نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال نهم، شماره اول، پاییز ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

بررسی عملکرد، بهره‌وری مصرف آب و کارآیی نیتروژن در کشت ذرت در استان خوزستان

مریم کاظمی‌زاده[۱]، عبدالرحیم هوشمند[۲*]، عبدعلی ناصری[۳]، منا گلابی[۴]، و موسی مسکر باشی[۵]

۱) دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

۲*) دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات: hooshmand_a@scu.ac.ir

۳) استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

۴) استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

۵) استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۳

چکیده

آب و نیتروژن از عوامل اصلی محدود کننده دستیابی به حداکثر محصول هستند. کاربرد کود نیتروژن در افزایش محصولات کشاورزی سهم بسزایی دارد. از طرفی مصرف بی‌رویه این کودها ناشی از کارآیی پایین آن‌ها است. این پژوهش با توجه به چالش‌های موجود در خصوص کمبود منابع آب و مدیریت نامناسب مصرف نیتروژن انجام گرفت. جهت کمی کردن واکنش گیاه و محاسبه کارآیی مصرف آب و کود، دو سطح آبیاری کامل (I_1) و کم‌آبیاری به اندازه ۳۰ درصد (I_2) به‌عنوان عامل اول و دو سطح نیتروژن ۲۰۰ (N_1) و ۱۶۰ (N_2) کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. آزمایشات به صورت تیمارهای صحرایی و در لایسیمترهایی به صورت طرح آزمایشی فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. ارقام مورد استفاده ذرت میان‌رس هیبرید ۶۱۱ و ۷۰۴ سینگل کراس بود که به‌ترتیب در دو فصل زراعی بهاره و پاییزه کشت شد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، شاخص سطح برگ با کاربرد بیشتر نیتروژن در شرایط رطوبتی یکسان افزایش می‌یابد. افزایش نیتروژن به‌شرط این‌که آب کافی در دسترس گیاه باشد؛ باعث افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت می‌شود. مصرف بهینه آب و کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و در نتیجه افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود. با افزایش مقدار نیتروژن، کارآیی زراعی نیتروژن در کشت ذرت کاهش می‌یابد. در شرایط تنش رطوبتی با افزایش میزان مصرف نیتروژن، کارآیی بازیافت نیتروژن نیز به‌سبب کاهش جذب این عنصر توسط گیاه کاهش می‌یابد. کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب در کشت پاییزه بیشتر از کشت بهاره بود. عملکرد پایین کشت بهاره و بارندگی بیشتر در دوره کشت پاییزه دلیل کارآیی و بهره‌وری بیشتر مصرف آب در کشت پاییزه بود. در شرایط آب‌وهوایی خوزستان کاربرد ارقام زودرس به‌جای میان‌رس برای کشت بهاره به‌دلیل مواجه شدن زمان گرده‌افشانی با گرمای شدید توصیه می‌شود.

کلید واژه‌ها: بازده مصرف نیتروژن؛ بهره‌وری مصرف آب؛ خوزستان؛ ذرت

مقدمه

با افزایش جمعیت در بسیاری از مناطق جهان، ظرفیت تولید در کشاورزی با تنشی شدید مواجه و باعث افزایش فشار بر روی زمین‌های کشاورزی و استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی شده است. در سال‌های اخیر کاربرد کود نیتروژن در افزایش محصولات کشاورزی سهم بسزایی داشته است. نیتروژن نخستین عنصری است که کمبود آن در مناطق خشک و نیمه خشک بدلیل کمبود میزان مواد آلی که عمده‌ترین منبع ذخیره نیتروژن بشمار می‌آید، مطرح می‌شود (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۲). کارآیی پایین مصرف نیتروژن به‌دلیل تلفات ناشی از تصعید، رواناب سطحی، آبشویی، دنیتریفیکاسیون و پوشش گیاهی علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، باعث ایجاد نگرانی‌هایی در مورد بهداشت و محیط‌زیست شده است (مجدم و مدحج، ۱۳۹۱). پس بایستی در رابطه با مصرف کودهای شیمیایی، مدیریت صحیح صورت پذیرد؛ تا با انتخاب مقدار بهینه کود به بالاترین سطح تولید رسید. از طرفی تعیین حد موردنیاز از هر عنصر غذایی برای گیاه به پارامترهای متعددی بستگی دارد که مهمترین آن‌ها میزان آب آبیاری است. آب و نیتروژن از عوامل اصلی محدودکننده دستیابی به حداکثر محصول هستند و مدیریت صحیح این‌دو، علاوه بر کاهش هزینه، افزایش کارآیی مصرف آن‌ها را نیز به دنبال خواهد داشت (Kropff *et al*., 1993 و خودشناس و همکاران، ۱۳۹۴). گیاهان برای این‌که مواد غذایی را به‌طور مطلوب مورد استفاده قرار دهند؛ بایستی آب کافی در اختیار داشته باشند. تصمیم‌گیری در مورد میزان کود مصرفی براساس ظرفیت ذخیره آب خاک و نوع کود انجام می‌گیرد (Lak *et al*., 2006). بنابراین مدیریت مواد غذایی و مدیریت آب آبیاری کاملاً با هم در ارتباط هستند. متأسفانه در ایران، در هر دو بعد بازده مصرف کود (*FE*)[1] و بازده آبیاری (*WUE*)[2] با شرایط نامناسبی مواجه هستیم. با توجه به نقش اساسی آب در جذب مواد غذایی توسط گیاهان، مطالعه برهمکنش تنش خشکی و میزان نیتروژن در دسترس گیاه اهمیت بالایی دارد. بنابراین باید به‌دنبال راهکارهای کاهش مصرف آب همراه با کاهش کود مصرفی بود. تحقیقات متعددی در خارج و داخل ایران در رابطه با اثر میزان آب و نیتروژن بر عملکرد محصولات کشاورزی، آلودگی نیترات در آب و خاک، کارآیی و بهره‌وری مصرف آب و کارآیی نیتروژن انجام شده است (Malak and Al-Ashkar, 2007؛ Zotarelli *et al*., 2009؛ لیاقت و فرهمند، ۱۳۹۰؛ Kraft and Stites, 2003؛ پشت‌دار و همکاران، ۱۳۹۵؛ حیدری‌پور و همکاران، ۱۳۹۰). در مطالعات پیشین، اثر تنش خشکی و سطوح مختلف نیتروژن بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت نیز بررسی شده است. به عقیده برخی پژوهشگران، مدیریت نامناسب آب آبیاری و نیتروژن اصلی‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد ذرت محسوب می‌شوند (Norwood, 2000). مجیدیان و غدیری (۱۳۸۱) با استفاده از نتایج آزمایشات خود گزارش کردند که در تیمار معادل نیاز آبی، گیاه ذرت دارای بیشترین بهره‌وری مصرف آب بود و با آبیاری در سطحی معادل ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، عملکرد دانه ذرت به‌ترتیب ۶۳ و ۴۱ درصد کاهش یافت. کاهش عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در طول دوره رشد، به‌علت کاهش تعداد دانه در بلال صورت می‌گیرد (شعرباف خجسته و احمدی، ۱۳۷۷). کاهش نیتروژن قابل دسترس گیاه نیز مانند آب بر عملکرد گیاه به‌شدت تأثیر می‌گذارد (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱). در شرایط تنش خشکی شدید، نه تنها نمی‌توان از طریق افزایش میزان نیتروژن مصرفی، خسارات مربوط به عملکرد را کاهش داد، بلکه ممکن است به افزایش هدرروی نیتروژن در اثر عدم جذب آن

[1] - Fertilizer Efficiency

[2] - Water Use Efficiency

منجر شود (مجدم و مدحج، ۱۳۹۱). از طرفی محصولات زراعی قادر به استفاده مستقیم بیش از نیمی از کود نیتروژن مصرف شده نمی‌باشند. با نگاهی به آمار مصرف کودهای نیتروژنی می‌توان دریافت که مصرف بی‌رویه این کودها ممکن است از کارآیی پایین آن‌ها ناشی شده باشد (مجدم و مدحج، ۱۳۹۱). افزایش کارآیی مصرف نیتروژن در گیاهان زراعی نشان‌دهنده این است که چگونه این گیاهان به شکلی مؤثر این عنصر در دسترس را به عملکرد اقتصادی تبدیل می‌کنند (پشت‌دار و همکاران، ۱۳۹۵). برای ارزیابی تأثیر عوامل مختلف کشاورزی بر این شاخص، بررسی کارآیی فیزیولوژیک و کارآیی جذب یا بازیافت می‌تواند مفید باشد. کارآیی فیزیولوژیک به‌صورت میزان ماده خشک تولیدی به‌ازای هر واحد عنصر غذایی جذب شده ولی کارآیی بازیافت یا جذب بر حسب مقدار عنصر غذایی جذب شده به‌ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف شده تعریف می‌شود (Moll *et al.*, 1982). این پژوهش با توجه به چالش‌های موجود در خصوص کمبود منابع آب و مدیریت نامناسب مصرف نیتروژن در کشور با توجه به نقش مؤثر نیتروژن در دستیابی به حداکثر محصول انجام گرفت. تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن و تأثیر متقابل آن‌ها بر میزان کارآیی و بهره‌وری مصرف آب، کارآیی کود نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد در دو واریته ذرت دانه‌ای تحت دو نظام کشت بهاره و پاییزه در استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

براساس نتایج پژوهش‌های پیشین در شرایط اقلیمی و خاک اهواز برای کشت ذرت، آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد ظرفیت زراعی و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه شده است (قمری و همکاران، ۱۳۹۰). آزمایش‌ها به صورت تیمارهای صحرایی و در لایسیمترهای زهکش‌دار به ارتفاع ۱/۲ و قطر ۰/۸ متر در مزرعه تحقیقاتی شماره (۲) دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت طرح آزمایشی فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. مشخصات جغرافیایی این محل ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا ۲۲/۵ متر است. ویژگی‌های خاک مورد استفاده در لایسیمترها در جدول (۱) آورده شده است. که در آن وزن مخصوص ظاهری ذرات به روش استوانه، بافت خاک به روش هیدرومتری (Ming *et al.*, 2012)، نیتروژن کل به روش کجلدال (Santibanez *et al.*, 2007)، pH و EC هم در عصاره ۱۰ گرم خاک به ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر (Ming *et al.*, 2012) اندازه‌گیری شد. ارقام مورد استفاده ذرت میان‌رس هیبرید ۶۱۱ و ۷۰۴ سینگل کراس بود که به‌ترتیب در دو فصل زراعی بهاره (۱۰ اسفند ۹۶) و پاییزه (۱۵ مرداد ۹۷) کشت شد. مقادیر بارندگی در طول فصل کشت بهاره و پاییزه به‌ترتیب برابر ۵۰ و ۲۱۵ میلی‌متر بود.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

نقطه پژمردگی (٪)	ظرفیت زراعی (٪)	چگالی ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	بافت	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	ازت کل (٪)	کربن آلی (٪)	EC (dS/m)	pH
۱۸	۳۴	۱/۲۱	سیلتی-لوم	۲۶/۲	۵۲/۸	۲۱	۰/۱۱	۰/۳۹	۳/۶۱	۷/۶۵

جهت کمی کردن واکنش گیاه و محاسبه کارآیی مصرف آب و کود، دو سطح آبیاری کامل (I_1) و کم‌آبیاری به اندازه ۳۰ درصد (I_2) به‌عنوان عامل اول و دو سطح نیتروژن ۲۰۰ (N_1) و ۱۶۰ (N_2) کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. تا زمان استقرار کامل

گیاه، تمام تیمارها یکسان آبیاری (=SMD[3]) و پس از آن تیمارهای کم‌آبیاری نیز تا پایان فصل رشد ذرت اعمال شدند. میزان آب موردنیاز برای تأمین نیاز آبی گیاه (I_1) با هدف جایگزین‌کردن رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه تا ظرفیت زراعی (بعد از تخلیه ۴۰ درصد ظرفیت زراعی) محاسبه و ۷۰ درصد آن مقدار به تیمار کم‌آبیاری (I_2) به روش سطحی داده شد. حجم آب مصرفی مورد نیاز برای تیمار شاهد (آبیاری کامل) با فرض راندمان آبیاری ٪۱۰۰ از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$V = (F_c - \theta_i) \times D_{root} \times A \qquad (۱)$$

که V: حجم آب آبیاری برای تیمار شاهد برحسب مترمکعب، Fc: رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی، θ_i: رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری، D_{root}: عمق توسعه ریشه برحسب متر و A: مساحت لایسیمتر برحسب متر مربع است. بنابراین کل آب مورد نیاز برای آبیاری در طول فصل کشت برای تیمار شاهد برابر ۱۰۵۰۰ مترمکعب در هکتار محاسبه شد. اما زمان آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصدی ظرفیت زراعی در تیمار شاهد بود و همه تیمارها هم‌زمان با هم آبیاری می‌شدند. با استفاده از رابطه (۲) و با توجه به تفاضل آب ورودی و خروجی به لایسیمتر شاهد، برنامه‌ریزی آبیاری انجام می‌شد.

$$\Delta S = (I + P) - D - ET_C \qquad (۲)$$

که در این رابطه ET_C: تبخیر-تعرق گیاه ذرت ، I: عمق آب آبیاری، P: ارتفاع بارندگی، D: ارتفاع زه‌آب و ΔS: اختلاف رطوبت حجمی در شروع و انتهای دوره مورد نظر برحسب میلی‌متر می‌باشد. با نصب تشت تبخیر کلاس A در فاصله ۱۰ متری تیمار شاهد، مقدار تبخیر-تعرق گیاه ذرت مشخص شد. با استفاده از آمار روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اهواز (سرعت باد و رطوبت نسبی) ضریب تشت به‌صورت روزانه با استفاده از روش آلن و پروت تعیین شد (شکری و همکاران، ۱۳۹۴). عمق آب زهکشی نیز با نصب ظروف مدرجی در محل خروجی لوله‌های زهکش قبل از هر آبیاری و با اندازه-گیری حجمی زه‌آب و تقسیم آن بر مساحت لایسیمترها محاسبه شد. نیتروژن مورد نیاز نیز از منبع کود اوره تأمین و طی سه مرحله در زمان کاشت، مرحله شش برگی گیاه و قبل از ظهور گل آذین به‌صورت تقسیطی مصرف شد. البته هم‌زمان با عملیات آماده‌سازی بستر برای کشت، متناسب با روش متداول منطقه به‌ترتیب مقدار ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار کود پتاس و فسفات تریپل به خاک اضافه و تا عمق ۱۰ سانتی‌متری مخلوط شد. برای ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی هم‌زمان با تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه‌ها، برداشت به‌صورت دستی در ۲۷ خرداد و ۲۶ آذر ۹۷ به-ترتیب برای کشت بهاره و پاییزه صورت گرفت. سطح برگ با استفاده از رابطه LA = L×W×0.75 محاسبه شد (Moll and Kamparth, 1997). که LA، L و W در این رابطه به ترتیب سطح برگ، طول برگ و پهن‌ترین قسمت عرض برگ هستند. در واقع برای اندازه‌گیری سطح برگ، سه برگ از قسمت میانی دو گیاه از هر لایسیمتر از زمان استقرار کامل گیاه با فواصل زمانی ۱۵ روزه انتخاب و در نهایت ماکزیمم سطح برگ برای هر تیمار در نظر گرفته شد.. کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب با استفاده از روابط (۳) و (۴) محاسبه شدند (مجدم و مدحج، ۱۳۹۱). جهت تعیین کارآیی جذب (بازیافت)، کارآیی فیزیولوژیک و کارآیی زراعی نیتروژن نیز به‌ترتیب از روابط (۵)، (۶) و (۷) استفاده شد (Timsina *et al.*, 2001). نیتروژن کل جذب شده نیز با دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم-افزار SPSS 22 و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

[3] - Soil Moisture Depletion

$$\text{کارآیی اقتصادی مصرف آب (کیلو گرم بر متر مکعب)} = \frac{\text{عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)}}{\text{کل حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)}} \quad (۳)$$

$$\text{کارآیی بیولوژیکی مصرف آب (کیلو گرم بر متر مکعب)} = \frac{\text{عملکرد ماده خشک (کیلو گرم در هکتار)}}{\text{کل حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار)}} \quad (۴)$$

$$\text{کارآیی بازیافت نیتروژن (درصد)} = \frac{\text{میزان نیتروژن جذب شده (گرم در مترمربع)}}{\text{میزان کود نیتروژن مصرف شده (گرم در متر مربع)}} \quad (۵)$$

$$\text{کارآیی فیزیولوژیک (گرم عملکرد بر گرم نیتروژن)} = \frac{\text{میزان عملکرد محصول (گرم در مترمربع)}}{\text{میزان نیتروژن جذب شده (گرم در متر مربع)}} \quad (۶)$$

$$\text{کارآیی زراعی (گرم عملکرد بر گرم نیتروژن)} = \frac{\text{میزان عملکرد محصول (گرم در مترمربع)}}{\text{میزان نیتروژن مصرف شده (گرم در متر مربع)}} \quad (۷)$$

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

اثر سطوح مختلف آب و نیتروژن بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد برای هر دو فصل کشت بهاره و پاییزه معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲). بر اساس نتایج حاصل از جداول ۳ و ۴ برای هر دو فصل کشت، کمترین و بیشترین شاخص سطح برگ به‌ترتیب به تیمارهای I_1N_1 (آبیاری کامل و کوددهی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار) و I_2N_2 (تنش آبی ۳۰ درصدی و کوددهی ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار) اختصاص داشت. نتایج مشابهی نیز در پژوهش انجام شده بر روی ذرت توسط مجدم و مدحج (۱۳۹۱) ارائه شده است. در طول دوره رویشی گیاه وقوع تنش خشکی باعث کوچک شدن سطح برگ و همچنین کاهش جذب نور توسط گیاه و در نتیجه کاهش شاخص سطح برگ می‌شود (رفیعی، ۱۳۸۱). از طرفی افزایش میزان مصرف نیتروژن منجر به افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ شد؛ که این امر به‌دلیل تأثیر مثبت این عنصر بر اندازه و طول عمر برگ است (Davis, 1994؛ Patel *et al.*, 2006). برای هر دو کشت ذرت بهاره و پاییزه اثر بر همکنش تیمارهای سطوح تنش خشکی و سطوح مختلف نیتروژن از نظر آماری معنی‌دار نبود (جداول ۱ و ۲).

عملکرد دانه و اجزای وابسته به آن

بر اساس نتایج به‌دست آمده تنش خشکی، سطوح مختلف نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد در کشت بهاره اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). اما در کشت پاییزه اثر سطوح مختلف نیتروژن بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). انتقال مواد به بلال از مرحله گلدهی تا رسیدن دانه بر میانگین وزن هزار دانه تأثیر بسزایی دارد (Uhart and Andrade, 1995). بنابراین با افزایش میزان نیتروژن مصرفی وزن هزار دانه نیز افزایش می‌یابد. در کشت پاییزه اثر تنش خشکی، سطوح مختلف نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. اما در کشت بهاره تنها میزان مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه اثر معنی‌دار داشت. در واقع عملکرد دانه در کشت بهاره به‌دلیل مواجه شدن دوره گرده افشانی با دمای زیاد خرداد ماه (دمای بالاتر از ۴۰ درجه) نسبت به کشت پاییزه کمتر بود و شاید دلیل این‌که تنش رطوبتی و کاهش نیتروژن مصرفی بر عملکرد دانه در کشت بهاره زیاد نمود نمی‌کند همین مسئله باشد. میانگین عملکرد دانه در اثر تنش رطوبتی ۳۰ درصدی و

کاهش میزان ۴۰ کیلوگرم نیتروژن مصرفی (I_2N_2) نسبت به شرایط مطلوب (I_1N_1) در کشت پاییزه و بهاره به‌ترتیب ۳/۶۵ و ۳/۷۱ درصد کاهش داشت. کمبود آب در مرحله رویشی و زایشی، تعداد دانه و در مرحله پر شدن دانه، وزن دانه را کاهش می‌دهد و باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Oikeh *et al.*, 1998). از طرف دیگر کمبود آب و نیتروژن از طریق کاهش شاخص سطح برگ باعث کاهش فتوسنتز، کاهش تعداد دانه در بلال و در نهایت کاهش عملکرد دانه می‌شود (Sinclair *et al.*, 1990). اثر اصلی نیتروژن در افزایش عملکرد دانه از طریق تعداد دانه است، در برخی موارد نیز وزن دانه، تحت تأثیر نیتروژن قرار گرفته و افزایش نشان داده است (Uhart and Andrade, 1995؛ قاسمی پیربلوطی، ۱۳۸۱). آبیاری سبب افزایش جذب نیتروژن می‌شود و تنش رطوبتی به خودی‌خود توانایی گیاه را از نظر استخراج نیترات از خاک محدود می‌کند (ساکی نژاد، ۱۳۸۲). در شرایط تنش ملایم خشکی (I_2N_1) نسبت به شرایط مطلوب تغییرات میانگین عملکرد محصول ناچیز است اما در شرایط تنش خشکی شدید با افزایش میزان نیتروژن مصرفی افزایش عملکرد دانه قابل انتظار نخواهد بود. اثر سطوح آبیاری، نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد بیولوژیکی برای هر دو فصل کشت معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲). میانگین عملکرد زیستی با تنش خشکی و کاهش نیتروژن مصرفی (I_2N_2) نسبت به شرایط مطلوب (I_1N_1) در کشت پاییزه و بهاره به‌ترتیب ۴۳ و ۵۲ درصد کاهش داشت (جداول ۳ و ۴). در شرایط مطلوب زیست توده گیاهان به‌دلیل گسترش بیشتر و افزایش تداوم سطح برگ افزایش می‌یابد. که در این حالت منبع فیزیولوژیکی قوی و مناسبی به‌منظور دریافت و جذب نور و افزایش تولید ماده خشک وجود دارد (Lyle and Bordvosky, 1995). اثر سطوح آبیاری، نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر شاخص برداشت نیز در هر دو فصل کشت معنی‌دار بود (جداول ۱ و ۲). نتایج مشابهی نیز از پژوهش انجام شده توسط Sinclair و همکاران (۱۹۹۰) گزارش شده است.

کارآیی و بهره‌وری مصرف آب

اثر سطوح آبیاری، نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر کارآیی بیولوژیکی و اقتصادی مصرف آب در کشت پاییزه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با کاهش میزان مصرف نیتروژن کارآیی بیولوژیکی و اقتصادی مصرف آب کاهش یافت. در شرایط تنش ملایم خشکی با افزایش کاربرد نیتروژن (I_2N_1)، بهره‌وری مصرف آب افزایش می‌یابد. مصرف بهینه آب و کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و در نتیجه افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود. مصرف نیتروژن باعث عمیق‌تر شدن نظام ریشه‌ای و افزایش بهره‌برداری از آب می‌شود (مجیدیان و همکاران، ۱۳۸۷). اما در کشت بهاره تنها اثر سطوح نیتروژن بر کارآیی اقتصادی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۲). میزان کاهش کارآیی بیولوژیکی مصرف آب در تیمار I_2N_2 نسبت به شرایط مطلوب (I_1N_1) برای کشت پاییزه و بهاره به‌ترتیب ۱۸/۶ و ۳۱/۶ درصد بود. مقادیر کارآیی اقتصادی مصرف آب برای این تیمار در کشت پاییزه و بهاره به‌ترتیب برابر ۰/۸۱ و ۰/۵۳ مشاهده شد. در مقایسه کشت پاییزه با بهاره مشخص شد که کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب در کشت پاییزه بیشتر از کشت بهاره بود. در واقع عملکرد پایین کشت بهاره و بارندگی بیشتر در دوره کشت پاییزه دلیل کارآیی و بهره‌وری بیشتر مصرف آب در کشت پاییزه بود.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ، عملکرد، اجزای عملکرد، کارآیی مصرف آب و کود نیتروژن در کشت ذرت پاییزه

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (g/m^2)	عملکرد بیولوژیکی (g/m^2)	شاخص برداشت (٪)	کارآیی بیولوژیکی مصرف آب (kg/m^3)	کارآیی اقتصادی مصرف آب (kg/m^3)	کارآیی بازیافت نیتروژن (٪)	کارآیی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن (g/g)	کارآیی زراعی (g/g)
تکرار	۲	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۳۲۵/۰۰^{ns}	۷/۶۷۶^{ns}	۳۴/۵۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۱۱^{ns}	۰/۵۱^{ns}	۰/۰۲^{ns}
تنش خشکی	۱	۰/۰۱۱۰۰*	۳۰۰۸/۳۳^{ns}	۶۵۲/۶۸۸*	۸۶۰۴۹۴/۹۶*	۸۳۶/۳۴*	۰/۰۱۲۶۷*	۰/۰۰۰۴۱*	۰/۰۸۶۷۰*	۱۱۸/۰۶*	۲/۴۹*
نیتروژن	۱	۰/۰۴۰۰۰*	۱۴۰۰۸/۳۳*	۹۱۷/۰۰۱*	۴۵۳۰۲۹/۸۸*	۴۲۸/۸۸*	۰/۶۱۲۰۱*	۰/۰۰۰۶۷*	۰/۰۰۶۵۳*	۳۵۶/۲۱*	۳۹۶/۹۱*
تنش خشکی × نیتروژن	۱	۰/۰۰۰۰۰^{ns}	۸/۳۳^{ns}	۵۰۵/۷۰۱*	۲۱/۳۳*	۲۹/۶۴*	۰/۰۲۰۰۱*	۰/۰۰۰۴۱*	۰/۰۶۱۶۳*	۱۲۳/۹۱*	۲/۰۲*
خطا	۶	۰/۰۰۱۰۰	۱۰۵۸/۳۳	۴۴/۲۲۱	۱۷/۲۱	۰/۱۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲۰	۰/۶۸	۰/۱۴
ضریب تغییرات (٪)		۸/۰	۱/۶	۱/۷	۲۰/۵	۲۰/۱	۱۲/۸	۱/۷	۱۱/۶	۱۵/۳	۱۰/۷

ns: فاقد اثر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ، عملکرد، اجزای عملکرد، کارآیی مصرف آب و کود نیتروژن در کشت ذرت بهاره

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (g/m^2)	عملکرد بیولوژیکی (g/m^2)	شاخص برداشت (٪)	کارآیی بیولوژیکی مصرف آب (kg/m^3)	کارآیی اقتصادی مصرف آب (kg/m^3)	کارآیی بازیافت نیتروژن (٪)	کارآیی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن (g/g)	کارآیی زراعی (g/g)
تکرار	۲	۰/۰۰۱۵۷^{ns}	۷۵۸/۳۳^{ns}	۱۰۰/۲۶^{ns}	۰/۴۶^{ns}	۰/۲۲۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۳^{ns}	۰/۶۷^{ns}	۰/۲۷^{ns}
تنش خشکی	۱	۰/۰۰۶۰۸*	۹۰۷۵/۰۰^{ns}	۳۵۶/۴۳^{ns}	۱۰۲۳۴۶۰/۰۲*	۱۴۰۷/۰۳۴*	۰/۰۱۸۴۱*	۰/۰۰۰۲۱^{ns}	۰/۰۷۶۸۰*	۷۸/۲۳*	۱/۳۳^{ns}
نیتروژن	۱	۰/۰۲۷۰۸*	۱۱۴۰۸/۳۳^{ns}	۶۴۸/۲۷*	۴۹۵۰۳۵/۹۴*	۶۸۶/۷۵۱*	۰/۴۷۶۰۱*	۰/۰۰۰۴۱*	۰/۰۰۰۱۳^{ns}	۱۳۱/۰۸*	۱۷۷/۸۷*
تنش خشکی × نیتروژن	۱	۰/۰۰۰۶۷^{ns}	۳۰۰۸/۳۳^{ns}	۲۱۶/۷۵^{ns}	۵۰/۰۲*	۹۱/۷۴۳*	۰/۰۱۰۲۱*	۰/۰۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۴۸۱۳*	۷۰/۷۶*	۰/۹۰^{ns}
خطا	۶	۰/۰۰۰۷۱	۲۱۸۰/۵۶	۹۴/۱۲	۲/۷۹	۰/۵۷۲	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۹	۰/۲۸	۰/۳۰
ضریب تغییرات (٪)		۱۲/۱	۲/۵	۲	۲۶/۵	۲۷/۱	۱۶/۳	۲	۱۰/۷	۱۳/۲	۱۰/۶

ns: فاقد اثر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های شاخص سطح برگ، عملکرد، اجزای عملکرد و پارامترهای کارآیی مصرف آب و کود نیتروژن در تیمارهای مختلف در کشت ذرت پاییزه

تیمار	شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (g/m^2)	عملکرد بیولوژیکی (g/m^2)	شاخص برداشت (٪)	کارآیی بیولوژیکی مصرف آب (kg/m^3)	کارآیی اقتصادی مصرف آب (kg/m^3)	کارآیی بازیافت نیتروژن (٪)	کارآیی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن (g/g)	کارآیی زراعی (g/g)
I_1N_1	۰/۸۹^{a}	۲۹۳۶/۶۷^{a}	۸۸۴^{a}	۲۱۴۲^{a}	۴۱/۲۶^{d}	۲/۰۴^{b}	۰/۸۴^{a}	۱/۲۱^{a}	۳۶/۶۷^{c}	۴۴/۲۲^{c}
I_2N_1	۰/۸۴^{b}	۲۹۰۶/۶۷^{a}	۸۸۲^{a}	۱۷۵۶^{b}	۵۴/۸۲^{c}	۲/۱۹^{a}	۰/۸۴^{a}	۰/۸۹^{c}	۴۹/۳۷^{b}	۴۴/۱۳^{c}
I_1N_2	۰/۷۸^{c}	۲۸۷۰/۰۰^{ab}	۸۷۹^{a}	۱۶۰۹^{c}	۵۰/۰۸^{b}	۱/۶۷^{c}	۰/۸۴^{a}	۱/۰۲^{b}	۵۳/۹۹^{a}	۵۴/۹۹^{a}
I_2N_2	۰/۷۱^{d}	۲۸۳۶/۶۷^{b}	۸۵۲^{b}	۱۲۱۸^{d}	۶۹/۹۲^{a}	۱/۶۶^{d}	۰/۸۱^{b}	۰/۹۹^{b}	۵۳/۸۴^{a}	۵۳/۲۵^{b}

بر اساس آزمون دانکن ارقامی که در هر ردیف دارای حروف مشترک می‌باشند، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های شاخص سطح برگ، عملکرد، اجزای عملکرد و پارامترهای کارآیی مصرف آب و کود نیتروژن در تیمارهای مختلف در کشت ذرت بهاره

تیمار	شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (g/m^2)	عملکرد بیولوژیکی (g/m^2)	شاخص برداشت (٪)	کارآیی بیولوژیکی مصرف آب (kg/m^3)	کارآیی اقتصادی مصرف آب (kg/m^3)	کارآیی بازیافت نیتروژن (٪)	کارآیی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن (g/g)	کارآیی زراعی (g/g)
I_1N_1	۰/۵۷^{a}	۲۳۸۶/۶۷^{a}	۶۹۰^{a}	۱۸۹۹^{a}	۳۶/۳۷^{a}	۱/۵۲^{a}	۰/۵۵۳۳^{a}	۱/۱۵^{a}	۳۰/۱۳^{c}	۳۴/۵۴^{c}
I_2N_1	۰/۵۴^{ab}	۲۳۶۳/۳۳^{ab}	۶۸۸^{a}	۱۴۸۹^{b}	۵۲/۴۹^{b}	۱/۵۰^{b}	۰/۵۵۰۰^{a}	۰/۸۶^{d}	۴۰/۱۰^{b}	۳۴/۴۲^{c}
I_1N_2	۰/۴۹^{b}	۲۳۵۶/۶۷^{ab}	۶۸۴^{a}	۱۳۱۱^{c}	۴۵/۹۷^{c}	۱/۱۸^{c}	۰/۵۴۶۷^{ab}	۱/۰۳^{b}	۴۱/۶۰^{a}	۴۲/۷۹^{a}
I_2N_2	۰/۴۳^{c}	۲۲۷۰/۰۰^{b}	۶۶۵^{b}	۹۰۹^{d}	۷۳/۱۵^{a}	۱/۰۴^{d}	۰/۵۳۳۳^{b}	۰/۹۹^{c}	۴۱/۸۵^{a}	۴۱/۵۸^{b}

بر اساس آزمون دانکن ارقامی که در هر ردیف دارای حروف مشترک می‌باشند، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس مرکب شاخص سطح برگ، عملکرد، اجزای عملکرد، کارآیی مصرف آب و کود نیتروژن در دو فصل (بهاره و پاییزه) کشت ذرت

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (g/m^2)	عملکرد بیولوژیکی (g/m^2)	شاخص برداشت (٪)	کارآیی بیولوژیکی مصرف آب (kg/m^3)	کارآیی اقتصادی مصرف آب (kg/m^3)	کارآیی بازیافت نیتروژن (٪)	کارآیی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن (g/g)	کارآیی زراعی (g/g)
فصل کشت	۱	۰/۵۳۴۰۰*	۱۷۷۱۲۶۶/۶۷*	۲۲۲۰۱۰/۳۷*	۴۶۸۷۴۹/۴۵*	۲۴/۵۶۳*	۲/۰۱۸۰۰*	۰/۴۹۳۰۰*	۰/۰۰۰۰۰ns	۶۰۵/۴۱*	۷۰۱/۴۶*
تکرار	۲	۰/۰۰۱۰۰ns	۴۶۶/۶۷ns	۷۷/۹۶ns	۱۳/۹۶ns	۰/۰۶۶ns	۰/۰۰۰۰۳ns	۰/۰۰۰۰۵ns	۰/۰۰۱۰۰ns	۱/۱۳ns	۰/۲۱ns
تنش خشکی	۱	۰/۰۱۷۰۰*	۱۱۲۶۶/۶۷*	۹۸۶/۸۸*	۱۸۸۰۴۲۴/۱۸*	۲۲۰۶/۴۶۷*	۰/۰۰۰۰۰*	۰/۰۰۱۰۰*	۰/۱۹۴۰۰*	۱۹۴/۲۳*	۳/۷۴*
فصل کشت × تنش خشکی	۱	۰/۰۰۰۰۰ns	۸۱۶/۶۷ns	۲۲/۲۳ns	۳۵۳۰/۸۰*	۳۶/۹۰۲*	۰/۰۳۱۰۰*	۰/۰۰۰۰۰*	۰/۰۰۲۰۰ns	۲/۰۴*	۰/۰۹ns
خطا	۱۸	۰/۰۰۲۰۰	۱۲۵۳/۰۹	۵۹/۲۵	۱۰/۳۸	۰/۳۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۱۰۰	۰/۳۹	۰/۲۱
نیتروژن	۱	۰/۰۶۶۰۰*	۲۵۳۵۰/۰۰*	۱۵۵۳/۶۵*	۹۴۷۶۰۰/۳۰*	۱۱۰۰/۵۳۱*	۱/۰۸۴۰۰*	۰/۰۰۱۰۰*	۰/۰۰۷۰۰*	۴۵۹/۷۲*	۴۶۷/۲۰*
فصل کشت × نیتروژن	۱	۰/۰۰۱۰۰ns	۶۶/۶۷ns	۱۱/۶۲ns	۴۶۵/۵۲*	۱۵/۱۰۵*	۰/۰۰۴۰۰*	۰/۰۰۰۰۲ns	۰/۰۱۰۰۰*	۲۷/۵۶*	۷/۵۸*
تنش خشکی × نیتروژن	۱	۰/۰۰۱۰۰ns	۱۶۶۶/۶۷ns	۶۹۲/۳۰*	۳/۰۱ns	۱۱۲/۸۴۰*	۰/۰۲۹۰۰*	۰/۰۰۰۰۰*	۰/۰۸۶۰۰*	۱۹۰/۹۷*	۲/۸۱*
فصل کشت × تنش خشکی × نیتروژن	۱	۰/۰۰۰۰۷ns	۱۳۵۰/۰۰ns	۳۰/۱۵ns	۶۸/۳۴*	۸/۵۴۴*	۰/۰۰۱۰۰*	۰/۰۰۰۰۷ns	۰/۰۰۰۰۰ns	۳/۷۰*	۰/۱۱ns
خطا	۳۲	۰/۰۰۱۰۰	۱۴۷۶/۱۹	۶۳/۵۷	۱۱/۵۸	۰/۳۲۴	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۱۰۰	۰/۴۲	۰/۲۰
ضریب تغییرات (٪)		۲۵/۲	۱۰/۸	۱۲/۷	۲۴/۶	۲۳/۳	۲۳/۲	۲۱/۳	۱۱/۷	۱۸/۵	۱۶/۴

ns: فاقد اثر معنی‌دار، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد

کارآیی مصرف کود نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تحت تأثیر تنش رطوبتی، سطوح مختلف نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها کارآیی بازیافت نیتروژن، کارآیی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن و کارآیی مصرف زراعی در کشت پاییزه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۱). حداکثر میانگین کارآیی استفاده از نیتروژن (کارآیی زراعی) در کشت پاییزه برای تیمار I_1N_2 برابر ۵۴/۹۹ گرم عملکرد دانه ذرت بر گرم نیتروژن مصرفی به‌دست آمد؛ که در این تیمار میزان مصرف کود نیتروژن ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بود. با افزایش میزان مصرف نیتروژن (I_1N_1) کارآیی مصرف نیتروژن کاهش یافت. در شرایط تنش ملایم با افزایش مصرف نیتروژن تا حدی کاهش عملکرد محصول را می‌توان جبران کرد. اما در صورتی که آب کافی در اختیار گیاه نباشد نه‌تنها با افزایش نیتروژن مصرفی نمی‌توان اثر منفی تنش بر عملکرد دانه را جبران کرد بلکه ممکن است منجر به افزایش هدرروی نیتروژن در اثر عدم جذب آن شود. پشت‌دار و همکاران (۱۳۹۵) نیز در بررسی کارآیی مصرف آب و نیتروژن در کشت نعناع فلفلی به نتایج مشابهی دست یافتند. عامری و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که با افزایش مقدار نیتروژن، کارآیی زراعی نیتروژن در گل همیشه بهار کاهش می‌یابد. در کشت بهاره نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کارآیی زراعی مصرف نیتروژن تحت سطوح مختلف نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. در حالی که کارآیی بازیافت نیتروژن برای سطوح مختلف نیتروژن معنی‌دار نیست. در این فصل کشت کارآیی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن برای تنش رطوبتی، سطوح مختلف نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در هر دو فصل کشت، کارآیی بازیافت نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب با افزایش میزان مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد. اما در شرایط تنش رطوبتی با افزایش میزان مصرف نیتروژن، کارآیی بازیافت نیتروژن به‌سبب کاهش جذب این عنصر توسط گیاه کاهش می‌یابد. در کشت پاییزه روند تغییرات کارآیی فیزیولوژیک نیز شبیه کارآیی بازیافت مصرف نیتروژن است. کاهش میزان جذب نیتروژن در شرایط تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه و همچنین کاهش کارآیی فیزیولوژیک می‌شود. در کشت بهاره با افزایش میزان نیتروژن مصرفی در شرایط مطلوب و همچنین در شرایط تنش رطوبتی میزان کارآیی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن کاهش داشت. در کشت بهاره به‌سبب مقارن بودن دوره گرده افشانی با دمای بالا در خردادماه، گرده‌ها سقط شدند و در نتیجه تعداد دانه‌های لقاح یافته کاهش داشت. بنابراین رشد زایشی گیاه و میزان جذب نیتروژن توسط متابولیسم گیاه نیز کاهش داشت؛ و همین امر باعث کچلی بلال‌ها و کاهش عملکرد دانه ذرت و در نهایت کاهش کارآیی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن شد.

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری و اثر متقابل آن با شرایط مختلف کوددهی تجزیه واریانس مرکب تمامی صفات نیز در هر دو فصل کشت بهاره و پاییزه انجام گرفت (جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر زمان کشت بر روی همه صفات مورد بررسی جز کارایی بازیافت نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل زمان کشت و کاربرد سطوح مختلف نیتروژن فقط بر صفات عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، کارایی بیولوژیکی مصرف آب، کارایی بازیافت نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن و کارایی زراعی معنی‌دار بود. اما اثر متقابل زمان کشت و تنش خشکی بر صفاتی چون شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، کارایی بازیافت نیتروژن و کارایی زراعی معنی‌دار نبود. برهمکنش زمان کشت، تنش خشکی و سطوح مختلف نیتروژن بر صفات عملکرد

بیولوژیکی، شاخص برداشت، کارایی بیولوژیکی مصرف آب و کارایی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن اثر معنی‌داری داشت. بنابر نتایج به‌دست آمده در شرایط آب‌وهوایی خوزستان به‌ویژه برای کشت بهاره کاشت ارقام زودرس با پتانسیل عملکرد بالا و سازگار با شرایط آب‌وهوایی منطقه توصیه می‌شود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، شاخص سطح برگ با کاربرد بیشتر نیتروژن در شرایط رطوبتی یکسان افزایش می‌یابد. کمترین و بیشترین شاخص سطح برگ به‌ترتیب به تیمارهای I_1N_1 (آبیاری کامل و کوددهی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار) و I_2N_2 (تنش آبی ۳۰ درصدی و کوددهی ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار) اختصاص داشت. افزایش نیتروژن به‌شرط این‌که آب کافی در دسترس گیاه باشد؛ باعث افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت می‌شود. این در حالی است که در شرایط تنش ملایم با افزایش مصرف نیتروژن تا حدی کاهش عملکرد محصول را می‌توان جبران کرد. در شرایط تنش ملایم خشکی (I_2N_1) نسبت به شرایط مطلوب آبیاری بهره‌وری مصرف آب افزایش می‌یابد. مصرف بهینه آب و کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و در نتیجه افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود. کاربرد کودهای آلی همراه با کودهای شیمیایی می‌تواند به‌عنوان راهکاری مناسب، کارآیی مصرف آب را بهبود بخشد. این بهبود را می‌توان به افزایش سرعت نفوذ و ظرفیت نگهداشت آب در خاک، افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی و تعدیل دمای خاک نسبت داد. با افزایش مقدار نیتروژن، کارآیی زراعی نیتروژن در کشت ذرت کاهش می‌یابد. در شرایط تنش رطوبتی با افزایش میزان مصرف نیتروژن، کارآیی بازیافت نیتروژن نیز به‌سبب کاهش جذب این عنصر توسط گیاه کاهش می‌یابد. کاهش میزان جذب نیتروژن در شرایط تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه و همچنین کاهش کارآیی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن می‌شود. در مقایسه کشت پاییزه با بهاره مشخص شد که کارآیی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب در کشت پاییزه بیشتر از کشت بهاره بود. در واقع عملکرد پایین کشت بهاره و بارندگی بیشتر در دوره کشت پاییزه دلیل کارآیی و بهره‌وری بیشتر مصرف آب در کشت پاییزه بود. بنابراین در شرایط آب‌وهوایی خوزستان کاربرد ارقام زودرس به‌جای میان‌رس برای کشت بهاره به‌دلیل مواجه شدن زمان گرده‌افشانی با گرمای شدید توصیه می‌شود.

منابع

پشت‌دار، ع.، ابدالی مشهدی، ع.ر. مرادی، ف. سیادت، س.ع. و بخشنده، ع. ۱۳۹۵. اثر نوع و میزان کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب و نیتروژن در نعناع فلفلی (Mentha piperita L.). مجله علوم زراعی ایران، ۱۸(۱): ۳۱-۱۴.

حیدری‌پور، ر.، نصیری محلاتی، م. کوچکی، ع.ر. و زارع فیض‌آبادی، ا. ۱۳۹۰. اثر سطوح آب و کود نیتروژن بر کارآیی مصرف آب در سه گیاه ذرت (Zeamays L.)، چغندرقند (Beta vulgaris L.) و کنجد (Sesamum indicum L.). نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۶(۲): ۱۹۸-۱۸۷.

خودشناس، م.ع.، قدبیک لو، ج. و دادیور، م. ۱۳۹۴. اثرات نوع و مقدار نیتروژن و آبیاری بر جذب نیتروژن ذرت علوفه‌ای و نیترات باقی‌مانده خاک. نشریه آب و خاک، ۶(۲۹): ۱۶۵۰-۱۶۴۰.

رفیعی، م. ۱۳۸۱. اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص‌های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای. پایان نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز،۱۴۲ صفحه.

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 فیزیولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان‌نامه دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز، ۲۸۸ صفحه.

سپهری، ع.، مدرس‌ثانوی، ع. قره‌یاضی، ب. و یمینی، ی. ۱۳۸۱. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. مجله علوم زراعی ایران، ۴(۳): ۲۰۱-۱۸۴.

شعرباف خجسته، س. و احمدی، م. ۱۳۷۷. بررسی اثرات رژیم مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دانه ذرت. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات کرج، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی کرج، ۷-۴ شهریورماه، ۱۷۳-۱۷۱.

شکری، س.، هوشمند، ع. و قربانی، م. ۱۳۹۴. برآورد ضریب تشت تبخیر به منظور محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در منطقه اهواز. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۴۰(۱): ۱۲-۱.

عامری، ع.ا، نصیری محلاتی، م. و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۶. اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم بر کارآیی مصرف نیتروژن، عملکرد گل و مواد مؤثره همیشه بهار (Calendula .officinalis L). پژوهش‌های زراعی ایران، ۵(۲): ۳۲۵-۳۱۵.

قاسمی پیربلوطی، ع. ۱۳۸۱. بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر نحوه الگوی تخصیص ماده خشک در ذرت دانه‌ای رقم SC.704 در منطقه ورامین. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه تهران، ۹۸ ص.

قمری، م.، اندرزیان، ب. بخشنده، ع. قرینه، م.ح. و فتحی، ق. ۱۳۸۱. شبیه‌سازی اثرات تنش خشکی و نیتروژن بر عملکرد، کارآیی مصرف آب و نیتروژن ذرت با استفاده از مدل شبیه‌سازی CERES-Maize. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۳(۱۱): ۳۱-۲۱.

لک، ش.، نادری، ا. سیادت، ع.ا. آینه بند، ا. و نورمحمدی، ق. ۱۳۸۵. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ در خوزستان. مجله علوم زراعی ایران، ۸: ۱۷۰-۱۵۳.

لیاقت، ع. و فرهمند، ع.ر. ۱۳۸۵. ارزیابی آلودگی نیتراتی خاک بر اثر میزان آب آبیاری و کود نیتروژن. مجله مهندسی منابع آب، ۴: ۸۵-۹۲.

مجدم، م. و مدحج، ع. ۱۳۹۱. اثر سطوح نیتروژن بر کارآیی مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت دانه‌ای در شرایط بهینه و تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۰(۳): ۵۵۴-۵۴۶.

مجیدیان، م. و غدیری، ح. ۱۳۸۱. تأثیر تنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد، کارآیی استفاده از آب و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۳(۳): ۵۲۱-۵۳۳.

مجیدیان، م.، قلاوند، ا. کامگار حقیقی، ا.ع. و کریمیان، ن. ۱۳۸۷. اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل متر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران، ۱۰(۳): ۳۳۰-۳۰۳.

ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۸۲. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، مشکلات و راه‌حل‌ها. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۸۲ صفحه.

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

Dobermann, A. 2006. Nitrogen use efficiency in cereal systems. p.1-10. In Groundbreaking Stuff. Proceedings of the 13th ASA Conference, 10-14 September. 2006. Perth, Western Australia.

Kraft, G.J. and Stites, W. 2003. Nitrate impacts on groundwater from irrigated-vegetable systems in a humid north-central US Sand Plain. Agriculture, Ecosystems and Environment, 100: 63-74.

Kropff, M.J., Cassman, K.G. Van Laar, H.H. and Peng, S. 1993. Nitrogen and yield potential of irrigated rice. Plant and Soil, 155/156: 391-394.

Lyle, W.M. and Bordvosky, J.P. 1995. Leap corn irrigation with limited water supplies. Transaction of the Asae, 38: 455-462. In field crop Abstract, 1996 (49)8: 715.

Malak, A.E.R. and Al-Ashkar, E.A. 2007. The effect of different fertilizers on the heavy metals in soil and tomato plant. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 1: 300-306.

Moll, R.H. and Kamparth, E.J. 1977. Effect of population density up on agronomic traits associated with genetic increases in yield of Zea mays L. Agronomy journal, 69: 81-84.

Moll, R.H., Kamprath, E.J. and Jackson, W.A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal, 74: 562-564.

Norwood, C.A. 2000. Water use and yield of limited irrigated and dry land corn. Soil Science Society of America Journal, 64: 365-370.

Oikeh, S.O., Itling, J.G. and Okoruwa, A.E. 1998. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the west African moist savanna. Crop Science, 38: 1056 -1061.

Patel, J.B., Patel, V.J. and Patel, J.R. 2006. Influence of different methods of irrigation and nitrogen levels on crop growth rate and yield of maize (Zea mays L.). Indian Journal of Crop Science, 1(1-2): 175-177.

Sinclair, T., Bennetto, R.D.M. and Muchow, R.O. 1990. Relative sensivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. Crop Science, 30: 690- 693.

Timsina, J., Singh, U. Badaruddin, M. Meisner, C. and Amin, M.R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. Field Crops Reseaech, 72: 143– 161.

Uhart, S.A. and Andrade, F.H. 1995. Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon-nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. Crop Science, 35: 1384-1389.

Zotarelli, L., Scholberg, J.M. Dukes, M.D. Carpena, R.M. and Icerman, J. 2009. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. Agricultural Water Management, 96: 23– 34.

ISSN 2251-7480

Evaluation of yield, water use efficiency and Nitrogen efficiency in corn cultivation in Khuzestan province

Maryam Kazemizadeh[1], Abdorahim Hooshmand*[2], Abdali Naseri [3] Mona Golabi[4], And Muosa Meskarbashee[5]

1) Ph.D. Student, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.
2) Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran.
* Corresponding author hooshmand_a@scu.ac.ir
3) Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran.
4) Assistant Professor of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahwaz, Iran.
5) Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.

Received: 24-03-2019 Accepted: 05-10-2019

Abstract

Water and nitrogen are the main factors limiting the maximum yield Achievement. Application of nitrogen fertilizer has great impact to increasing agricultural production. On the other hand, the high use of these fertilizers is due to the low efficiency of these fertilizers. This research was conducted in response to the challenges of water scarcity and inappropriate management of nitrogen utilization. To quantitate the reaction of the plant and calculate the water and fertilizer efficiency, two irrigation levels, full irrigation (I_1) and deficit irrigation equal 30% (I_2) as the first factor and two nitrogen levels of 200 (N_1) and 160 (N_2) kg per hectare, it was considered as a second factor. Experiments were carried out as field treatments and in lysimeters as a factorial in a completely randomized block design with three replications. The cultivars used were maize hybrid 611 and 704 mediator SC, which were cultivated in two seasons of spring and autumn, respectively. Based on the results of this study, leaf area index with higher nitrogen application in the same moisture conditions is increased. Nitrogen increase, while that enough water is available to the plant, increases the weight of 1000 seeds, grain yield, biological yield and harvest index. Optimum use of water and nitrogen fertilizer increases grain yield and therefore increases water use efficiency. With increasing nitrogen content, nitrogen use efficiency decreases in corn cultivation. Under stress conditions, with increasing nitrogen consumption, fertilizer N-recovery efficiency is also reduced by decreasing the absorption of this element by the plant. The economic and biological efficiency of water use in autumn cultivation was more than spring cultivation. Low spring yield and high rainfall during autumn crop period were due to the efficiency and more productivity of water use in autumn cropping. In Khuzestan weather conditions, the use of early cultivars is recommended instead of the mediator for spring crop due to coincide the pollination time with intense heat.

Keywords: Khuzestan; Maize; Nitrogen Use Efficiency; Water Use Productivity