نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۲۴۱-۲۳۱

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 231-241

مقاله علمی-پژوهشی

اثر نیتروژن و تراکم کشت بر تولید و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در شرایط آبیاری و دیم

سید مهدی شمسی پایکیاده[۱]، ناصر محمدیان روشن[۲*]، سید مصطفی صادقی[۳]، ابراهیم امیری[۴] و مجید عاشوری[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح نیتروژن، تراکم کشت و آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت، پژوهشی در دو سال متوالی (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) در استان گیلان، شهرستان لنگرود اجرا گردید. این پژوهش در قالب آزمایش اسپیلیت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام پذیرفت. در کرت‌های اصلی تیمارهای آبیاری (آبیاری کامل و دیم) و در کرت‌های فرعی چهار سطح مصرف کود نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سه سطح تراکم کاشت (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر بین بذور روی ردیف) قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داده بین تیمارها در صفات موردبررسی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بلال، طول بلال، شاخص برداشت در تیمارهای آبیاری کامل به همراه مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و تراکم ۲۰×۷۵ و بیشترین ارتفاع بوته در تیمارهای آبیاری کامل و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و تراکم ۱۰×۷۵ به دست آمد. علاوه بر این، بیشترین بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد بیولوژیک به ترتیب با میانگین ۱/۸۵و ۳/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به تیمار آبیاری کامل و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بود. نتایج نهایی تحقیق نشان داد گرچه میزان بارندگی سالانه در منطقه موردبررسی زیاد است اما برای حصول عملکرد مطلوب ذرت نیاز به آبیاری کامل می‌باشد. همچنین تراکم ۲۰×۷۵ مناسب‌ترین تراکم کشت و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن به‌عنوان مناسب‌ترین مدیریت ذرت در منطقه معرفی می‌گردد.

کلمات کلیدی: بهره‌وری آب، تراکم، عملکرد، کم آبیاری، کود

مقدمه

ذرت بعد از گندم و برنج از گیاهان زراعی مهم در ایران به شمار می‌رود، در ایران، کشت ذرت در سال‌های اخیر رونق زیادی یافته و استفاده از آن در تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی موردتوجه قرار گرفته است. از طرفی، تأمین آب و نهاده‌های کشاورزی موردنیاز در مراحل رشد ذرت دارای اهمیت می‌باشد (افراسیاب و همکاران، ۱۳۹۵). نیتروژن و آب از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید محصولات می‌باشند، که به‌منظور افزایش بهبود مصرف آب و نیتروژن در تولید، الزامی می‌باشد، تنش آبی یکی از عوامل اصلی محدودکننده تولید گیاهان می‌باشد، کمبود آب و افزایش جمعیت نیاز به استفاده بیشتر از آب برای افزایش تولید در گیاهان را افزایش می‌دهد (Gheysari et al., 2009). لک و همکاران (۱۳۸۶) بیان نمودند که بین عملکرد دانه و مقدار نیتروژن مصرفی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود، هر چند میان کاربرد ۱۸۰ و ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از لحاظ عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ولی در مقادیر بیشتر نیتروژن سرمایه‌گذاری مواد فتوسنتزی در بخش‌های برگ و ساقه افزایش می‌یابد، که منجر به نهایت تجمع مواد در بخش‌ها هوایی گیاه می‌شود که منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود. منصوری فر و همکاران با بررسی تأثیر چهار سطح مصرف کود نیتروژن بر رشد و

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۴- استاد گروه مهندسی آب، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
۵- استادیارگروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: nmroshan71@yahoo.com
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.1.18.5

عملکرد ذرت تحت شرایط آبیاری کامل و کم آبیاری نشان دادند که در هر دو شرایط، مصرف کود نیتروژن موجب افزایش رشد و عملکرد نهایی شد (Mansouri-Far et al., 2010). حق جو و بحرانی (۱۳۹۴) با بررسی تأثیر چهار سطح مدیریت آبیاری و چهار سطح نیتروژن خالص (۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر روی ذرت دانه‌ای در دو سال زراعی به این نتیجه رسیدند که، مصرف کود نیتروژن تمام صفات گیاه را افزایش داد، هرچند بین تیمار کودی ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری از نظر آماری مشاهده نشد. مصرف کود نیتروژن باعث کاهش تأثیر مخرب کمبود آب بر گیاه گردید و سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در کلیه مدیریت آبیاری، بیشترین اثر را داشت. شهسواری گوغری و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی تأثیر مقادیر آبیاری بر بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای نشان دادند که، با ۲۰ درصد کاهش مقدار آبیاری نسبت به آبیاری نرمال، بهره-وری آب ذرت افزایش می‌یابد. طباطبایی و همکاران (۱۳۹۷) تأثیر مدیریت آبیاری کامل و تنش خشکی را در مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب را موردمطالعه قرار دادند، نتایج تحقیق نشان داد که شرایط توأمان آبیاری و نیتروژن بر ارتفاع گیاه، بهره‌وری آب و عملکرد بیولوژیک تأثیر معنی‌داری دارد. همچنین بهره‌وری آب در محدوده ۳/۰۹ تا ۳/۵۷ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. قیصری و همکاران در تحقیقی که روی ذرت تحت مدیری آبیاری انجام شد، نشان داد که عملکرد بیولوژیک و بهره‌وری آب تحت تاثیر کم آبیاری کاهش معنی‌داری می‌یابد (Gheysari et al., 2017).

یکی از راه‌های افزایش عملکرد دانه، در شرایطی که آبیاری و کود نیتروژن به اندازه کافی در اختیار گیاه قرار گیرد، تنظیم تراکم بوته در واحد سطح می‌باشد. مطالعات نشان داده‌اند که روابط بین عملکرد دانه با تراکم گیاه، متفاوت از عملکرد بیولوژیکی و تراکم است (خواجه پور، ۱۳۷۶). صالحی و دانشیان (۱۳۸۸) به‌منظور بررسی تأثیر فواصل کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۱۱ آزمایشی را انجام دادند. آن‌ها سه فاصله کاشت (۴۵، ۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر) و سه تراکم بوته (۵۰، ۶۵ و ۸۰ هزار بوته در متر هکتار) را مورد آزمایش قرار دادند و بر اساس نتایج حاصل فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر با تراکم ۸ بوته در مترمربع برای تولید ذرت در شرایط مشابه آزمایش مناسب تر می‌باشد. افشار و صدرقاین (۱۳۹۲) با بررسی اثرات سطوح مختلف آب و تراکم بوته بر ذرت دانه‌ای نشان دادند که بیشترین بهره‌وری آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی حاصل شد و تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر بهره‌وری آب نداشت. صحرادی و آقایاری (۱۳۹۸) با بررسی تأثیر روش‌های متعدد آبیاری و تراکم‌های مختلف کشت بر ذرت نشان دادند که، بیشترین بهره‌وری آب در تیمار آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان متناوب و تراکم ۸۵۰۰۰ بوته (۳/۹۱ کیلوگرم در مترمکعب) و کمترین مقدار در تیمار آبیاری جویچه‌ای نرمال و تراکم ۸۵۰۰۰ بوته در هکتار (۲/۱۲ کیلوگرم در مترمکعب) به دست آمد.

هدف این پژوهش، بررسی تأثیر نیتروژن و تراکم کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای (سینگل کراس 704) تحت شرایط دیم و آبیاری کامل در استان گیلان بود.

مواد و روش

این پژوهش در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در شهرستان لنگرود واقع در شرق استان گیلان، اجرا شد. محل اجرای آزمایش بین ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار دارد. از لحاظ آب و هوایی محل اجرای پژوهش، در منطقه معتدل و مرطوب قرار دارد. مجموع بارش‌ها از اول خرداد ماه تا آخر شهریور در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به ترتیب ۱۷۲ و ۲۰۰ میلی‌متر بود. جهت تعیین برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، چند نمونه به‌طور تصادفی از عمق‌های ۳۰- ۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری خاک برداشته شد و پس از مخلوط کردن آن‌ها یک نمونه مرکب تهیه و به آزمایشگاه آب و خاک مرکز تحقیقات چای ایران، ارسال گردید. نتایج حاصل از تجزیه‌ی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک

عمق خاک (cm)	PH	EC ($ds\ m^{-1}$)	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	فسفر (ppm)	(ppmپتاسیم)	توزیع اندازه ذرات خاک (٪)			بافت خاک
							شن	سیلت	رس	
۰-۳۰	۵/۹۹	۰/۱۷۶	۱/۷	۰/۱۴۹	۷/۴	۱۳۸	۴۳	۲۱	۳۶	رسی شنی
۳۰-۶۰	۶/۲۷	۰/۱۷۵	۰/۸	۰/۰۸۴	۳/۴	۹۹	۴۳	۲۱	۳۶	رسی شنی

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هر دو سال انجام شد.در کرت‌های اصلی تیمارهای آبیاری در دو سطح آبیاری نرمال (I1) و بدون آبیاری (I2) و در کرت‌های فرعی اثرات دو

عامل سطوح مختلف مصرف کود نیتروژن (شامل ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم کشت در سه سطح (شامل ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر) موردبررسی قرار گرفتند. نحوه مصرف کود نیتروژن در جدول ۲ ارائه شده است. روش آبیاری در این پژوهش، روش سطحی (جوی پشته‌ای) در نظر گرفته شد. برای شرایط آبیاری کامل، دور آبیاری ۶ روز در نظر گرفته شده، به‌طوری‌که مقدار آب مصرفی در دو سال آزمایش شرایط آبیاری کامل به ترتیب ۳۳۰ و ۳۶۰ میلی‌متر ثبت شد. اندازه کرت‌ها ۲×۸ مترمربع بود و در هر کرت آزمایشی فاصله بین پشته‌ها ۷۵ سانتی‌متر، فاصله گیاه بروی پشته بر اساس تیمارهای تراکم، فاصله بین کرت‌های فرعی ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر در نظر گرفته شد. زمین محل آزمایش در پاییز شخم و در بهار سال‌های ۹۶ و ۹۷، به‌منظور از بین بردن کلوخه‌ها دیسک زده شد. میزان کود مصرفی بر اساس نتایج آزمون خاک به میزان ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در زمان شخم مصرف گردید. کود نیتروژن نیز از منبع اوره بوده که طریقه مصرف آن در (جدول ۲) ارائه شده است. رقم مورداستفاده در این آزمایش سینگل کراس ۷۰۴ بوده که در تاریخ اول خرداد سال‌های ۹۶ و ۹۷ کاشته شد. جهت اطمینان از استقرار یکنواخت بوته‌ها در هر کپه دو بذر قرار گرفت و ۲۰ روز بعد از کشت بوته‌ها تنک شدند. بذرها با ماده ویتاواکس تیرام (با نسبت دو در هزار) ضدعفونی شده و در عمق ۵ سانتی‌متری خاک کاشته شد. طی دوره رشد گیاه و در مرحله داشت جهت مبارزه با آفات از سموم آوانت و کنسالت استفاده گردید. دفع علف‌های هرز به‌صورت دستی در طول مرحله رشد انجام گرفت.

جدول ۲- نحوه مصرف کود نیتروژن در طول دوره رویش

تیمارهای آزمایشی	شرح تیمارهای آزمایشی
N_1	بدون مصرف کود
N_2	۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، $\frac{1}{3}$ در زمان کاشت، $\frac{1}{3}$ در مرحله‌ی ۸-۷ برگی و $\frac{1}{3}$ در مرحله‌ی گرده‌افشانی
N_3	۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، $\frac{1}{3}$ در زمان کاشت، $\frac{1}{3}$ در مرحله‌ی ۸-۷ برگی و $\frac{1}{3}$ در مرحله‌ی گرده‌افشانی
N_4	۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، $\frac{1}{3}$ در زمان کاشت، $\frac{1}{3}$ در مرحله‌ی ۸-۷ برگی و $\frac{1}{3}$ در مرحله‌ی گرده‌افشانی

در هر دو سال در اواسط مهرماه بعد از رسیدن، محصول کرت ها برای اندازه‌گیری صفاتی نظیر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن ۱۰۰۰ دانه در سطحی معادل ۲/۲۵ مترمربع با انتخاب از خطوط میانی و با حذف اثرات حاشیه ای برداشت شد و بر حسب رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری صفاتی نظیر طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در هر ردیف، وزن بلال، ارتفاع گیاه و قطر ساقه تعداد هشت بوته از چهار ردیف با حذف اثرات حاشیه‌ای انتخاب گردید.

بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد بیولوژیک با استفاده از روابط زیر (Howell et al., 1997) محاسبه شدند:

$$WP_Y = \frac{Y}{I} \quad (۱)$$

$$WP_B = \frac{B}{I} \quad (۲)$$

WP_Y: بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه (کیلوگرم بر مترمکعب)

WP_B: بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر مترمکعب)

Y: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، I: حجم آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)، B: عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه 9.1) انجام و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل میانگین (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر آبیاری، مصرف کود نیتروژن و فاصله کشت بر عملکرد دانه، عملکرد بیوماس، وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌داری داشت. همچنین اثرات متقابل آبیاری × مصرف کود نیتروژن و آبیاری× فاصله کشت و مصرف کود نیتروژن× فاصله کشت بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. علاوه بر این اثرات متقابل سه‌گانه بر عملکرد بیوماس و وزن هزار دانه معنی‌دار به دست آمد (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین عملکرد دانه (۹۴۲۰ کیلوگرم) در تیمار آبیاری کامل و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و فاصله کشت ۲۰ سانتی‌متر به دست آمد. نتایج نشان داد با دیم میزان عملکرد دانه در تمامی تیمارها

به‌ویژه در تیمارهای عدم مصرف کود نیتروژن و با فاصله کشت ۱۰ سانتی‌متر در روی ردیف کمترین عملکرد دانه به دست آمد. عملکرد ذرت به‌صورت بالقوه رابطه نزدیکی به قابلیت دسترسی به آب و مصرف کود دارد (کوچکی و همکاران،۱۳۸۵). مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن یکی از اصلی‌ترین عوامل کاهنده عملکرد ذرت محسوب می‌شود. یکی از عوامل مؤثر در مصرف کود نیتروژن، فراهمی آب در خاک است که به‌طورمعمول افزایش فراهمی آب باعث افزایش عملکرد ذرت در واکنش به نیتروژن مصرفی می‌شود. بررسی-های متعدد توسط محققین در مناطق مختلف با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۷و Mansouri-Far et al., 2010). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با مصرف کود نیتروژن در تیمارهای آبیاری کامل و در تراکم کاشت ۷۵×۲۰ بیشترین عملکرد دانه در ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ به دست می‌آید. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که بیشترین شاخص برداشت مربوط به آبیاری کامل با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن به دست آمد. همچنین در تیمارهای بدون آبیاری با مصرف کود نیتروژن و در تراکم‌های بالا شاخص برداشت کاهش پیدا کرد (جدول ۴). با توجه به رابطه شاخص برداشت (Raymond et al., 2009) با افزایش میزان بیوماس در تراکم‌های بالا، تیمارهای دیم و عدم مصرف کود نیتروژن، میزان شاخص برداشت، تقلیل پیدا کرد. اقدم و همکاران نشان دادند با مصرف کود نیتروژن و کشت با تراکم مطلوب در آبیاری کامل، بیشترین شاخص برداشت به دست می‌آید (Aghdam et al., 2014).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مقادیر کود نیتروژن، تراکم و آبیاری بر عملکرد و اجزای آن

منبع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (Df)	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک (بیوماس)	وزن هزار دانه گرم	شاخص برداشت (H.I)
تکرار (R)	۲	۳۷۷۶	۵۴۰۸۱	۴۰۶۱	۸/۸۷
آبیاری (I)	۱	۱۰۹۶۲**	۱۰۳۳۲۹^{ns}	۴۱۶۵**	۶/۱۱^{ns}
خطای اصلی (a)	۲	۲۱۱۲	۴۴۵۴۹	۵۲۹۶	۶۶/۶۵
کود نیتروژن (U)	۳	۱۶۳۴۹**	۴۵۶۰۷*	۱۶۲۵۸۰**	۱۵۰^{ns}
تراکم (D)	۲	۶۲۹۲۷۳**	۴۳۹۰۷^{ns}	۱۶۸۲۸۹**	۲۹۰/۰۱**
I×U	۳	۱۰۴۱۸*	۹۱۶۵۳^{ns}	۲۱۵۰*	۹۹^{ns}
I×D	۲	۱۷۰۳۸**	۳۱۱۹۹^{ns}	۸۲۸^{ns}	۲۶۴**
U×D	۶	۲۳۱۸۶**	۱۰۵۴۰^{ns}	۱۱۶۱*	۴۹^{ns}
I×U×D	۶	۴۸۱۳۴^{ns}	۵۹۵۰۱*	۱۱۸۲**	۲۷^{ns}
خطای فرعی (b)	۲۸	۵۵۵	۷۸۴۱	۱۴۲۳	۴۵۲
ضریب تغییرات (C.V)٪	–	۵/۹۴	۶/۶۷	۶/۴۶	۸/۴۶

ns، *، ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، سطوح مصرف کود نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ به ترتیب U1 الی U4)، سطوح تراکم (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف به ترتیب D1 الی D3) و آبیاری (کامل: I1 و دیم: I2).

جدول مقایسه میانگین (جدول ۴) نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمارهای آبیاری کامل با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و تراکم ۷۵×۱۰ به دست آمد. همچنین کمترین (۳۰۰۲ کیلوگرم در هکتار) میزان عملکرد بیولوژیک در تیمارهای دیم و عدم مصرف کود نیتروژن و تراکم ۷۵×۱۰ به دست آمد. علت این امر کاهش سطح برگ بر اثر کمبود آب و عدم مصرف کود نیتروژن می‌باشد. کمبود آب در مراحل ابتدائی رشد رویشی و نبود نیتروژن قابل استفاده منجر به کاهش سطح برگ می شود. در نتیجه کاهش سطح برگ، مواد فتوسنتزی کمتری ساخته شده و به اندام‌ها فرستاده می‌شود، علاوه بر آن تنش خشکی بر انتقال مواد فتوسنتزی و انتقال مواد از خاک به درون آوندهای چوبی نیز تأثیر منفی می‌گذارد، بنابراین در تیمارهای که از ابتدا تحت تأثیر کمبود آب و عدم مصرف کود نیتروژن قرار داشتند اندام‌های رویشی مواد فتوسنتزی کمتری دریافت نمودند. همچنین در تراکم‌های بالا به دلیل رقابت بر سر جذب آب و عناصر غذایی عملکرد بیولوژیک بشدت تقلیل پیدا می کند (Berenguer et al., 2009). قیصری و همکاران اثر معنی‌دار آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک را نیز گزارش دادند و بیان نمودند که کمترین میزان عملکرد بیولوژیک مربوط به اثر متقابل تیمار کودی صفر و کمبود آبیاری با ۶۴۵۰ کیلوگرم بر هکتار و بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به اثر متقابل تیمار کودی ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و آبیاری کامل با ۱۹۸۹۹ کیلوگرم در هکتار به دست می‌آید (Gheysari e al., 2017). همچنین جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش مصرف کود نیتروژن تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای آبیاری کامل و تراکم ۷۵×۲۰ وزن ۱۰۰۰ دانه نیز افزایش یافت. این امر به دلیل افزایش دسترسی بوته‌ها به نیتروژن و آب کافی در سطوح بالاتر نیتروژن و آبیاری نرمال بوده که باعث شده سهم بیشتری از

مواد پرورده به دانه‌ها اختصاص یابد، در شرایط کمبود آب افزایش نیتروژن تأثیر چندانی بر عملکرد بیولوژیک ندارد در نتیجه شاهد کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در اثر کمبود آب در تمام سطوح نیتروژن می‌باشیم. (Bruns and Abbas, 2005).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری، تراکم و مقادیر مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای آن

تیمار	عملکرد بیوماس (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد ردیف در بلال	طول بلال (سانتی‌متر)
I1U1D1	۴۵۲۰	۲۱۲	۱۴	۱۱
I1U1D2	۵۲۱۰	۲۱۸	۱۴	۱۴
I1U1D3	۵۲۳۰	۲۱۰	۱۴	۱۴
I1U2D1	۱۰۴۵۰	۲۴۱	۱۵	۱۶/۲۵
I1U2D2	۱۰۰۰۰	۲۵۵	۱۵	۱۸
I1U2D3	۹۸۷۰	۲۸۸	۱۵	۲۰
I1U3D1	۱۲۱۰۰	۲۸۵	۱۴	۱۷
I1U3D2	۱۱۰۰۰	۳۲۰	۱۴/۷	۲۰/۵
I1U3D3	۱۱۱۲۵	۳۱۰	۱۴/۷	۲۱
I1U4D1	۱۵۰۹۵	۳۰۰	۱۴	۱۸
I1U4D2	۱۴۰۸۹	۴۰۰	۱۶	۲۳
I1U4D3	۱۴۰۱۱	۳۷۴	۱۵	۲۳
I2U1D1	۳۰۰۲	۱۴۰	۱۴	۱۰
I2U1D2	۴۱۲۰	۱۴۸	۱۴	۱۳
I2U1D3	۴۲۶۰	۱۴۹	۱۴	۱۳
I2U2D1	۴۸۲۰	۱۴۴	۱۴	۱۱
I2U2D2	۴۰۱۲	۱۵۵	۱۴	۱۴/۷
I2U2D3	۴۵۴۰	۱۵۰	۱۴	۱۴/۵
I2U3D1	۵۵۸۰	۱۶۶	۱۴/۲	۱۲
I2U3D2	۵۰۰۰	۱۸۰	۱۴/۵	۱۴
I2U3D3	۵۰۲۰	۱۷۰	۱۴/۵	۱۴
I2U4D1	۶۰۴۵	۱۰۰	۱۴/۸	۱۳
I2U4D2	۵۴۵۰	۱۸۰	۱۵	۱۵
I2U4D3	۵۱۴۰	۱۸۱	۱۵	۱۵
LSD	**۹۸۵**	**۱۵/۸**	**۰/۳**	**۱/۱٤**

سطوح مصرف کود نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ به ترتیب U1 الی U4)، سطوح تراکم (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف به ترتیب D1 الی D3) و آبیاری (کامل: I1 و دیم: I2).

ارتفاع بوته و خصوصیات بلال

تأثیر آبیاری، مصرف کود نیتروژن و فاصله کشت بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال و طول بلال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار به دست آمد. همچنین اثر کود نیتروژن و فاصله کشت بر تعداد ردیف در بلال در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). علاوه بر این اثرات متقابل آبیاری× کود نیتروژن بر طول بلال و آبیاری×فاصله کشت بر تعداد دانه در بلال، تعداد ردیف در بلال و ارتفاع و همچنین اثر متقابل نیتروژن×فاصله کشت بر طول بلال و تعداد ردیف های بلال معنی‌دار به دست آمد. همچنین اثر متقابل سه‌گانه بر طول بلال و تعداد ردیف‌های بلال معنی‌دار به دست آمد.

جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) برای طول بلال نشان داد که بیشترین طول بلال در تیمارهای آبیاری کامل با مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در تراکم ۷۵×۲۰ به دست آمد و همچنین کمترین مقدار طول بلال از تیمار شاهد (۱۱ سانتی‌متر) به دست آمد. با توجه به اینکه افزایش نیتروژن و دسترسی کافی به آب در طول دوره کاکل دهی و تشکیل دانه که حساس‌ترین مرحله در جذب نیتروژن و تشکیل مواد فتوسنتزی است موجب افزایش تعداد دانه‌های بیشتر در بلال شده که نتیجه آن افزایش طول بلال است.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر مصرف مقادیر کود نیتروژن، تراکم و آبیاری بر ارتفاع بوته و خصوصیات بلال

منبع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (Df)	ارتفاع (سانتی‌متر)	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	طول بلال (سانتی‌متر)
تکرار (R)	۲	۱۹۷	۰/۱۷	۱۲۶۹	۱/۶۲
آبیاری (I)	۱	۱۰۲۳۴**	۰/۰۰۸۸^{ns}	۶۳۹۱۶**	۶۸/۳۳**
خطای اصلی (a)	۲	۴۲۷	۰/۰۴	۶۸۶۷	۴/۴۵
کود نیتروژن (U)	۳	۲۱۸۷**	۳/۵۶*	۵۵۱۸۱**	۶۱/۱۴**
تراکم (D)	۲	۸۵۲**	۲/۴۲*	۹۴۷۳۱۵**	۱۰۷۳**
I×U	۳	۱۲۷^{ns}	۰/۶۱^{ns}	۹۳۳۱ns	۳/۷۹**
I×D	۲	۲۵۸۴**	۱/۰۳*	۴۴۵۴۸**	۳/۷۹**
U×D	۶	۱۲۸^{ns}	۵/۲**	۴۲۹۳^{ns}	۱/۱۷**
I×U×D	۶	۶۳/۵^{ns}	۰/۹*	۸۵۶۷^{ns}	۱/۱۸**
خطای فرعی (b)	۲۸	۵۴۲	۱۵۴	۱۶۲	۱۴۳
ضریب تغییرات (C.V)٪	–	۳/۵۸	۴/۰۲	۵/۴۶	۳/۷۳

ns، *، ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

سطوح مصرف کود نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ به ترتیب U1 الی U4)، سطوح تراکم (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف به ترتیب D1 الی D3) و آبیاری (کامل: I1 و دیم: I2).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری، تراکم و مقادیر مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای آن

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد دانه در ردیف بلال	شاخص برداشت (درصد)
I1U1	۱۸۵۰	۱۸۲	۴۱۵	۰/۴۷
I1U2	۲۲۲۰	۱۹۵/۳	۴۱۸	۰/۵۵
I1U3	۹۱۲۰	۲۴۴	۵۲۵	۰/۶۳
I1U4	۹۴۲۰	۲۷۷	۶۲۷	۰/۶۶
I2U1	۸۸۰	۱۶۰	۳۱۳	۰/۳۳
I2U2	۱۵۶۰	۱۹۰	۴۰۳	۰/۴۴
I2U3	۱۵۲۰	۲۰۰	۴۱۵	۰/۵۳
I2U4	۱۷۵۵	۲۱۰	۴۱۶	۰/۵۵
LSD	**۱۲۳۰**	**۱۹۳**	**۲۸**	**۰/۱۲**
U1D1	۲۲۴۰	۱۸۶	۳۵۸	۰/۳۹
U1D2	۲۲۴۴	۱۸۷	۴۰۰	۰/۴۰
U1D3	۲۵۸۰	۱۸۸	۴۱۶	۰/۴۰
U2D1	۲۵۵۵	۱۹۳	۴۱۵	۰/۴۴
U2D2	۲۶۸۰	۱۹۰	۴۱۹	۰/۴۷
U2D3	۲۶۶۶	۱۹۲	۴۱۹	۰/۴۹
U3D1	۳۸۰۰	۱۹۵	۵۱۶	۰/۴۸
U3D2	۴۲۲۲	۲۰۱	۵۲۰	۰/۵۶
U3D3	۴۲۵۰	۲۱۰	۵۲۰	۰/۵۵
U4D1	۵۸۶۰	۲۲۴	۵۱۹	۰/۵۷
U4D2	۶۴۲۰	۲۱۵	۶۲۳	۰/۶۰
U4D3	۶۱۸۰	۲۲۲	۶۲۲	۰/۶۲
LSD	**۲٤٥۰**	**٥/۲**	**۲۲/٤۲**	**۰/۰۷**

سطوح مصرف کود نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ به ترتیب U1 الی U4)، سطوح تراکم (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف به ترتیب D1 الی D3) و آبیاری (کامل: I1 و دیم: I2).

نتایج آزمایش جی و همکاران نشان داد که با افزایش شدت کم‌آبی، اندازه بلال کاهش یافت. آن‌ها دلیل این موضوع را تأخیر در شروع رشد بلال و کمبود مواد فتوسنتزی برای رشد بلال بیان کردند (Ge et al., 2012). جدول ۴ نشان می‌دهد که گرچه صفت تعداد ردیف در بلال صفتی ژنتیکی است اما هرچه به میزان آب و کود نیتروژن افزوده شود، تعداد ردیف دانه در بلال در تراکم ۲۰×۷۵ افزایش می‌یابد و این مسئله در تیمارهایی که کود کافی دریافت ننمودند و در شرایط کمبود آب رشد کردند کمترین مقدار بود. (جدول ۴). این مورد در یافته‌های تانگ و همکاران (Tang et al., 2018)، وست (West, 2006) و قبادی و همکاران (۱۳۹۴) نیز دیده می‌شود.

بیشترین ارتفاع بوته (۲۷۴ سانتی‌متر) با افزایش مصرف نیتروژن در آبیاری کامل و در تراکم‌های فشرده ۱۰×۷۵ به دست آمد و بلعکس در تیمارهای بدون آبیاری کمترین میزان ارتفاع بوته با افزایش تراکم و افزایش مصرف نیتروژن به دست آمد (جدول ۶). با توجه به اینکه در شرایط کمبود منابع (آب و عناصر غذایی) به دلیل رقابت بین بوته‌ای به وجود می‌آید بنابراین با کاهش طول میان گره و حتی تعداد گره ارتفاع بوته تقلیل پیدا می کند. پراساد و سینگ مشاهده نمودند که در ارقام مختلف ذرت با افزایش میزان نیتروژن، ارتفاع بوته، طول بلال، وزن هزار دانه، وزن بلال و عملکرد دانه افزایش می یابد (Prasad and singh, 1990). آنتیکچی و همکاران (۱۳۹۶) در نتایج تحقیقات خود چنین گزارش کردند که هرچه تنش آبی صورت گرفته توسط کم آبیاری بیشتر باشد، ارتفاع بوته نیز کاهش می‌یابد.

با افزایش کود نیتروژن تعداد دانه در بلال افزایش یافت اگرچه افزایش کود نیتروژن در شرایط دیم تأثیر چندانی بر افزایش تعداد دانه در بلال نداشت (جدول۶). بین تیمارهای آبیاری و دیم اختلاف معنی-داری در افزایش تعداد دانه در بلال مشاهده شد و بیشترین مقدار تعداد دانه در بلال مربوط به اثر متقابل کود نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار با تیمار آبیاری کامل و سپس اثر متقابل مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در تراکم ۲۰×۷۵ و کمترین مقدار تعداد دانه در بلال نیز متعلق به عدم استفاده از آب و کود نیتروژن با مقدار ۳۱۳ به دست آمد (جدول ۶). علت کاهش تعداد دانه در بلال بر اثر کمبود آب و کود نیتروژن علاوه بر کاهش طول و قطر بلال، به دلیل کاهش شدید تعداد دانه در قسمت‌های انتهایی و میانی بلال می‌باشد. کمبود آب و کاهش فتوسنتز باعث اختلال در نمو دانه و کمبود کربوهیدرات‌ها می‌شود که در نهایت منجر به تأخیر در ظهور کاکل و کاهش تعداد دانه در بلال می‌شود. قاسمی پیر بلوطی (۱۳۸۱) گزارش داد که مهیا بودن نیتروژن در دوره بحرانی تشکیل دانه از طریق افزایش سرعت رشد گیاه بر تعداد دانه مؤثر است و این وضعیت موجب ایجاد همبستگی زیاد بین تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه می‌شود. اسبورن و همکاران در مطالعات متعدد، تأثیر مثبت مصرف نیتروژن بر افزایش تعداد دانه در بلال در هیبریدهای مختلف ذرت گزارش کرده اند (Osborn et al., 2002). علیزاده و همکاران (۱۳۸۶) بیان نمودند که تنش رطوبتی و کمبود نیتروژن موجب کاهش تعداد دانه و وزن دانه در بلال می‌شود.

بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر تیمارهای اعمال‌شده قرار گرفتند. بر اساس این نتایج، به غیر از اثرات متقابل مصرف کود نیتروژن×آبیاری×تراکم و کود نیتروژن ×تراکم تمامی اثرات ساده و متقابل بر بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بودند (جدول ۷). بهره‌وری آب از خصوصیات مهم فیزیولوژیک گیاه در رابطه با توانایی در مقابله با کمبود آب است. میان سطوح مختلف مصرف کود نیتروژن از لحاظ بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک آب اختلاف معنی‌دار وجود داشت، با افزایش مصرف کود نیتروژن در هر دو حالت آبیاری و دیم کارایی‌های مزبور افزایش معنی‌دار نشان دادند، به‌طوری‌که بیشترین بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب با میانگین ۱/۸۵و ۳/۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب به تیمار I1U4 تعلق داشت (جدول ۸). همچنین در تیمارهای دیم میزان بهره‌وری آب مذکور کاهش یافت. دلیل کاهش بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش رطوبتی، کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در این شرایط بود. در شرایط آبیاری مطلوب حفظ همیشگی آب در حد نیاز، موجب شد تا گیاهان با سرعت مناسبی به رشد و نمو پرداخته و این وضعیت موجب افزایش عملکرد دانه و ماده خشک در تیمار یادشده گردید. علاوه بر این با مصرف کود نیتروژن بهره‌وری آب افزایش یافت که دلیل آن تأثیر مستقیم کود نیتروژن بر عملکرد دانه و ماده خشک بود. توانگر و همکاران (۱۳۹۹) مقدار بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه ارقام ذرت تحت مدیریت آبیاری کامل و کم آبیاری و کود نیتروژن را ۳/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش کردند. لک و همکاران (۱۳۸۶) و علیزاده و عباسی (۱۳۹۵) با بررسی بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با مصرف سطوح مختلف کود نیتروژن در شرایط رطوبتی و تنش رطوبت بر روی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ نتایج مشابهی را گزارش دادند. در این تحقیق، بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با افزایش تراکم بوته افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر مصرف سطوح مختلف کود نیتروژن، تراکم و آبیاری بر بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

منبع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (Df)	بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر مترمکعب)
تکرار (R)	۲	۲۰۱/۳	۴۷۶/۷
آبیاری (I)	۱	۴۱۵۲/۸**	۱۱۹۷۳/۳**
خطای اصلی (a)	۲	۲۹/۷	۷۶/۲
کود نیتروژن (U)	۳	۷۷۶/۷**	۲۳۱۷/۹**
تراکم (D)	۲	۲۱۰/۵**	۲۰۱۳/۹**
I×U	۳	۸۳/۳*	۲۴۱/۷*
I×D	۲	۵۶/۶**	۱۸۲/۲**
U×D	۶	۲۴/۵*	۶۴/۲**
I×U×D	۶	۹/۲ns	۱۱/۶ns
خطای فرعی (b)	۲۸	۵/۳	۲۸/۱
ضریب تغییرات (C.V)٪	–	۴/۸	۶/۲

ns، *، ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها بر بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

تیمار	بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه (کیلوگرم بر مترمکعب)	بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر مترمکعب)
I1U1	۰/۵۶	۱/۷۵
I1U2	۱/۱۲	۲/۹۲
I1U3	۱/۷۵	۳/۳۶
I1U4	۱/۸۵	۳/۵۳
I2U1	۰/۴۴	۱/۱۵
I2U2	۰/۷۴	۲/۶۰
I2U3	۰/۷۵	۲/۹۷
I2U4	۰/۸۰	۳/۰۳
LSD	**۰/۰۹**	**۰/۰۷**
I1D1	۱/۷۸	۳/۰۵
I1D2	۱/۶۸	۳
I1D3	۱/۵۶	۲/۶۸
I2D1	۱/۴۰	۲/۶۶
I2D2	۱/۵۳	۲/۹۸
I2D3	۱/۵۰	۳/۰۳
LSD	**۰/۰۲**	**۰/۰٤**

سطوح مصرف کود نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ به ترتیب U1 الی U4)، سطوح تراکم (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر روی ردیف به ترتیب D1 الی D3) و آبیاری (کامل: I1 و دیم: I2).

به‌طورکلی هر عامل مدیریتی که بدون افزایش قابل‌ملاحظه میزان آب مصرفی، منجر به افزایش عملکرد دانه و مادهٔ خشک شود، کارایی استفاده از آب را افزایش خواهد داد. در این تحقیق افزایش تراکم بوته از طریق افزایش عملکرد دانه و ماده خشک موجب افزایش بهره‌وری آب شد. هم‌چنین افزایش بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ضمن افزایش تراکم

کاشت با استفاده کاراتر از آب موجود به‌واسطه تعداد بیشتر بوته در واحد سطح و تلفات کمتر آب به واسطه تبخیر نیز ارتباط داشت. نتایج این تحقیق با یافته های افشار و صدرقاین (۱۳۹۲) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری علاوه بر افزایش عملکرد، استفاده کاراتر از سایر نهاده‌های با ارزش نظیر کود نیتروژن را نیز ممکن می‌سازد. همچنین رعایت تراکم مناسب اجازه استفاده بهینه از منابع را برای تولید ذرت فراهم خواهد کرد. در بین اثرات متقابل عمدتاً اثرات متقابل سه‌گانه آبیاری×کود نیتروژن×تراکم معنی‌دار به دست آمد. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به مقدار ۹۴۲۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری کامل و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و فاصله کشت ۲۰ سانتی‌متر به دست آمد. بیشترین در مقدار بهره‌وری آب مبتنی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب با مقادیر ۱/۸۵ و ۳/۵۳ کیلوگرم در مترمکعب نیز در آبیاری کامل و کود نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد و فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متر بهترین فاصله کاشت برای ذرت گزارش شد، بنابراین با توجه به افزایش عملکرد دانه و بهره‌وری آب، مدیریت آبیاری کامل، مقدار نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم کود و فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متر برای مدیریت ذرت دانه‌ای (سینگل کراس 704) در رقم منطقه گیلان توصیه نمود.

منابع

آنتیکچی، ع.، سیف زاده، س. و حدیدی ماسوله، ا. ۱۳۹۶. تأثیر دور آبیاری و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت رقم سینگل کراس مجله پژوهش‌های به‌زراعی. ۹(۱). ۵۳-۶۹.

افراسیاب، پ.، دلبری، م. و جعفری، ح. ۱۳۹۵. بررسی اثرات مقادیر مختلف آبیاری، تراکم بوته و آرایش کاشت در روش آبیاری قطرهای -نواری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای در اسلام‌آباد غرب. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۲، شماره ۴، ۷۳۱-۷۴۱.

توانگر، م.، عشقی زاده، ح. و قیصری، م. ۱۳۹۹. ارزیابی عملکرد و کارایی مصرف آب هیبریدهای دیررس ذرت در شرایط متفاوت آبیاری و تقسیط کود نیتروژن. مجله علوم آب و خاک. ۲۴ (۲) :۲۳۵-۲۴۹.

حق جو، م. و بحرانی، ع. ۱۳۹۴. تغییرات عملکرد ذرت سینگل کراس ۲۶۰ در رژیم‌های مختلف آبی و کود نیتروژن با استفاده از شاخص‌های رشد. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳۴(۲). ۲۵۹-۲۷۴.

خواجه‌پور، م.ر. ۱۳۷۶. اصول و مبانی زراعت. انتشارات نشر دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳۸۶ صفحه.

شهسواری گوغری، م.، رضایی استخروییه، ع.، ایراندوست، م. و نشاط، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر سطوح مختلف کم آبیاری و خشکی موضعی ریشه بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب ذرت دانه‌ای در منطقه حاجی‌آباد. نشریه علوم آب و خاک. ۲۲(۱): ۷۱-۶۱.

قاسمی پیر بلوطی، ع. ۱۳۸۱. بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر نحوه‌ی الگوی تخصیص ماده خشک در ذرت دانه‌ای رقم S.C704 در منطقه ورامین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه تهران، ۹۸ ص.

قبادی، ر.، شیرخانی، ع. و جلیلیان، ع. ۱۳۹۴. بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب و نیتروژن. پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۱۰۶. ۷۹-۸۷.

علیزاده، ا.، مجیدی، ا.، نادیان، ح.، نور محمدی، ق.، و عامریان، م. ۱۳۸۶. بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر مختلف نیتروژن برفنولوژی و رشد و نمو ذرت. .مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی،۴(۵). ۱۱۶-۱۲۸

صالحی، ب. و دانشیان، ج. ۱۳۸۸. تأثیر فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۱۱. یافته‌های نوین کشاورزی. ۴(۲): ۱۴۲-۱۲۷

لک، ش.، نادری، ا.، سیادت، س. ع.، آینه بند، ا. و نور محمدی، ق. ۱۳۸۶. اثرات تنش کمبود آب بر عملکرد دانه و کارایی نیتروژن ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در مقادیر متفاوت نیتروژن و تراکم بوته. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۲). ۶۳-۷۶.

علیزاده، ح.ع. و عباسی، ف. ۱۳۹۵. بهینه‌سازی مصرف آب و کود در کودآبیاری ذرت دانه‌ای. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۰(۴): ۴۵۶-۴۴۵.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۸۵. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ دوازدهم، مشهد، ۴۰۰ ص.

Aghdam, S. M., Yeganehpoor, F., Kahrariyan, B. and Shabani E. 2014. Effect of different urea levels on yield and yield components of corn 704. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 2(2): 300-305.

Berenguer, P., Sativeri, F., Boixadera, J. and LIoreras, J. 2009. Nitrogen fertilization of irrigated maize under

Transactions of the ASAE. 40: 623–634.

Mansouri-Far, C., Modarres sanavy, S.A.M. and Saberali, S.F. 2010. Maize Yield response to deficit irrigation during Low Sensitive growth stages and nitrogen rate under semi arid climatic conditions. Agricultural Water Management. 97: 12-22.

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

Prasad, K. and Singh, P. 1990. Response of promising rainfed maize varieties to nitrogen application in north western Himalayan region. Indian Journal of Agricultural Sciences. 60(7): 475-477.

Raymond, F.D., Alley, M.M., Parrish, D.J. and W.E. 2009. Thomason, "Plant density and hybrid impacts on corn grain and forage yield and nutrient uptake," Journal of Plant Nutrition. 32(3): 395–409.

Tang, L., Ma, W., Noor, M.A., Li, L., Hou, H., Zhang, X. and Zhao, M. 2018. Density resistance evaluation of maize varieties through new "Density-Yield Model" and quantification of varietal response to gradual planting density pressure. Scientific Reports. 8: 17281.

Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy. 30: 163-171.

Bruns, H.A. and Abbas H.K. 2005. Ultra high plant population and nitrogen fertility effects on corn in the Mississippi valley. Agronomy Journal. 97: 1136-1140.

Ge, T., Sui, F., Bai, L., Tong, C. and Sun. N. 2012. Effects of water stress on growth, biomass partitioning, and wateruse efficiency in summer maize (Zea mays L.) throughout the growth cycle. Acta Physiologiae Plantarum. 34: 1043-1053.

Gheysari, M. S., Mirlatifi, M. Bannayan, M., Homaee, M. and Hoogenboom, G. 2009. Interaction of water and nitrogen on Maize for silage. Agric Water Managc. 96: 809-821.

Gheysari, M., Sayed, H.S., Henry, W.L., Samia, A., Mohammad, J.Z., Mohammad, M.M., Parvaneh, A. and Jose, O.P. 2017. Comparison of deficit irrigation management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. Agric. Water Manag. 182: 126–138.

Howell, T.A., Steiner, J.E., Schneider, A.D., Evett, S.R. and Tolk, J.A. 1997. Seasonal andmaximum daily evapotranspiration of irrigated winter wheat, sorghum andcorn: southern High Plains.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 231-241

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۲۴۱-۲۳۱

Effects of Nitrogen and Planting Density on Production and Water Productivity of Maize under Irrigation and Rainfed Conditions

S .M. Shamsi Papkyadeh [1], N. Mohammadiyan Roshan [2 *], S. M. Sadeghi [3], E. Amiri[4], M. Ashouri[5]

Recived: Nov.12, 2021 Accepted: Dec.13, 2021

Abstract

In order to investigate the effect of nitrogen fertilizer, plant densities and irrigation treatments on yield and water productivity in maize, a study was conducted as a split factorial experiment in a randomized complete block design with 3 replications in 2017 and 2018 in Gilan province.The main plots were irrigation treatments (complete irrigation, non-irrigation) and sub-plots with four levels of nitrogen fertilizer application (0, 100, 200 and 300 kg ha-1) and three levels of planting density (10, 20 and 30 cm per row). Analysis of variance showed significant differences between treatments on yield, yield components and water productivity. Results of mean comparison showed that the highest grain yield, biological yield, number of kernels per ear, ear length, harvest index in complete irrigation treatments with 300 kgN/ha and 75×20 density and highest plant height in irrigation and 300 kgN/ha treatments and density of 75×10 were obtained. In addition, the highest grain and biological water productivity were 1.85 and 3.53 kg/m3 for full irrigation and consumption of 300 kgN/ha nitrogen fertilizer, respectively. The final results showed that although annual rainfall was high in the study area, complete irrigation and 75×20 densities and 300 kgN/ha were recommended as the best experimental treatment to achieve optimal corn yield.

Keywords: Density, Fertilizer, Water defficet, Water productivity, Yield

1- PhD Candidate, Department of Agronomy and Plant breeding, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
4- Professor,Department of Water Engineering, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
5- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran
(* - Corresponding Author Email: nmroshan71@yahoo.com)