تأثیر سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد، اجزای عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی خوزستان

شهرام لک[۱*]، احمد نادری[۲]، سید عطاء اله سیادت[۳]، امیر آینه بند[۴]، قربان نورمحمدی [۵] و سید هاشم موسوی[۳]

(تاریخ دریافت: ۸۴/۷/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۱/۲۴)

چکیده

به منظور بررسی آثار سطوح مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته برعملکرد، اجزای عملکرد و انتقال مجدد مواد خشک ذخیره‌ای ذرت دانه‌ای (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴) پژوهشی در تابستان ۱۳۸۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. این پژوهش شامل سه آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده با پایه بلوک‌های کامل تصادفی بود. تیمار آبیاری دارای سه سطح که در هر یک از آزمایش‌ها یک سطح تیمار آبیاری به صورت جداگانه به ترتیب زیراعمال گردید: آبیاری مطلوب، تنش ملایم و تنش شدید خشکی (به ترتیب آبیاری پس از خروج ۵۰ ، ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده گیاه از خاک و بر اساس ۷۰ ، ۶۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی). در هرآزمایش نیتروژن به عنوان تیمار اصلی دارای سه سطح (کاربرد معادل ۱۴۰ = N_1 ، ۱۸۰ = N_2 و ۲۲۰= N_3 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و تراکم بوته نیز به عنوان تیمار فرعی دارای سه سطح (۶ = D_1 ، ۷/ ۵ =D_2 و ۹ = D_3 بوته در متر مربع) بودند. هر آزمایش دارای سه تکرار بود. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که تأثیرتنش کمبود آب، نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه و ماده خشک معنی‌دار بود. با افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد دانه و ماده خشک کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه معادل ۱۰۱۷/ ۰۴گرم در متر مربع مربوط به تیمار آبیاری مطلوب بود. کاهش عملکرد دانه عمدتاً به واسطه کاهش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه بود. افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش عملکرد دانه شد. با افزایش کمبود آب در خاک تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر افزایش عملکرد دانه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. عکس العمل عملکرد دانه نسبت به افزایش تراکم بوته مثبت بود. بر خلاف آثار متقابل آبیاری و نیتروژن، آبیاری، نیتروژن و تراکم، آثار متقابل آبیاری و تراکم و هم‌چنین نیتروژن و تراکم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که اختلاف میان سطوح مختلف آبیاری از لحاظ میزان انتقال مجدد مواد خشک معنی‌دار بود. کمترین و بیشترین میزان انتقال مجدد ماده خشک ذخیره‌ای به ترتیب مربوط به تیمار آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی بود. با افزایش شدت تنش خشکی، کارایی و سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه افزایش یافت، اما با افزایش مصرف نیتروژن هر دو مولفه مزبور کاهش معنی‌داری نشان دادند. میزان انتقال مجدد و سهم مواد ذخیره‌ای در عملکرد دانه در بیشترین تراکم نسبت به سایر تراکم‌ها به صورت معنی‌داری بیشتر بود. طبق نتایج حاصله از این تحقیق، تحت شرایط تنش خشکی، کاهش مصرف نهاده‌ها، علاوه بر کاهش هزینه‌ها، افزایش راندمان استفاده از منابع را نیز به دنبال خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش کمبود آب، نیتروژن، تراکم بوته، عملکرد، انتقال مجدد

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز
۲. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز
۳. به ترتیب استاد و کارشناس ارشد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۴. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۵. استاد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sh_lak@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

مقدمه

استان خوزستان به دلیل دارا بودن زمین‌های مسطح و حاصلخیز و انرژی نورانی زیاد، مناسب کاشت گیاهان زراعی به ویژه ذرت دانه‌ای است. در این استان در برخی سال‌ها به دلیل عدم دسترسی به آب کافی و یا هم‌زمانی رشد ذرت با گیاهان زراعی دیگر مانند برنج و یا محصولات جالیزی، این گیاه در طول دوره رشد و به خصوص در مرحله رشد رویشی با کمبود آب مواجه می‌گردد. آثار 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 (۱۶ و ۱۹) . اسبورن و همکاران (۲۷) گزارش دادند که 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 گیاهان شاهد کاهش داده است. کمبود آب در مرحله گل‌دهی و گرده افشانی، باعث کاهش شدید عملکرد از طریق نمو غیرطبیعی کیسه جنینی، عقیمی دانه گرده و در نهایت کاهش تعداد دانه‌های بارور می‌شود (۱۶). هم‌چنین پژوهشگران زیادی براهمیت تأمین آب کافی در مرحله رشد رویشی ذرت تأکید کرده‌اند. به اعتقاد آنها کمبود آب در مرحله رشد رویشی گرچه در مقایسه با کمبود آب در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه تأثیر کمتری بر عملکرد نهایی دارد ولی از این لحاظ که بر گسترش برگ و توسعه ساقه تأثیر گذاشته و تجمع مواد را در این اندام‌ها به شدت کاهش می‌دهد، حائز اهمیت است (۱۴ و ۲۴) چرا که در شرایط تنش خشکی، رشد زایشی گیاه بیشتر به ذخایر برگ و ساقه وابسته است و عدم تشکیل مناسب دانه می‌تواند به دلیل ناکافی بودن مواد فتوسنتزی فراهم در زمان گرده افشانی، پر شدن دانه و یا قبل از آن باشد (۳۷).

علاوه بر تنش کمبود آب، کمبود نیتروژن مورد نیاز هم می‌تواند فشار مضاعفی را بر رشد و عملکرد گیاه ذرت وارد آورد. به عقیده دانشمندان، مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن اصلی‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد ذرت محسوب می‌شوند (۲۶ و ۳۵). مطالعات بسیاری، تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال و وزن دانه را در هیبریدهای مختلف ذرت تأیید کرده است (۲۷ و ۳۴). تحت شرایط کمبود آب در خاک که جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن کاهش می‌یابد، لزوم برقراری تناسب میان فراهمی رطوبت در خاک و نیتروژن مصرفی ضروری به نظر می‌رسد. این امر از یک سو از هزینه تولید ذرت می‌کاهد و از سوی دیگر از مصرف بی مورد نیتروژن که معمولاً با افزایش عملکرد همراه نیست، جلوگیری به عمل می‌آورد.

تراکم گیاه در واحد سطح نیز یکی از عوامل مهم و مؤثر در تولید محصولات زراعی است. محققان به این امر پی برده‌اند که عملکرد بالا در اثر مصرف کود، تأمین رطوبت و استفاده از ارقام جدید تنها زمانی به دست می‌آید که تعداد گیاه در واحد سطح تنظیم شده باشد. تراکم مطلوب جهت دست‌یابی به حداکثر عملکرد اقتصادی به ژنوتیپ، هدف تولید، فراهمی آب و مواد غذایی قابل استفاده در خاک خصوصاً نیتروژن بستگی دارد (۳). در شرایط مطلوب، افزایش تعداد گیاهان تا رسیدن به یک حد مناسب موجب افزایش عملکرد ذرت می‌شود ولی در شرایط کمبود آب و یا عناصر غذایی در خاک، زیاد شدن تعداد گیاهان ممکن است نتیجه مطلوب را در پی نداشته باشد. در این شرایط لازم است تراکم گیاهی به گونه‌ای تنظیم شود تا ضمن به دست آوردن عملکرد قابل قبول، کارایی مصرف آب و نیتروژن نیز افزایش یابد.

گیاه ذرت همانند بسیاری از گیاهان زراعی دیگر این توانایی را دارد که در صورت مواجه با تنش‌هایی نظیر کمبود آب، از طریق افزایش انتقال مجدد مواد ذخیره شده به بلال، از کاهش شدید عملکرد جلوگیری نماید. پتانسیل این انتقال مجدد که یک شاخص مطلوب فیزیولوژیکی محسوب می‌شود به عوامل مختلف از جمله ژنوتیپ، تراکم و شدت تنش کمبود آب وابسته است. براساس گزارش‌های موجود، سهم مواد ذخیره شده قبل از گل‌دهی با انتقال مجدد در کمک به عملکرد دانه ذرت در شرایط مختلف بین ۰ تا ۹۰ درصد متغیر و به طور

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

متوسط ۲۰ تا ۴۰ درصد گزارش شده است (۴).

هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی عملکرد دانه و ماده خشک ذرت سینگل کراس ۷۰۴ تحت تیمارهای مختلف آبیاری، نیتروژن و تراکم بوته و اثرات متقابل آنها و شناخت بخشی از تغییراتی که گیاه جهت مقابله با آثار منفی تنش در فرآیندهای متابولیکی خود ایجاد می‌نماید، جهت استفاده در برنامه‌های به زراعی می‌باشد تا به راه‌کارهایی مناسب جهت افزایش کارایی استفاده از منابع و کاهش هزینه‌ها دست یافت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان ۱۳۸۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا گردید. خاک قطعه آزمایشی از جنس سیلتی کلی لوم و کشت قبلی نیز گندم بود. این پژوهش شامل سه آزمایش هر یک به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار بود. در هر یک از آزمایش‌ها یک سطح تیمار آبیاری اعمال گردید. تیمار آبیاری دارای سه سطح شامل آبیاری مطلوب (آبیاری هنگام خروج ۵۰ درصد آب قابل استفاده گیاه از خاک و بر اساس ۷۰ درصد ظرفیت زراعی در قالب آزمایش اول یا E_1)، تنش ملایم خشکی (آبیاری هنگام خروج ۷۵ درصد آب قابل استفاده گیاه از خاک و بر اساس ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در قالب آزمایش دوم یا E_2) و تنش شدید خشکی (آبیاری هنگام خروج ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده گیاه از خاک و بر اساس ۵۰ درصد ظرفیت زراعی در قالب آزمایش سوم یا E_3) بود. از زمان کاشت تا مرحله استقرار گیاهچه (مرحله چهار تا پنج برگی) آبیاری‌ها بر اساس ۷۰ درصد ظرفیت زراعی در کلیه تیمارها انجام و از این مرحله به بعد تا ۱۰ روز پیش از رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه تیمارهای آبیاری دقیقاً اعمال شد. در هر یک از آزمایش‌ها، نیتروژن به عنوان تیمار اصلی دارای سه سطح (کاربرد معادل ۱۴۰، ۱۸۰ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و تراکم بوته نیز به عنوان تیمار فرعی دارای سه سطح (۶، ۷/۵ و ۹ بوته در متر مربع به ترتیب با فواصل ۲۲، ۱۸ و ۱۴ سانتی‌متر فاصله بوته روی ردیف‌های کاشت) بودند. هر کرت فرعی دارای هفت خط کاشت هر کدام به طول هفت متر و به فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود. مقدار کود فسفره 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 باقی‌مانده به صورت سرک در مرحله چهار تا شش برگی مصرف شد.

جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک در شرایط ظرفیت زراعی، از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک از تکرارهای هر آزمایش نمونه برداری شد. هر نمونه پس از عبور از الک دو میلی‌متری درحلقه‌های لاستیکی مخصوص ریخته شد و پس از آن که با اضافه کردن آب مقطر به حالت اشباع درآمد، روی صفحات ویژه دستگاه‌های مخصوص گذاشته شد و تحت مکش ۰/۳ اتمسفر قرار گرفت. سپس نمونه‌ها بلافاصله در آون ۱۰۵ درجه به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند و درصد رطوبت وزنی آنها در شرایط ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (۸):

$$\text{رطوبت وزنی خاک (درصد)} = \frac{\text{وزن خاک خشک (گرم)} - \text{وزن خاک مرطوب (گرم)}}{\text{وزن خاک خشک (گرم)}} \times ۱۰۰ \quad [۱]$$

رطوبت ظرفیت زراعی در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک ۲۴/۴ درصد و در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متری نیز ۲۴/۹ درصد بود. بر این اساس زمان آبیاری هنگامی بود که رطوبت وزنی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری در تیمارهای آبیاری مطلوب، تنش ملایم و شدید خشکی به ترتیب به ۱۷/۱ ، ۱۴/۶ و ۱۲/۲ درصد و در عمق ۶۰- ۳۰ سانتی‌متری نیز به ۱۷/۴، ۱۴/۹ و ۱۲/۵ درصد رسید. جهت تعیین دقیق زمان آبیاری در هر تیمار، با گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری، به صورت روزانه و متوالی توسط آگر از خاک مزرعه 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 حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار محاسبه شد (۵):

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

$$V = \frac{(FC - \theta m) \times \rho_b \times D_{Root} \times A}{E_i} \quad [۲]$$

V = حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب

FC= درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی

θ_m = درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری

ρ_b = وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم برسانتی‌متر مکعب)

A = مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع

D_{Root} = عمق توسعه ریشه بر حسب متر

Ei = راندمان آبیاری

بدین ترتیب حجم آب مورد نیاز درهرمرتبه آبیاری در هر تیمار برای هر خط کاشت محاسبه و براساس کارایی توزیع آب ۹۰ درصد با استفاده از پمپ و کنتور به صورت یک‌نواخت توزیع گردید. در طول دوره رشد مبارزه با علف‌های هرز نیز به صورت دستی انجام گرفت. در مرحله ابریشم دهی (کاکل دهی)، جهت تعیین شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک، پس از حذف حواشی پنج گیاه از خطوط نمونه برداری هر کرت فرعی برداشت شد. جهت محاسبه شاخص سطح برگ، از کلیه برگ‌های پنج گیاه برداشت شده استفاده گردید. سطح هر برگ با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (۶ و ۸):

$$S = ۰/۴۵۸۶۶۷(L/W) + ۰/۰۰۰۴۵۹(L/W)^۲$$

$$r^۲ = ۰/۹۸^{**} \quad [۳]$$

که در آن S سطح هر برگ، L و W نیز به ترتیب حداکثر طول و عرض هر برگ سبز ذرت می‌باشند. پس از تعیین مساحت کلیه برگ‌ها، شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف آزمایشی محاسبه شد. رسیدن دانه‌ها با تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه‌ها در ۱۵ آذرماه ۸۳ مشخص گردید. پژوهش با برداشت دستی تمامی بوته‌های موجود در دو مترمربع وسط هرکرت پایان یافت. محصول کل هر کرت فرعی ابتدا توزین، بسته بندی و اتیکت گذاری شد و جهت انجام اندازه‌گیری‌های مورد نظر به آزمایشگاه منتقل گردید. درآزمایشگاه بلال‌ها جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه جدا شدند. به منظور تعیین درصد رطوبت کاه و دانه و محاسبه عملکرد ماده خشک کل و دانه، یک نمونه تصادفی از محصول کاه و دانه هر کرت برداشت و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید و با توجه به وزن اولیه کاه و دانه، عملکرد ماده خشک کل و عملکرد دانه بر اساس وزن خشک آنها تصحیح شد. محتوای نسبی آب برگ، میزان و کارایی انتقال مجدد و سهم انتقال مجدد در تولید عملکرد دانه با استفاده از روابط زیر محاسبه گردیدند (۴ و ۵) :

/ (وزن خشک برگ (گرم)- وزن تازه برگ (گرم)) = محتوای نسبی آب برگ (درصد)

۱۰۰× (وزن خشک برگ (گرم)- وزن اشباع برگ (گرم))

- وزن خشک اندام‌های رویشی درمرحله کاکل دهی (گرم در متر مربع) =میزان انتقال مجدد (گرم در متر مربع)

وزن خشک اندام‌های رویشی در مرحله رسیدگی (گرم در متر مربع)

، میزان انتقال مجدد (گرم در متر مربع) = کارآیی انتقال مجدد (گرم بر گرم)

وزن خشک اندام‌های رویشی درمرحله کاکل دهی(گرم در متر مربع)

/ میزان انتقال مجدد (گرم در متر مربع) = سهم انتقال مجدد (درصد)

۱۰۰ × عملکرد دانه (گرم در متر مربع)

در پایان به منظور تجزیه واریانس مرکب داده‌ها پس از انجام آزمون بارتلت، از نرم افزار رایانه‌ای MSTATC استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

تولید و توسعه سطح برگ

نتایج این پژوهش نشان داد که میان سطوح مختلف تیمار آبیاری از لحاظ تأثیر بر شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری وجود داشت و با افزایش شدت تنش خشکی شاخص سطح برگ کاهش یافت (جداول ۱ و ۲). کاهش حداکثر شاخص سطح برگ در مرحله ابریشم دهی از ۴/۷۷ در شرایط مطلوب به ۳/۵۷ و ۲/۴۷ به ترتیب در تنش ملایم و شدید خشکی مؤید بروز تنش در گیاه است (جدول ۲). کاهش شاخص سطح برگ در شرایط تنش را می‌توان به کاهش محتوای نسبی آب برگ منتسب نمود(جدول ۲). کوسکئولا و فکت (۱۵) نیز مشاهده کردند که با افزایش تنش کمبود آب، پتانسیل آب برگ در ذرت به طور فزاینده‌ای منفی شد و شاخص سطح برگ کاهش یافت. نسمیت و ریچی (۲۴) اظهار داشتند که میان گسترش و توسعه سطح برگ و آب موجود در گیاه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل آبیاری و نیتروژن بر شاخص سطح برگ مرحله کاکل‌دهی و میزان انتقال مجدد مواد

فتوسنتزی با استفاده از آزمون دانکن

تیمار			شاخص سطح برگ مرحله کاکل‌دهی	میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (گرم در متر مربع)
آبیاری × نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)				
آبیاری مطلوب	×	۱۴۰	۴/۲۸^{b*}	۱۶۲/۰۹^{abc}
		۱۸۰	۴/۸۸^{a}	۱۵۴/۲۰^{bcd}
		۲۲۰	۵/۱۵^{a}	۱۴۹/۵۵^{d}
تنش ملایم خشکی	×	۱۴۰	۳/۳۴^{d}	۱۵۷/۷۹^{bcd}
		۱۸۰	۳/۶۲^{d}	۱۶۴/۳۴^{ab}
		۲۲۰	۳/۷۶^{bc}	۱۷۱/۱۳^{a}
تنش شدید خشکی	×	۱۴۰	۲/۳۹^{e}	۱۴۷/۹۱^{d}
		۱۸۰	۲/۴۲^{e}	۱۵۲/۱۷^{cd}
		۲۲۰	۲/۶^{e}	۱۵۵/۲۵^{bcd}

*: در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار نیست.

یک هم‌بستگی مثبت وجود دارد، به طوری که در گیاهان تحت تنش کمبود آب، شاخص سطح برگ کاهش یافت.

مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر شاخص سطح برگ داشت و بین سطوح مختلف نیتروژن از این لحاظ تفاوت معنی‌داری مشاهده شد به گونه‌ای که با افزایش مصرف نیتروژن شاخص سطح برگ به طور معنی‌داری افزایش یافت (جداول ۱ و ۲). به طور معمول رشد کند گیاهان در مراحل اولیه و در نتیجه اختصاص کم مواد فتوسنتزی به برگ‌ها، باعث کاهش سطح برگ در مقادیر کم مصرف نیتروژن می‌شود. آثار متقابل آبیاری و نیتروژن نیز بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود. بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۵/۵۸ به تیمار آبیاری مطلوب و بیشترین مقدار مصرف نیتروژن تعلق داشت (جداول ۱ و ۳). این وضعیت بیانگر آن است که کاربرد نیتروژن در تیمارهای مختلف آبیاری، آثار متفاوتی بر شاخص سطح برگ داشته است به طوری که تحت تنش شدید خشکی، افزایش مصرف نیتروژن تأثیر مثبتی بر شاخص سطح برگ نداشت. عدم تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر افزایش شاخص سطح برگ در شرایط تنش شدید خشکی، احتمالاً ناشی از اختلال در فرایند جذب نیتروژن در این شرایط بود(جدول ۳). ساکی نژاد (۵) نیز گزارش نمود که کمبود شدید آب در خاک، موجب محدودیت توانایی گیاه جهت جذب نیترات از خاک می‌شود.

تأثیر تراکم بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۳/۸۶ به بالاترین تراکم تعلق داشت (جدول ۲). افزایش تراکم بوته با کاهش سطح برگ در هر بوته و افزایش شاخص سطح برگ همراه است (۱۷). زمانی و کوچکی (۹) نیز ارتقای 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. اثرات متقابل آبیاری و تراکم 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 در شرایط تنش شدید خشکی و یا هنگام مصرف مقادیر کمتر کود، تأثیر مثبت چندانی بر مولفه مذکور نداشت (جداول ۴ و ۵). افزایش تراکم موجب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ گردید، به طوری که بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۲۸) به بیشترین تراکم تحت آبیاری مطلوب تعلق داشت (جدول۴). به کارگیری تراکم‌های بالا در مقادیر زیاد مصرف نیتروژن نیز موجب افزایش قابل ملاحظه شاخص سطح برگ در مقایسه با سایر تیمارها گردید (جدول ۵). این نتایج نشان داد که افزایش تراکم تنها در شرایط آبیاری

جدول ۴ . مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل آبیاری و تراکم بر عملکرد دانه و ماده خشک، شاخص سطح برگ مرحله کاکل‌دهی با استفاده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

از آزمون دانکن

تیمار			عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	عملکرد ماده خشک (گرم در متر مربع)	شاخص سطح برگ مرحله کاکل‌دهی
آبیاری × تراکم (بوته در مترمربع)					
آبیاری مطلوب	×	۶	۹۴۵/۰۸^{b*}	۱۷۷۳/۷۱^{b}	۴/۰۷^{c}
		۷/ ۵	۱۰۴۷/۷۸^{a}	۲۰۲۴/۴۳^{a}	۴/۹۷^{b}
		۹	۱۰۵۸/۲۶^{a}	۲۱۰۴/۵۲^{a}	۵/۲۸^{a}
تنش ملایم خشکی	×	۶	۸۳۵/۷۹^{d}	۱۵۹۲/۳۰^{c}	۳/۲۴^{d}
		۷/۵	۹۰۶/۶۴^{bc}	۱۷۷۷/۹۶^{b}	۳/۶۹^{c}
		۹	۸۸۰/۰۷^{cd}	۱۸۰۲/۹۴^{b}	۳/۷۹^{c}
تنش خشکی شدید	×	۶	۶۸۱/۵۳^{e}	۱۳۳۲/۰۱^{d}	۲/۲۹^{f}
		۷/۵	۷۱۰/۰۱^{e}	۱۴۲۱/۹۳^{d}	۲/۶۱^{e}
		۹	۶۶۹/۲۰^{e}	۱۴۲۸/۹۴^{d}	۲/۵۱^{f}

* : در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار نیست.

جدول ۵ . مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه و ماده خشک، شاخص سطح برگ مرحله کاکل‌دهی و سهم انتقال مجدد با استفاده از آزمون دانکن

تیمار (نیتروژن× تراکم)			عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	عملکرد ماده خشک (گرم در متر مربع)	شاخص سطح برگ مرحله کاکل‌دهی	سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (درصد)
۱۴۰	×	۶	۷۵۳/۸۹^{e*}	۱۴۵۴/۳۰^{d}	۳/۰۱^{g}	۱۹/۱۱^{b}
		۷/۵	۸۴۶/۷۸^{cd}	۱۶۵۵/۸۱^{c}	۳/۴۹^{e}	۱۸/۸۱^{b}
		۹	۷۳۸/۲۳^{e}	۱۵۶۳/۴۲^{c}	۳/۵۲^{de}	۲۳/۱۲^{a}
۱۸۰	×	۶	۸۴۲/۸۴^{d}	۱۶۰۵/۱۳^{c}	۳/ ۳۴^{ef}	۱۷/۵۳^{bc}
		۷/۵	۸۹۱/۵۷^{bc}	۱۷۶۰/۱۸^{b}	۳/۷۵^{cd}	۱۸/۴۰^{bc}
		۹	۹۱۳/۹۹^{ab}	۱۸۴۱/۹۲^{ab}	۳/۸۴^{bc}	۱۹/۳۰^{b}
۲۲۰	×	۶	۸۶۵/۶۶^{cd}	۱۶۳۸/۶۰^{c}	۳/۲۵^{f}	۱۶/۹۷^{c}
		۷/۵	۹۲۶/۰۷^{ab}	۱۸۰۸/۳۳^{b}	۴/۰۴^{b}	۱۷/۸۵^{bc}
		۹	۹۵۵/۳۲^{a}	۱۹۳۱/۰۶^{a}	۴/۲۱^{a}	۱۸/۵۵^{bc}

* : در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار نیست.

مطلوب و یا همراه با مصرف مقادیر زیاد نیتروژن سودمند بوده و در سایر شرایط اثر چندانی بر افزایش شاخص سطح برگ نخواهد داشت. وقتی آب به اندازه کافی فراهم باشد و یا تغذیه گیاه با نیتروژن کافی صورت گیرد، آثار منفی افزایش تراکم بر سطح برگ تک بوته کاهش یافته و در مجموع با افزایش تراکم، شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد.

عملکرد دانه و اجزای آن

تنش خشکی به طور معنی‌داری بر عملکرد دانه تأثیر گذاشت به گونه‌ای که تنش خشکی شدید در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب باعث کاهش عملکرد به میزان تقریبی ۴۰ درصد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

گردید. این کاهش عمدتاً به دلیل کاهش تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه بود (جداول ۱و۲). پژوهش‌های متعددی نشان داده است که تنش خشکی 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 (۵، ۲۵ و ۳۰). کاهش سطح برگ ناشی از افت محتوای نسبی آب برگ بود. در پژوهش حاضر، میانگین محتوای نسبی آب برگ بلال در زمان کاکل دهی از ۹۰/۱۹ درصد در شرایط مطلوب (E_1) به ۸۶/۸۱ و ۷۹/۹۲ درصد به ترتیب در تنش ملایم (E_2) و شدید (E_3) کمبود آب رسید (جدول ۲). کوسکئولولا و فکت (۱۵) نیز مشاهده کردند که با افزایش تنش کمبود آب، پتانسیل آب برگ در ذرت به طور فزاینده‌ای منفی شد و عملکرد دانه و ماده خشک کاهش یافت. کمبود آب از یک سو با تأثیر بر مقدار سطح برگ، سطوح فعال فتوسنتزی را کاهش داد و از سوی دیگر با افت محتوای رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ زمینه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم آورد (جدول ۲).

تیمار نیتروژن هم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۱) و افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه شد هر چند میان کاربرد ۱۸۰ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از لحاظ عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). افزایش عملکرد ناشی از افزایش مصرف نیتروژن بیشتر ناشی از تأثیر مثبت نیتروژن بر عملکرد ماده خشک و تعداد دانه در بلال بود (جدول ۲). قاسمی و همکاران (۱۱) گزارش دادند که بهبود عملکرد هیبریدهای جدید ذرت به خاطر افزایش تجمع ماده خشک آنها در مراحل گیاهچه‌ای، کاکل دهی و رسیدگی بوده است. هانوی (۲۰) نیز معتقد است تعداد دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه است و تأثیر مثبت افزایش نیتروژن در بهبود عملکرد دانه از طریق افزایش تعداد دانه در بلال است. گزارشات مختلف نشان داده است آهنگ رشد گیاه در طول مدت کاکل دهی، که ارتباط زیادی با تعداد دانه در بلال و در نهایت عملکرد دانه دارد، به طور مؤثری تحت تأثیر مصرف نیتروژن قرار می‌گیرد (۱۰).

تفاوت بین تراکم‌های مختلف از نظر عملکرد دانه بسیار معنی‌دار تشخیص داده شد (جدول ۱). افزایش تعداد بوته در واحد سطح با افزایش قابل ملاحظه عملکرد دانه همراه بود. این افزایش عملکرد به واسطه افزایش تعداد بلال در واحد سطح بود چرا که با افزایش تراکم و افزایش تعداد گیاه در واحد سطح، تعداد بلال در واحد سطح نیز افزایش یافت در حالی که دو جزء دیگر عملکرد دانه یعنی تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه، کاهش نشان دادند (جدول ۲). کمتر بودن ذخیره کربوهیدرات‌ها در ساقه‌ها قبل از مرحله گرده افشانی، کاهش فتوسنتز جاری ناشی از کمبود نور و بالا بودن تنفس در تراکم‌های بالا و هم‌چنین کاهش دوام سطح برگ پس از گل‌دهی، موجب کاهش محسوس تعداد دانه در بلال و وزن هزاردانه در تراکم‌های مزبور گردید (جدول ۲). پژوهشگران زیادی به کاهش تعداد دانه در بلال و وزن هزاردانه در اثر افزایش تراکم گیاهی اشاره نموده‌اند (۱ ، ۲ و ۲۱). هم‌چنین با توجه به وجود رابطه خطی بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ که توسط ایرمایر و میلبورن (۲۲) و منیعی (۱۲) گزارش شده می‌توان انتظار داشت که افزایش تراکم بوته با بالا بردن شاخص سطح برگ در جامعه گیاهی و افزایش نور دریافتی قادر به تولید حداکثر عملکرد دانه باشد. تأثیر متقابل سطوح مختلف آبیاری و تراکم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار تشخیص داده شد (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۰۵۸/۲۶ گرم در متر مربع از بالاترین تراکم (D_3) با تیمار آبیاری مطلوب (E_1) به دست آمد که از نظر آماری با میانگین E_1D_2 تفاوتی نداشت. کمترین عملکرد دانه نیز با میانگین ۶۶۹/۲ گرم در متر مربع مربوط به تیمار E_3D_3 بود که با تیمارهای E_3D_1 و E_3D_2 تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهد که به کارگیری تراکم‌های بالا تنها در شرایط مطلوب می‌تواند مفید باشد و در شرایط تنش، استفاده از تراکم‌های بالا نه تنها مفید نیست، بلکه ممکن است نتیجه عکس را درپی داشته باشد. لیانگ و همکاران (۲۳) نیز گزارش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

نمودند که حداکثر عملکرد دانه ذرت نیازمند تراکم زیاد، آبیاری زیاد، مصرف زیاد کود و تأمین نیاز حرارتی بالا است.

تأثیر متقابل سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه به میزان ۹۵۵/۳ گرم در متر مربع مربوط به تیمار کاربرد ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و بالاترین تراکم (۹ بوته در مربع) بود. کمترین عملکرد دانه هم با میانگین ۷۳۸/۲ گرم در متر مربع به تیمار N_1D_3 (کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و تراکم ۹ بوته در مربع) متعلق بود که با میانگین تیمار N_1D_1 از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). به طور کلی آثار توام تراکم بوته و نیتروژن مثبت بود و موجب افزایش عملکرد دانه گردید. در تراکم‌های پایین 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 گیاه خارج گردید. با افزایش تراکم، عملکرد دانه در واحد سطح به دلیل افزایش تعداد بلال در واحد سطح افزایش یافت و این در حالی بود که از لحاظ سایر عوامل به ویژه عنصرغذایی نیتروژن، محدودیت وجود نداشت به همین دلیل به موازات افزایش تراکم بوته باید نیتروژن در دسترس افزایش یابد.

عملکرد ماده خشک

عملکرد ماده خشک که نشان دهنده ماده خشک تجمع یافته در اندام هوایی در زمان برداشت است، تحت تأثیر کمبود آب، مصرف نیتروژن و تراکم بوته قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی کاهش خیلی معنی‌داری در عملکرد ماده خشک مشاهده شد (جدول ۲) که نظر اسبورن و همکاران (۲۷) و سپهری و همکاران (۷) را تأیید می‌نماید. دلیل افزایش تولید کل ماده خشک در گیاهان تحت تیمار آبیاری مطلوب، گسترش بیشتر و تداوم بهتر سطح برگ بود که موجب ایجاد منبع فیزیولوژیکی کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از نور دریافتی و تولید ماده خشک گردید. کاهش سطح نیتروژن مصرفی از ۲۲۰ به ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد ماده خشک را به طور متوسط ۲۳۵/۱۸ گرم در متر مربع کاهش داد (جدول ۲). کاهش عملکرد ماده خشک در مقادیر کم مصرف نیتروژن توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (۱۸ و ۳۴). در مقادیر بیشتر نیتروژن سرمایه گذاری مواد فتوسنتزی در بخش‌های برگ و ساقه افزایش یافته و در نهایت مواد تجمع یافته در بخش هوایی نیز فزونی یافت (جدول ۲). میان تراکم‌های مختلف نیز از نظر عملکرد ماده خشک اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد (جدول ۱). بیشترین تراکم بیشترین عملکرد ماده خشک را دارا بود (جدول ۲). بیشتر بودن عملکرد ماده خشک در تراکم‌های بالا را می‌توان به بیشتر بودن تعداد بوته در واحد سطح مربوط نمود. به نظر می‌رسد آثار رقابت میان گیاهان در تراکم‌های بالا آن چنان نبوده است که بتواند افزایش وزن ناشی از بیشتر بودن تعداد بوته در واحد سطح را به طور معنی‌داری کاهش دهد. تأثیر مثبت افزایش تراکم برعملکرد ماده خشک توسط پژوهشگران دیگر نیز مشاهده و گزارش شده است (۱۳ و ۳۳). اثر متقابل آبیاری و تراکم و نیتروژن و تراکم بر عملکرد ماده خشک معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های آثار متقابل آبیاری و تراکم نشان داد که تیمار بیشترین تراکم در شرایط آبیاری مطلوب، از برتری قابل ملاحظه‌ای از لحاظ تولید ماده خشک در مقایسه با دیگر تیمارها برخوردار بود، در حالی که در شرایط خشکی شدید، تغییر عملکرد ماده خشک در اثر افزایش تراکم قابل ملاحظه نبود (جدول ۴). کاهش عملکرد ماده خشک در کلیه تراکم‌ها در شرایط خشکی شدید، ناشی از افت عملکرد دانه و وزن خشک بخش‌های رویشی به واسطه افزایش رقابت بود، در شرایط آبیاری مطلوب و تنش ملایم خشکی، با افزایش تعداد بوته در واحد سطح کاهش وزن تک بوته جبران و عملکرد ماده خشک افزایش یافت ولی در شرایط خشکی شدید، کاهش شدید وزن خشک تک بوته‌ها جبران نشد و در نتیجه تفاوت میان عملکرد ماده خشک میان تراکم‌ها معنی‌دار نگردید (جدول ۴). بنابراین

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

در زراعت ذرت توصیه تراکم‌های بالا تنها در شرایط مطلوب می‌تواند مفید باشد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که روند تغییرات عملکرد ماده خشک تحت تأثیر تراکم بوته در کلیه سطوح کاربرد نیتروژن روند یکسانی نداشت، در سطوح بالاتر مصرف نیتروژن بر خلاف پایین‌ترین سطح مصرف این عنصر، با افزایش تراکم کاهش وزن تک بوته‌ها جبران شد و در نتیجه آن عملکرد ماده خشک افزایش یافت (جدول ۵).

شاخص برداشت

تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت گذاشت و با افزیش شدت تنش خشکی شاخص برداشت کاهش یافت (جداول ۱ و ۲). کمبود آب از جمله عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاه می‌باشد که علاوه بر کاهش عملکرد ماده خشک، موجب اخلال در تسهیم کربوهیدرات‌ها به دانه و کاهش شاخص برداشت می‌شود (۱۶ و ۳۱). تفاوت بالاترین و پایین‌ترین شاخص برداشت به دست آمده در سطوح مختلف نیتروژن حدود یک درصد بود که از نظر آماری معنی‌دار تشخیص داده نشد (جداول ۱ و ۲). نتایج به دست آمده نشان داد که در این پژوهش کاربرد نیتروژن تغییری در نحوه توزیع مواد فتوسنتزی به وجود نیاورده و عملکرد ماده خشک و دانه را به نسبت مشابهی افزایش داده است. گزارش‌های مشابهی مبنی بر عدم تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر شاخص برداشت ارائه گردیده است (۱۱). از سوی دیگر سطوح مختلف تراکم از نظر شاخص برداشت متفاوت بودند (جدول ۱). با افزایش تراکم شاخص برداشت کاهش یافت و از کارایی توزیع مجدد مواد فتوسنتزی به ضرر دانه‌ها کاسته شد (جدول ۲). از آنجایی که با افزایش رقابت میان گیاهان، رقابت داخلی بین اندام‌های رویشی و زایشی جهت دریافت مواد فتوسنتزی تشدید می‌شود و چون مقصدهای زایشی دیرتر از مقاصد رویشی به وجود می‌آیند آثار سوء ناشی از رقابت در درجه نخست گریبانگیر مقاصد زایشی می‌شود و در شرایط حاد ممکن است موجب نازایی تعدادی از اندام‌های زایشی شود. دانکن (۱۷) نیز اعتقاد دارد که در تراکم‌های بالای بوته هر چند شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک افزایش می‌یابد ولی به دلیل ایجاد رقابت بین گیاهان از میزان شاخص برداشت کاسته می‌شود. آثار متقابل تیمارهای مختلف بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۱).

انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

میزان انتقال مجدد ماده خشک به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین میزان انتقال با میانگین ۱۶۴/۴۲ گرم در متر مربع به تیمار تنش ملایم خشکی تعلق داشت (جدول ۲). بیشتر بودن میزان انتقال این تیمار ناشی از وجود مواد ذخیره‌ای کافی در بخش‌های رویشی و بروز شرایط محیطی تنش‌زا بوده است و این وضعیت با توجه به عملکرد ماده خشک و شاخص سطح برگ مرحله کاکل دهی گیاهان قابل توجیه می‌باشد (جدول ۲). احتمالاً در گیاهان تحت تیمار آبیاری مطلوب و تنش خشکی شدید به ترتیب بالا بودن فتوسنتز جاری و کم بودن میزان مواد ذخیره‌ای باعث کاهش میزان انتقال مجدد ماده خشک گردید (جدول ۲). راوسون و ایوانز (۲۸) بیان داشتند که کارایی بخش‌های رویشی در انتقال مجدد ماده خشک به وزن خشک این اندام‌ها در مرحله گرده افشانی بستگی دارد، وزن خشک بیشتر بخش‌های رویشی در این مرحله به مشارکت بیشتر ماده خشک ذخیره شده در انتقال مجدد به دانه و بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی منتهی می‌شود. فاکتور تراکم نیز اثر بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد روی میزان انتقال مجدد ماده خشک داشت (جدول ۱). بیشترین میزان انتقال مجدد مواد به دلیل روابط فیزیولوژیک میان ظرفیت مبداء و مقصد و به ویژه تعادل بین سرعت تولید در مبداء و انباشت در مقصد در سطوح بالای تراکم وجود داشت (جدول ۲). افزایش تراکم از یک سو موجب افزایش تولید مواد فتوسنتزی و از سوی دیگر محدودیت مقصدهای فیزیولوژیک می‌شود که برآیند این عوامل سبب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی و انتقال مجدد مواد خشک به دانه گردید. گزارش‌های هاشمی دزفولی و هربرت (۲۱) و یوهارت و آندرید (۳۴) صحت مطالب فوق را تأیید می‌نماید. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و آثار متقابل میان تیمارهای مختلف به جز اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد معنی‌دار

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

نبود (جدول ۱). در شرایط مطلوب سطوح بالاتر مصرف نیتروژن به دلیل تولید سطح برگ بیشترو تداوم بیشتر آن و هم‌چنین بالا بودن مقدار فتوسنتز جاری از میزان انتقال کمتری برخوردار بودند و بدین ترتیب سهم مواد ذخیره‌ای در تولید عملکرد دانه کاهش یافت ولی در شرایط تنش و به ویژه تنش ملایم خشکی، مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن به لحاظ تولید سطح برگ بیشتر و افزایش مواد ذخیره شده در ساقه موجب افزایش میزان انتقال در مقایسه با مقادیر کمتر مصرف نیتروژن گردید (جدول ۲).

کارایی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

با افزایش شدت تنش خشکی و کاهش مصرف نیتروژن کارآیی انتقال مجدد مواد خشک به طور معنی‌داری افزایش نشان داد (جداول ۱و ۲). این وضعیت بیانگر آن است که تحت شرایط تنش کمبود آب و یا نیتروژن نسبت ماده خشک منتقل شده به ذخیره شده بیشترمی‌شود تا کاهش عملکرد دانه را تا حدی جبران نماید. یانگ و همکاران (۳۶) نیز گزارش نمودند که افزایش فراهمی آب و مصرف نیتروژن از طریق ایجاد تاخیر در پیری برگ‌ها، موجب افزایش سهم فتوسنتز جاری و کاهش مشارکت مواد خشک ذخیره شده در تولید دانه می‌شود. تأثیر تراکم و آثار متقابل تیمارهای مختلف بر کارآیی انتقال مجدد مواد خشک از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱).

سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه

اختلاف میان سطوح مختلف آبیاری از لحاظ سهم ذخایر بخش‌های رویشی در عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی سهم ذخایر بخش‌های رویشی در عملکرد دانه افزایش یافت. نتایج به دست آمده نشان داد که سهم ذخایر بخش‌های رویشی در تولید عملکرد دانه در شرایط مطلوب ۱۵/۵۵ و تحت شرایط تنش شدید خشکی ۲۲/۰۸ درصد بوده است که با نتایج سایر محققین و نیز با این واقعیت که در شرایط تنش سهم ذخایر بخش‌های رویشی به ویژه ساقه در تولید عملکرد، به واسطه کاهش فتوسنتز جاری افزایش می‌یابد، مطابقت دارد (جدول ۲). امام و نیک نژاد (۳) معتقدند که در گیاهان تحت تنش که فتوسنتز جاری آنها به ویژه در دوره پر شدن دانه‌ها محدود شده باشد، وابستگی بیشتر به مواد ذخیره شده در بخش‌های رویشی پیش از گل‌دهی، نشان دهنده نیاز دانه‌ها به تامین مواد خشک مکمل است. اشنایدر (۲۹) نیز معتقد است که بیشتر بودن سهم نسبی ذخایر قبل از گل‌دهی در تولید عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی، معمولاً با میزان عملکرد دانه هم‌بستگی منفی دارد. تأثیر نیتروژن روی سهم ذخایر بخش‌های رویشی گیاهان در تولید عملکرد دانه از لحاظ آماری معنی‌دار بود و با افزایش کاربرد نیتروژن سهم ذخایر یاد شده در تولید عملکرد دانه کاهش یافت (جداول ۱و۲). با تأمین نیتروژن کافی برای گیاه، بیوماس بیشتری تولید شد و ضمن افزایش عملکرد از طریق فتوسنتزی جاری انتقال مجدد ماده خشک کاهش و در نتیجه بخش‌های رویشی گیاه نظیر ساقه همانند یک مقصد فیزیولوژیک قوی عمل کرده و مواد فتوسنتزی را در خود انباشته نمودند. در این راستا نتایج مشابهی توسط سوزا و همکاران (۳۲) و پیردشتی (۴) ارائه گردیده است. تأثیر تراکم و اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بر سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول۱). در گیاهان تحت تنش تراکم، تنفس زیاد و نرسیدن نور موجب زردی سریع برگ‌ها، کاهش فتوسنتز جاری و نهایتاً وابستگی بیشتر عملکرد دانه به مواد ذخیره شده گردید. بررسی میانگین آثار متقابل نیتروژن و تراکم بوته نشان داد که بر همکنش کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (N_1) و تراکم ۹ بوته در متر مربع (D_3) از طریق کاهش دوام سطح برگ و کاهش فتوسنتز جاری موجب افزایش سهم مواد ذخیره‌ای در تولید عملکرد دانه شد (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

در این آزمایش محتوای نسبی آب برگ بلال به عنوان معیاری مناسب جهت نشان دادن وضعیت آب در گیاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت تا بتوان تأثیر تیمارهای تنش کمبود آب که از طریق کنترل مقدار آب درخاک اعمال گردید را بر رشد و نمو گیاه ذرت با دقت بالایی بررسی نمود که این وضعیت شدیداً تحت تأثیر تنش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

کمبود آب قرار گرفت و کاهش معنی‌داری یافت. کمبود آب از یک سو با افت محتوای رطوبت نسبی و پتانسیل آب برگ زمینه کاهش فتوسنتز در واحد سطح برگ را فراهم آورد و از سوی دیگر با تأثیر بر مقدار سطح برگ، سطوح فعال فتوسنتزی را کاهش داد. در مجموع نتایج به دست آمده نشان داد آبیاری علاوه بر اطمینان بیشتر و سطح بالاتر عملکرد، استفاده کاراتر از نهاده‌های با ارزش نظیر کود نیتروژن را نیز ممکن می‌سازد. در شرایط مطلوب و حتی تنش ملایم خشکی افزایش مصرف نیتروژن با افزایش معنی‌دار عملکرد همراه بود و افزایش تراکم تا سطح متوسط (۷/۵ بوته در متر مربع) تأثیر بسیار مثبتی بر عملکرد دانه داشت. در شرایط تنش شدید خشکی، کاهش جذب و افزایش هدر روی نیتروژن ناشی از کمبود شدید آب در خاک موجب کاهش تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر افزایش عملکرد گردید. تحت این شرایط استفاده از تراکم خیلی زیاد نه تنها عملکرد را افزایش نداد بلکه موجب کاهش کارایی مصرف کود نیز گردید. تحریک فرآیند انتقال مجدد ماده خشک باعث شد تا از افت شدید عملکرد دانه در تیمار تنش ملایم خشکی تا حدی جلوگیری شود. به نظر می‌رسد در صورت عدم دسترسی به آب کافی و مواجه گیاه با کمبود شدید آب در خاک، کاهش مصرف نیتروژن و تراکم گیاهی از یک سو باعث کاهش هزینه‌ها و از سوی دیگر از مصرف بی مورد نهاده‌ها که معمولاً با افزایش عملکرد همراه نیست، جلوگیری به عمل خواهد آورد.

منابع مورد استفاده

۱. امام، ی. و م. تدین. ۱۳۷۸. تأثیر تراکم بوته و سربرداری بر عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه زیر سد درون زن استان فارس. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۰(۴) :۱۳۷۵-۱۳۷۳.

۲. امام، ی. و غ. رنجبر. ۱۳۷۹. تأثیر تراکم بوته و تنش خشکی در مرحله رشد رویشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای. مجله علوم زراعی ایران ۲(۳) :۵۱-۶۲.

۳. امام، ی. و م. نیک نژاد. ۱۳۷۳. *مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه)*. انتشارات دانشگاه شیراز.

۴. پیردشتی، ه . ا . ۱۳۷۸. بررسی انتقال مجدد ماده خشک و نیتروژن و تعیین شاخص‌های رشد ارقام برنج در تاریخ‌های مختلف کاشت. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۵. 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 گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان نامه دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، واحد علوم و تحقیقات اهواز.

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

۷. سپهری، ع.، س. ع. م. مدرس ثانوی، ب. قره 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 ۴(۳) :۱۸۴ - ۲۰۱.

۸. رفیعی، م . ۱۳۸۱. اثرات تنش کمبود آب ، روی و فسفر بر شاخص‌های رشد و عملکرد کمّی و کیفی ذرت. پایان نامه دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، واحد علوم و تحقیقات اهواز.

۹. زمانی، غ . و ع. کوچکی. ۱۳۷۳. اثر آرایش و تراکم کاشت بر جذب تشعشع، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. سومین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تبریز.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]

۱۰.صادقی، ح. ۱۳۷۹ . تأثیر تراکم بوته و مقادیر کود ازته بر ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در منطقه کوشکک استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۱۱.قاسمی، ع. ۱۳۸۰. بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر نحوه الگوی تخصیص ماده خشک در ذرت دانه‌ای رقم SC704 در منطقه ورامین. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه تهران.

۱۲.منیعی، م. ۱۳۷۰. بررسی اثر تاریخ کاشت برخصوصیات رشد وعملکرد ذرت دانه‌ای. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد.

13. Aktyinoye, H. A., E. O. Lucas and J. G. Kling. 1997. Effects of density of planting and time of nitrogen application on maize varieties in different ecological zones of West Africa. Commune. Soil. Sci. Plant. Anal. 28: 1163-1175.
14. Classen, M. M. and R. H. Shaw. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain components. Agron. J. 62: 652-655.
15. Cosculleola, F. and J. M. Fact. 1992. Determination of the maize (Zea *mays* L.) yield functions in respect to water using a line source sprinkler. Field Crops Abst. 93: 5611.
16. 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.
17. Duncan, G. A. 1985. Theory to explain the relationship between corn population and grain yield. Agron. J. 24: 1141-1145.
18. 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.
19. Grant, R. F., B. S. Jackson, J. R. Kiniry and G. F. Arkin. 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. Agron. j. 81: 61-65.
20. Hanway, J. J. 1992. How a corn plant develops. Iowa Coop. Ext. Ser. Spec. Rep. 48.
21. Hashemi-Dezfouli, A. and S. J. Herbert. 1992. Effect of leaf orientation and density on yield of corn. Iran Agric. Res. 11: 89-104.
22. Iremiren, G. O. and G. M. Milborn. 1980. Effects of plant density on ear barrenness in maize. Exp. Agric. 16: 321-326.
23. Liang, B. C., M. R. Millard and A. F. Machenzie. 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.
24. 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.
25. 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.
26. Norwood, C. A. 2000. Water use and yield of limited-irrigated and dryland corn. Soil Sci. Soc. Amer. J. 64: 365- 370.
27. Osborne, S. L., J. S. Schepper 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: 163-171.
28. Rawson, H. M. and L.T. Evans. 1971. The contribution of stem reserves to grain development in a range of cultivars of different height. Australian J. Agric. Res. 22: 851-863.
29. Schnyder, H. 1993. The role of carbohydrate storage and redistribution in the source - sink relation of wheat and barley during grain filling - A review. New Phytol. 123: 233-245.
30. Schussler, J. R. and M. E. Westgate. 1991. Maize kernel set at low water potential: I. Sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth. Crop Sci. 31: 1189-1195.
31. Setter, T. L. 1990. Transport / harvest index: photosynthate partitioning in stressed plants. PP.17-36. Stress responses in plant: Adaptation and Accumulation Mechanism. Wiley - Liss Inc.Pub., New York.
32. Souza, S. R., E. M. Stark and M. S. Fernandez. 1996. Nitrogen remobilization during the reproductive period in two Brazilian rice varieties. Brazilian J. Plant Nutr. 21: 2049-2063.
33. Tetio - Kagho, F. and F. P. Gardner. 1988. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustment. Agron. J. 80: 935-940.
34. Uhart, S. A. and F. H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon - nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. Crop Sci. 35: 1384 -1389.
35. Wienhold, B. J., T. P. Trooien and G. A. Reichman. 1995. Yield and nitrogen use efficiency of irrigated corn in the Northern Great Plains. Agron. J. 87: 842-846.
36. Yang, J., Z. Jianhua, W. Zhiqing, Z. Qingsen and W. Wei. 2001. Remobilization of carbon reserves in response to water deficit during grain filling of rice. Field Crops Res. 71: 47-55.
37. 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 jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.1.0]