"مجله علوم زراعي ايران"
جلد هشتم، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۵

اثر سطوح مختلف نيتروژن و تراكم بوته در شرايط مختلف رطوبتي بر عملكرد، اجزاي عملكرد و كارآيي مصرف آب ذرت دانه‌اي سينگل كراس ۷۰٤ در خوزستان

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

شهرام لك[۱]، احمد نادری[۲]، سيدعطاالله سيادت[۳]، امير آينه بند[۴] و قربان نورمحمدی[۵]

چكيده

لك، ش.، ا. نادری، س. ع. سيادت، ا. آينه بند، ق. نورمحمدی، ۱۳۸۵. اثر سطوح مختلف نيتروژن و تراكم بوته در شرايط مختلف رطوبتی بر عملكرد، اجزای عملكرد و كارآيی مصرف آب ذرت دانه‌ای سينگل كراس ۷۰٤ در خوزستان. مجله علوم زراعی ايران. جلد هشتم، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۵.

به منظور بررسي تأثير سطوح مختلف نيتروژن و تراكم بوته در شرايط مختلف رطوبتي بر عملكرد و اجزاي عملكرد دانه، عملكرد بيولوژيك و كارآيي اقتصادي و بيولوژيك مصرف آب ذرت دانه‌اي هيبريد سنيگل كراس ۷۰٤ پژوهشي در دو سال متوالي (۱۳۸۳ و ۱۳۸٤) در مزرعه تحقيقاتي دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي خوزستان اجرا گرديد. اين پژوهش در هر سال متشكل از سه آزمايش هر يك به صورت كرت‌هاي خرد شده در قالب طرح بلوك هاي كامل تصادفي با سه تكرار بود. در هر آزمايش يك سطح تيمار آبياري اعمال گرديد. تيمار آبياري داراي سه سطح شامل آبياري مطلوب (I_1)، تنش ملايم (I_2) و تنش شديد رطوبتی (I_3) (به ترتيب آبياري بر اساس تخليه ۳۰ ، ٤۰ و ۵۰ درصد ظرفيت زراعي) بود. تا مرحله چهار تا پنج برگي (مرحله استقرار گياهچه) آبياري بر اساس تخليه رطوبتي معادل ۳۰ درصد ظرفيت زراعي در همه كرت‌ها انجام و از اين مرحله به بعد تيمارهاي آبياري اعمال گرديد. در هرآزمايش نيتروژن به عنوان كرت اصلی دارای سه سطح (N_1 = ۱٤۰ ، N_2 = ۱۸۰ و N_3 =۲۲۰ كيلو گرم نيتروژن خالص در هكتار) و تراكم بوته نيز به عنوان كرت فرعی دارای سه سطح (D_1 = ٦ ، D_2= ۷/ ۵ و D_3 = ۹ بوته در مترمربع) بودند. نتايج تجزيه واريانس مركب نشان داد كه تأثير تنش خشكي، نيتروژن و تراكم بوته بر عملكرد دانه و بيولوژيك معني‌دار بود. بيشترين عملكرد دانه به ميزان ۱۰۵۰/۲ گرم در مترمربع مربوط به تيمار آبياري مطلوب بود. تنش شديد رطوبتی در مقايسه با تيمار آبياري مطلوب باعث كاهش عملكرد دانه به ميزان حدود ۳۵ درصد گرديد، اين كاهش عمدتاً به واسطه كاهش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه بود. افزايش كاربرد نيتروژن موجب افزايش عملكرد دانه شد كه اين افزايش مربوط به تأثير مثبت نيتروژن در افزايش تعداد دانه در بلال بود. واكنش عملكرد دانه به افزايش تراكم بوته نيز مثبت بود. كليه اجزای عملكرد به استثنای تعداد رديف در بلال نسبت به تغيير تراكم حساسيت نشان دادند. شاخص برداشت با افزايش شدت تنش رطوبتی و تراكم كاهش يافت، اما بين ميانگين اين صفت در سطوح مختلف نيتروژن تفاوت معني‌داري وجود نداشت. با كاهش فواصل آبياري، كارآيي اقتصادي و بيولوژيك مصرف آب افزايش يافت. بيشترين ميانگين كارآيي اقتصادي و بيولوژيك مصرف آب به ترتيب به ميزان ۱/۷۱ و ۳/۲۸ كيلوگرم دانه بر مترمكعب آب آبياری به تيمار آبياري مطلوب تعلق داشت. نتايج اين تحقيق نشان می‌دهد در شرايط مختلف رطوبتي، جهت افزايش كارآيي مصرف نهاده‌ها و كاهش هزينه‌ها، تناسب ميان ميزان مصرف نيتروژن و تراكم بوته با فراهمي آب در خاك امری ضروری است. در شرايط تنش خشكي، كاهش مصرف نهاده‌ها علاوه بر كاهش هزينه‌ها، افزايش راندمان استفاده از منابع را نيز به دنبال خواهد داشت.

واژه‌هاي كليدي: ذرت، تنش كمبود آب، نيتروژن، تراكم بوته، عملكرد و كارآيي مصرف آب.

تاريخ دريافت: ۸۵/۵/۱۸

۱ـ دانشجوی دوره دكتری تخصصی فيزيولوژی گياهان زراعی و عضو هيأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز (مكاتبه كننده)
۲ـ استاديار، عضو هيأت علمی مركز تحقيقات كشاورزی صفی آباد- دزفول
۳ـ استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم كشاورزی و منابع طبيعی خوزستان
۴ـ استاديار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشكده كشاورزی، دانشگاه شهيد چمران اهواز
۵ـ استاد، عضو هيأت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد علوم تحقيقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

مقدمه

کمبود آب از محدودکننده‌ترین عوامل تولید محصولات زراعی نظیر ذرت در سراسر جهان است. کمربند کشت ذرت در دنیا به دلیل ویژگی‌های خاص این گیاه به دلیل چهار کربنه بودن و به ویژه گرماپسندی آن تطابق نزدیکی با مناطق خشک و نیمه خشک دارد. در مناطق خشک و نیمه خشک، شرایط ایده ال جهت 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 زمین های کشاورزی ایران در مناطق نیمه خشک قرار دارند که عملاً با تنش خشکی مواجه هستند (ساکی‌نژاد، 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 وقوع و شدت تنش، مرحله نموی و ژنوتیپ 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 درمقایسه با تیمار شاهد کاهش داد. گزارش‌هایی مبنی برحساس 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 رویشی ذرت و قبل ازگرده‌افشانی تأکید کرده‌اند. کمبود آب در مرحله رشد رویشی بر گسترش برگ‌ها و توسعه ساقه تأثیر گذاشته 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 می افتد (Girardin *et al*., 1987). به عقیده دانشمندان مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن اصلی‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد ذرت محسوب می‌شوند (Norwood, 2000). گزارشات متعددی در خصوص 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 برده‌اند که عملکرد بالا در اثر مصرف کود، تأمین رطوبت و استفاده از ارقام جدید تنها

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

زمانی به دست می‌آید که تعداد گیاه در واحد سطح نیز بهینه باشد (صادقی، ۱۳۷۹). با توجه به این موضوع در سال‌های 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 ژنوتیپ، 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 می‌شود (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۷۶). گرچه در سطوح پایین تراکم بوته، بخش اعظم ماده خشک گیاه در بلال جای می‌گیرد، 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 می‌شود، 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 گونه‌ای تأمین شود تا ضمن به دست آوردن عملکرد قابل قبول، کارآیی مصرف آب و نیتروژن نیز افزایش یابد. با وجود این که مطالعه مدیریت‌های 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 تولیدکننده همواره امکان‌پذیر نمی‌باشد.

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.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال متوالی ۱۳۸۳ و ۱۳۸٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا گردید. در هر سال سه آزمایش هر یک به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های 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، ٤۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) بود. تا مرحله چهار تا پنج برگی (مرحله استقرار گیاهچه) آبیاری‌ها بر اساس تخلیه رطوبتی معادل ۳۰ درصد ظرفیت زراعی در همه کرت‌ها 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_1 ، N_2 و N_3 به ترتیب کاربرد معادل ۱٤۰، ۱۸۰و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از منبع اوره و تراکم بوته نیز به عنوان کرت فرعی دارای سه سطح تراکم ٦، 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 سانتی‌متر 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 علف‌های هرز، مزرعه پیش از کاشت بوسیله مخلوط سم آترازین و لاسو (یک کیلوگرم آترازین + چهار لیتر لاسو) با استفاده از سمپاش تراکتوری سمپاشی گردید و سپس دیسک سبک زده شد. در طول دورهٔ رشد نیز مبارزه با

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

علف‌های هرز به صورت دستی انجام گرفت. کشت بذر به صورت دستی در اوایل مرداد ماه انجام و بوته‌های اضافی در مرحله ٤-۲ برگی تنک شدند. بافت خاک از نوع رس سیلتی، وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۳٤ گرم بر سانتی مترمکعب، رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به ترتیب ۲٤/۸ و ۱۱/۲ درصد و رطوبت اشباع خاک نیز ٤۹/٦ درصد بود. جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک در شرایط ظرفیت مزرعه از دو عمق ۳۰-۰ و ٦۰-۳۰ سانتی‌متری خاک از تکرارهای هر آزمایش نمونه‌برداری شد. نمونه‌های خاک دست نخورده در حلقه‌های لاستیکی مخصوص ریخته شد و پس از آن که با اضافه کردن آب مقطر به حالت اشباع در آمد بر روی صفحات ویژه دستگاه‌های مخصوص گذاشته شد و تحت مکش۰/۳ اتمسفر قرار گرفت، سپس نمونه‌ها بلافاصله در آون در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۲٤ ساعت قرار داده شدند و درصد رطوبت وزنی آن‌ها در شرایط ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه زیر (علیزاده، ۱۳۷٤) تعیین گردید:

$$\text{رطوبت وزنی خاک (درصد)} = \frac{\text{وزن خاک مرطوب (گرم)} - \text{وزن خاک خشک (گرم)}}{\text{وزن خاک مرطوب (گرم)}} \times ۱۰۰$$

جهت تعیین دقیق زمان آبیاری در هر آزمایش، با گذشت ٤۸ ساعت از زمان آبیاری به صورت روزانه و متوالی توسط آگر از خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه نمونه‌برداری انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. پس از رسیدن درصد رطوبت وزنی خاک به میزان تعیین شده جهت اعمال تیمار آبیاری از رابطه 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 مترمکعب

FC = درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی

Θm = درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری

ρ_b = وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

A = مساحت آبیاری شده بر حسب مترمربع

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 ۹۰ درصد با استفاده از پمپ و کنتور به صورت یکنواخت توزیع گردید. میانگین دو ساله حجم آب مصرفی در هر هکتار در سطوح I_1، I_2 و I_3 به ترتیب۶۱۴۲، ۶۱۱۰ و ۶۰۶۳ مترمکعب بود. فاصله میان آبیاری‌ها نیز در تیمارهای I_1، I_2 و I_3 به ترتیب ۶، ۹ و ۱۳ روز محاسبه گردید.

در مرحله ابریشم‌دهی پس از حذف حواشی، پنج گیاه از خطوط نمونه‌برداری 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 می‌باشند. محتوای نسبی آب برگ بلال جهت بررسی چگونگی واکنش گیاه به تنش کمبود آب اندازه‌گیری شد.

برگ بلال سه بوته از ردیف‌های دوم و ششم هر کرت فرعی قبل از آبیاری در ساعت ۱۲ ظهر جدا و در آزمایشگاه بلافاصله از این برگ‌ها دیسک‌هایی تهیه و توزین شدند و وزن تازهٔ آن‌ها ثبت گردید. پس از آن دیسک‌ها به مدت ۲٤ ساعت درون ظروف حاوی آب مقطر در دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا به حالت اشباع کامل رسیدند. در پایان این مرحله رطوبت سطحی دیسک‌های برگی توسط حوله‌های

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

کاغذی نم‌گیری و مجدداً وزن شدند. وزن مذکور به عنوان وزن اشباع ثبت گردید. نمونه‌ها جهت محاسبه وزن خشک به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ٧٢ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. محتوای نسبی آب برگ بلال با استفاده از رابطه زیر (علیزاده، ١٣٧٤) محاسبه شد:

$$\text{محتوای نسبی آب برگ بلال (درصد)} = \frac{\text{وزن خشک برگ - وزن تازه برگ}}{\text{وزن خشک برگ - وزن اشباع برگ}} \times ١٠٠$$

آزمایش در هر سال، با تشکیل لایه سیاه در قاعدهٔ 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 اتیکت‌گذاری شد و جهت انجام اندازه‌گیری‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه بلال‌ها جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه جدا شدند. ابتدا وزن تر بخش‌های 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 برداشت، توزین و در دمای ٧٢ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ 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 ١٠ بلال که به صورت تصادفی از خطوط ٤ و ٥ و ٦ هر کرت جدا شدند، محاسبه گردید.

کارآیی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب با استفاده از روابط زیر (هاشمی دزفولی، ١٣٧٣) محاسبه شدند:

$$\text{کارآیی اقتصادی مصرف آب برحسب تولید دانه (کیلوگرم برمترمکعب)} = \frac{\text{عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)}}$$

$$\text{کارآیی‌بیولوژیک‌مصرف‌آب برحسب تولیدکل ماده‌خشک(کیلوگرم برمترمکعب)} = \frac{\text{عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{کل حجم آب مصرفی (مترمکعب درهکتار)}}$$

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 نرم‌افزار رایانه‌ای $MSTAT_C$ و MINITAB انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش شدت تنش رطوبتی شاخص سطح برگ کاهش معنی‌داری یافت بطوریکه میزان شاخص سطح برگ از ٤/٩ در آبیاری مطلوب به ترتیب به ٣/٧ و ٢/٦ در تیمارهای تنش ملایم و شدید رطوبتی رسید (جداول ١ و ٢). در این تحقیق میانگین محتوای نسبی آب برگ بلال در زمان ابریشم‌دهی از ٩٠/٢ درصد در شرایط مطلوب به ٨٦/٨ و ٧٩/٩ درصد به ترتیب در تنش ملایم و شدید رطوبتی کاهش یافت (جدول ٢). کاهش شاخص سطح برگ در شرایط تنش را می‌توان به کاهش محتوای نسبی آب برگ نسبت داد. نتایج آزمایش کوسکئولولا و فکت (Cosculleola and Fact, 1992) نیز نشان داد که با افزایش تنش کمبود آب، پتانسیل آب برگ در ذرت به طور فزاینده‌ای منفی شد و شاخص سطح برگ کاهش

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

یافت. مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر تولید وگسترش سطح برگ داشت. گیاهان با دریافت نیتروژن بیشتر، سطح برگ بیشتری نسبت به گیاهان با نیتروژن مصرفی کمتر داشتند (جداول ۱ و ۲). با افزایش مصرف نیتروژن شاخص سطح برگ در تیمار کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (N_3) به ۳/۹ رسید در حالی که میانگین شاخص سطح برگ در تیمار N_1 (کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از ۳/۵ فراتر نرفت (جدول ۲)، هرچند کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش شاخص سطح برگ گردید، لیکن تفاوت بین دو تیمار کاربرد ۱۸۰ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار معنی‌دار نبود (جدول ۲). رشد کند گیاهان در مراحل اولیه و در نتیجه اختصاص کم مواد فتوسنتزی به برگ‌ها، 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 تنش رطوبتی شدید، شاخص سطح برگ در سطوح مختلف نیتروژن تفاوت معنی‌داری نداشت (جداول ۱ و ۳). این وضعیت احتمالاً ناشی از اختلال در فرآیند جذب نیتروژن توسط گیاه در شرایط تنش 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 می‌شود.

با افزایش تراکم بوته، شاخص سطح برگ افزایش معنی داری نشان داد. بطوریکه بیشترین شاخص سطح برگ معادل ۳/۳، ۳/۹ و ٤/۱ به ترتیب در تراکم‌های ٦۰۰۰۰، ۷۵۰۰۰ و ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار در مرحله ابریشم‌دهی به دست آمد (جداول 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 بوته‌های ذرت گزارش داده و اعلام داشتند که در بیشترین تراکم شاخص سطح برگ به ۳/۱۷ رسید. گزارشات مشابهی در خصوص تأثیر مثبت افزایش تراکم بوته بر شاخص سطح برگ توسط بلومنتال و همکاران (Blumenthal *et al.*, 2003) و منووکس و همکاران (Monneveux *et al.*, 2005) ارائه شده است. اثرات متقابل آبیاری و تراکم بوته و نیتروژن و تراکم بر شاخص سطح برگ معنی‌دار 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 تنش 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 درشرایط آبیاری مطلوب و یا همراه با مصرف مقادیر زیاد نیتروژن سودمند می‌باشد و در سایر شرایط اثر چندانی بر افزایش شاخص سطح برگ نخواهد داشت. وقتی آب آبیاری به اندازه کافی فراهم باشد و یا تغذیه 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 می‌یابد.

اجزاي عملكرد دانه

اثر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته و اثرات متقابل آن‌ها بر تعداد ردیف دانه در بلال معنی‌دار نبود (جدول ۱). معنی‌دار نشدن اثر تیمارهای مختلف بر این صفت نشان‌دهندهٔ 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 می‌شود (Hanway, 1992)، احتمالاً در مرحله تعیین تعداد ردیف دانه در بلال رقابت چندانی بین مخزن‌های فیزیولوژیک برای دریافت مواد پرورده وجود نداشته و اثر تیمارهای مورد مطالعه تغییر معنی‌داری در این صفت ایجاد نکرده است. اثر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن، تراکم و اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر تعداد دانه در بلال معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی، تعداد دانه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

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

			میانگین مربعات (MS)									
S. O. V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم دهی LAI at silking	محتوای نسبی آب برگ بلال RWC of ear leaf	تعداد ردیف در بلال Row No. per ear	تعداد دانه در بلال Grain No. per ear	وزن هزاردانه 1000 KW	عملکرد دانه Grian yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	کارآیی اقتصادی مصرف آب Economical water use efficiency	کارآیی بیولوژیکی مصرف آب Biological water use efficiency
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	476.7ns
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 a	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، * و **: 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم دهی، محتوای نسبی آب برگ بلال، 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 برگ در مرحله ابریشم دهی 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 (g)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Grian yield (gm^{-2})	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (gm^{-2})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	کارآیی اقتصادی مصرف آب (کیلوگرم دانه بر متر مکعب آب مصرفی) water use economical efficiency (kgm^{-3})	کارآیی‌بیولوژیکی مصرف آب (کیلوگرم ماده خشک برمترمکعب آب مصرفی) water use biological efficiency (kgm^{-3})
Irrigation (آبیاری)											
I_1	آبیاری 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 (نیتروژن)											
N_1	۱۴۰ کیلوگرم 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 کیلوگرم 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 کیلوگرم 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 (تراکم)											
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 تیمار اعداد دارای حروف یکسان تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد براساس آزمون چنددامنه ای دانکن ندارند.

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × نیتروژن، آبیاری × تراکم بوته و نیتروژن × تراکم بوته بر شاخص سطح برگ مرحله ابریشم‌دهی، تعداد دانه در بلال، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی و کارآیی 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 مرحله ابریشم دهی LAI at silking	تعداد دانه در بلال Grains per ear	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) Grain yield (gm^{-2})	عملکردبیولوژیکی (گرم در مترمربع) Biological yield (gm^{-2})	کارآیی آقتصادی مصرف آب (کیلو گرم دانه بر متر مکعب آب مصرفی) Economical water use efficiency (Kgm^{-3})	کارآیی بیولوژیکی مصرف آب (کیلو گرم ماده خشک بر متر مکعب آب مصرفی) Biological water use efficiency (Kgm^{-3})
			Irrigation * Nitrogen		آبیاري * نیتروژن	
I_1N_1	4.5 b	508.4 b	932.4 b	1808.7 b	1.51 b	2.94 b
I_1N_2	5.1 a	573.2 a	1077.8 a	2066.8 a	1.75 a	3.36 a
I_1N_3	5.3 a	597.2 a	1140.5 a	2173.6 a	1.85 a	3.53 a
I_2N_1	3.5 d	453.0 c	800.3 c	1598.2 c	1.31 c	2.62 c
I_2N_2	3.8 c	512.3 b	927.0 b	1810.7 b	1.51 b	2.97 b
I_2N_3	3.9 c	527.3 b	967.3 b	1875.2 b	1.59 b	3.08 b
I_3N_1	2.4 e	389.8 d	667.7 d	1359.5 d	1.10 d	2.25 d
I_3N_2	2.5 e	407.9 d	705.7 d	1428.4 d	1.17 d	2.36 d
I_3N_3	2.7 e	411.9 d	718.3 d	1451.9 d	1.19 d	2.40 d
			Irrigation * Plant density		آبیاري * تراکم بوته	
I_1D_1	4.3 c	616.5 a	972.2 b	1818.5 c	1.58 b	2.95 c
I_1D_2	5.1 b	566.3 a	1081.8 a	2070.3 b	1.76 a	3.36 b
I_1D_3	5.4 a	495.9 a	1096.7 a	2160.3 a	1.78 a	3.51 a
I_2D_1	3.3 f	555.4 a	852.6 d	1619.8 d	1.40 d	2.66 d
I_2D_2	3.9 f	502.5 a	930.3 c	1816.2 c	1.53 c	2.98 c
I_2D_3	4.0 d	434.8 a	911.8 c	1848.1 c	1.50 c	3.03 c
I_3D_1	2.4 h	463.7 a	691.2 f	1350.4 f	1.14 f	2.23 f
I_3D_2	2.7 g	405.9 a	722.1 e	1440.5 e	1.19 e	2.38 e
I_3D_3	2.6 g	340.0 a	678.4 f	1448.9 e	1.12 f	2.40 e
			Nitrogen * plant density		نیتروژن * تراکم بوته	
N_1D_1	3.1 f	502.7 a	762.5 e	1471.1 d	1.25 e	2.41 d
N_1D_2	3.6 d	468.0 a	860.1 d	1674.4 c	1.41 d	2.74 c
N_1D_3	3.7 d	380.5 a	777.7 e	1620.9 c	1.27 e	2.66 c
N_2D_1	3.4 e	559.9 a	863.5 d	1637.9 c	1.42 d	2.68 c
N_2D_2	3.9 c	496.0 a	921.2 c	1800.4 b	1.51 c	2.95 b
N_2D_3	4.1 b	437.6 a	925.7b c	1867.6 b	1.52b c	3.06 b
N_3D_1	3.4 e	572.9 a	890.0 d	1679.7 c	1.46 d	2.75 c
N_3D_2	4.1 b	510.7 a	952.7 b	1852.2 b	1.56 b	3.04 b
N_3D_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 چنددامنه 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)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

در هر بلال کاهش یافت به گونه‌ای که کمترین تعداد دانه در بلال (۴۰۳/۲ 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 تعیین‌کنندهٔ 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 معنی‌دار 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 فتوسنتز گردید و به دلیل کاهش رقابت دانه‌ها برای عناصر غذایی، تعداد دانه در بلال افزایش یافت (جدول ۲). قاسمی پیر بلوطی (۱۳۸۱) گزارش داد که فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در دورهٔ بحرانی تشکیل دانه یعنی یک تا دو هفته قبل تا سه هفته پس از ابریشم‌دهی 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 ابریشم‌دهی 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). اثرمتقابل سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن از لحاظ تعداد دانه در بلال معنی‌دار بود (جدول ۱). مصرف ۱۸۰ و ۲۲۰ 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 مناسب نیتروژن در رژیم مطلوب رطوبتی خاک بوده است.

افزایش تراکم بوته موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بلال شد. تعداد دانه در بلال در کمترین تراکم بوته با میانگین ۵۴۵/۲ دانه در هر بلال به طور معنی‌دار 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 فتوسنتز، کاهش فتوسنتز در واحد گیاه و کاهش سرعت رشد گیاه می‌دانند (Tollenaar and Aguidera, 1992).

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش رطوبتی موجب کاهش معنی‌دار 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 گرده‌افشانی در اندام‌های رویشی و کاهش دوام سطح برگ که در نتیجه دورهٔ پرشدن دانه‌ها را کوتاه می‌نماید، نسبت داد. اگرچه افزایش مصرف نیتروژن وزن هزار دانه را افزایش داد، اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار 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 فتوسنتز 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

تک دانه به وجود می‌آمد. اثر تراکم بوته بر وزن هزار دانه بسیار معنی‌دار بود و با افزایش تراکم بوته وزن هزار دانه کاهش یافت، بطوریکه بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۲۵۵/٤ گرم از کمترین تعداد بوته در واحد سطح به دست آمد (جداول ۱ و ۲). کمتر بودن ذخیرهٔ 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 هزاردانه در اثر افزایش تراکم بوته مطابقت دارد. اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری × نیتروژن، آبیاری × تراکم، نیتروژن × تراکم و اثرات متقابل سه جانبه آبیاری × نیتروژن × تراکم بر وزن هزار دانه معنی‌دار نگردید (جدول ۱).

عملکرد دانه

اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد دانه از لحاظ آماری معنی‌دار بود و در تنش شدید رطوبتی در مقایسه با آبیاری مطلوب، عملکرد دانه به میزان حدود ۳۵ درصد کاهش یافت (جداول 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 موفقیت‌آمیز 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). تنش 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 معنی‌دار بود (جدول ۱) و افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه شد، هر چند بین تیمار کاربرد ۱۸۰ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تفاوت معنی‌دار 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 معنی‌دار 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 تنش شدید رطوبتی، مصرف مقادیر بیشتر کود منجر به افزایش محسوس و چشمگیر عملکرد دانه نگردید (جدول۳). 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 معنی‌دار بود (جدول ۱). افزایش تعداد بوته در واحد سطح منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردید، هر چند میان عملکرد دانه در تراکم‌های ۷۵۰۰۰ و ۹۰۰۰۰ بوته در هکتار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). بالاتر بودن عملکرد در تراکم‌های مزبور نسبت به تراکم ٦۰۰۰۰ 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 یافتند (جدول ۲). با توجه به وجود رابطه خطی بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ که توسط ایرمایر و میلبورن (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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

تولید حداکثر عملکرد دانه منجر گردد. اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری × تراکم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۰۹۶/۷ گرم در مترمربع از بالاترین تراکم بوته در آبیاری مطلوب (I_1D_3) به دست آمد که از نظر آماری با میانگین تیمار تراکم متوسط در شرایط آبیاری مطلوب (I_1D_2) 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، آبیاری 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 می شود.

اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن × تراکم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار 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 ۹۰۰۰۰ در هکتار (N_3D_3) بود (جداول ۱ و ۳). در شرایط مطلوب رطوبتی اثرات توام 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 معینی 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 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 بلومنتال 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.

عملکرد بیولوژیک

اثر کمبود آب، مصرف نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۱).

با افزایش شدت تنش 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 تنش رطوبتی را تأیید نمود. دلیل افزایش تولید کل مادهٔ خشک در گیاهان در شرایط آبیاری مطلوب، گسترش بیشتر و تداوم طولانی‌تر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفادهٔ هر چه بیشتر از نور دریافتی و تولید مادهٔ 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 مقادیر بیشتر نیتروژن، سرمایه‌گذاری مواد فتوسنتزی 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 فتوسنتز گیاه زراعی شد و به موازات آن عملکرد بیولوژیک کاهش یافت (جدول ۲).

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

اگر چه رقابت برای جذب نور، مواد غذایی، آب و جذب گاز کربنیک هم در تراکم‌های بالا بیشتر است ولی به نظر می‌رسد در شرایط آب و هوایی خوزستان، رقابت بین بوته‌ای 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 معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری × تراکم بوته نشان داد که تیمار بیشترین تراکم بوته در شرایط آبیاری مطلوب (I_1D_3) از برتری قابل ملاحظه‌ای از لحاظ تولید مادهٔ 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 تراکم‌ها در شرایط تنش شدید رطوبتی، ناشی از افت عملکرد دانه و وزن خشک بخش‌های 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 مادهٔ خشک افزایش یافت ولی در شرایط تنش شدید رطوبتی، کاهش شدید وزن خشک تک بوته‌ها جبران نشد و در نتیجه تفاوت میان عملکرد بیولوژیک در میان تراکم‌ها معنی‌دار نگردید (جدول ۳)، بنابراین در زراعت ذرت توصیه تراکم‌های بوته بالا تنها در شرایط مطلوب می‌تواند مفید باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که روند تغییرات عملکرد مادهٔ خشک در اثر تراکم بوته درکلیه سطوح کاربرد نیتروژن روند یکسانی نداشت. در سطوح بالاتر مصرف نیتروژن با افزایش تراکم بوته، کاهش وزن تک بوته‌ها جبران شد و در نتیجه آن عملکرد بیولوژیکی افزایش یافت (جدول ۳).

شاخص برداشت

تنش خشکی اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت گذاشت و با افزایش شدت تنش رطوبتی شاخص برداشت کاهش یافت. بیشترین شاخص برداشت به میزان ۵۲/۳ درصد متعلق به آبیاری مطلوب بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با شاخص برداشت در تیمار تنش ملایم رطوبتی نداشت (جداول ۱ و ۲). در این تحقیق، تنش رطوبتی عملکرد دانه را به میزان بیشتری نسبت به عملکرد مادهٔ خشک کاهش داد، که در نتیجه آن شاخص برداشت کاهش یافت. ستر (Setter, 1990) اظهار داشت که کمبود آب از جمله عوامل محدود کنندهٔ رشد و نمو گیاه می‌باشد که علاوه بر کاهش مادهٔ خشک تولیدی، موجب اختلال درتسهیم کربوهیدرات‌ها به دانه و در نتیجه کاهش شاخص برداشت می‌شود. تفاوت بیشترین و کمترین شاخص برداشت به دست آمده در سطوح مختلف نیتروژن حدود یک درصد بود که از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جداول ۱ و ۲). نتایج به دست آمده نشان داد که کاربرد نیتروژن تغییری در نحوهٔ توزیع مواد فتوسنتزی بوجود نیاورد و عملکرد دانه و مادهٔ 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 معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش تراکم بوته، شاخص برداشت به دلیل کاهش شدید تسهیم مواد پرورده به دانه کاهش یافت، تراکم بوته ۶۰۰۰۰ در هکتار(D_1) با میانگین ۵۲/٤ درصد و تراکم بوته ۹۰۰۰۰ در هکتار (D_3) با میانگین ٤۹/۱ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین میزان شاخص برداشت را داشتند (جدول ۲). از آنجائیکه بین اندام‌های رویشی و زایشی جهت دریافت مواد فتوسنتزی رقابت درون گیاهی وجود دارد، با افزایش تراکم بوته و افزایش رقابت میان گیاهان این رقابت داخلی نیز تشدید می‌شود و به این دلیل که مخزن‌های فیزیولوژیک زایشی دیرتر از مخزن‌های فیزیولوژیک رویشی شکل می‌گیرند، معمولاً اثرات سوء ناشی از رقابت در درجه نخست بر مخزن‌های فیزیولوژیک زایشی (اقتصادی) اثر گذاشته و در شرایط رقابت شدید ممکن است حتی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

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

کارآیی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب

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 معنی‌دار وجود داشت، با افزایش فواصل آبیاری و افزایش شدت تنش رطوبتی کارآیی های مزبور کاهش معنی‌دار نشان دادند، بطوریکه کمترین کارآیی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب به ترتیب با میانگین ۱/۱۵ و ۲/۳٤ کیلوگرم بر مترمکعب به تیمار تنش شدید رطوبتی تعلق داشت (جداول ۱ و ۲). دلیل کاهش کارآیی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب در شرایط تنش 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 انه و ماده خشک با کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب و یکسان بودن تقریبی حجم آب مصرفی در طول دورهٔ 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 تنش رطوبتی، ناشی از کاهش بیشتر فتوسنتز در مقایسه با تنفس گیاه می‌باشد. این محققین دلیل این امر را به وارد آمدن خسارت به مزوفیل برگ در اثر تنش رطوبتی نسبت دادند.

اختلاف میان سطوح مختلف نیتروژن از لحاظ کارآیی اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب معنی‌دار بود و افزایش کاربرد نیتروژن موجب بهبود کارآیی‌های مذکور گردید (جداول ۱ و ۲). عامل اصلی و مؤثر در 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 معنی‌داری وجود نداشت و میزان آب مصرفی نیز برای تمام سطوح کودی تقریباً یکسان بود. افزایش مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب باعث افزایش معنی‌دار 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 (I_1N_3) از لحاظ کارآیی‌های مزبور نسبت به سایر تیمارها برتری داشت (جدول ۳). افزایش مصرف نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب از طریق رشد سریع‌تر برگ‌ها، سرعت بسته شدن سایه انداز گیاهی را افزایش داد و موجب به حداقل رساندن تصعید 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 معنی‌داری یافت (جدول ۱ و ۲). به طور کلی هر عامل مدیریتی که بدون افزایش قابل ملاحظه میزان آب مصرفی، منجر به افزایش عملکرد دانه ومادهٔ 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 کاشت با استفاده کارآتر ازآب موجود به واسطه تعداد بیشتر بوته در واحد سطح و تلفات کمتر آب به واسطه تبخیر نیز ارتباط داشت. اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری × تراکم از یک سو و نیتروژن × تراکم از سوی دیگر برکارآیی استفاده از آب معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی مقایسات میانگین اثرات متقابل آبیاری × تراکم نشان داد که تراکم ۹ بوته در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

مترمربع در شرایط آبیاری مطلوب (I_1D_3) 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 درمترمربع ازلحاظ کارآیی‌اقتصادی مصرف آب تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). در این تحقیق‌عکس‌العمل کارآیی‌اقتصادی وبیولوژیک مصرف آب ذرت نسبت به تغییر تراکم بوته با تغییر مقدارمصرف نیتروژن، متفاوت بود. در مقادیر کمتر مصرف نیتروژن، تراکم بوته متوسط به دلیل تولید بیشتر عملکرد دانه و ماده خشک، بالاترین کارآیی 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، کارآیی استفاده از این نهاده نیز افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی، به منظور استفادهٔ 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، کارآیی استفاده از آب کاهش می‌یابد.

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 تنش 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 تنش شدید رطوبتی به دلیل کاهش جذب و افزایش هدرروی نیتروژن ناشی از کمبود شدید آب در خاک، کارآیی مصرف کود 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 کارآیی 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 درحد قابل قبول، کاهش هزینه‌ها و افزایش کارآیی استفاده از منابع را بدنبال خواهد داشت.

منابع مورد استفاده References

امام، ی. و غ. رنجبر. ۱۳۷۹. تأثیر تراکم بوته وتنش خشکی در مرحله رشد رویشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای. مجله علوم زراعی ایران. جلد دوم، شماره سوم. صفحات ٦٢-٥١.

زماني، غ. و ع. كوچكي. ۱۳۷۳. اثر آرایش و تراکم کاشت بر جذب تشعشع، عملکرد و اجزائ عملکرد ذرت دانه‌ای. خلاصه مقالات سومین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تبریز. صفحه ۱۹۱.

ساکی نژاد، ط. ۱۳۸۲. مطالعه اثر تنش آب بر روند جذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره‌های مختلف رشد، با توجه به خصوصیات مرفولوژیک و فیزولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب وهوایی اهواز. پایان‌نامه دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی. واحد علوم و تحقیقات اهواز. ۲۸۸ ص.

سبحانی، ا. ۱۳۷۹. راهنمای تعیین شاخص سطح برگ گیاهان زراعی. نشریه ترویجی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. وزارت کشاورزی.

سپهری، ع.، م. مدرس ثانوی، ب. فره یاضی و ی. یمینی. ۱۳۸۱. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران. جلد چهارم، شماره سوم. صفحات۲۰۱-۱۸۴ .

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

صادقی، ح. ۱۳۷۹. تأثیر تراکم بوته و مقادیر کود ازته بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه کوشککک استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز. ۹۵ ص.

علیزاده، ا. ۱۳۷۴. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ اول. انتشارات آستان قدس. ۳۵۳ ص.

قاسمي پيربلوطي، ع. ۱۳۸۱. 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.

گاردنر، اف. پي.، آر. بي. پي يرس، و آر. ال. ميشل. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ ص.

نور محمدي، ق.، س. ع. سيادت و ع. كاشاني. ۱۳۷٤. زراعت غلات. جلد اول. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۴۴۶ ص.

هاشمي دزفولي، س. ا. ۱۳۷۳. 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

Rossman, 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. Aguidera. 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]

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. Lack[1], A. Naderi[2], S. A. Siadat[3], A. Ayenehband[4] and Gh. Noormohammadi[5]

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 in cluding. 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 anthor).
2- Assitant 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1385.8.2.5.6]