تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و ویژگی‌های زراعی هیبریدهای مختلف ذرت (*Zea mays* L.)

محیل پورابراهیمی[۱]، علیرضا سیروس‌مهر[۲*]، حمیدرضا عشقی‌زاده[۳]، محمدرضا اصغری‌پور[۴] و عیسی خمری[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۴)

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی عملکرد و ویژگی‌های زراعی سه هیبرید ذرت سینگل کراس با دوره‌های رسیدگی مختلف (زودرس۲۶۰، میان‌رس ۵۰۰ و دیررس ۷۰۴)، چهار سطح نیتروژن (صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره N= ۴۵ درصد) در اصفهان و زابل به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طراحی شد. نتایج این تحقیق نشان داد، تحت برهمکنش مکان × هیبرید × کود نیتروژن، صفاتی نظیر تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، کارایی مصرف نیتروژن و عملکرد دانه، تغییرات معنی‌داری در سطح یک درصد نشان دادند. اختلاف میانگین طول بلال، قطر ساقه، ارتفاع بوته، پروتئین دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر برهمکنش نیتروژن × هیبرید در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. با توجه به مقایسه میانگین‌ها، با افزایش سطوح نیتروژن از ۸۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، طول بلال، ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن هزار دانه، عدد اسپد، پروتئین دانه و عملکرد بیولوژیک افزایش یافت، درحالی‌که میزان کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت، همچنین با افزایش نیتروژن از ۸۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه افزایش یافت. حد آستانه مصرف کود نیتروژن جهت ۵۰ درصد افت عملکرد در منطقه زابل و اصفهان برای هیبرید ۷۰۴ به‌ترتیب ۲۰۰ و ۱۷۸، برای هیبرید ۵۰۰ به‌ترتیب ۱۹۲ و ۱۶۴ و برای هیبرید ۲۶۰ به‌ترتیب ۱۸۶ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. می‌توان نتیجه گرفت که در زابل هیبرید SC۵۰۰ در سطوح کودی ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در اصفهان هیبرید SC۷۰۴ در سطوح کودی ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، دارای بیشترین عملکرد دانه بود.

واژه‌های کلیدی: آستانه مصرف کود، اقلیم، ذرت دانه‌ای، گروه رسیدگی

۱، ۲، ۴ و ۵. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادیاران و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: asirousmehr@uoz.ac.ir

مقدمه

در میان غلات، ذرت به‌دلیل برخورداری از تنوع ژنتیکی بالا، ساده‌تر بودن کاشت، داشت و برداشت، خوش‌خوراکی، کنترل فرسایش و علف‌های هرز، توقعات کمتر به مواد غذایی خاک، دارا بودن مواد قندی و نشاسته‌ای زیاد در مقایسه با زراعت‌های دیگر از اهمیت قابل توجهی برخوردار است (۳۴). سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای در ایران ۳۵۰ هزار هکتار در سال ۱۳۹۵ و میانگین عملکرد دانه ۸/۵ تن بوده است (۱).

مدیریت مصرف کودهای شیمیایی به‌خصوص کود نیتروژن از مهم‌ترین تحقیقات زراعی است، زیرا کمبود و ازدیاد این عنصر، هر دو مضر شناخته شده است. مصرف کود نیتروژن را مهم‌ترین و مؤثرترین عنصر فزاینده عملکرد دانه و پروتئین می‌دانند و همچنین مقدار مواد آلی خاک در ایران پائین بوده و در نتیجه دارای سطوح پائین نیتروژن، هستند. اغلب گیاهان در این مناطق دچار کمبود نیتروژن هستند و به این دلیل تأمین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی و آلی ضروری است (۲۳ و ۳۳).

وجود مقدار زیادی کود نیتروژن در سامانه گیاه – خاک، منبع اولیه تجمع نیترات در خاک است که مقدار زیادی از این نیترات تجمع یافته، می‌تواند به آب‌های زیرزمینی وارد شود (۲۰ و ۳۱). بنابراین تعیین حد بهینه کود مورد نیاز ذرت، امری ضروری است. آل‌کیسی و ین (۴) حد بهینه کود نیتروژن برای دستیابی به بیشینه عملکرد در هیبریدهای ذرت را ۱۴۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند. نتایج بررسی‌های باندی و کارتر (۶) نشان داد که واکنش هیبریدهای ذرت به سطوح مختلف کود نیتروژن متفاوت است و همپنین تعیین سطح بهینه نیتروژن برای ذرت بستگی به نوع هیبرید، مکان، نوع خاک و شرایط آب‌وهوایی منطقه و دیگر فاکتورها دارد.

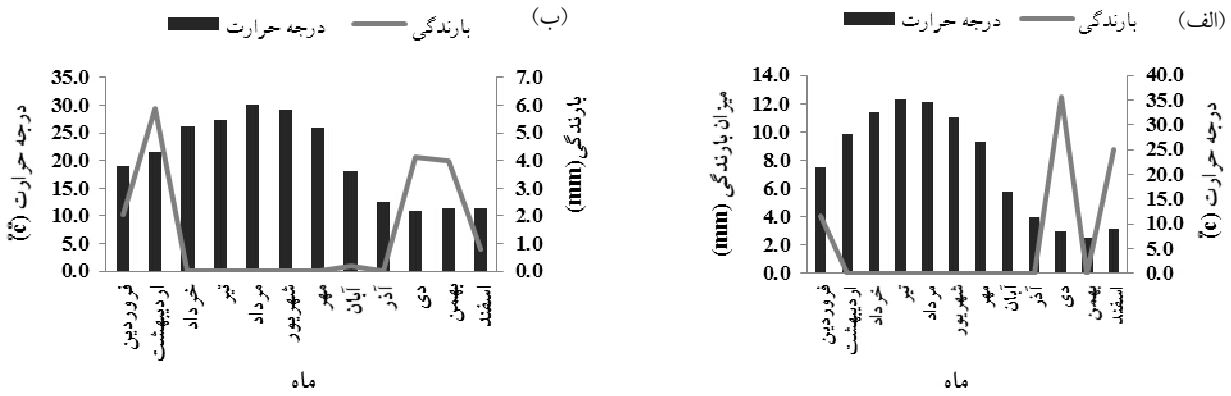
یکی از راه‌های سنجش بهره‌وری کودها، به‌ویژه نیتروژن، بررسی کارایی نیتروژن است (۱۳). بهبود کارایی مصرف نیتروژن یک راهبرد کلیدی جهت پیشرفت نظام‌های کشاورزی پایدار است که منجر به رسیدن حداکثر عملکرد در ازای مصرف حداقل نهاده‌ها و کاهش هدررفت نیتروژن می‌شود و همچنین کارایی مصرف نیتروژن یک متغیر بسیار حساس نسبت به تغییرات تیمارهای کودی در مقایسه با سایر شاخص‌ها است (۳).

بررسی نتایج تأثیر نیتروژن بر روی ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت نشان داد که نیتروژن باعث افزایش تولید ماده خشک، عملکرد دانه و اجزای آن می‌شود (۲۵). آل بانا و گوما (۱۰) اظهار داشتند که با افزایش سطح کود نیتروژن از ۱۰۰ تا ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار، میزان عملکرد دانه افزایش معنی‌داری داشت، همچنین افزایش سطح کودی نیتروژن با افزایش طول بلال، تعداد دانه، وزن بلال و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد (۱۱).

این مطالعه برای رسیدن به اهداف تعیین میزان بهینه کود نیتروژن در شرایط متفاوت آب‌وهوایی و ارزیابی تأثیر تیمارهای مختلف کود نیتروژن بر صفات زراعی در گروه‌های مختلف رسیدگی ذرت (زودرس، میان‌رس و دیررس) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو مکان، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل (۶۱ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۴۸۱ متر) در سال زراعی ۱۳۹۳ و مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در نجف‌آباد (۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۶۳۰ متر) در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا شد. اطلاعات دمایی و بارندگی دو منطقه زابل و اصفهان در سال‌های کاشت ذرت در این آزمایش در شکل (۱) آورده شده است. در هر دو منطقه قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱). در هر ایستگاه، آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی: کود نیتروژن از منبع اوره (۴۵ درصد =N) در چهار سطح (صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰



شکل ۱. میزان بارندگی و درجه حرارت در الف) زابل و ب) اصفهان به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک دو منطقه کشت

مکان	بافت خاک	شن	سیلت	رس	pH	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	هدایت الکتریکی
		(٪)				(٪)	($mg\ kg^{-1}$)		($dS\ m^{-1}$)
زابل	لومی شنی	۴۲	۲۸	۳۰	۷/۴	۰/۰۷	۱۰/۴	۱۳۸	۱/۶
اصفهان	لومی رسی	۳۸/۸	۳۲/۴	۲۸/۸	۷/۸	۰/۰۹	۱۲/۸	۱۶۲	۱/۵

جدول ۲. مشخصات رشدی هیبریدهای سینگل کراس ۷۰۴، ۵۰۰ و ۲۶۰

هیبریدها	گروه رسیدگی	طول دوره رشد (روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
SC۷۰۴	دیررس	۱۴۰ – ۱۳۵	۲۸۵
SC۵۰۰	میان‌رس	۱۲۰ – ۱۱۰	۲۰۰
SC۲۶۰	زودرس	۱۱۵ – ۱۰۵	۲۰۶

کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و عامل فرعی شامل: ارقام ذرت مورد استفاده شامل SC۲۶۰، SC۵۰۰ و SC۷۰۴ بود، که به‌ترتیب جزء ارقام زودرس، میان‌رس و دیررس ذرت بودند که مشخصات آنها در جدول (۲) آورده شده است (۸). این بذور از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهر محل اجرای آزمایش تهیه شدند.

پس از انجام عملیات شخم و دیسک، کرت‌بندی صورت گرفت. کرت‌هایی به طول چهار و عرض دو متر و کاشت در ردیف‌هایی با فاصله ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. بین هر یک از کرت‌ها نیز یک فاصله نکاشت به‌منظور جلوگیری از تداخل رواناب بلوک‌ها با یکدیگر، در نظر گرفته شد. کاشت بذور در زابل در نیمه اول فروردین‌ماه سال ۱۳۹۳ و در اصفهان در نیمه اول تیرماه سال ۱۳۹۴ (که تاریخ کاشت‌های توصیه شده مناطق مورد نظر بودند)، در عمق پنج سانتی‌متر و به‌صورت دستی انجام شد. تعداد ۱۲ بوته در یک مترمربع کاشته شد. تیمارهای نیتروژن از منبع اوره به‌صورت دستی و سرک در سه مرحله شامل، قبل از کاشت، هفت تا هشت برگی و شروع ظهور گل‌آذین نر طبق طرح آزمایشی به بوته‌ها داده شد.

برداشت نهایی به هنگام رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌های ذرت، از یک مترمربع از وسط هر کرت و با حفظ رعایت اثر حاشیه‌ای انجام شد. برای اندازه‌گیری قطر ساقه از دستگاه کولیس استفاده شد و برای تعیین وزن هزار دانه، نمونه‌های هزار

تایی به‌صورت تصادفی از دانه‌های جدا شده از بلال انتخاب و وزن آنها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان پروتئین گیاه، ابتدا درصد نیتروژن خام موجود در دانه گیاهان به روش نووزامسکی و همکاران (۲۷) اندازه‌گیری شد، سپس، مقدار نیتروژن خام حاصل در عدد ۶/۲۵ ضرب شد (۲۶). برای محاسبه کارایی‌های مصرف کود نیتروژن برحسب کیلوگرم بر کیلوگرم از رابطه (۱) استفاده شد (۹):

$$E_e - \frac{Y_{df} - Y_{ef}}{F} \qquad [1]$$

در این رابطه، E_e کارایی مصرف کود نیتروژن، Y_{df} عملکرد دانه تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت کرده است (کیلوگرم در هکتار)، Y_{ef} عملکرد دانه تولید شده توسط گیاهی که کود دریافت نکرده است (کیلوگرم در هکتار) و F مقدار کود اوره مصرف شده (کیلوگرم در هکتار) است.

در طول اجرای آزمایش عملیات قرائت کلروفیل‌متر و نمونه‌برداری برای تمام تیمارها و تکرارها (پنج بوته در هر کرت) در مراحل مختلف رشد در بالاترین برگ کاملاً توسعه یافته انجام شد. برای این منظور برای هر برگ در قسمت وسط پهنک برگ در یک سوی رگبرگ اصلی عدد کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی (SPAD- ۵۰۲ minolta Co. Japan) انجام گرفت.

ابتدا آزمون بارتلت برای بررسی متجانس بودن واریانس‌های خطا انجام شد و فرض صفر مبنی بر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین واریانس خطا در هر دو محیط جداگانه رد نشد، لذا با توجه به یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی تجزیه واریانس مرکب (در دو محیط زابل و نجف‌آباد اصفهان) به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمترین تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با به‌کارگیری نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد دانه در بلال تحت تأثیر برهمکنش مکان، هیبرید و سطوح کودی نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). میانگین تعداد دانه در بلال در هیبرید SC۵۰۰ در سطوح ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در منطقه نجف‌آباد اصفهان در مقایسه با شاهد (۳۶۶ عدد) به‌ترتیب حدود ۲۰، ۴۸ و ۳۹ درصد و در منطقه زابل در مقایسه با شاهد (۳۴۷ عدد) به‌ترتیب حدود ۳۰، ۵۵ و ۴۲ درصد افزایش یافت (جدول ۴). با افزایش سطح کودی تا ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن در تمام هیبریدها، تعداد دانه افزایش یافت اما در سطح ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار تعداد دانه در بلال کاهش یافت (جدول ۵). تعداد دانه در بلال، بسته به پتانسیل ژنتیکی گیاه متفاوت است، به‌طوری‌که میانگین تعداد دانه در بلال در هیبرید SC۷۰۴ در سطوح ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در منطقه نجف‌آباد اصفهان در مقایسه با شاهد (۳۷۸ عدد) به‌ترتیب حدود ۲۵، ۵۶ و ۴۸ درصد و در منطقه زابل در مقایسه با شاهد (۳۵۷ عدد) به‌ترتیب حدود ۳۰، ۵۷ و ۵۱ درصد افزایش یافت (جدول ۵). همچنین میانگین تعداد دانه در بلال در SC۲۶۰ در سطوح ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در منطقه نجف‌آباد اصفهان در مقایسه با شاهد (۳۵۴ عدد) به‌ترتیب حدود ۱۰، ۴۷ و ۴۱ درصد و در منطقه زابل در مقایسه با شاهد (۳۳۶ عدد) به‌ترتیب حدود ۱۱، ۴۷ و ۴۰ درصد افزایش یافت (جدول ۵). میزان تعداد دانه بیشتر، در نجف‌آباد اصفهان نسبت به زابل، شاید به‌دلیل عوامل اقلیمی مطلوب به‌ویژه دما باشد که ممکن است، موجب افزایش رشد و تولید سطح برگ مناسب شده و به‌دلیل تولید آسیمیلات‌های کافی، منجر به پر شدن دانه‌های بیشتری در بلال شده است.

برخی از محققان گزارش کردند که در مرحله چهار تا ۱۰ برگی، ایجاد شرایط محیطی نامناسب باعث کاهش تقسیم سلول‌های مریستمی جوانه بلال و کاهش تعداد ردیف دانه و در نهایت کاهش تعداد دانه در مترمربع خواهد شد (۲۶). برخی دیگر از پژوهشگران علت کاهش تعداد دانه در بلال را به ناکافی بودن مواد پرورده در زمان گل‌دهی و یا پیش از آن نسبت داده‌اند (۳۰).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر مکان، نیتروژن و هیبرید بر صفات مورد بررسی ارقام مختلف ذرت دانه‌ای

منابع تغییر در طرح‌های خرد شده در مکان	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	طول بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	کارایی مصرف نیتروژن	SPAD	پروتئین دانه
مکان	۱	۲۳۱۲/۱۱**	۰/۰۰۳^{ns}	۱/۲۵^{ns}	۱۸۱۴۵/۱۲**	۳۳۱/۳۱**	۱۷۷۳۱۵۸/۳**	۱۹۴۴۹۳۷۷/۶**	۴۰/۵۷**	۸/۷۳^{ns}	۲/۳۲۱**
تکرار (مکان)	۴	۱/۱۰^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۳۸۴/۹۰^{ns}	۱^{ns}	۱۲۱۸۶۹/۱^{ns}	۱۴۸۰۲۶/۸^{ns}	۲/۱۳^{ns}	۱/۲۷^{ns}	۰/۲۸۳^{ns}
نیتروژن	۳(۲)*	۵۲۹۳/۱۲**	۰/۹۷**	۳۵/۷۶**	۱۳۲۳۹۶/۴۹**	۲۴۷۶۱/۹۳**	۳۴۲۸۲۷۸۳**	۱۴۸۵۹۱۵۳۱/۲**	۴۵۹/۲۵**	۱۶۰۴/۷۳**	۹۷/۹۹۱**
مکان × نیتروژن	۳(۲)	۰/۲۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۳۷^{ns}	۸۵۴/۵۶^{ns}	۷۵/۶۸**	۸۵۱۲۹/۲^{ns}	۳۱۴۰۰۴۲/۹**	۷/۶۳^{ns}	۳/۳۷^{ns}	۱۴/۸۲۵^{ns}
خطا ۱	۱۲(۸)	۰/۴۶^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۹۵۹/۲۵^{ns}	۰/۴۴^{ns}	۳۹۷۷۷/۶^{ns}	۱۶۵۰۳۶/۵^{ns}	۲/۶۰^{ns}	۱/۶۸^{ns}	۰/۰۲۱^{ns}
هیبرید	۲	۵۷۰۸/۳۲**	۰/۵۴**	۱۰۳/۵۴**	۷۵۸۸۳/۱۸**	۴۶۱۱/۰۳**	۱۱۱۹۱۵۰/۶**	۷۴۲۸۷۹۰۰/۳**	۶۳/۷۴**	۴/۵۵^{ns}	۲/۴۳۴**
نیتروژن × هیبرید	۶(۴)	۳۸۱/۰۵**	۰/۰۹**	۸/۷۶**	۵۴۴۱/۸۸**	۲۸۲۷/۷۸**	۴۳۹۴۶۴/۷**	۵۵۳۳۸۵۴/۱**	۱۰/۱۴**	۵/۶۷^{ns}	۰/۹۱۱**
مکان × هیبرید	۲	۰/۵۲^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۲۴^{ns}	۲۰۲/۰۴^{ns}	۸/۶۳**	۵۴۰۸۸۰/۹**	۳۳۹۳۷۴/۷^{ns}	۱۲۲/۵۱**	۷/۰۳^{ns}	۶/۳۶۴*
مکان × نیتروژن × هیبرید	۶(۴)	۰/۳۶^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۴۶^{ns}	۱۶۶۳/۸۱**	۴۵/۱۳**	۸۸۶۲۱۲/۷**	۲۲۱۷۰۲/۱^{ns}	۴۳/۱۰**	۵/۱۶^{ns}	۰/۱۸۲^{ns}
خطا ۲	۳۲(۲۴)	۱/۴۵	۰/۰۱	۰/۴۵	۳۶۶/۲۰	۰/۵۷	۴۱۷۶۱	۲۴۴۶۴۹/۴	۳/۰۹	۲/۴۲	۰/۰۹۳
ضریب تغییرات (٪)	___	۰/۶۵	۵/۳۹	۴/۰۱	۴/۱۵	۱/۲۶	۳/۲۶	۲/۶۷	۱۰/۳۷	۳/۰۸	۲/۹۶

ns: غیرمعنی‌دار، *و **، به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

* اعداد داخل جدول مربوط به درجه آزادی صفت کارایی مصرف نیتروژن است، زیرا این صفت در سطح صفر، قابل محاسبه نیست و باید جداگانه به‌صورت جداگانه محاسبه شود.

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثر برهمکنش هیبرید و نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده ذرت

هیبرید	نیتروژن	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (cm)	طول بلال (cm)	عملکرد بیولوژیک ($kg\ ha^{-1}$)	پروتئین دانه (٪)
SC۷۰۴	۰	۱۸۱/۵۳	۲/۰۳	۱۵/۱۲	۱۴۷۳۰/۵۸	۶/۸۸
	۸۰	۱۸۶/۳۱	۲/۴۷	۱۷/۴۳	۱۶۹۰۱/۸۹	۸/۱۹
	۱۶۰	۲۱۲/۵۳	۲/۶۲	۱۹/۰۶	۱۹۷۴۷/۶۳	۱۰/۱۲
	۲۴۰	۲۲۷/۵۶	۲/۸۱	۱۹/۶۷	۲۱۸۶۰/۴	۱۱/۱۸
SC۵۰۰	۰	۱۷۴/۷۹	۱/۸۳	۱۵/۵۶	۱۴۴۸۲/۷۸	۶/۷۹
	۸۰	۱۷۹/۸۴	۲/۱۲	۱۶/۱۰	۱۵۹۹۹/۵۳	۸/۳۲
	۱۶۰	۱۹۲/۶۹	۲/۳۸	۱۸/۸۲	۱۸۳۸۵/۷۴	۹/۶۹
	۲۴۰	۲۱۵/۷۶	۲/۶۵	۱۹/۰۱	۲۰۷۲۴/۴۸	۱۱/۳۷
SC۲۶۰	۰	۱۴۴/۲۴	۱/۹۸	۱۴/۲۷	۱۳۱۵۴/۰۸	۶/۸۲
	۸۰	۱۵۸/۲۳	۲/۲۳	۱۶/۸۲	۱۵۳۸۹/۶۱	۹/۶۱
	۱۶۰	۱۸۴/۷۹	۲/۳۹	۱۷/۸۴	۱۷۶۶۲/۹۵	۱۰/۵۷
	۲۴۰	۲۰۷/۶۶	۲/۵۰	۱۷/۲۶	۱۹۸۶۱/۱۴	۱۱/۶
LSD		۴/۷	۰/۰۹	۰/۸	۵۸۷/۴	۰/۹

با توجه به مقایسه میانگین اثرات سه گانه، می‌توان بیان کرد که بالاترین وزن هزار دانه در هیبرید SC۷۰۴ در سطح کودی ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار در زابل و اصفهان به‌دست آمد (جدول ۵). با افزایش سطح کودی از صفر تا ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، وزن هزار دانه ذرت افزایش یافت که علت آن را می‌توان به تعداد دانه در بلال نسبت داد. به‌دلیل رابطه و ظرفیت مبدأ – مقصد، در سطح ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار میزان تعداد دانه در بلال کاهش یافته و در نتیجه میزان مقصد کاهش یافته و در نتیجه گیاه با کمبود منبع مواجه نیست و وزن هزار دانه افزایش می‌یابد (۷). به‌طوری‌که میانگین وزن هزار دانه در هیبریدهای SC۷۰۴، SC۵۰۰ و SC۲۶۰ در سطوح ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در منطقه نجف‌آباد اصفهان در مقایسه با سطح کودی ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به‌ترتیب حدود پنج، هفت و دو درصد و در منطقه زابل به‌ترتیب حدود چهار، چهار و سه درصد افزایش یافت (جدول ۵). اثر مثبت مصرف کود اوره بر رشد ذرت، افزایش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی و به‌دنبال آن افزایش وزن دانه است (۲۴).

نتایج نشان داد که طول بلال به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش هیبرید و نیتروژن قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطوح کودی نیتروژن از ۸۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار طول بلال افزایش یافت. اما در تمامی هیبریدها بین سطوح کودی ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، تفاوت معنی‌داری از نظر طول بلال مشاهده نشد (جدول ۴). کاندیل و همکاران (۱۹) گزارش کردند که با افزایش سطح کودی نیتروژن از ۲۱۴ به ۴۲۹ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، طول بلال از ۱۷/۷۷ به ۲۰/۱۵ سانتی‌متر افزایش یافت، همچنین طول بلال در هیبریدهای مختلف متفاوت بود، به‌طوری‌که هیبریدهای SC۷۰۴، SC۵۰۰ از نظر طول بلال در سطح ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به‌ترتیب حدود ۱۳ و ۱۰ درصد نسبت به هیبرید SC۲۶۰ برتری داشتند (جدول ۴). هیبریدهای دیررس به‌دلیل سطح برگ بالاتر و در نتیجه توان بیشتر در رشد و افزایش تجمع ماده خشک

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان، هیبرید و نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده ذرت

مکان	رقم	نیتروژن	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (g)	کارایی مصرف نیتروژن ((kg seed. kg^{-1} urea))	عملکرد دانه (Kg ha^{-1})
اصفهان	SCV۰۴	۰	۳۷۸	۲۱۸/۲۵	-	۴۶۵۳/۳۷
		۸۰	۴۷۴	۲۷۶/۱۶	۲۳/۵۹	۶۵۹۴/۳۷
		۱۶۰	۵۹۲	۳۱۹/۴۴	۲۰/۸۷	۸۱۰۰/۶۲
		۲۴۰	۵۶۲	۳۳۶/۶۸	۱۴/۲۷	۷۷۶۱/۵۴
	SC۵۰۰	۰	۳۶۶	۲۱۲/۱۵	-	۴۰۸۰/۰۹
		۸۰	۴۶۰	۲۶۴/۶۸	۲۵/۶۶	۶۱۵۹/۴۹
		۱۶۰	۵۴۲	۳۰۱/۸۴	۲۴/۶۹	۸۰۳۱/۴۷
		۲۴۰	۵۱۰	۳۲۳/۱۲	۱۲/۹۸	۷۱۱۷/۵۸
	SC۲۶۰	۰	۳۵۴	۲۱۹/۶۸	-	۴۷۱۵/۱۲
		۸۰	۳۹۲	۲۴۷/۸۸	۱۶/۵۶	۵۹۳۴/۱۳
		۱۶۰	۵۲۳	۲۸۱/۹۴	۱۲/۶۷	۷۰۶۳/۸۴
		۲۴۰	۵۰۱	۲۹۲/۵۹	۱۰/۱۸	۶۷۳۲/۷۳
زابل	SCV۰۴	۰	۳۵۷	۲۱۰/۷۴	-	۴۴۳۷/۴۳
		۸۰	۴۶۶	۲۶۱/۴۷	۲۳/۵۴	۵۷۱۰/۹۴
		۱۶۰	۵۶۱	۳۰۲/۴۴	۲۰/۵۱	۷۶۲۴/۷۴
		۲۴۰	۵۴۱	۳۱۴/۳۸	۱۰/۷۱	۷۶۰۵/۵۲
	SC۵۰۰	۰	۳۴۷	۲۰۴/۸۲	-	۴۴۱۸/۳۵
		۸۰	۴۵۱	۲۵۳/۵۱	۱۹/۳۵	۶۰۲۰/۱۶
		۱۶۰	۵۳۸	۲۸۳/۷۰	۱۵/۳۱	۷۸۸۲/۳۸
		۲۴۰	۴۹۵	۲۹۷/۷۶	۱۳/۵۴	۶۶۴۶/۱۲
	SC۲۶۰	۰	۳۳۶	۱۹۷/۴۷	-	۴۱۱۹/۲۷
		۸۰	۳۷۵	۲۳۲/۷۷	۲۲/۲۹	۵۷۷۵/۲۴
		۱۶۰	۴۹۴	۲۶۷/۴۰	۲۰/۸۸	۷۵۴۷/۳۲
		۲۴۰	۴۷۱	۲۷۸/۴۴	۱۲/۱۰	۶۲۸۹/۳۴
LSD		—	۱۸/۱۲	۱۰/۳۷	۲/۵۳	۱۴۳/۴

نسبت به هیبریدهای متوسطرس، دارای طول بلال بیشتری بودند. طول بلال به‌طور غیر مستقیم بر عملکرد دانه تأثیر دارد، زیرا موجب افزایش تعداد دانه در بوته ذرت شده و عملکرد دانه را افزایش خواهد داد (۲۹).

بیشترین میزان قطر ساقه در هر سه هیبرید در سطح ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به‌دست آمد، به‌طوری‌که به‌ترتیب هیبریدهای SCV۰۴، SC۵۰۰ و SC۲۶۰ حدود ۳۸، ۳۷ و ۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) برتری داشتند (جدول ۴).

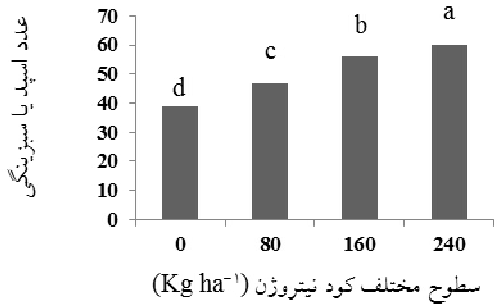
ضمن وجود اختلافات معنی‌دار در ارتفاع بوته هیبریدهای

ذرت، می‌توان اظهار داشت که با افزایش میزان نیتروژن، ارتفاع بوته در هیبریدهای مختلف افزایش یافت (۱۹). به‌طوری‌که مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در هیبرید SCV۰۴ در سطح کودی ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار (۲۲۷/۵۶ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع بوته در هیبرید SC۲۶۰ در تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) (۱۵۸/۲۳ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۴). برطبق پژوهش‌های انجام شده، به‌طور معمول هیبریدهای دیررس دارای ارتفاع بیشتری هستند و همچنین هیبریدهای دارای ارتفاع زیادتر به‌دلیل دارا بودن شاخساره بیشتر، و در نتیجه افزایش اندازه مبدأ فیزیولوژیک، تولید مواد پرورده بیشتری خواهند داشت (۱۸).

از مقادیر کلروفیل‌متر می‌توان برای تعیین غلظت نیتروژن و همچنین قابلیت دسترسی به نیتروژن در گیاه ذرت استفاده کرد (۳۰). با توجه به جدول (۳) تنها اثر سطوح کود شیمیایی نیتروژن بر عدد کلروفیل‌متر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن بر عدد کلروفیل‌متر نشان داد که بیشترین میزان عدد کلروفیل در سطح کودی ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن که نسبت به شاهد ۳۵ درصد برتری نشان داد، اختصاص یافت (شکل ۲). به‌عبارت دیگر، میزان عدد کلروفیل‌متر با افزایش میزان کود مصرفی افزایش یافت که با نتایج آزمایش (۱۵) مطابقت داشت. مطالعات زیادی که به‌وسیله ماداکادزی و همکاران (۲۲) نشان داده است افزایش نیتروژن در گیاه توأم با افزایش غلظت کلروفیل و نیتروژن برگ بوده و همچنین افزایش نیتروژن باعث بهبود رنگ گیاه می‌شود، به‌عبارتی سبزی را در گیاه تشدید می‌کند که بر قرائت اعداد کلروفیل‌متر تأثیر می‌گذارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که پروتئین دانه تحت تأثیر برهمکنش هیبرید و نیتروژن در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (جدول ۳). مقایسه میانگین پروتئین دانه نشان داد که هیبرید SC704 در سطوح ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد (۶/۸۸ درصد) به‌ترتیب ۱۹، ۴۷ و ۶۱ درصد افزایش یافت. میانگین پروتئین دانه در هیبرید SC۵۰۰ در سطوح ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد (۶/۷۹ درصد) به‌ترتیب ۲۲، ۴۲ و ۶۷ درصد برتری نشان داد و میانگین پروتئین دانه در هیبرید SC۲۶۰ در سطوح ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در مقایسه با شاهد (۶/۸۲ درصد) به‌ترتیب ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درصد افزایش یافت (جدول ۴). در نتیجه کمترین میزان پروتئین دانه در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن یا شاهد و بیشترین میزان پروتئین دانه در سطح کودی ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در هر دو منطقه به‌دست آمد که با نتایج (۲۸) مطابقت دارد. نیتروژن نقش مهمی در میزان محتوی پروتئین دارد به‌طوری‌که با افزایش میزان نیتروژن، سنتز آمینواسید در برگ‌ها بیشتر شده و سبب تجمع پروتئین در دانه می‌شود (۲ و ۵).

پاسخ گیاه زراعی به مصرف کود نیتروژن و کارایی مصرف آن از مهم‌ترین معیارها برای ارزیابی نیتروژن مورد نیاز جهت دستیابی به بالاترین عملکرد اقتصادی است (۱۲). با توجه به جدول (۳) برهمکنش اثرات مکان، هیبرید و کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد از نظر آماری بر کارایی مصرف کود نیتروژن معنی‌دار شد. در این بررسی با افزایش میزان نیتروژن از ۸۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار، کارایی مصرف کود کاهش یافت که این نتایج با نتایج گزارشات (۱۶) مطابقت دارد. معمولاً بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به دست می‌آید به‌طوری‌که در سطح کودی ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در منطقه نجف‌آباد اصفهان، کارایی مصرف کود نیتروژن در هیبریدهای SC۵۰۰ حدود ۲۴ درصد بیشتر و هیبرید SC۲۶۰ حدود ۲۶ درصد کمتر از منطقه زابل و در هیبرید SCV۰۴ تفاوت معنی‌داری بین دو منطقه وجود نداشت (جدول ۴). در این شرایط بالاترین کارایی مصرف کود نیتروژن در منطقه نجف‌آباد اصفهان در هیبرید SC۵۰۰ (۲۵/۶۶ کیلوگرم بر کیلوگرم) و در منطقه زابل در هیبرید SCV۰۴ (۲۳/۵۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) تعلق داشت (جدول ۵). به‌طورکلی زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آنها واکنش



شکل ۲. اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر میزان سبزینگی. میانگین‌هایی که در هر ستون با حداقل یک حرف مشترک بیان شده‌اند از نظر آماری دارایاختلاف معنی‌دار نیستند.

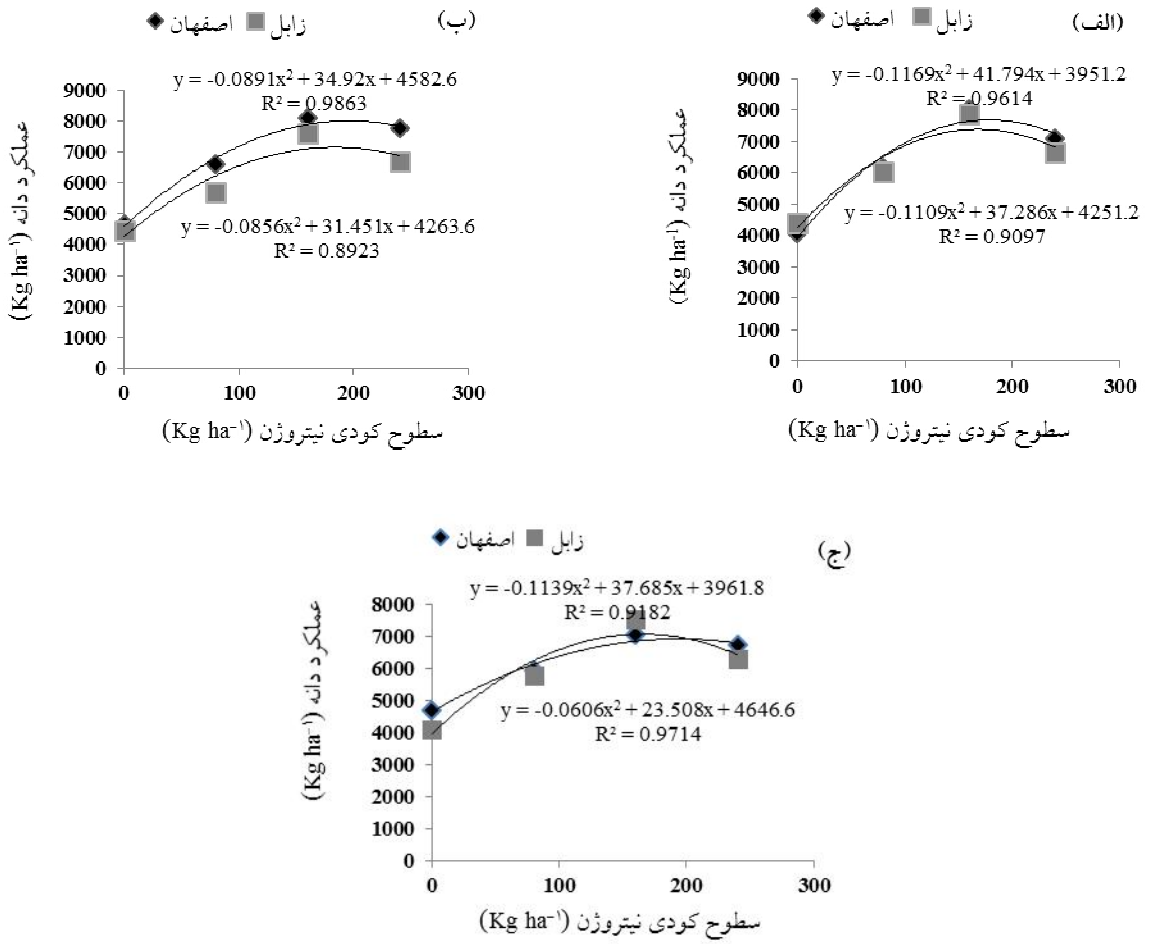
مثبت نشان می‌دهد و با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر بیشتر کودی کمتر می‌شود، بنابراین کارایی مصرف عناصرغذایی با رفع نیاز گیاه کمتر می‌شود (۳۶). با توجه به تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش میزان عملکرد دانه، توانایی متفاوت ارقام در استفاده بهینه از عوامل محیطی، هیبرید SC۷۰۴ توانسته است کارایی بیشتری در مصرف کود نیتروژن نسبت به سایر ارقام در جذب و هدایت نیتروژن به‌منظور تولید عملکرد اقتصادی داشته باشد (جدول ۵).

افزایش مصرف کود نیتروژن از ۸۰ به ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تدریجی و قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه شد (جدول ۵). به‌طوری‌که در سطح ۱۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در منطقه نجف‌آباد اصفهان، میانگین عملکرد دانه هیبریدهای SC۷۰۴ و SC۵۰۰ به‌ترتیب شش و یک درصد بیشتر و در هیبرید SC۲۶۰ حدود هفت درصد کمتر از منطقه زابل بود (جدول ۴). بالاترین عملکرد دانه در این سطح در منطقه نجف‌آباد به هیبرید SC۷۰۴ (۸۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و در منطقه زابل به هیبرید SC۵۰۰ (۷۸۸۲ کیلوگرم در هکتار) اختصاص یافت. براساس گزارشات جانگ و همکاران (۱۷) با مصرف ۵۶، ۱۱۲، ۱۶۸ و ۲۲۴ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، عملکرد دانه ذرت تا میزان ۱۶۸ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن افزایش و در مقایسه با شاهد حدود ۴۱ درصد برتری نشان داد.

به طور معمول افزایش عملکرد در هیبریدهای دیررس بیشتر از میان‌رس و زودرس است و دلیل آن را می‌توان بیشتر بودن طول دوره رشد گیاه و استفاده بیشتر گیاه از منابع، بیان کرد.

پاسخ هیبریدهای مختلف ذرت به نیتروژن مصرفی به شرایط محیطی محل اجرای آزمایش وابسته بود. پاسخ هیبریدهای ذرت به مصرف کود نیتروژن در نجف‌آباد اصفهان بیشتر از زابل بوده است (جدول ۴). این شرایط را می‌توان از دو جنبه خاک و آب‌وهوا در دو منطقه مورد ارزیابی قرار داد. از نظر وضعیت خاک دو منطقه، بافت خاک منطقه زابل لومی شنی و خاک منطقه نجف‌آباد اصفهان، لومی رسی بود. میزان پتاسیم و فسفر قابل دسترس و نیز درصد نیتروژن خاک در منطقه نجف‌آباد بیشتر از زابل بود (جدول ۲)، همچنین میزان میانگین درجه حرارت در طول فصل رشد در زابل بیشتر از نجف‌آباد اصفهان بود، افزایش دما سبب تأخیر در پیدایش کاکل‌دهی و یا سقط جنین در اثر کمبود دسترسی به کربوهیدرات‌های کربن می‌شود که می‌تواند اثر سوء بر تعداد دانه، وزن دانه و در نهایت عملکرد دانه ذرت داشته باشد، بنابراین با فرض ثبات مدیریتی در دو منطقه، از نظر دما و خاک، شرایط نجف‌آباد برای رشد ذرت مناسب‌تر بوده است.

حد آستانه مصرف کود نیتروژن براساس ۵۰ درصد افت عملکرد (۵۰ درصد تفاوت بین بیشترین عملکرد با مقدار شاهد یا عدم مصرف کود) حد آستانه مصرف کود نیتروژن جهت ۵۰ درصد افت عملکرد در منطقه زابل و اصفهان برای هیبرید ۷۰۴ به‌ترتیب ۲۰۰ و ۱۷۸، و برای هیبرید ۵۰۰ به‌ترتیب ۱۹۲ و ۱۶۴ و برای هیبرید ۲۶۰ به‌ترتیب ۱۸۶ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۳). مقدار کودهای نیتروژن‌دار مورد نیاز گیاهان زراعی



شکل ۳. پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای مختلف ذرت: الف) SC۵۰۰، ب) SC۷۰۴ و ج) SC۲۶۰ به سطوح مختلف کود نیتروژن

جهت رسیدن به عملکردهای بهینه به نوع محصول، خاک، اقلیم، شرایط زراعی و سن بیولوژیک گیاه وابسته است، به‌طوری‌که میزان رشد در ارقام مختلف یک گونه زراعی ممکن است نسبت به یک میزان مشخص نیتروژن متفاوت باشد (۱۴ و ۳۵).

با توجه به جدول (۴) می‌توان اظهار داشت که با افزایش میزان کود نیتروژن از ۸۰ به ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار، میزان عملکرد بیولوژیک افزایش یافت به‌طوری‌که به‌ترتیب هیبریدهای SC۷۰۴، SC۵۰۰ و SC۲۶۰ در سطح ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک را نشان دادند که نسبت به شاهد به‌ترتیب حدود ۴۸، ۴۳ و ۵۱ درصد برتری داشت، بنابراین چنین استنباط می‌شود که مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار موجب طولانی شدن دوره رشد رویشی، افزایش شاخ و برگ گیاه و متعاقب آن موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه می‌شود.

این امر می‌تواند موجب کاهش عملکرد دانه در تیمار کودی ۲۴۰ کیلوگرم نسبت به سطح کودی ۱۶۰ کیلوگرم شود. ویبلد و اسکارف (۳۶) در بررسی اثر کود نیتروژن در ذرت گزارش کردند که مصرف کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود. کمبود نیتروژن به‌علت کاهش اندازه و دوام سطح برگ، باعث کاهش میزان تابش دریافتی، کارایی استفاده از تابش و فتوسنتز گیاه زراعی شده و به موازات آن عملکرد بیولوژیک کاهش می‌یابد (۲۱).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی در هر دو اقلیم زابل و اصفهان با مصرف کود نیتروژن از منبع اوره، عملکرد دانه در هیبریدهای مختلف ذرت افزایش یافت و درحالی‌که بازه نزولی در پاسخ به سطح ۲۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن مشاهده شد. حد آستانه مصرف کود نیتروژن جهت ۵۰ درصد افت عملکرد در منطقه زابل و اصفهان برای هیبرید ۷۰۴ به‌ترتیب ۲۰۰ و ۱۷۸، برای هیبرید ۵۰۰ به‌ترتیب ۱۹۲ و ۱۶۴ و برای هیبرید ۲۶۰ به‌ترتیب ۱۸۶ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. حد آستانه نیتروژن مورد نیاز در هیبرید دیررس نسبت به هیبرید میان‌رس و زودرس بیشتر بود. افزایش سطح کودی نیتروژن از ۸۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه شد، همچنین افزایش تیمار کودی نیتروژن از ۸۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش وزن هزار دانه، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، طول بلال، عدد اسپد، پروتئین دانه و عملکرد بیولوژیک شد. اما میزان کارایی کود مصرفی نیتروژن کاهش یافت. هیبرید SC۷۰۴ دارای بیشترین میزان عملکرد و اجزای عملکرد و پروتئین دانه نسبت به دو هیبرید دیگر بود. از نتایج این آزمایش می‌توان در تولید پایدار ذرت در شرایط اقلیمی مشابه استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

1. Agricultural Statistics. 2016. Institude of Agriculture.
2. Abou El-Hassan, W. H., E. M. Hafez, A. Ghareib, M. R. Freeg and M. F. Seleiman. 2014. Impact of nitrogen fertilization and irrigation on water utilization efficiency, N accumulation, growth and yields of (*Zea mays* L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment* 12(3): 217-222.
3. Alberto, C., D. C. Bernardi, G. B. Souza, J. C. Polidoro, P. R. P. Paiva and B. M. Monte. 2011. Yield, quality components, and nitrogen levels of silage corn fertilizerd with urea and zeolite. *Communications in Soil and Plant Analysis* 42(11): 1266-1275.
4. Al-Kaisi, M. M. and X. Yin. 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. *Agronomy Journal* 95: 1475-1482.
5. Brennan, R. F. and M. D. Bolland. 2007. Effect of fertilizer phosphorus and nitrogen on the concentrations of oil and protein in grain and the grain yield of canola (*Brassica napus* L.) grown in south-western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47: 984- 991.
6. Bundy G. L. and P. R. Carter. 2008. Corn hybrid response to nitrogen fertilization in northern corn belt. *Journal of Production of Agriculture* 1(2): 99-104.
7. Costa, C., L. M. Stevart and D. L. Smith. 2002. Nitrogen effects on grain yield and yield components of early and nonleafy maize genotypes. *Crop Science* 42: 1556-1563.
8. Dehghanpour, Z. 2012. Directions for Planting, Keeping and Harvesting Corn. Institude of Agriculture.
9. Dobermann, A. 2007. Nutrient use efficiency-measurement and management. Proceedings of the IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices, Brussels. PP: 1-22.
10. El-Bana, A. Y. A. and M. A. Gomaa. 2000. Effect of N and K fertilization on maize grown in different populations under newly reclaimed sandy soil Zagazig. *Journal of Agricultural Research* 27(5): 1179-1190.
11. El-Douby, K. A., E. A. Ali and S. E. A. Toaima. 2001. Effect of nitrogen fertilizer defoliation and plant density on maize grain yield. *Egypt Journal of Agricultural Research* 79(3): 965-981.
12. Fageria, N. K. and V. C. Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advance in Agronomy* 88: 22-111.
13. Flowers, M., R. Weisz, R. Heiniger, D. Osmond and C. Crozier. 2004. In-season optimization and site specific nitrogen management for soft red winter wheat. *Agronomy Journal* 96: 124–134.
14. Gehl, R. J., J. P. Schmidt, L. D. Maddux and W. B. Gordon. 2005. Corn yield response to nitrogen rate and timing in sandy irrigated soils. *Agronomy Journal* 97: 1230-1238.
15. Ghimire, B., D. Timsina and J. Nepal. 2015. Analysis of chlorophyll content its correlation with yield attributing traits on early varieties of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Maize Research and Development* 1(1): 134-145.
16. Halvarson, A. D., F. C. Schweissing, M. E. Bortolo and C. A. Reule. 2005. Corn responses to nitrogen fertilization in a soil with high residual nitrogen. *Agronomy Journal* 97: 1222-1229.
17. Jung, G. A., B. C. Lilly, C. S. Shih and R. L. Reid. 1964. Effect of growth stage and level of nitrogen fertilizer upon

yields of dry matter, estimated digestibility of energy, dry matter and protein, amino acid composition and prussic acid potential. *Agronomy Journal* 56: 533-537.
18. Kaman, H., C. Kirda and V. Sesveren. 2011. Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 98: 801-807.
19. Kandil, E. E. 2013. Response of some maize hybrids (*Zea mays* L.) to different levels of nitrogen fertilization. *Journal of Applied Sciences Research* 9(3): 1902-1908.
20. Khan, A. 2001. Response of mustard and wheat to pre-sowing seed treatment with pyridoxine and basal level of calcium. *Indian Journal of Plant Physiology* 6(3): 300-305.
21. Lak, S. H., A. Naderi, S. A. Saidat, A. Ayenehband, G. h. Nourmohammadi and S. H. mousavi. 2008. The effects of different levels of irrigation, nitrogen and plant population on yield, yield components and dry matter remobilization of corn at climatic conditions of Khuzestan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 11(42): 1-14.
22. Madakadze, I. C., K. A. Stewart, R. M. Madakadze, P. R. Peterson, B. E. Coulman and D. L. Smith. 1999. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switch grass. *Journal of Plant Nutrition* 22(6): 1001-1010.
23. Malakouti, M. J. and M. Homaee. 2003. Soil Fertility in Arid and Semiarid Regions "Problems and Solutions". 2nd Edition. Tarbiat Modarres University Press, Tehran. (In Farsi).
24. Mohammadi Aghdam, S., F. Yeganehpoor, B. Kahrariyan and E. Shabani. 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.
25. Montemurro, F. and D. Giorgio. 2005. Quality and nitrogen use efficiency of sunflower grown at different nitrogen levels under Mediterranean conditions. *Journal of Plant Nutrition* 28: 335-350.
26. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1973. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal* 65: 109-112.
27. Novozamsky, I., R. Van Eck, C. H. Van Schouwenburg and I. Walinga. 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 22: 3-5.
28. Oktem, A., A. G. Oktem and H. Y. Emeklier. 2010. Effect of nitrogen on yield and some quality parameters of sweet corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 41(7): 832-847.
29. Paolo, E. D. and M. Rinaldi. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 105: 202-210.
30. Payero, J. O., D. D, Tarkalson, S. Irmak, D. Davison and J. L. Petersen. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. *Agricultural Water Management* 96: 1387-1397.
31. Raun, W. R., J. B. Solie, G. V. Johnson, M. L. Stone, R. W. Mullen, K. W. Freeman, W. E. Thomason and E. V. Lukina. 2002. Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with opticalsensing and variable rate application. *Agronomy Journal* 94: 815–820.
32. Scharf, P. C., S. M. Brouder and R. G. Hoeft. 2006. Chlorophyll meter reading can predict nitrogen need and yield response of corn in the north-central USA. *Agronomy Journal* 98: 655-665.
33. Shapiro, C., W. Kranz, M. Mamo and M. Mainz. 2015. Improved yield and nitrogen use efficiency of corn following soybean in irrigated sandy loams. *Soil Fertility and Plant Nutrition* 79: 1693-1703.
34. Taghizadeh, R. and R. Seyed Sharifi. 2011. Effect of nitrogen fertilizer on yield attributes and nitrogen use efficiency in corn cultivars. *Journal of Water and Soil Science* 15(57): 209-217.
35. Torbert, H. A., K. N. Potter and J. E. Morrison. 2001. Tillage system, fertilizer nitrogen rate and timing effect on corn yields in the Texas Blackland prairie. *Agronomy Journal* 93: 1119-1124.
36. Wiebold, B. and P. Scharf. 2006. Potassium deficiency symptoms in drought stressed crops, plant stress resistance and the impact of potassium application in south China. *Agronomy Journal* 98: 1354-1359.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 8, No. 3, Fall 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Different Levels of Nitrogen Fertilizer on Yield and Agronomic Characteristics of Different Corn (*Zea mays* L.) Hybrids

M. Poorebrahimi[1], A. Sirusmehr[2*], H. Eshghizadeh[3], M. Asgharipour[4] and I. Khamaari[2]

(Received: September 19-2017; Accepted: January 24-2018)

Abstract

This study was designed and implemented to investigate the yield and agronomic characteristics in three differently maturing corn (*Zea mays* L.) hybrids (SC704, SC500, and SC260) using four nitrogen (N) levels (0, 80, 160, and 240 kg N ha^{-1}, from Urea, N= 45%). The experiments were conducted in Zabol (South-West of Iran) and Isfahan (Central Iran) in 2014 and 2015, respectively, using a split-plot arrangement in a randomized complete block design with three replications. Results revealed that the interaction effects of nitrogen × hybrid × location on the number of grain per ear, 1000-grain weight, nitrogen fertilizer use efficiency and grain yield were significant at 1% level. The interaction effects of nitrogen × hybrid on ear length, stem diameter, plant height, grain protein and dry mass yield were significant. Increasing the nitrogen application rate from 80 to 240 kg N ha^{-1} was found to increase ear length, stem diameter, plant height, 1000-grain weight, SPAD, grain protein and dry mass yield while it increased the nitrogen use efficiency. Increasing the nitrogen application rate from 80 to 160 kg N ha^{-1} was found to increase number of grains per ear and grain yield. The threshold level of nitrogen fertilizer requirement based on a 50% maize yield loss were determined to be 178 and 200 kg ha^{-1}, respectively, in SC704 grown in Isfahan and Zabol, respectively. While the latter values were 164 and 192 kg ha^{-1} for SC500, and 150 and 186 kg ha^{-1} for SC260. It can be concluded that the SC500 had the highest grain yield at 160 kg N ha^{-1} in Zabol, and SC704 at 160 kg N ha^{-1} in Isfahan.

Keywords: Corn, Maturity groups, Nitrogen use efficiency, Threshold level

1, 2, 4. PhD Student, Assistant Professors and Associate Professor, Respectively, Department of Agronomy, College of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: asirousmehr@uoz.ac.ir