

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

مریم کاظمی‌زاده^۱، عبدالرحیم هوشمند^{۲*}، عبدعلی ناصری^۳، منا گلایی^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 کارایی 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 کارایی مصرف آب و کود، دو سطح آبیاری کامل (I₁) و کم‌آبیاری به اندازه ۳۰ درصد (I₂) به‌عنوان عامل اول و دو سطح نیتروژن ۲۰۰ (N₁) و ۱۶۰ (N₂) کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. آزمایشات به صورت تیمارهای صحرائی 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 بهار و پاییز کشت شد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، شاخص سطح برگ با کاربرد بیشتر نیتروژن در شرایط رطوبتی یکسان افزایش می‌یابد. افزایش نیتروژن به شرط 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، کارایی زراعی نیتروژن در کشت ذرت کاهش می‌یابد. در شرایط تنش رطوبتی با افزایش میزان مصرف نیتروژن، کارایی بازیافت نیتروژن نیز به‌سبب کاهش جذب این عنصر توسط گیاه کاهش می‌یابد. کارایی اقتصادی و بیولوژیکی مصرف آب در کشت پاییز بیشتر از کشت بهار بود. عملکرد پایین کشت بهار و بارندگی بیشتر در دوره کشت پاییز دلیل کارایی و بهره‌وری بیشتر مصرف آب در کشت پاییز بود. در شرایط آب‌وهوایی خوزستان کاربرد ارقام زودرس به‌جای میان‌رس برای کشت بهار به‌دلیل مواجه شدن زمان گرده‌افشانی با گرمای شدید توصیه می‌شود.

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

مقدمه

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 به دنبال 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 نترات در آب و خاک، کارایی و بهره‌وری مصرف آب و کارایی نیتروژن انجام شده است (Malak and Al-Ashkar, 2007; Zotarelli et al., 2009)؛ لیاقت و فرهنگ، ۱۳۹۰؛ Kraft and Stites, 2003؛ پشت-دار 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 به ترتیب ۶۳ و ۴۱ درصد کاهش یافت. کاهش عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در طول دوره رشد، به علت کاهش تعداد دانه در بلال صورت می‌گیرد (شعرباف خجسته و احمدی، ۱۳۷۷). کاهش نیتروژن قابل دسترس گیاه نیز مانند آب بر عملکرد گیاه به شدت 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

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). کارایی پایین مصرف نیتروژن به دلیل تلفات ناشی از تصعید، رواناب سطحی، آبشویی، دنتریفیکاسیون 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 این دو، علاوه بر کاهش هزینه، افزایش کارایی 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

² - Water Use Efficiency

¹ - Fertilizer Efficiency

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 صحرايي 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 کج‌دال (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 به ترتیب در دو فصل زراعی بهار (۱۰ اسفند ۹۶) و پاییز (۱۵ مرداد ۹۷) کشت شد. مقادیر بارندگی در طول فصل کشت بهار و پاییز به ترتیب برابر ۵۰ و ۲۱۵ میلی‌متر بود.

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 کارایی پایین آن‌ها ناشی شده باشد (مجدم و مدحج، ۱۳۹۱). افزایش کارایی 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 کارایی فیزیولوژیک و کارایی جذب یا بازیافت می‌تواند مفید باشد. کارایی فیزیولوژیک به صورت میزان ماده خشک تولیدی به‌ازای هر واحد عنصر غذایی جذب شده ولی کارایی 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 کارایی و بهره‌وری مصرف آب، کارایی کود نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد در دو وارسته ذرت دانه‌ای تحت دو نظام کشت بهار و پاییز در استان خوزستان انجام شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

سال نهم / شماره ۱ / پاییز ۹۸	pH	EC (dS/m)	کربن آلی (%)	ازت کل (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت	چگالی ظاهری (g cm ⁻³)	ظرفیت زراعی (%)	نقطه پژمردگی (%)
		۷/۶۵	۳/۶۱	۰/۳۹	۰/۱۱	۲۱	۵۲/۸	۲۶/۲	سیلتی-لوم	۱/۲۱	۳۴

نیتروژن ۲۰۰ (N₁) و ۱۶۰ (N₂) کیلوگرم در هکتار به عنوان عامل دوم در نظر گرفته شد. تا زمان استقرار کامل

جهت کمی کردن واکنش گیاه و محاسبه کارایی مصرف آب و کود، دو سطح آبیاری کامل (I₁) و کم‌آبیاری به اندازه ۳۰ درصد (I₂) به عنوان عامل اول و دو سطح

نسبی) ضریب تشت به صورت 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 اندازه‌گیری 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 به صورت تقسیمی مصرف شد. البته هم‌زمان با عملیات آماده‌سازی بستر برای کشت، متناسب با روش متداول منطقه به ترتیب مقدار ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار کود پتاس و فسفات تریپل به خاک اضافه و تا عمق ۱۰ سانتی متری مخلوط شد. برای ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی هم‌زمان با تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه‌ها، برداشت به صورت دستی در ۲۷ خرداد و ۲۶ آذر ۹۷ به ترتیب برای کشت بهاره و پاییزه صورت گرفت. سطح برگ با استفاده از رابطه $LA = L \times W \times 0.75$ محاسبه شد (Moll and Kamparth, 1997). که LA ، L و W در این رابطه به ترتیب سطح برگ، طول برگ و پهن ترین 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 به ترتیب 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 نرم‌افزار SPSS 22 و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

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 جایگزین کردن 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:

$$V = (F_c - \theta_i) \times D_{root} \times A \quad (1)$$

که V : حجم آب آبیاری برای تیمار شاهد برحسب مترمکعب، F_c : 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.

$$\Delta S = (I + P) - D - ET_c \quad (2)$$

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

³ - Soil Moisture Depletion

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

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

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

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

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

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

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 دوره‌گرده 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

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 به ترتیب 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 رویش 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 به دلیل 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

دارد (Lyle and Bordvosky, 1995). اثر سطوح آبیاری، نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر شاخص برداشت نیز در هر دو فصل کشت معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). نتایج مشابهی نیز از پژوهش انجام شده توسط Sinclair و همکاران (۱۹۹۰) گزارش شده است.

کارایی و بهره‌وری مصرف آب

اثر سطوح آبیاری، نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر کارایی بیولوژیکی و اقتصادی مصرف آب در کشت پاییزه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با کاهش میزان مصرف نیتروژن کارایی 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 کارایی اقتصادی مصرف آب معنی‌دار بود (جدول ۲). میزان کاهش کارایی بیولوژیکی مصرف آب در تیمار I_2N_2 نسبت به شرایط مطلوب (I_1N_1) برای کشت پاییزه و بهاره به ترتیب $18/6$ و $31/6$ درصد بود. مقادیر کارایی اقتصادی مصرف آب برای این تیمار در کشت پاییزه و بهاره به ترتیب برابر $0/81$ و $0/53$ مشاهده شد. در مقایسه کشت پاییزه با بهاره مشخص شد که کارایی 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 کارایی و بهره‌وری بیشتر مصرف آب در کشت پاییزه بود.

کاهش میزان 40 کیلوگرم نیتروژن مصرفی (I_2N_2) نسبت به شرایط مطلوب (I_1N_1) در کشت پاییزه و بهاره به ترتیب $3/65$ و $3/71$ 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 خودی-خود توانایی گیاه را از نظر استخراج نترات از خاک محدود می‌کند (ساکي 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 (جدول 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 به ترتیب 43 و 52 درصد کاهش داشت (جدول ۳ و ۴). در شرایط مطلوب زیست توده گیاهان به دلیل گسترش بیشتر و افزایش تداوم سطح برگ افزایش می‌یابد. که در این حالت منبع فیزیولوژیکی قوی و مناسبی به منظور دریافت و جذب نور و افزایش تولید ماده خشک وجود

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

شاخص مرتب شده											
منبع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد	شاخص برداشت	کارایی نیتروژن	اقتصادی	پارافت	فیزیکولوژیک	کارایی
		(g/m ²)	(g)	(g/m ²)	(g/m ²)	(t)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(%)	(g/g)	(g/g)
تکرار	۲	۷۵۸/۳۳۳ ^{ns}	۱۰۰/۲۶۶ ^{ns}	۰/۲۶۶ ^{ns}	۰/۲۲۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳۳ ^{ns}
نش خشکی	۱	۹۰۷۵/۰۰۰ ^{ns}	۲۵۶/۳۳۳ ^{ns}	۱۰۰۲۳۳۶۰/۰۰۲ [*]	۱۴۰۷۰/۰۳۳ [*]	۰/۰۰۱۸۴۱ [*]	۰/۰۰۰۲۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۷۶۸۰ [*]	۰/۰۰۲۳۳ [*]	۷۸۷/۲۳۳ [*]	۱/۳۳۳ ^{ns}
نش خشکی × نیتروژن	۱	۰/۰۲۷۰۰۸ [*]	۱۱۴۰۸/۳۳۳ ^{ns}	۶۴۸/۲۷ [*]	۲۹۵۰۳۵/۹۴ [*]	۶۸۶/۵۱ [*]	۰/۰۰۰۴۱ [*]	۰/۰۰۰۱۳۳ ^{ns}	۰/۰۰۰۱۳۳ ^{ns}	۱۳۱/۰۸ [*]	۱۷۷/۸۷ [*]
نش خشکی × نیتروژن × سطح	۱	۰/۰۰۰۶۷ ^{ns}	۳۰۰۸/۳۳۳ ^{ns}	۲۱۶/۵۳ ^{ns}	۵۰/۰۲ [*]	۹۱/۲۳ [*]	۰/۰۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۷ ^{ns}	۷۰/۲۶ [*]	۰/۹۰۳ ^{ns}
سطح	۹	۰/۰۰۰۰۷۱	۲۱۸۰/۵۶	۹۴/۱۲	۲/۸۹	۰/۰۵۷۲	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۹	۰/۲۸	۰/۳۰
فریب تغییرات (I)	۱۲/۱	۲/۵	۲	۲۶/۵	۲۷/۱	۱۶/۳	۲	۱۰/۷	۱۳/۲	۱۰/۶	۱۰/۶

ns: تفاوت اثر معنی دار؛ * معنی دار در سطح پنج درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد شاخص و پارامترهای کارایی مصرف آب و کارایی کارایی مصرف آب و کود نیتروژن در تیمارهای مختلف در کشت ذرت پاییزه

کارایی زراعی (g/g)	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی	کارایی	شاخص	عملکرد دانه (g/m ²)	عملکرد دانه (g)	وزن هزار دانه	شاخص سطح برگ	تیمار
	کارایی	بازافت	اقتصادی	مصرف آب	مصرف آب	مصرف آب	برداشت	بیولوژیکی				
	(g/g)	مصرف نیتروژن	نیتروژن	مصرف آب	مصرف آب	مصرف آب	(%)	(g/m ²)				
	(g/g)	(%)	(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)						
۴۴/۲۳ ^c	۳۶/۶۷ ^c	۱/۲۱ ^a	۰/۸۴ ^a	۲/۰۴ ^b	۴۱/۲۶ ^d	۲۱۲۲ ^a	۸۸۴ ^a	۲۹۳۶/۶۷ ^a	۰/۸۹ ^a	I1N1		
۴۴/۱۳ ^c	۴۹/۳۷ ^b	۰/۸۹ ^c	۰/۸۴ ^a	۲/۱۹ ^a	۵۴/۸۳ ^c	۱۷۵ ^b	۸۸۲ ^a	۲۹۰۶/۶۷ ^a	۰/۸۴ ^b	I2N1		
۵۴/۹۹ ^a	۵۳/۹۹ ^a	۱/۰۲ ^b	۰/۸۴ ^a	۱/۶۷ ^c	۵۰/۰۸ ^b	۱۶۰ ^c	۸۷۹ ^a	۲۸۷۰/۰۰ ^{ab}	۰/۸۸ ^c	I1N2		
۵۳/۲۵ ^b	۵۳/۸۴ ^a	۰/۹۹ ^b	۰/۸۱ ^b	۱/۶۶ ^d	۶۹/۹۲ ^a	۱۲۱ ^d	۸۵۲ ^b	۲۸۳۶/۶۷ ^b	۰/۸۱ ^d	I2N2		

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، باربرگی، عملکرد، باربرگی، باربرگی و پارامترهای کارایی مصرف آب و کود نیتروژن در تیمارهای مختلف در کشت ذرت بهاره

شمار	شاخص سطح برگ	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (g/m ²)	عملکرد سبوسه (g/m ²)	شاخص برداشت (%)	مصرف آب (kg/m ³)	کارایی نیتروژن (g/g)	باربرگی (g/g)	کارایی باربرگی (%)	کارایی نیتروژن (g/g)	کارایی نیتروژن (kg/m ³)	کارایی نیتروژن (g/g)
IN1	۰/۵۷ ^a	۲۳۸۶/۶۷ ^a	۶۹۰ ^a	۱۸۹۹ ^a	۳۶/۳۷ ^a	۱/۵۲ ^a	۰/۵۵۳ ^{ab}	۱/۱۵ ^a	۲۰/۱۳ ^c	۳۴/۵۴ ^c	۲۰/۱۳ ^c	۳۴/۵۴ ^c
IN1	۰/۵۴ ^{ab}	۲۳۶۲/۳۳ ^{ab}	۶۸۸ ^a	۱۴۸۹ ^b	۵۲/۴۹ ^b	۱/۵۰ ^b	۰/۵۵۰ ^a	۰/۸۶ ^d	۴۰/۱۰ ^b	۳۴/۴۲ ^c	۴۰/۱۰ ^b	۳۴/۴۲ ^c
IN2	۰/۴۹ ^b	۲۳۵۶/۶۷ ^{ab}	۶۸۳ ^a	۱۳۱۱ ^c	۴۵/۹۷ ^c	۱/۱۸ ^c	۰/۵۴۶ ^{abc}	۱/۰۳ ^b	۴۱/۶۰ ^a	۴۲/۸۹ ^a	۴۱/۶۰ ^a	۴۲/۸۹ ^a
IN2	۰/۴۳ ^c	۲۲۷۰/۱۰ ^b	۶۶۵ ^b	۹۰۹ ^d	۷۳/۱۵ ^d	۱/۰۴ ^d	۰/۵۳۳ ^{ab}	۰/۹۹ ^c	۴۱/۸۵ ^a	۴۱/۵۸ ^b	۴۱/۸۵ ^a	۴۱/۵۸ ^b

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

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

کارایی زرعی (g/g)	کارایی فیزیولوژیک	کارایی بازماند	کارایی اقتصادی	کارایی مصرف آب	شاخص		عملکرد بیولوژیکی (g/m ²)	عملکرد دانه (g/m ²)	وزن هزار دانه (g)	شاخص سطح برگ	درجه آزادی	منبع تغییر
					برداشت (%)	کارایی بیولوژیکی (kg/m ²)						
۷۰/۱۴۶*	۶۰/۵۴۱*	۰/۰۰۰۰۰۰ ^{NS}	۰/۴۹۳۰۰*	۷/۰۱۸۰۰*	۲۴/۵۶۳*	۴۶۸۷۴۹/۴۵*	۲۲۲۰۱۰۳۷*	۱۷۷۱۲۶۶/۶۷*	۰/۵۳۴۰۰*	۱	۱	فصل کشت
۰/۲۱ ^{NS}	۱/۱۳ ^{NS}	۰/۰۰۱۰۰۰ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۵ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۰۶۶ ^{NS}	۱۳/۹۶ ^{NS}	۷۷/۹۶ ^{NS}	۴۶۶/۶۷ ^{NS}	۰/۰۰۱۰۰۰ ^{NS}	۷	۷	تکرار
۳/۸۴*	۱۹۴/۳۳*	۰/۱۹۴۰۰*	۰/۰۰۱۰۰۰*	۰/۰۰۰۰۰۰*	۲۲۰/۶/۶۶۷*	۱۸۸۰۴۲۴/۱۸*	۹۸۶/۸۸*	۱۱۲۶۶/۶۷*	۰/۰۰۱۷۰۰*	۱	۱	تنش خشکی
۰/۰۹ ^{NS}	۲/۰۴*	۰/۰۰۲۰۰۰ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۰*	۰/۰۳۱۰۰*	۳۶/۹۰۲*	۳۵۳/۸۰*	۲۲/۲۳ ^{NS}	۸۱۶/۶۷ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۰ ^{NS}	۱	۱	فصل کشت × تنش خشکی
۰/۲۱	۰/۳۹	۰/۰۰۱۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۳۰۱	۱۰/۳۸	۵۹/۲۵	۱۲۵۳/۰۹	۰/۰۰۲۰۰	۱۸	۱۸	خطا
۴۶۷/۲۰*	۴۵۹/۸۲*	۰/۰۰۷۰۰۰*	۰/۰۰۱۰۰۰*	۱/۰۸۴۰۰*	۱۱۰۰/۵۳۱*	۹۴۷۶۰۰/۳۰*	۱۵۵۳/۶۵*	۲۵۳۵۰/۰۰*	۰/۰۰۶۶۰۰*	۱	۱	نیتروژن
۷/۵۸*	۳۷/۵۶*	۰/۰۱۰۰۰۰*	۰/۰۰۰۰۰۷ ^{NS}	۰/۰۰۴۰۰۰*	۱۵/۱۰۵*	۴۶۵/۵۲*	۱۱/۶۲ ^{NS}	۶۶/۶۷ ^{NS}	۰/۰۰۱۰۰۰ ^{NS}	۱	۱	فصل کشت × نیتروژن
۲/۸۱*	۱۹۰/۹۷*	۰/۰۸۶۰۰۰*	۰/۰۰۰۰۰۰*	۰/۰۲۹۰۰۰*	۱۱۲/۸۴۰*	۳۰/۳ ^{NS}	۶۹۲/۳۰*	۱۶۶۶/۶۷ ^{NS}	۰/۰۰۱۰۰۰ ^{NS}	۱	۱	تنش خشکی × نیتروژن
۰/۱۱ ^{NS}	۳/۸۰*	۰/۰۰۰۰۰۰ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۷ ^{NS}	۰/۰۰۱۰۰۰*	۸۵/۴۴*	۶۸۳۴*	۳۰/۸۵ ^{NS}	۱۳۵۰/۰۰ ^{NS}	۰/۰۰۰۰۰۷ ^{NS}	۱	۱	فصل کشت × تنش خشکی × نیتروژن
۰/۲۰	۰/۴۲	۰/۰۰۱۰۰۰	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۳۲۴	۱۱/۵۸	۶۳/۵۷	۱۴۷۶/۱۹	۰/۰۰۱۰۰	۳۲	۳۲	خطا
۱۶/۴	۱۸/۵	۱/۸	۲/۳	۲۳/۲	۲۳/۳	۲۴/۶	۱۲/۷	۱۰/۸	۲۵/۲			مربوب تغییرات (%)

NS: فاقد اثر معنی دار؛ * معنی دار در سطح پنج درصد

کارایی مصرف کود نیتروژن

رطوبتی با افزایش میزان مصرف نیتروژن، کارایی بازیافت نیتروژن به سبب کاهش جذب این عنصر توسط گیاه کاهش می‌یابد. در کشت پاییزه روند تغییرات کارایی فیزیولوژیک نیز شبیه کارایی بازیافت مصرف نیتروژن است. کاهش میزان جذب نیتروژن در شرایط تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه و همچنین کاهش کارایی فیزیولوژیک می‌شود. در کشت بهاره با افزایش میزان نیتروژن مصرفی در شرایط مطلوب و همچنین در شرایط تنش رطوبتی میزان کارایی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن کاهش داشت. در کشت بهاره به سبب 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 کارایی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن شد.

به منظور 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

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تحت تأثیر تنش رطوبتی، سطوح مختلف نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها کارایی بازیافت نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن و کارایی مصرف زراعی در کشت پاییزه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۱). حداکثر میانگین کارایی استفاده از نیتروژن (کارایی زراعی) در کشت پاییزه برای تیمار I_1N_2 برابر $54/99$ گرم عملکرد دانه ذرت بر گرم نیتروژن مصرفی به دست آمد؛ که در این تیمار میزان مصرف کود نیتروژن 160 کیلوگرم در هکتار بود. با افزایش میزان مصرف نیتروژن (I_1N_1) کارایی 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 نه تنها 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 کارایی مصرف آب و نیتروژن در کشت نعنای فلفلی به نتایج مشابهی دست یافتند. عامری و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که با افزایش مقدار نیتروژن، کارایی زراعی نیتروژن در گل همیشه بهار کاهش می‌یابد. در کشت بهاره نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کارایی زراعی مصرف نیتروژن تحت سطوح مختلف نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار است. در حالی که کارایی بازیافت نیتروژن برای سطوح مختلف نیتروژن معنی‌دار نیست. در این فصل کشت کارایی 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، کارایی بازیافت نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب با افزایش میزان مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد. اما در شرایط تنش

باعث افزایش عملکرد دانه و در نتیجه افزایش بهره‌وری مصرف آب می‌شود. کاربرد کودهای آلی همراه با کودهای شیمیایی می‌تواند به‌عنوان راهکاری مناسب، کارایی 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، کارایی زراعی نیتروژن در کشت ذرت کاهش می‌یابد. در شرایط تنش رطوبتی با افزایش میزان مصرف نیتروژن، کارایی 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 کارایی فیزیولوژیک مصرف نیتروژن می‌شود. در مقایسه کشت پاییزه با بهاره مشخص شد که کارایی 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 کارایی 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.

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

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 نعنای 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 کارایی مصرف آب در سه گیاه ذرت (*Zeamays L.*)، چغندرقد (*Beta vulgaris L.*) و کنجد (*Sesamum indicum L.*). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۶(۲): ۱۸۷-۱۹۸.
- 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.
- ساکي 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): ۱-۱۲.
- عامری، ع.ا، نصیری محلاتی، م. و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۶. اثر مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم بر کارایی 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، کارایی 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): ۲۱-۳۱.
- 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 کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ در خوزستان. مجله علوم زراعی ایران، ۸: ۱۷۰-۱۵۳.
- لیاقت، ع. و فرهنگ، 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 کارایی 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، کارایی استفاده از آب و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۳(۳): ۵۳۳-۵۲۱.
- 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 Kamprath, 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 sensitivity 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 Reseach*, 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.

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

Maryam Kazemizadeh¹, Abdorahim Hooshmand*², Abdali Naseri³, Mona Golabi⁴, And Muosa Meskarbashee⁵

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