیاهی وجود دارد، با افزایش تراکم بوته و افزایش رقابت میان گیاهان این رقابت داخلی نیز تشدید می شود و به این دلیل که مخزن های فیزیولوژیک زایشی دیرتر از مخزن های فیزیولوژیک رویشی شکل می گیرند، معمولاً اثرات سوء ناشی از رقابت در درجه نخست بر مخزن های فیزیولوژیک زایشی (اقتصادی) اثر گذاشته و در شرایط رقابت شدید ممکن است حتی

اگر چه رقابت برای جذب نور، مواد غذایی، آب و جذب گاز کربنیک هم در تراکم های بالا بیشتر است ولی به نظر می رسد در شرایط آب و هوایی خوزستان، رقابت بین بوته ای حتی در بیشترین تراکم مورد بررسی در این تحقیق، در محدوده تراکم مطلوب قرار داشت. اثر متقابل آبیاری × تراکم بر عملکرد بیولوژیک در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین های اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته نشان داد که تیمار بیشترین تراکم بوته در شرایط آبیاری مطلوب (I₁D₃) از برتری قابل ملاحظه ای از لحاظ تولید ماده خشک در مقایسه با دیگر تیمارها برخوردار بود. در حالی که در شرایط رطوبتی شدید، تغییر عملکرد بیولوژیکی در اثر افزایش تراکم قابل ملاحظه نبود (جدول ۳). کاهش عملکرد بیولوژیک در کلیه تراکم ها در شرایط تنفس شدید رطوبتی، ناشی از افت عملکرد دانه و وزن خشک بخش های رویشی به دلیل افزایش رقابت بود. در شرایط آبیاری مطلوب و تنش ملایم رطوبتی، با افزایش تعداد بوته در واحد سطح کاهش وزن خشک تک بوته جبران و عملکرد ماده خشک افزایش یافت ولی در شرایط تنفس شدید رطوبتی، کاهش شدید وزن خشک تک بوته ها جبران نشد و در نتیجه تفاوت میان عملکرد بیولوژیک در میان تراکم ها معنی دار نگردید (جدول ۳)، بنابراین در زراعت ذرت توصیه تراکم های بوته بالا تنها در شرایط مطلوب می تواند مفید باشد. مقایسه میانگین ها نشان داد که روند تغییرات عملکرد ماده خشک در اثر تراکم بوته در کلیه سطوح کاربرد نیتروژن روند یکسانی نداشت. در سطوح بالاتر مصرف نیتروژن با افزایش تراکم بوته، کاهش وزن تک بوته ها جبران شد و در نتیجه آن عملکرد بیولوژیکی افزایش یافت (جدول ۳).

تنش خشکی اثر معنی داری بر شاخص برداشت گذاشت و با افزایش شدت تنفس رطوبتی شاخص برداشت کاهش یافت. بیشترین شاخص برداشت به میزان

اختلاف کارآیی مصرف آب (اقتصادی و بیولوژیک) میان تیمارهای کودی، تفاوت میان این تیمارها از لحاظ عملکرد دانه و ماده خشک بود. زیرا میان سطوح مختلف کاربرد نیتروژن از لحاظ رسیدگی گیاهان تفاوت معنی داری وجود نداشت و میزان آب مصرفی نیز برای تمام سطوح کودی تقریباً یکسان بود. افزایش مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب باعث افزایش معنی دار کارآیی اقتصادی و بیولوژیک استفاده از آب در مقایسه با سایر تیمارها گردید. بطوریکه کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در تیمار آبیاری مطلوب (I₁N₃) از لحاظ کارآیی های مذبور نسبت به سایر تیمارها برتری داشت (جدول ۳). افزایش مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب از طریق رشد سریع تر برگ ها، سرعت بسته شدن سایه انداز گیاهی را افزایش داد و موجب به حداقل رساندن تضعیف آمونیوم و کاهش تلفات آب از سطح خاک گردید، این وضعیت باعث افزایش عملکرد دانه و ماده خشک و بهبود کارآیی استفاده از آب شد.

در این تحقیق، کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب با افزایش تراکم بوته افزایش معنی داری یافت (جدول ۱ و ۲). به طور کلی هر عامل مدیریتی که بدون افزایش قابل ملاحظه میزان آب مصرفی، منجر به افزایش عملکرد دانه و ماده خشک شود، کارآیی استفاده از آب را افزایش خواهد داد. در این تحقیق افزایش تراکم بوته از طریق افزایش عملکرد دانه و ماده خشک موجب افزایش کارآیی مصرف آب شد (جدول ۲). هم چنین افزایش کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب ضمن افزایش تراکم کاست با استفاده کارآتر از آب موجود به واسطه تعداد بیشتر بوته در واحد سطح و تلفات کمتر آب به واسطه تبخر نیز ارتباط داشت. اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری × تراکم از یک سو و نیتروژن × تراکم از سوی دیگر بر کارآیی استفاده از آب معنی دار بود (جدول ۱). بررسی مقایسات میانگین اثرات متقابل آبیاری × تراکم نشان داد که تراکم ^۹ بوته در

موجب نازایی تعدادی از اندامهای زایشی گردد گاردنر و همکاران، ۱۳۷۲). اثر سایر تیمارهای مورد مطالعه در این آزمایش بر شاخص برداشت معنی دار نبود (جدول ۱).

کارآیی مصرف آب از خصوصیات مهم فیزیولوژیک گیاه در رابطه با توانایی در مقابله با کمبود آب است. میان سطوح مختلف آبیاری از لحاظ کارآیی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب اختلاف معنی دار وجود داشت، با افزایش فواصل آبیاری و افزایش شدت تنفس رطوبتی کارآیی های مذبور کاهش معنی دار نشان دادند، بطوریکه کمترین کارآیی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب به ترتیب با میانگین ۱/۱۵ و ۲/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب به تیمار تنفس شدید رطوبتی تعلق داشت (جدول ۱ و ۲). دلیل کاهش کارآیی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب در شرایط تنفس رطوبتی، کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در این شرایط بود (جدول ۲). در شرایط آبیاری مطلوب حفظ همیشگی آب در حد نیاز، موجب شد تا گیاهان با سرعت مناسبی به رشد و نمو پرداخته و این وضعیت موجب افزایش عملکرد دانه و ماده خشک در تیمار یاد شده گردید (جدول ۲). با توجه به وجود رابطه مستقیم میان عملکرد آنه و ماده خشک با کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب و یکسان بودن تقریبی حجم آب مصرفی در طول دوره رشد در کلیه تیمارها، این وضعیت باعث افزایش کارآیی استفاده از آب شد. نیسانکا و همکاران (Nissanka *et al.*, 1997) اظهار نمودند که کاهش کارآیی مصرف آب در شرایط تنفس رطوبتی، ناشی از کاهش بیشتر فتوسنتر در مقایسه با تنفس گیاه می باشد. این محققین دلیل این امر را به وارد آمدن خسارت به مزو菲尔 برگ در اثر تنفس رطوبتی نسبت دادند.

اختلاف میان سطوح مختلف نیتروژن از لحاظ کارآیی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب معنی دار بود و افزایش کاربرد نیتروژن موجب بهبود کارآیی های مذکور گردید (جدول ۱ و ۲). عامل اصلی و مؤثر در

در مجموع نتایج به دست آمده نشان داد که آبیاری علاوه بر اطمینان بیشتر و سطح بالای عملکرد، استفاده کارآتر از سایر نهاده‌های با ارزش نظیر کود نیتروژن را نیز ممکن می‌سازد. زیرا در شرایط مطلوب و حتی تنفس ملایم رطوبتی افزایش مصرف نیتروژن با افزایش قابل ملاحظه عملکرد همراه بود و افزایش تراکم بوته تا سطح متوسط (۷/۵ بوته در مترمربع) تأثیر بسیار مثبتی بر عملکرد دانه داشت. در شرایط تنفس شدید رطوبتی به دلیل کاهش جذب و افزایش هدرروی نیتروژن ناشی از کمبود شدید آب در خاک، کارآبی مصرف کود را کاهش یافت و تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه غیرمحسوس و ناچیز بود. در چنین شرایطی نیز بکارگیری تراکم‌های خیلی زیاد نه تنها عملکرد را افزایش نداد، بلکه موجب کاهش کارآبی مصرف کود گردید. به نظر می‌رسد در صورت عدم دسترسی به آب کافی و مواجهه گیاه با کمبود شدید آب در خاک، کاهش مصرف نیتروژن و تراکم بوته ضمن تولید محصول در حد قابل قبول، کاهش هزینه‌ها و افزایش کارآبی استفاده از منابع را بدبند خواهد داشت.

مترمربع در شرایط آبیاری مطلوب (I₁D₃) به دلیل تولید بیشترین عملکرد دانه و ماده خشک نسبت به سایر تیمارها برتر بود، هر چند در این شرایط میان تراکم‌های ۷/۵ و ۹ بوته در مترمربع از لحاظ کارآبی اقتصادی مصرف آب تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). در این تحقیق عکس العمل کارآبی اقتصادی ویژوالوژیک مصرف آب ذرت نسبت به تغییر تراکم بوته با تغییر مقدار مصرف نیتروژن، متفاوت بود. در مقادیر کمتر مصرف نیتروژن، تراکم بوته متوسط به دلیل تولید بیشتر عملکرد دانه و ماده خشک، بالاترین کارآبی مصرف آب را داشت در حالی که با کاربرد سطوح بالاتر نیتروژن، بیشترین تراکم از لحاظ این صفت برتری نشان داد (جدول ۳).

تمام شواهد حاکی از آن است که اگر مقدار مصرف نیتروژن زیاد باشد با افزایش تأمین آب، کارآبی استفاده از این نهاده نیز افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی، به منظور استفاده کامل از این مواد و در نتیجه تولید حداکثر عملکرد، تراکم بوته در واحد سطح باید بیشتر باشد، در حالی که وقتی مقدار مصرف کود کم باشد با افزایش تراکم بوته و افزایش تأمین آب، کارآبی استفاده از آب کاهش می‌یابد.

References

- تأثیر تراکم بوته وتنش خشکی در مرحله رشد رویشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآبی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای. مجله علوم زراعی ایران. جلد دوم، شماره سوم. صفحات ۶۲-۵۱.
- اثر آرایش و تراکم کاشت بر جذب تششع، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. خلاصه مقالات سومین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تبریز. صفحه ۱۹۱.
- مطالعه اثر تنفس آب بر روند جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره‌های مختلف رشد، با توجه به خصوصیات مرفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان‌نامه دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی. واحد علوم و تحقیقات اهواز. ۲۸۸ ص.
- راهنمای تعیین شاخص سطح برگ گیاهان زراعی. نشریه ترویجی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت کشاورزی.
- تأثیر تنفس آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. جلد چهارم، شماره سوم. صفحات ۲۰۱-۱۸۴.

تأثیر تراکم بوته و مقادیر کود ازته بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه کوشکک استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ۹۵ ص.

رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ اول. انتشارات آستان قدس. ۳۵۳ ص.
بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر نحوه الگوی تخصیص ماده خشک در ذرت دانه‌ای رقم SC704 در منطقه ورامین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه تهران. ۹۸ ص.

فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه سرمندانی، غ. وع. کوچکی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ ص.

زراعت غلات. جلد اول. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۴۶ ص.
مفهوم کارآیی مصرف آب. نشریه پژوهش و سازندگی. شماره ۲۵. صفحات ۳۷-۳۴.

Andrade, F. H., S. A. Uhart and M. I. Frugone. 1993. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: Shade versus plant density effects. *Crop Sci.* 33: 482-485.

Blumenthal, M., J. Lyon and W. Stroup. 2003. Optimal plant population and nitrogen for dryland corn in Western Nebraska. *Agron. J.* 95: 878-883.

Cosculleola, F. and J. M. Fact. 1992. Determination of the maize (*Zea mays* L.) yield function in respect to water using a line source sprinkler. *Field Crops Abst.* 93: 5611.

Denmead, O. T. and R. H. Shaw. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.* 52: 272 - 274.

Duncan, W. G. 1975. Maize in the crop physiology. Cambridge Univ. press. London. New York. Melbourne.

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.

Hanway, J. J. 1992. How a corn plant develops. Iowa coop. Ext. Ser. Spec. Rep. 48.

Iremiren, G. O. and G. M. Milborn. 1980. Effects of plant density on ear barrenness in maize. *Exptl. Agric.* 16: 321-326.

Liang, B. C., M. R. Millard and A. F. Mackenzie. 1992. Effects of hybrid, population densities, fertilization and irrigation on grain corn (*Zea mays* L.) in Quebec. *Can. J. of plant Sci.* 72: 1163 - 1170.

Monneveux, P., P. H. Zaidi and C. Sanchez. 2005. Population density and low nitrogen affects yield - associated traits in tropical maize. *Crop Sci.* 45: 535-545.

Nesmith, D. S. and J. T. Ritchie. 1992. Short and long-term responses of corn to a pre- anthesis soil water deficit. *Agron. J.* 84:107-113.

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

Norwood, C. A. 2000. Water use and yield of limited irrigated and dry land corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 365 - 370.

Osborne, S. L., J. S. Scheppers, D. D. Francis and M. R. Schlemmer. 2002. Use of spectral radiance to in - season biomass and grain yield in nitrogen and water - stressed corn. *Crop Sci.* 42: 165 -171.

- Roszman, E. C. and R. L. Cook.** 1966. Soil parathion and date, rate and pattern of planting. P. 53-101. In: W. H. Pierre *et al.* (Ed). Advanced in Corn Production: Principles and Practices. Iowa State Univ. Press, Ames, IA.
- Setter, T. L.** 1990. Transport/harvest index: Photosynthetic partitioning in stressed plants. P. 17-36. Stress responses in plant: Adaptation and accumulation mechanism. Wiley-Liss, Inc. New York. 14853.
- Tollenaar, M. and A. Agudera.** 1992. Radiation use efficiency of an old and a new maize hybrid. Agron. J. 84: 536-541.
- Tollenaar, M. and T. B. Daynard.** 1978. Effect of defoliation on kernel development in maize. Can. J. Plant. Sci. 58: 207-212.
- Westgate, M. E.** 1994. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. Crop Sci. 34: 76-83.
- Zinselmeier, C., M. J. Lauer and J. S. Boyer.** 1995. Reversing drought-induced losses in grain yield: sucrose maintains embryo growth in maize. Crop Sci. 35: 1390-1400.

Effect of different levels of nitrogen and plant density on grain yield, its components and water use efficiency in maize (*Zea mays L.*) cv. SC. 704 under different moisture conditions in Khuzestan

Sh. Lack¹, A. Naderi², S. A. Siadat³, A. Ayenehband⁴ and Gh. Noormohammadi⁵

ABSTRACT

In order to study the effect of different levels of nitrogen and plant density under different moisture conditions on grain yield and yield components, biological yield and economic and biological water use efficiency of a maize hybrid (*Zea mays L.*) cv. SC. 704 a research was conducted in 2004 and 2006 cropping seasons, in experimental field in Agriculture and Natural Resources Sciences University of Khuzestan, Ahvaz, Iran. Irrigation treatments were implemented separately in three experiment including. Optimum irrigation (I_1), Moderate stress (I_2) and Severe stress (I_3) (irrigation treatments were applied based on depletion of 30%, 40% and 50% of field capacity, respectively). Until 4 to 5 leaf stage (seedling establishment stage) irrigations carried out after depletion of 30% field capacity in all treatments and after this stage irrigation treatments were applied. A split plot arrangement in Randomized Complete Block Design with three replication was used for each experiment. In each experiment three nitrogen levels ($N_1=140$, $N_2=180$ and $N_3=220$ Kg N ha^{-1}) were applied in main plots and three plant densities ($D_1=6$, $D_2=7.5$ and $D_3=9$ plants m^{-2}) were assigned to sub-plots. Results of combined analysis of variance indicated that the effect of moisture stress, nitrogen and plant densities on grain and biological yield was significant. The maximum grain yield (1050.2 gm $^{-2}$) was harvested from optimum irrigation (I_1). Severe moisture stress decreased the grain yield by 35% in comparison with optimum irrigation. This reduction was mainly due to reduction of grain number per ear and 1000 kernel weight. Grain yield increased with increasing nitrogen application. The yield difference between nitrogen levels was mainly due to positive effect of nitrogen on grain number per ear. The response of grain yield to increase in plant densities was positive. All yield components except number of rows per ear were sensitive to plant densities. Harvest index decreased as severity of moisture stress and plant densities increased, but there was no significant difference between different levels of nitrogen. Decreasing irrigation intervals increased economic and biological water use efficiency. The highest means of economic (1.71 kgm $^{-3}$) and biological (3.28 kgm $^{-3}$) water use efficiency, belonged to optimum irrigation. Increasing nitrogen application increased economic and biological water use efficiency. The response of these efficiencies to plant densities was also positive. Results of this study, suggest that; in order to increase input use efficiency and decrease the costs, nitrogen consumption rate, plant densities and available water in soil should be proportionated. Under moisture stress conditions, reduction in input levels, not only decreases the costs, but also increases the efficiency of resources used.

Key words: Maize, Moisture stress, Nitrogen, Plant density, Water use efficiency.

Received: July 2006

- 1- Ph.D. Student and Faculty member of Ahvaz Islamic Azad University, Ahvaz, Iran (Corresponding author).
- 2- Assistant Professor, Safiabad Agricultural Research Center, Dezful, Iran.
- 3- Professor, Agriculture and Natural Resources Sciences University of Khuzestan, Ahvaz, Iran.
- 4- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran.
- 5- Professor, Department of Agronomy, Sciences and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran.