Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 994-975

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 975-994

ارزیابی کارایی نیتروژن در طی روند تاریخی اصلاح ارقام مختلف غلات در ایران: 2- ذرت (*Zea mays* L.)

لیلا جعفری[1]، علیرضا کوچکی[2*] و مهدی نصیری محلاتی[2]

تاریخ دریافت: 1395/05/13
تاریخ پذیرش: 1395/12/04

جعفری، ل.، کوچکی، ع.، و نصیری محلاتی، م. 1398. ارزیابی کارایی نیتروژن در طی روند تاریخی اصلاح ارقام مختلف غلات در ایران: 2- ذرت (*Zea mays* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 994-975.

چکیده

به‌منظور ارزیابی روند ویژگی‌های زراعی و شاخص‌های کارایی در جریان اصلاح ارقام ذرت، آزمایشی در سال زراعی 94-1393 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش فاکتور اصلی، مقادیر مختلف کود در هشت سطح (نیتروژن از منبع کود اوره 46 درصد : 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار؛ کود دامی: 0، 10، 20 و 30 تن در هکتار) و فاکتور فرعی، شش رقم ذرت (ارقام خیلی قدیمی: 704 و 647؛ رقم قدیمی: 500؛ ارقام جدید: 260، 750 و 706) بود. صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد دانه، کاه‌وکلش و بیولوژیک، شاخص برداشت، کارایی مصرف، جذب و استفاده از نیتروژن، بهره‌وری جزئی و شاخص برداشت نیتروژن بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد کاه‌وکلش به‌ترتیب در رقم سینگل کراس 704 و رقم هیبرید 260 مشاهده شد که به‌طور معنی‌دار با سایر ارقام تفاوت داشت. این صفت در رقم 704 در مقایسه با رقم 260 به میزان 71/9 درصد بیش‌تر بود. با افزایش مقدار کود نیتروژن و دامی عملکرد دانه و بیولوژیک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اگرچه در اغلب سطوح کودی بیش‌ترین عملکرد دانه در رقم قدیمی 704 مشاهده شد امّا با افزایش سطح کود نیتروژن از صفر به 300 کیلوگرم، بیش‌ترین افزایش عملکرد دانه در ارقام 500 و 705 و به‌ترتیب به میزان 117 و 103 درصد به‌دست آمد. از طرف دیگر در اغلب ارقام، کاربرد کود نیتروژن در مقایسه با کود دامی باعث افزایش بیش‌تر صفات مربوط به عملکرد گردید. در اغلب ارقام (به‌جز ارقام 500 و 647) کاربرد سطوح مختلف کود دامی باعث کاهش معنی‌دار کارایی مصرف نیتروژن در مقایسه با سطوح مشابه کود شیمیایی نیتروژن گردید. بیش‌ترین (34/82 کیلوگرم بر کیلوگرم) و کم‌ترین (24/66 کیلوگرم بر کیلوگرم) کارایی استفاده از نیتروژن به‌ترتیب در رقم جدید هیبرید 260 و رقم قدیمی 500 مشاهده شد. بهره‌وری جزئی به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر سطوح مختلف کود قرار گرفته و با افزایش مصرف کود (اعم از نیتروژن یا دامی) این صفت به‌طور معنی‌دار در ذرت کاهش یافت. در اغلب موارد کاربرد کود دامی اثر مشابهی با سطوح معادل کود نیتروژن بر شاخص‌های عملکرد و کارایی نیتروژن داشت. بین ارقام قدیم و جدید از نظر شاخص‌های کارایی نیتروژن روند مشخصی مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: رقم، کارایی مصرف نیتروژن، کود، عملکرد

مقدمه

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی در دستیابی به عملکرد و کیفیت مطلوب در تولید گیاهان زراعی است که نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد (Chen et al., 2004). به عبارتی، بروز توانایی بالقوه ژنتیکی واریته‌های پرمحصول گیاهان زراعی در گرو مصرف مقدار کافی نیتروژن است زیرا توسعه کانوپی، جذب مطلوب نور و نیز فتوسنتز و کارایی مصرف نور به‌شدت تابع مقدار نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه است (Singh, 2005). از طرفی، استفاده بهینه از نیتروژن در افزایش بهره‌وری و سودمندی نظام‌های زراعی و کاهش خطرات

1- استادیار گروه باغبانی دانشگاه هرمزگان و دانشجوی سابق دکتری دانشگاه فردوسی مشهد
2- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir
Doi: 10.22067/jag.v11i3.57941

www.SID.ir

Archive of SID

زیست‌محیطی ناشی از هدرروی نیتروژن نقش مهمی دارد (Doberman & Cassman, 2004). افزایش تولیدات کشاورزی برای جمعیت در حال رشد و توجه به مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی از جمله اهداف بلندمدت کشاورزی پایدار است که افزایش کارایی مصرف نیتروژن[1] نقش مهمی در توسعه کشاورزی پایدار ایفا می‌کند (Seyedi & Rezvani Moghaddam, 2011). در سال‌های اخیر هدف اصلاح‌گران، آزادسازی ارقامی با بهره‌وری بالا توأم با کاهش مصرف نهاده‌ها به‌منظور جلوگیری از آلودگی بوده و هیچ‌گاه کارایی مصرف نیتروژن به‌عنوان یک هدف به‌نژادی مدنظر قرار نگرفته است (Barraclough et al., 2010). براساس تعریف کارایی مصرف نیتروژن عبارت است از عملکرد محصول زراعی به‌ازای هر واحد نیتروژن قابل دسترس در خاک (Moll et al., 1982). طبق این تعریف کارایی مصرف نیتروژن از حاصلضرب دو مؤلفه کارایی جذب نیتروژن[2] و دیگری کارایی استفاده نیتروژن[3] تشکیل می‌شود. کارایی جذب نیتروژن گویای مقدار نیترون جذب شده توسط گیاه به‌ازای هر واحد نیتروژن فراهم‌شده در خاک می‌باشد و توانایی گیاه را در جذب نیتروژن قابل دسترس در خاک نشان می‌دهد. کارایی استفاده از نیتروژن عبارت است از عملکرد محصول زراعی به‌ازای هر واحد نیتروژن جذب‌شده می‌باشد که توانایی گیاه را در استفاده از نیتروژن جذب‌شده جهت تولید محصول اقتصادی نشان می‌دهد. در این رابطه موچاو (Muchow, 1998) گزارش نمود در شرایطی که عملکرد دانه ذرت ثابت باشد، کاربرد مقادیر زیاد نیتروژن موجب افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه و در نتیجه کاهش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود.

کارایی مصرف نیتروژن (NUE) در زراعت غلات حدود 50-33 درصد گزارش شده که این مقدار در کشورهای در حال توسعه 29 درصد و در کشورهای توسعه یافته حدود 42 درصد برآورد شده است (Raun & Johnson, 1991).

در ذرت، کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر عوامل پیچیده‌ای از جمله میزان جذب نیتروژن از خاک، آسیمیلاسیون نیتروژن به اسیدهای آمینه که به‌عنوان ناقل نیتروژن در گیاه عمل می‌کنند و میزان انتقال نیتروژن از بافت‌های منبع به مقصد در طول نمو گیاه به‌ویژه زمان پرشدن دانه، بستگی دارد. با مقایسه عملکرد دانه ذرت و کاربرد کود نیتروژن در سطح جهانی، کارایی مصرف نیتروژن ذرت بین 25 تا 50 درصد تخمین زده شد (Tilman et al., 2002).

مطالعات متعددی در رابطه با تفاوت کارایی مصرف نیتروژن بین ژنوتیپ‌های مختلف ذرت انجام شده که این موضوع فرصت‌هایی را برای بهبود ژنتیکی این صفت فراهم آورده است (Pollmer et al., 1978; Zhang et al., 1997; Mi et al., 1998). یکی از اهداف اصلی مرکز بین‌المللی اصلاح ذرت و گندم (سیمیت) در دهه‌های اخیراصلاح ارقام ذرت با توانایی تحمل شرایط کاربرد کم نیتروژن (Low-N- Tolerant) بوده است (Bänzinger et al., 2000). از طرف دیگر اصلاح ارقام ذرت با کارایی مصرف بالای نیتروژن به‌ویژه در محیط‌های با نیتروژن کم، منجر به افزایش14 و 10/5 درصدی عملکرد به‌ترتیب در شرایط نیتروژن کم و نیتروژن زیاد، گردیده است. بنابراین، افزایش کارایی مصرف نیتروژن ذرت در شرایط فراهمی محدود نیتروژن باحفظ عملکرد بالقوه بالا، اقدام مؤثری در راستای بهبود کارایی نیتروژن است (Chen et al., 2009).

مول و همکاران (Moll et al., 1982) اختلاف کارایی مصرف نیتروژن در میان هیبریدهای ذرت را ناشی از اختلاف ژنتیکی و توانایی هیبریدها در جذب و بهره‌وری نیتروژن قبل از گل‌دهی به‌خصوص در شرایط محدودیت نیتروژن دانسته و معتقدند که در سطوح پایین مصرف کود کارایی تبدیل نیتروژن برای عملکرد دانه در مقایسه با کارایی جذب نیتروژن از تغییرات بیش‌تری برخوردار است.

در مطالعه‌ای کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) اظهار داشتند که در کشت مخلوط ذرت و پنبه با افزایش سطوح نیتروژن کارایی زراعی استفاده از نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن در هر دو گیاه کاهش معنی‌داری را نشان داد. هم‌چنین کارایی نیتروژن در تمامی تیمارهای مورد آزمایش در ذرت بالاتر از پنبه بود. در مطالعه‌ای دیگر این محققین با بررسی جریان نیتروژن و کارایی مصرف آن در چرخه تولید و مصرف گندم و ذرت در ایران نشان دادند که کل نیتروژن برداشت شده توسط این دو گیاه به‌ترتیب 387 و 81/7 هزار تن، با کارایی 25 و 60 درصد بود. بیش‌ترین تلفات نیتروژن در سطح مزرعه مربوط به گیاه گندم بود، درحالی‌که در ذرت به دلیل کارایی بالاتر جذب نیتروژن، تلفات کم‌تر از گندم بود (Koocheki et al., 2012). در پژوهشی که توسط چن و می (Chen & Mi, 2012) انجام شد 15 اینبرد لاین و چهار رقم محلی ذرت از نظر تجمع و

1- Nitrogen Use Efficiency (NUE)
2- Nitrogen uptake efficiency
3- Nitrogen utilization efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی مصرف نیتروژن در دو سطح بالا و پایین نیتروژن مورد مقایسه قرار گرفتند. آن‌ها گزارش کردند که توانایی تجمع نیتروژن در ارقام محلی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از اینبرد لاین بود که این تجمع وابسته به پتانسیل رشد بیش‌تر و در نتیجه تولید زیست‌توده بیش‌تر آن‌ها می‌باشد. پتانسیل رشد بیش‌تر و توانایی تجمع بیش‌تر نیتروژن در ارقام محلی می‌تواند در برنامه‌های اصلاح ارقام ذرت به‌منظور بهبود کارایی نیتروژن استفاده شود.

عملکرد دانه ارقام اینبرد ذرت در شرایط نیتروژن زیاد، با زیست‌توده تولید شده همبستگی داشته و افزایش تولید زیست‌توده باعث افزایش عملکرد دانه شده است (Chen & Mi, 2012; Lee & Tollenaar, 2007). در همین شرایط عملکرد دانه ارقام محلی با شاخص برداشت همبستگی نزدیکی نشان داد این موضوع بیانگر آن است که کاهش عملکرد دانه در این ارقام به‌دلیل اختصاص مواد پرورده با کارایی پایین به دانه می‌باشد. در شرایط نیتروژن کم همبستگی معنی‌داری بین شاخص برداشت و عملکرد دانه در هر دو گروه (محلی و اینبردلاین) مشاهده شد. بنابراین، بدون در نظر گرفتن نوع ژنوتیپ، اختصاص بهینه مواد پرورده به دانه عامل اصلی تعیین‌کننده عملکرد دانه در شرایط کمبود نیتروژن است (Chen & Mi, 2012). با این وجود تغییرات شاخص برداشت در طی اصلاح ارقام مدرن ذرت از دهه 1930 میلادی ثابت بوده است (Duvick, 2005).

بررسی تغییرات کارایی نیتروژن در طی اصلاح ارقام مختلف گیاهان زراعی روند یکسانی را نشان نداده و شناخت روند این تغییرات در مدیریت نهاده‌ها به‌ویژه کودهای نیتروژن‌دار به‌منظور کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی اهمیت زیادی دارد. این پژوهش به‌منظور بررسی میزان تغییرات کارایی مصرف، جذب و استفاده نیتروژن ارقام مختلف ذرت در ایران و تعیین بهترین سطوح کودی و نوع کود از طریق محاسبه انواع شاخص‌های کارایی نیتروژن انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی روند ویژگی‌های زراعی و شاخص‌های کارایی در ارقام قدیم و جدید ذرت آزمایشی در سال زراعی 94-1393 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 درجه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و36 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل 48 کرت آزمایشی با ابعاد 3×2/25 متر و مساحت 6/75 متر مربع بود که با درنظر گرفتن 2 متر فاصله بین تکرارها مساحت کل مزرعه آزمایشی حدود 2000 متر مربع درنظر گرفته شد. در این آزمایش فاکتور اصلی شامل مقادیر مختلف کود در 8 سطح (نیتروژن از منبع کود اوره 46 درصد : 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار؛ کود دامی: 0، 10، 20 و 30 تن در هکتار که به‌ترتیب معادل تقریباً صفر، 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن خالص می‌باشد) و فاکتور فرعی شامل شش رقم ذرت (ارقام خیلی قدیمی: 704 و 647؛ رقم قدیمی: 500؛ ارقام جدید: 260، 750 و 706) بود. مشابه این آزمایش جهت بررسی روند تغییرات عملکرد و شاخص‌های کارایی نیتروژن در ارقام مختلف گندم در سال 1393 انجام شد (Jafari et al., 2019).

جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی قبل از کشت، از خاک مزرعه آزمایشی نمونه‌برداری انجام شد. نمونه مرکب حاصل از ترکیب پنج نمونه از عمق 30 -0 سانتی‌متری خاک، در آزمایشگاه از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ارزیابی شد (جدول 1). در این طرح برای تعیین میزان نیتروژن موجود در خاک (نمونه‌برداری قبل از کاشت گیاه) و گیاه (نمونه‌برداری گیاه در زمان رسیدگی از دانه و ساقه) از روش هضم تر (Bremner & Mulvaney, 1982) و سپس جهت تعیین مقدار نیتروژن موجود در واحد سطح برحسب (کیلوگرم در هکتار) از حاصل‌ضرب مقدار نیتروژن موجود در هر نمونه برحسب (گرم در کیلوگرم) و وزن خشک آن نمونه برحسب (تن در هکتار) استفاده شد. از طرف دیگر براساس نتایج آزمایشگاهی میزان نیتروژن خالص موجود در کود دامی حدود یک درصد تعیین شد (جدول 2).

عملیات تهیه بستر کاشت در اواسط اردیبهشت 1394 مطابق عرف رایج منطقه انجام شد. یک‌سوم کود نیتروژن مورد نظر برای هرکدام از تیمارهای کودی به‌هنگام کاشت و یک‌سوم دیگر در مرحله پنج‌برگی و باقیمانده در ابتدای مرحله ساقه‌رفتن و قبل از گل‌دهی به‌کار رفت. کود دامی نیز به‌صورت قبل از کاشت و مخلوط با خاک استفاده شد. کاشت بذر ذرت با تراکم با حدود 67000 بوته در هکتار با فاصله بین ردیف 75 سانتی‌متر و روی ردیف 20 سانتی‌متر انجام شد. جهت جلوگیری از اتلاف آب، آبیاری با استفاده از کنتور و با لوله‌کشی در هر کرت با فواصل یکسان به‌صورت هفتگی و برای همه

www.SID.ir

Archive of SID

ارقام تا مرحله رسیدگی انجام شد. مدیریت علف‌های هرز نیز با استفاده از وجین دستی مکرر در طی فصل انجام شد. در این آزمایش جهت مبارزه با آفات از هیچ نوع آفت‌کشی استفاده نشد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1- Soil physicochemical characteristics of experimental location

بافت Texture	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
لومی – سیلتی Silty loam	0.69	0.088	78.3	48.3	7.45	1.14

جدول 2- خصوصیات شیمیایی کود دامی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Chemical characteristics of manure used in the experiment

نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
0.99	549	2987	7.8	7.1

صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن، کارایی استفاده از نیتروژن، بهره‌وری جزیی نیتروژن[1] و شاخص برداشت نیتروژن بود.

در اواخر شهریور 1394 جهت محاسبه عملکرد اقتصادی و بیولوژیک و شاخص برداشت در هرکرت دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و نیم متر از انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و بقیه کرت برداشت شد.

کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف‌شده) با استفاده از معادله 1 محاسبه شد (Moll et al., 1982):

معادله (1) $$NUE = \frac{GY_{fertilized} - GY_{unfertilized}}{N_f}$$

که در آن، $GY_{fertilized}$: عملکرد دانه با مصرف نیتروژن، $GY_{unfertilized}$: عملکرد دانه بدون مصرف نیتروژن و N_f: میزان کود مصرفی می‌باشند.

کارایی جذب یا بازیافت نیتروژن (درصد) از معادله 2 به‌دست آمد (Moll et al., 1982):

معادله (2) $$NUpE = \frac{N_u}{N_f} \times 100$$

که در آن، N_u: نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه در قسمت هوایی (کیلوگرم در هکتار) و N_f مقدار نیتروژن کودی مصرف‌شده (کیلوگرم در هکتار) می‌باشند.

کارایی استفاده (کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب‌شده) که به کارایی تبدیل نیتروژن نیز موسوم است از معادله 3 محاسبه شد (Moll et al., 1982):

معادله (3) $$NUtE = \frac{GY_{fertilized} - GY_{unfertilized}}{N_u}$$

بهره‌وری جزئی نیتروژن که نسبت عملکرد دانه به میزان نیتروژن کودی مصرف شده است با استفاده از معادله 4 محاسبه شد (Cassman et al., 2002):

معادله (4) $$NPFP = \frac{GY}{N_f}$$

شاخص برداشت نیتروژن (درصد) که در حقیقت نسبتی از نیتروژن موجود در اندام هوایی است که به دانه‌ها منتقل شده است به کمک معادله 5 محاسبه شد.

معادله (5) $$NHI = \frac{N_g}{N_u} \times 100$$

که در آن، N_g: میزان نیتروژن جذب‌شده دانه و N_u: نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه در قسمت هوایی می‌باشند.

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار SAS[2] نسخه 9/2 استفاده شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. جهت برازش معادلات مربوطه نیز از نرم‌افزار Sigmaplot استفاده شد.

1- Partial factor productivity of nitrogen

2- Statistical Analysis System 9.2

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر ارقام و سطوح مختلف کود (جدول 3) نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد کاه‌وکلش، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ارقام مختلف ذرت به‌طور معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر رقم و سطوح کودی قرار گرفته است. درحالی‌که برهم‌کنش سطوح مختلف کودی و ارقام ذرت بر عملکرد دانه و بیولوژیک در سطح یک درصد و بر شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید امّا این برهمکنش بر عملکرد کاه‌وکلش معنی‌دار نشد (جدول 3).

جدول 3- تجزیه واریانس اثر ارقام و سطوح مختلف کودی بر عملکرد و شاخص برداشت ذرت

Table 3- Analysis of variance of the effect of different varieties and fertilizers levels on yield and harvest index of corn

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares			
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه وکلش Stover yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	31333013 **	54903318 **	106892433 **	239.3 **
سطوح کودی Fertilizer levels	7	92914730 **	106332450 **	385796424 **	77.4 **
اشتباه Error	14	350100 ns	6725112 ns	7777592 ns	14.8 ns
ارقام ذرت Corn cultivar	5	25458339 **	212938122 **	383044888 **	128.1 **
ارقام ذرت × سطوح کودی Corn cultivar × fertilizer levels	35	3646445 **	8807701 ns	15167806 **	34.3 *
اشتباه Error	80	412130	5633849	6360336	19.5
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	5.99	15.2	9.6	10.8

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns: are significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$ and no significant, respectively.

اثرات رقم و کود بر عملکرد دانه و کاه‌وکلش

کاربرد کود نیتروژن و کود دامی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در تمام ارقام ذرت در مقایسه با شاهد گردید (جدول 4). میزان این افزایش در تمام ارقام یکسان نبود. در اغلب ارقام، کاربرد کود نیتروژن در مقایسه با کود دامی باعث افزایش بیش‌تر عملکرد دانه گردید. در اغلب موارد بین مقادیر مشابه کود دامی و نیتروژن تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. در اغلب سطوح کودی، بیش‌ترین عملکرد دانه در رقم قدیمی 704 اندازه‌گیری شد و با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکردهای دانه در این رقم و با کاربرد 30 تن در هکتار کود دامی (15609/3 کیلوگرم در هکتار) و کاربرد 200 کیلوگرم کود نیتروژن (14918/3 کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که در مقایسه با شاهد به‌ترتیب 58/2 و 53/7 درصد بیش‌تر بود. کم‌ترین عملکردهای دانه در رقم جدید 260 و در شرایط عدم کاربرد کود دامی (6106/7 کیلوگرم در هکتار) و کود نیتروژن (6299/1 کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد.

با افزایش سطح کود نیتروژن از صفر به 300 کیلوگرم، بیش‌ترین افزایش عملکرد دانه در ارقام 500 و 705 به‌ترتیب به میزان 117 و 103 درصد به‌دست آمد. در حالی‌که این افزایش برای رقم قدیمی 704 تنها 34/8 درصد بود. از طرف دیگر با افزایش کود دامی از صفر به 30 تن در هکتار عملکرد دانه ارقام 706، 705، 704، 647، 500 و 260 به‌ترتیب 45/8، 62/4، 58/2، 82/2، 27/7 و 97/2 درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت که با توجه به این نتایج، ارقام 260 و 706 به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین افزایش عملکرد دانه را با افزایش کود دامی در مقایسه با شاهد نشان دادند. از طرف دیگر، به‌جز در رقم

www.SID.ir

Archive of SID

جدید 706، در سایر ارقام بین سطوح مختلف کود دامی تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. این موضوع بیانگر واکنش مثبت رقم خیلی قدیمی 704 به کود دامی است. در مجموع با توجه به نتایج آزمایش ارقام 704 ، 705 و 500 نسبت به رقم زودرس 260 بیش‌ترین جذب نیتروژن و در نتیجه بیش‌ترین عملکرد دانه را داشتند. نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نشان داد که در هر سه محصول تحت بررسی (گندم، برنج و ذرت) تأثیر کودهای نیتروژنه بر افزایش عملکرد دانه و ماده خشک معنی‌دار بوده است. هم‌چنین جعفری و همکاران (Jafari et al., 2019) با مقایسه ارقام مختلف گندم بیان داشتند که تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه در ارقام جدید و قدیم مشاهده نشد.

جدول 4- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر عملکرد دانه ذرت(کیلوگرم در هکتار)

Table 4- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on corn grain yield (kg.ha^{-1})

عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivars					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0	6900.3 $^{s-u*}$	7185.9 $^{r-u}$	9705.7 $^{m-o}$	7638.4 $^{q-t}$	6719.3 ^{tu}	6299.1 ^{u}
	N_1	10277.0 $^{k-n}$	10439.7 $^{j-m}$	13148.2 $^{c-e}$	11961.8 $^{e-i}$	9031.7 ^{op}	11079.4 $^{i-l}$
	N_2	11829.9 $^{f-i}$	14510.7 ^{ab}	14918.3 ^{a}	11648.0 $^{g-i}$	10465.0 $^{j-m}$	12197.3 $^{d-i}$
	N_3	12594.1 $^{c-h}$	14586.6 ^{ab}	13082.1 $^{c-e}$	12973.2 $^{c-f}$	14584.3 ^{ab}	11417.4 $^{h-k}$
کود دامی Manure fertilizer	M_0	7669.6 $^{q-t}$	7223.4 $^{r-u}$	9865.3 $^{l-o}$	7280.3 $^{r-u}$	7955.0 $^{p-s}$	6106.7 ^{u}
	M_1	9949.9 $^{l-o}$	8967.6 ^{op}	11567.6 $^{g-j}$	9120.8 $^{n-p}$	10282.6 $^{k-n}$	8200.5 $^{p-r}$
	M_2	11820.9 $^{f-i}$	8750.9 $^{o-q}$	13548.1 ^{bc}	10402.8 $^{j-m}$	12755.7 $^{c-g}$	9866.7 $^{l-o}$
	M_3	11178.7 $^{i-k}$	11731.3 $^{g-i}$	15609.3 ^{a}	13267.0 ^{cd}	13740.9 ^{bc}	12040.4 $^{e-i}$

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

در بین ارقام ذرت بیش‌ترین (21027/2 کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین (12230/2 کیلوگرم در هکتار) عملکرد کاه‌وکلش به‌ترتیب در رقم خیلی قدیمی 704 و رقم جدید 260 به‌دست آمد. با افزایش سطح کود نیتروژن و دامی عملکرد کاه‌وکلش در مقایسه با شاهد افزایش یافت. این افزایش برای تمام مقادیر کود نیتروژن معنی‌دار بود درحالی‌که در مورد کود دامی تفاوت معنی‌داری بین 10 تن کود دامی و شاهد مشاهده نشد. در مجموع تأثیر کود نیتروژن در افزایش عملکرد کاه‌وکلش در مقایسه با کود دامی بیش‌تر بود. لذا بیش‌ترین عملکرد کاه‌وکلش در تیمار 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد که با سایر سطوح کودی تفاوت معنی‌دار داشت (شکل 1 الف، ب).

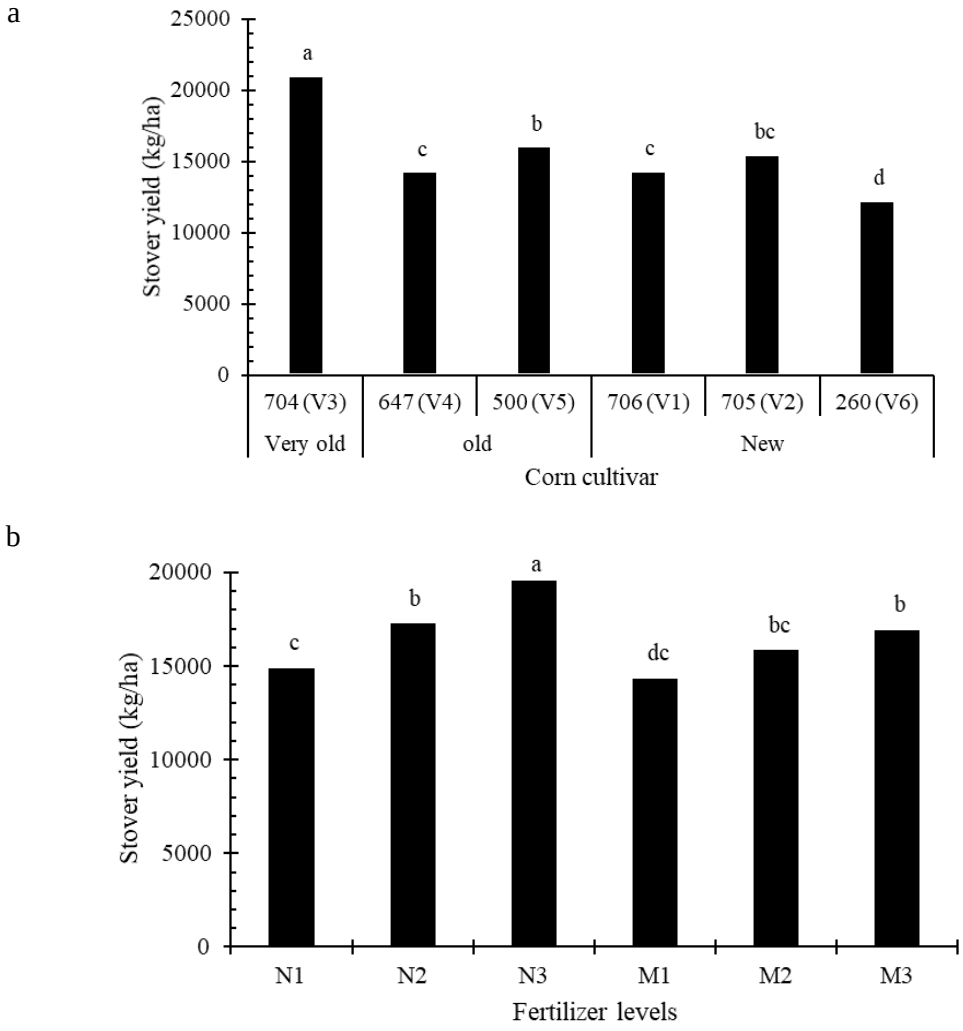
اثرات رقم و کود بر عملکرد بیولوژیک

نتایج برهم‌کنش سطوح مختلف کود و ارقام ذرت نشان داد که بیش‌ترین (38543 کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین(15799 کیلوگرم در هکتار) عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در رقم قدیمی 704 در شرایط کاربرد 30 تن کود دامی در هکتار و رقم جدید 706 در شرایط بدون کاربرد کود نیتروژن به‌دست آمد. در تمام ارقام به‌جز 705 و706، بین مقادیر مشابه کود دامی و نیتروژن تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید. به عبارت دیگر کاربرد 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب اثر مشابه با کاربرد 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار داشت. در ارقام 705 و 706 کاربرد کود دامی نه تنها نتوانست عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با کود نیتروژن بهبود بخشد بلکه برخی سطوح کود دامی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در مقایسه با سطوح معادل کود نیتروژن گردید (جدول 5).

افزایش کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد بیولوژیک ارقام مختلف گردید. براساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که در سطوح بالای کود نیتروژن، افزایش عملکرد بیولوژیک در اثر افزایش ارتفاع ساقه و سطح برگ صورت گرفته است البته این افزایش تا سطح 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار روند معنی‌داری داشت و پس از آن با کاربرد مقادیر بیش‌تر تأثیر معنی‌داری در همه ارقام به‌استثنای رقم 500 نداشته است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف (الف) و سطوح کود (ب) بر عملکرد کاه‌وکلش در ذرت

Fig. 1- Means comparison of the effect of different varieties (a) and fertilizer levels (b) on Stover yield of corn

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

همچنین این نتایج بیانگر این موضوع است که ارقام جدید در مقایسه با رقم خیلی قدیمی 704 کودپذیری بیش‌تری دارند. کاربرد کود نیتروژن می‌تواند با توسعه رشد رویشی و دوام بیش‌تر سطح برگ وساقه، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه شود.

در آزمایشی دی پائولو و رینالدی (Di Paolo & Rinaldi, 2008) با بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن در شرایط مدیترانه‌ای نشان دادند که کاربرد نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک ذرت شد. امّا بین سطوح کودی 150 و 350 کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد که این موضوع نشان‌دهنده کافی بودن سطوح پایین نیتروژن برای دستیابی به حداکثر عملکرد بود.

در تمام سطوح کود دامی، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک در رقم قدیمی 704 به‌دست آمد. به‌طوری‌که در شرایط عدم کاربرد کود دامی

www.SID.ir

Archive of SID

و کاربرد 10 و 20 تن کود دامی در هکتار، عملکرد بیولوژیک رقم 704 به‌طور معنی‌دار از سایر ارقام بیش‌تر بود. در سطح 30 تن کود دامی در هکتار عملکرد بیولوژیک رقم 500 تفاوت معنی‌داری با رقم 704 نداشت. با افزایش سطح کود دامی، عملکرد بیولوژیک در ارقام مختلف ذرت افزایش یافت. در اغلب ارقام به‌جز رقم 704 در سایر ارقام با افزایش سطح کود دامی از صفر به 10 تن در هکتار عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌دار افزایش نیافت. کاربرد 20 تن کود دامی در هکتار باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در تمام ارقام مورد مطالعه به‌استثناء رقم 705، در مقایسه با شاهد گردید. افزایش کود دامی از 20 به 30 تن درهکتار تنها در ارقام 500 و 705 باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد. در مجموع کاربرد 30 تن در هکتار کود دامی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک ارقام 706، 705، 704، 647، 500 و 260 به‌ترتیب به‌میزان 34/5، 34/0، 39/5، 42/4، 72/9 و 47/5 درصد در مقایسه با شاهد گردید (جدول 5). نتایج مطالعات سایر محققان نیز حاکی از آن است که افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گیاهان علوفه‌ای همانند ذرت می‌شود (Jacobs & Pearson. 1991؛ Keskin et al., 2005). علت این امر را می‌توان به نقش نیتروژن در رشد سبزینه‌ای گیاهان به‌خصوص در شرایط تعادل با رطوبت خاک نسبت داد. توربورت و همکاران (Torbert et al., 2001) اعلام داشتند که با افزایش سطح کود نیتروژن تا 168کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و جذب نیتروژن افزایش می‌یابد.

جدول 5- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر عملکرد بیولوژیک ذرت(کیلوگرم در هکتار)

Table 5- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on corn biological yield (kg.ha^{-1})

عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivar					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0	15799 ^{r*}	19698 $^{o-r}$	27641 $^{f-k}$	18538 $^{p-r}$	20215 $^{n-r}$	16808 ^{qr}
	N_1	24431 $^{h-o}$	25666 $^{g-m}$	32738 $^{b-e}$	25573 $^{g-m}$	24915 $^{h-n}$	22377 $^{l-p}$
	N_2	30228 $^{c-g}$	32747 $^{b-e}$	38203 ^{a}	28239 $^{e-i}$	26852 $^{g-l}$	23427 $^{i-p}$
	N_3	33089 $^{b-d}$	37324 ^{ab}	38211 ^{a}	27846 $^{f-k}$	34672 $^{a-c}$	26023 $^{g-m}$
کود دامی Manure fertilizer	M_0	18510 $^{p-r}$	20089 $^{n-r}$	27622 $^{f-k}$	20271 $^{n-r}$	20112 $^{n-r}$	17375 ^{qr}
	M_1	22960 $^{k-p}$	23152 $^{j-p}$	32246 $^{c-e}$	21298 $^{m-q}$	24044 $^{h-o}$	20170 $^{n-r}$
	M_2	26891 $^{g-l}$	21636 $^{m-q}$	34457 $^{a-c}$	28041 $^{e-j}$	28507 $^{d-h}$	23245 $^{i-p}$
	M_3	24903 $^{h-n}$	26910 $^{g-l}$	38543 ^{a}	28876 $^{d-h}$	34769 $^{a-c}$	25624 $^{g-m}$

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

اثرات رقم و کود بر شاخص برداشت

شاخص برداشت از جمله صفات مطلوب جهت مقایسه و ارزیابی عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه ذرت با تغییرات میزان نیتروژن می‌باشد. بررسی اثر برهم‌کنش کود و رقم بر شاخص برداشت نشان می‌دهد که بیش‌ترین (52/07 درصد) و کم‌ترین (33/633 درصد) شاخص برداشت به‌ترتیب مربوط به رقم 260 در شرایط کاربرد 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و رقم 500 در شرایط عدم کاربرد کود بود (جدول 6). نتایج این آزمایش نشان داد که در تمام ارقام به‌جز رقم 260 تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف کود نیتروژن و دامی مشاهده نشد. با این وجود در اغلب ارقام به‌جز رقم‌های 647 و 500، کاربرد 30 تن کود دامی باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در مقایسه با 300 کیلوگرم کود نیتروژن گردید.

با افزایش سطح کود دامی، شاخص برداشت ارقام مختلف ذرت افزایش یافت، این افزایش برای ارقام 706، 704 و 500 معنی‌دار نبود (جدول 6). در تمام ارقام به‌استثناء رقم 500، کم‌ترین و بیش‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب در سطوح صفر و 30 تن کود دامی در هکتار به‌دست آمد. افزایش کود دامی از صفر به 30 تن در هکتار باعث افزایش شاخص برداشت در ارقام 706، 705، 704، 647 و 260 به‌ترتیب به‌میزان 8/1، 20/3، 13/8، 27/5 و 33/2 درصد گردید. درحالی‌که افزایش کود دامی از 20 به 30 تن در هکتار باعث کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص برداشت رقم 500 گردید. در سطوح پایین کود دامی (صفر و 10 تن کود دامی در هکتار) بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب در ارقام 706 و 704 تعیین شد. درحالی‌که در سطوح متوسط کود دامی (20 تن در هکتار) بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این صفت به‌ترتیب در ارقام 500 و 647 اندازه‌گیری شد.

به نظر می‌رسد که از جمله دلایل معنی‌دار نشدن شاخص برداشت تحت تأثیر سطوح مختلف کود در این آزمایش مشابه بودن تغییرات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نسبت به سطوح کاربرد بوده است. اغلب محققین در برنامه‌های به‌نژادی، عملکرد بالاتر ارقام جدید ذرت را در مقایسه با ارقام قدیمی به شاخص برداشت بالاتر آن‌ها نسبت داده اند. این پژوهشگران اظهار داشتند که این افزایش در شاخص برداشت به‌دلیل تسهیم بیش‌تر مواد پرورده از اندام‌های رویشی به دانه‌ها و هم‌چنین افزایش عملکرد دانه روی داده است (Lee & Tollenaar, 2007; Chen & Mi, 2012) که این نتایج برخلاف یافته‌های این پژوهش است به‌طوری‌که پژوهش کنونی نشان می‌دهد که عملکرد ارقام قدیمی در مقایسه با ارقام جدید بالاتر بوده و شاخص برداشت پایین‌تر است که این موضوع می‌تواند به‌دلیل تخصیص بیش‌تر مواد پرورده در ارقام جدید نسبت به ارقام قدیمی است. در تأیید نتایج این پژوهش کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) با بررسی فراتحلیل مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید غلات بیان نمودندکه در خصوص شاخص برداشت در هر سه محصول گندم، برنج و ذرت تفاوت چندانی بین میانگین تیمارهای کودی و تیمار شاهد مشاهده نشد.

جدول 6- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر درصد شاخص برداشت ذرت

Table 6- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on corn harvest index percent

عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivar					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0	44.1 a-h*	37.1 e-j	35.6 h-j	41.5 b-j	33.6 j	40.2 c-j
	N_1	42.0 b-j	40.6 c-j	40.4 c-j	47.0 a-d	36.3 f-j	49.7 ab
	N_2	39.1 c-j	44.4 a-h	39.1 c-j	41.3 b-j	39.0 c-j	52.1 a
	N_3	38.1 d-j	39.1 c-j	34.2 ij	48.0 a-c	42.1 b-j	44.4 a-h
کود دامی Manure fertilizer	M_0	41.9 b-j	36.4 f-j	35.8 h-j	36.0 g-j	39.8 c-j	35.8 h-j
	M_1	43.7 b-i	38.7 d-j	36.3 f-j	42.7 b-i	42.9 b-i	40.5 c-j
	M_2	44.0 a-h	40.6 c-j	39.4 c-j	37.4 e-j	45.0 a-g	42.4 b-j
	M_3	45.2 a-f	43.8 a-h	40.7 c-j	45.9 a-e	39.6 c-j	47.7 a-c

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

شاخص‌های کارایی نیتروژن

همان‌گونه که در جدول تجزیه واریانس نشان داده شده است، سطوح کودی و ارقام ذرت به‌ترتیب در سطح آماری یک و پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف نیتروژن و کارایی استفاده از نیتروژن داشته است. هم‌چنین نوع کود و رقم و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری در سطح آماری یک درصد بر کارایی جذب نیتروژن ذرت داشت. نتایج این جدول بیانگر تأثیر معنی‌دار رقم و سطوح کودی و برهم‌کنش آن‌ها بر بهره‌وری جزئی نیتروژن ذرت در سطح آماری یک درصد می‌باشد. سطوح مختلف کود و برهمکنش کود با رقم اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن نداشت در حالی‌که اثر رقم بر این صفت ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 7).

اثرات رقم و کود بر کارایی مصرف نیتروژن

در این آزمایش اثر برهم‌کنش رقم و کود بر کارایی مصرف نیتروژن ارقام مختلف ذرت از نظر آماری معنی‌دار بود به‌طوری‌که بیش‌ترین (48/8 کیلوگرم بر کیلوگرم) و کم‌ترین (8/77 کیلوگرم بر کیلوگرم) مقدار این شاخص به‌ترتیب در رقم جدید 260 با کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و رقم 705 با کاربرد 20 تن کود دامی

www.SID.ir

Archive of SID

در هکتار مشاهده شد. در اغلب ارقام به‌طور میانگین سطوح 100 و 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با سطوح مشابه کود دامی (به‌ترتیب 10 و 20 تن در هکتار) کارایی مصرف بالاتری را داشته درحالی‌که کارایی مصرف در بالاترین سطح کود دامی (30 تن در هکتار) نسبت به مقدار مشابه کود نیتروژن افزایش یافت که این افزایش برای رقم 704 معنی‌دار بود (جدول 8).

جدول 7 - تجزیه واریانس اثر ارقام ذرت و سطوح مختلف کودی بر شاخص‌های کارایی ذرت

Table 7- Analysis of variance of the effect of different varieties and fertilizers levels on efficiency indices of corn

منابع تغیرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		کارایی مصرف نیتروژن NUE	کارایی جذب نیتروژن NUpE	کارایی استفاده از نیتروژن NUtE	بهره‌وری جزئی نیتروژن NPFP	شاخص برداشت نیتروژن NHI
تکرار Replication	2	100.21 *	76.67 ns	368.73 *	1152.83 **	455.18 **
سطوح کودی Fertilizer levels	5	578.96 **	1374.76 **	336.49 **	14612.05**	21.31 ns (df: 7)
اشتباه Error	10	8.41 ns	430.95 ns	57.83 ns	57.51 *	25.16 ns (df: 14)
ارقام ذرت Corn cultivar	5	45.09 *	962.06 **	246.13 *	782.21 **	660.33 **
ارقام ذرت × سطوح کودی Corn cultivar × fertilizer levels	25	180.77 **	961.30 **	126.33 ns	218.72 **	41.52 ns (df: 35)
اشتباه Error	60	29.99	283.80	94.03	25.81	29.41 (df: 80)
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	22.83	21.87	34.05	6.94	9.99

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

**, * and ns: are significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$ and no significant, respectively.

در بین سطوح مختلف کود نیتروژن، بیش‌ترین کارایی مصرف در ارقام مورد مطالعه به‌استثنای رقم 705 هنگام کاربرد 100 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. در مقابل، کم‌ترین میزان این شاخص در همه ارقام به‌استثنای رقم 500 در سطح کودی 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار (بالاترین میزان مصرف کود) به‌دست آمد. از طرف دیگر، شاخص کارایی مصرف نیتروژن در همه ارقام به‌استثنای رقم 500 بین کم‌ترین و بیش‌ترین سطح کاربرد اختلاف معنی‌داری داشت. به نظر می‌رسد که دلیل کاهش شاخص کارایی مصرف نیتروژن با افزایش مقدار کود عمدتاً ناشی از این مسأله باشد که رابطه بین مصرف کود نیتروژن و افزایش عملکرد دانه خطی نیست. به عبارت دیگر با افزایش کاربرد کود نیتروژن به همان میزان عملکرد دانه بهبود نمی‌یابد. هم‌چنین بالا بودن کارایی مصرف در ارقام جدید 260، 705 و 647 نسبت به رقم قدیمی 704 نشان‌دهنده این موضوع است که نیتروژن جذب شده توسط این ارقام در طی فصل رشد نسبت به رقم 704 کم‌تر بوده ولی عملکردی مشابه با رقم 704 تولید نموده‌اند که این امر منجر به کارایی بیش‌تر این ارقام در مصرف نیتروژن شده است.

با افزایش سطح کود دامی، شاخص کارایی مصرف نیتروژن در ارقام 706، 705 ، 500 و 260 کاهش و در ارقام 704 و 647 افزایش یافت (جدول 8). افزایش کود دامی از 10 به 30 تن در هکتار باعث کاهش کارایی مصرف نیتروژن در ارقام 706، 705 و 500 به‌ترتیب به میزان 51/4، 14/5 و 27/6 درصد گردید. در بین سطوح کود دامی بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن (5/ 33 کیلوگرم بر کیلوگرم) در رقم 500 و با کاربرد 10 تن کود دامی در هکتار به‌دست آمد

www.SID.ir

Archive of SID

درحالی‌که کم‌ترین میزان این صفت (8/77) در رقم 705 و در سطح کود دامی 20 تن در هکتار مشاهده شد. در هر سه سطح کود دامی بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن در رقم 500 اندازه‌گیری شد (جدول 8).

در مطالعه‌ای هاگینز و پن (Huggins & Pan, 2003) دریافتند که در سطوح بالای مصرف کود نیتروژن، جذب نیتروژن در دسترس به‌آهستگی کاهش می‌یابد که این موضوع می‌تواند باعث کاهش کارایی مصرف نیتروژن شود. هم‌چنین گزارش شده که اگرچه در سطوح بالای کود نیتروژن، میزان جذب نیتروژن اندکی افزایش می‌یابد، ولی در مقابل شاخص کارایی حفظ نیتروژن در خاک به‌شدت کاهش یافته که نتیجه این موضوع در نهایت کاهش شاخص کارایی مصرف نیتروژن را به‌دنبال دارد (Dawson et al., 2008). هم‌چنین مطالعه رحیمی‌زاده و همکاران (Rahimizadeh et al., 2010) نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافته و بیش‌ترین کارایی مصرف در تناوب گندم- ذرت بود.

جدول 8- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر کارایی مصرف نیتروژن

Table 8- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on nitrogen use efficiency of corn

عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivar					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0						
	N_1	29.93 $^{c-f*}$	32.37 $^{c-e}$	33.63 ^{cd}	45.00 ^{ab}	16.93 $^{g-j}$	48.76 ^{a}
	N_2	22.73 $^{e-h}$	36.53 ^{bc}	25.67 $^{d-h}$	20.93 $^{f-i}$	15.63 $^{g-j}$	29.97 $^{c-f}$
	N_3	17.70 $^{g-j}$	24.60 $^{d-h}$	11.00 ^{ij}	18.37 $^{g-j}$	24.17 $^{d-h}$	17.40 $^{g-j}$
کود دامی Manure fertilizer	M_0						
	M_1	30.30 $^{c-f}$	20.03 $^{f-i}$	20.23 $^{f-i}$	18.87 $^{g-j}$	33.50 ^{cd}	22.73 $^{e-h}$
	M_2	25.80 $^{d-g}$	8.77 ^{j}	21.37 $^{f-i}$	16.73 $^{g-j}$	30.77 $^{c-f}$	20.80 $^{f-i}$
	M_3	14.73 $^{h-j}$	17.13 $^{g-j}$	22.07 $^{e-h}$	22.00 $^{e-h}$	24.27 $^{d-h}$	22.10 $^{e-h}$

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

اثرات رقم و کود بر کارایی جذب نیتروژن

نتایج اثر بر هم‌کنش رقم و کود بر کارایی جذب نیتروژن ذرت در جدول 9 نشان داده شده است. بیش‌ترین (111/47) و کم‌ترین (35/37) کارایی جذب نیتروژن به‌ترتیب در رقم 705 همراه با کاربرد 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و رقم 706 همراه با کاربرد 30 تن کود دامی مشاهده شد. در اغلب ارقام (به‌جز ارقام 500 و 647) کاربرد کود دامی در سطوح 20 و 30 تن در هکتار باعث کاهش کارایی جذب در مقایسه با سطوح مشابه کود نیتروژن گردید که این کاهش در ارقام 705 و 706 معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان کاهش مربوط به رقم 705 بود. به‌طوری‌که کاربرد مقادیر 10، 20 و 30 تن در هکتار کود دامی باعث کاهش کارایی جذب نیتروژن به‌ترتیب به‌میزان 20، 73/1 و 42/8 درصد در مقایسه با کاربرد 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در این رقم گردید.

با افزایش سطح کود نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن در ارقام 260 و 647 کاهش و در سایر ارقام افزایش یافت. در هر سطح کود نیتروژن بیش‌ترین کارایی جذب در رقم 705 مشاهد شد. کم‌ترین کارایی جذب در سطوح 100، 200 و 300 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب در ارقام 704، 647 و 260 به‌دست آمد. در بیش‌تر موارد کود دامی نتوانست باعث بهبود کارایی جذب در مقایسه با سطوح معادل کود نیتروژن شود. با افزایش سطح کود دامی کارایی جذب نیتروژن در ارقام 706، 705 و 260 کاهش و در ارقام 704، 647 و 500 افزایش یافت. در سطوح کود دامی 10، 20 و 30 تن در هکتار، بیش‌ترین کارایی جذب نیتروژن به‌ترتیب در ارقام 500، 647 و 500 مشاهده شد (جدول 9).

تری (Terry, 2008) بیان نمود که کاربرد سطح بهینه نیتروژن باعث افزایش جذب نیتروژن در اندام‌های هوایی گیاهان خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

برای مثال کل نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه ذرت حدود 184 کیلوگرم نیتروژن در هکتار است که 146 کیلوگرم نیتروژن در هکتار آن از خاک و 38 تا از کود نیتروژن می‌باشد. نیتروژن دانه 56 درصد از 184 کیلوگرم نیتروژن در هکتار یا به‌عبارتی 103 کیلوگرم نیتروژن در هکتار خواهد بود که معادل با مقدار نیتروژن مصرفی است. علاوه‌براین، لوگوئی و همکاران (Le Gouis et al., 2000) دریافتند که بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص کارایی جذب نیتروژن در گندم به‌ترتیب در تیمارهای شاهد همراه با بیش‌ترین سطح کاربرد نیتروژن به‌دست آمد. لوپز بلیدو و لوپز بلیدو (Lopez–Bellido & Lopez–Bellido, 2001) نیز گزارش دادند که در سه سال متوالی با افزایش کاربرد کود نیتروژن در گیاه گندم،کارایی جذب نیتروژن 11 درصد کاهش یافت. کارآیی جذب نیتروژن وابستگی زیادی به سیستم ریشه‌ای و توانایی جذب نیتروژن از خاک دارد (Ma et al., 1999; Bänzinger et al., 2000). شفیع و همکاران (Shafi et al., 2007) گزارش کردند که یکی از راه‌های بهبود کارایی جذب نیتروژن در ذرت، اصلاح واریته‌هایی با سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر است.

جدول 9- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر کارایی جذب نیتروژن ذرت

Table 9- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on nitrogen uptake efficiency of corn

عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivar					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0						
	N_1	84.03 a-f*	100.43 a-c	75.00 b-g	92.83 a-e	74.03 b-g	89.47 a-e
	N_2	91.60 a-e	111.47 a	86.93 a-e	71.77 b-g	74.70 b-g	72.87 b-g
	N_3	92.77 a-e	105.50 ab	75.30 b-g	67.73 c-h	99.20 a-c	62.70 e-h
کود دامی Manure fertilizer	M_0						
	M_1	83.90 a-f	80.40 a-f	51.20 f-h	44.73 gh	84.80 a-f	74.80 b-g
	M_2	79.23 a-f	38.57 h	52.60 f-h	97.53 a-d	91.10 a-e	65.17 d-h
	M_3	35.37 h	62.67 e-h	65.00 d-h	77.63 b-g	99.17 a-c	61.27 e-h

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

اثرات رقم و کود برکارایی استفاده از نیتروژن

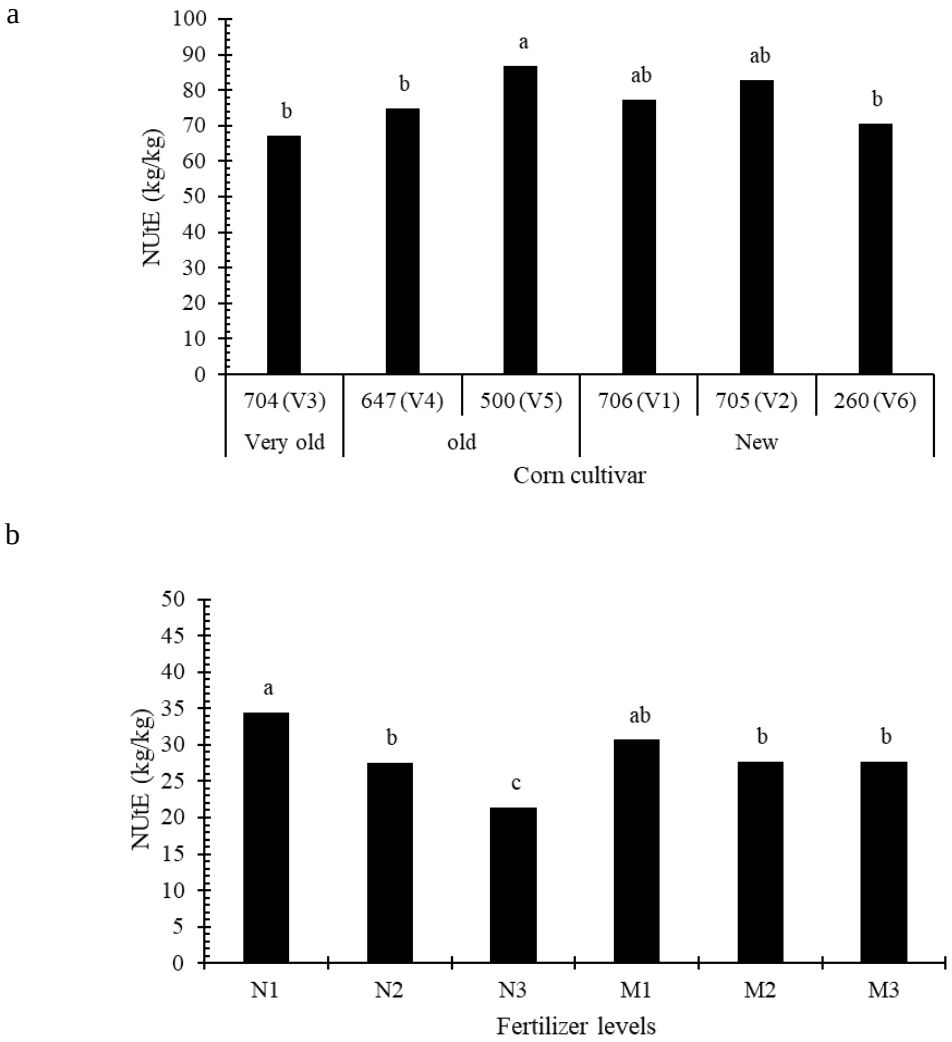
اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و ارقام ذرت بر کارایی استفاده از نیتروژن به‌ترتیب در سطح آماری یک و پنج درصد معنی‌دار شد درحالی‌که اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول 7). بیش‌ترین کارایی استفاده از نیتروژن (34/82 کیلوگرم بر کیلوگرم) در رقم جدید هیبرید 260 مشاهده شد هر چند دو رقم خیلی قدیمی 704 و 647 با آن تفاوت معنی‌دار نداشتند. از طرف دیگر کم‌ترین میزان کارایی استفاده از نیتروژن (24/66 کیلوگرم بر کیلوگرم) در رقم قدیمی 500 به‌دست آمد و به‌جز رقم جدید 260 سایر ارقام با آن تفاوت معنی‌دار داشتند (شکل 2 الف).

با افزایش سطوح نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن کاهش معنی‌داری را نشان داد و این کاهش در رابطه با مصرف کود نیتروژن چشمگیر بود و بین هر سه سطح کود نیتروژن تفاوت معنی‌دار مشاهده شد به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی استفاده از نیتروژن به‌ترتیب در سطوح کودی 100 و 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (شکل 2 ب). کاربرد 200 و 300 کیلوگرم کود نیتروژن باعث کاهش کارایی استفاده از نیتروژن به‌ترتیب به‌میزان 20/0 و 37/8 درصد در مقایسه با سطح کودی 100 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار گردید. مشابه این نتایج، مطالعات مختلف نشان داده‌اند که در سطوح بالای کود نیتروژن درصد کم‌تری از کود به‌کار رفته توسط گیاه جذب می‌شود. در بین سطوح مختلف کود دامی بیش‌ترین کارایی استفاده هنگام کاربرد 10 تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد به‌طوری‌که با تیمار 100 کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌دار نداشت. افزایش سطح کود دامی اگرچه باعث کاهش کارایی استفاده از نیتروژن شد، ولی این کاهش معنی‌دار نبود. در برخی مطالعات گزارش شده که با افزایش در مقدار نیتروژن مصرفی،

www.SID.ir

Archive of SID

علی‌رغم افزایش در عملکرد دانه، کارایی استفاده از نیتروژن کاهش یافت (Delogu et al., 1998; Huggins & Pan, 2003; Lopez–Bellido & Lopez–Bellido, 2001). شایان ذکر است زمانی‌که فراهمی نیتروژن محدود است، توانایی جذب نیتروژن عامل مهمی برای ارقام مختلف محسوب شده که با خصوصیات ریشه گیاه در ارتباط است، زیرا توانایی گیاه در جستجوی نیتروژن درون خاک و جذب آن را بهبود می‌بخشد.



شکل2- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف (الف) و سطوح کود (ب) بر کارایی استفاده از نیتروژن ذرت

Fig. 2- Means comparison of the effect of different varieties (a) and fertilizer levels (b) on NUtE of corn

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

امّا در شرایطی که نیتروژن عامل محدودکننده نباشد شاخص‌های کارایی استفاده از نیتروژن و شاخص برداشت بسیار تعیین‌کننده خواهد بود. زیرا فراهمی نیتروژن برای هر گیاه مستقل از کارایی سیستم ریشه آن خواهد بود. دلوگو و همکاران (Delogu et al., 1998) بیان

www.SID.ir

Archive of SID

نمودند که در نواحی با نیتروژن کم، جو زمستانه شاخص کارایی استفاده از نیتروژن بیش‌تری از گندم زمستانه داشت. به‌علاوه شاخص کارایی استفاده از نیتروژن همبستگی بالای با شاخص برداشت نیتروژن داشت. این مسأله نشان می‌دهد که بخش زیادی از نیتروژن موجود در دانه در مرحله رسیدگی تأمین شده است.

اثرات رقم و کود بر بهره‌وری جزئی نیتروژن

برهم‌کنش سطوح مختلف کود (کود نیتروژن و دامی) و ارقام مختلف ذرت بر بهره‌وری جزئی نیتروژن در جدول 10 نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، در اغلب موارد اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر بهره‌وری جزئی مشابه با اثر سطوح معادل کود دامی بود. بیش‌ترین بهره‌وری جزئی در رقم 704 و در شرایطی که 100 کیلوگرم نیتروژن و یا 10 تن کود دامی در هکتار و به‌ترتیب به‌میزان 131/5 و 131/4 به‌دست آمد که به‌طور معنی‌دار با سایر تیمارها تفاوت داشت. کم‌ترین بهره‌وری جزئی در تمام ارقام در بالاترین سطح کود نیتروژن و دامی به‌دست آمد. در حالی‌که بیش‌ترین بهره‌وری جزئی در پایین‌ترین سطح کود نیتروژن و دامی مشاهده شد (جدول 10).

با افزایش سطح کود نیتروژن از 100 به 300 کیلوگرم در هکتار، بهره‌وری جزئی نیتروژن در ارقام 706، 705، 704، 647، 500 و 260 به‌ترتیب به‌میزان 59/2، 53/4، 66/8، 36/6، 46/2 و 65/6 درصد کاهش یافت. بنابراین نتایج، کم‌ترین مقدار بهره‌وری جزئی (38/03) در رقم جدید 260 و در بالاترین سطح کود نیتروژن به‌دست آمد. در سطوح 100 و 200 کیلوگرم کود نیتروژن بیش‌ترین بهره‌وری جزئی در رقم قدیمی 704 مشاهده شد؛ درحالی‌که در بالاترین سطح کود نیتروژن این برتری به ارقام جدید 705 و 500 تعلق داشت (جدول 10).

افزایش سطح کود دامی باعث کاهش معنی‌دار بهره‌وری جزئی در تمام ارقام مورد مطالعه شد (جدول 10). به‌طوری‌که در بین سطوح مختلف کود دامی بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین این صفت به‌ترتیب با کاربرد 10 و 30 تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد. از طرف دیگر افزایش کود دامی از 10 به 30 تن در هکتار باعث کاهش بهره‌وری جزئی ارقام 706، 705، 704، 647، 500 و 260 به‌ترتیب به میزان 62/5، 56/4، 55/0، 51/5، 55/4 و 51/1 درصد شد. در بین تمام سطوح کود دامی بیش‌ترین بهره‌وری جزئی در رقم قدیمی 704 مشاهده شد درحالی‌که کم‌ترین بهره‌وری جزئی در سطوح کود دامی 10، 20 و 30 تن در هکتار به‌ترتیب در ارقام جدید 260، 705 و 706 به‌دست آمد (جدول 10). برخلاف این نتایج در مطالعه‌ای که توسط کوی و همکاران (Cui et al., 2009) بر روی ذرت انجام شد، در شرایط یکسان کاربرد کود نیتروژن، میزان بهره‌وری جزئی نیتروژن در رقم جدید به‌طور معنی‌دار در مقایسه با رقم قدیمی بیش‌تر بود.

لوپز بلیدو و لوپز بلیدو (Lopez–Bellido & Lopez–Bellido, 2001) در آزمایشی سه‌ساله تحت عنوان کارایی نیتروژن گندم در شرایط مدیترانه‌ای تحت تأثیر انواع شخم، تناوب زراعی و سطوح مختلف نیتروژن بیان داشتند که شاخص کارایی بهره‌وری نیتروژن تفاوت معنی‌داری (یک درصد) را در سطوح مختلف نیتروژن نشان داد. این شاخص کارایی در بالاترین سطح کاربرد نیتروژن نسبت به کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حدود 46/94 درصد کاهش داشت.

اثرات رقم و کود بر شاخص برداشت نیتروژن

بیش‌ترین (58/16 درصد) و کم‌ترین (50/98 درصد) شاخص برداشت نیتروژن به‌ترتیب در ارقام 260 (رقم جدید) و 704 (رقم خیلی قدیمی) مشاهد شد. هم‌چنین دو رقم 705 (رقم جدید) و 500 (رقم قدیمی) پس از رقم 704 کم‌ترین شاخص برداشت نیتروژن را داشتند (شکل 3). نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات شاخص برداشت نیتروژن در سال‌های اخیر (بین 1980 تا 2015) بیانگر این موضوع کلیدی است که بین سال آزادسازی رقم و میزان شاخص برداشت نیتروژن همبستگی مثبت جزئی وجود دارد. بنابراین به نظر می‌رسد که یکی از اهداف اصلی اصلاح‌گران ذرت در دهه‌های اخیر، معرفی ارقامی بوده است که دارای شاخص برداشت نیتروژن بیش‌تری باشند (شکل 4). آینه‌بند و همکاران (Aynehband et al., 2010) با بررسی چهار رقم گندم گزارش داده‌اند که شاخص برداشت نیتروژن در رقم جدید دز تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام داشت. در آزمایشی دیگر مشخص شد که اختلاف ژنتیکی در گونه‌های مختلف غلات دانه‌ریز به‌لحاظ شاخص برداشت نیتروژن وجود دارد و مقادیر بالای این شاخص با سطوح پایین کودی و هم‌چنین ارقام جدید در ارتباط است (Muurinen et al., 2007) که مشابه نتایج داوسون و همکاران (Dawson et al., 2008) است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 10- برهم‌کنش سطوح مختلف کود و واریته‌های ذرت بر بهره‌وری جزئی نیتروژن ذرت

Table 10- The intraction effects of different levels of fertilizer and corn varieties on partial factor productivity of nitrogen of corn

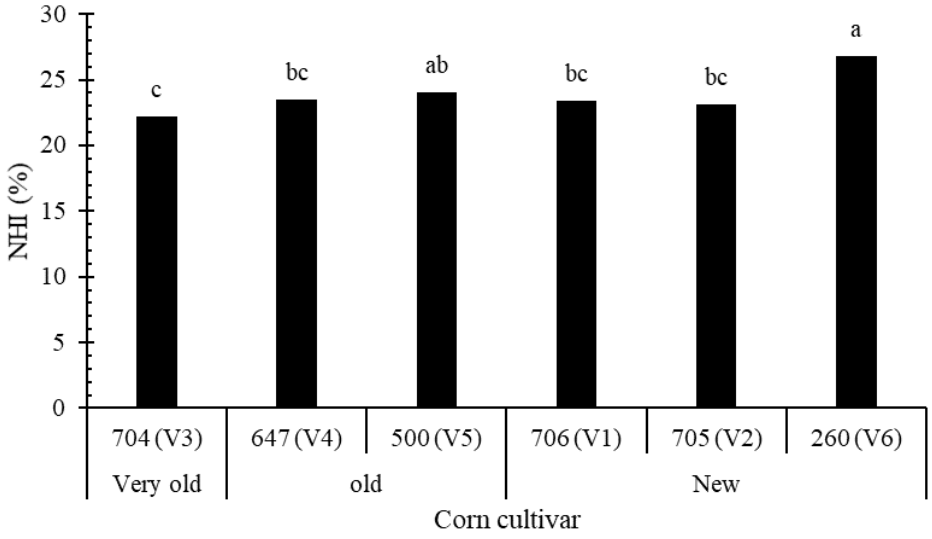
عوامل آزمایش Experiment factors		واریته‌های ذرت Corn cultivar					
		706	705	704	647	500	260
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	N_0						
	N_1	102.77 ^{d*}	104.37 ^{cd}	131.5 ^{a}	119.63 ^{b}	90.33 ^{e}	110.7 $^{b-d}$
	N_2	59.13 $^{h-j}$	72.57 ^{fg}	74.57 ^{fg}	58.23 $^{h-k}$	52.30 $^{i-l}$	61.00 ^{hi}
	N_3	41.97 ^{no}	48.63 $^{k-n}$	43.60 $^{l-o}$	43.27 $^{l-o}$	48.633 $^{k-n}$	38.03 ^{o}
کود دامی Manure fertilizer	M_0						
	M_1	113.07 ^{bc}	101.90 ^{d}	131.43 ^{a}	103.63 ^{d}	116.83 ^{b}	93.20 ^{e}
	M_2	67.13 ^{g}h	49.70 $^{j-n}$	77.00 ^{f}	59.13 $^{h-j}$	72.50 ^{fg}	56.07 $^{i-k}$
	M_3	42.37 $^{m-o}$	44.43 $^{l-o}$	59.13 $^{h-j}$	50.27 $^{j-n}$	52.07 $^{i-m}$	45.60 $^{l-o}$

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means by the same letters are not significantly different based on Duncan's test at 5% probability level.

** N_0، N_1، N_2 و N_3: به‌ترتیب 0، 100، 200 و 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به فرم اوره. M_0، M_1، M_2 و M_3: به‌ترتیب 0، 10، 20 و 30 تن کود دامی در هکتار.

** N_0, N_1, N_2 and N_3: 0, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1} nitrogen as urea form and M_0, M_1, M_2 and M_3: 0, 10, 20 and 30 tons of manure per ha, respectively.

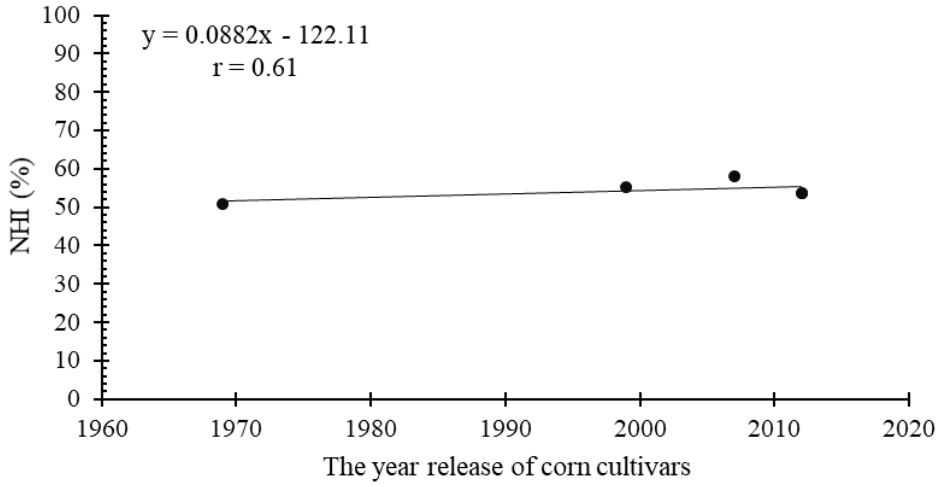


شکل 3- مقایسه میانگین اثر ارقام مختلف (الف) و سطوح کود (ب) بر شاخص برداشت نیتروژن ذرت

Fig. 3- Means comparison of the effect of different varieties and fertilizer levels on nitrogen harvest index of corn

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 4- روند شاخص برداشت نیتروژن تحت تأثیر سال آزاد سازی ارقام ذرت
Fig. 4- Nitrogen harvest index trends as affected by year release of corn cultivars

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، کارایی‌های مصرف نیتروژن، جذب و استفاده از نیتروژن به طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم و سطوح کودی قرار گرفت. هم‌چنین اثر رقم بر شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار بوده امّا این شاخص تحت تأثیر سطوح و نوع کود قرار نگرفت. اگرچه با اصلاح ارقام عملکرد دانه کاهش یافت امّا عملکرد کاه‌وکلش، بیولوژیک و شاخص برداشت افزایش یافت. نتایج شاخص‌های کارایی نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص برداشت نیتروژن به‌ترتیب در رقم جدید 260 و رقم قدیمی 704 مشاهده شد، ولی از نظر آماری بین این ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده شد درحالی‌که سایر ارقام تفاوت معنی‌داری نداشتند. با افزایش مقادیر کود نیتروژن، کارایی مصرف،کارایی استفاده از نیتروژن و بهره‌وری جزئی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، امّا با افزایش مصرف کود دامی این روند فقط در کارایی مصرف و بهره‌وری جزئی مشاهده گردید. با توجه به نتایج آزمایش نمی‌توان با قاطعیت بیان نمود که اصلاح ارقام ذرت در چهار دهه اخیر در ایران منجر به بهبود شاخص‌های کارایی نیتروژن و به تبع آن استفاده کارآمد از انواع کودها گردیده است.

منابع

Aynehband, A., Asadi, S., and Rahnama, A. 2014. Nitrogen use efficiency assessment under intra- and inter-specific competitions stress. Journal of Plant Physiology and Breeding 4(2): 9–21. (In Persian with English Summary)

Aynehband, A., Sabet, M., and Moezi, A.A. 2010. The comparsion of nitrogen use efficiencies in old and modern wheat cultivars: agroecological results. American–Eurasian Journal of Agriculture Environmental Science 10(4): 574–586.

Bänzinger, M., Edmeades, G.O., and Beck, D. 2000. Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize: from Theory to Practice Mexico: International Maize and Wheat Improvement Center. pp. 66.

Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., and Hawkesford, M.J. 2010. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. European Journal of Agronomy 33: 1–11.

Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Total nitrogen. In: Page A.L, Miller R.H., Keeny D.R. Methods of Soil Analysis Madison: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. pp. 1119–1123

Cassman, K.G., Doberman, A., and Walters, D.T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. Ambio 31:132-140.

www.SID.ir

Archive of SID

Chen, F., and Mi, G. 2012. Comparison of nitrogen accumulation and nitrogen utilization efficiency between elite inbred lines and the landraces of maize. Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science 62: 565–569

Chen, F.J., Mi, G.H., and Zhang, F.S. 2009. Breeding of nitrogen use efficiency on maize cultivar Zhongnong 99 (in Chinese). Crops 6: 103–104.

Chen, X., Zhou, J., Wang, X., Blackmer, A.M., and Zhang, F. 2004. Optimal rates of nitrogen fertilization for a winter wheat-corn cropping system in Northern China. Communication of Soil Science and Plant Analysis 35: 583–597.

Cui, Z.L., Zhang, F.S., Mi, G.H., Chen, F.J., Li. F., Chen, X.P., Li, J.L and Shi, L.F. 2009. Intraction between genotypic difference and nitrogen management strategy in determining nitrogen use efficiency of summer maize. Plant and Soil 317: 267- 276.

Dawson Julie, C., Huggins, D.R., and Jones Stephen, S. 2008. Review characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low–input and organic agricultural systems. Field Crops Research 107: 89–101.

Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., De Flacis, D., Maggiore, T., and Stanca, A.M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy 9: 11–20.

Di Paolo, E., and Rinaldi, M. 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crop Research 105: 202–210.

Dobermann, D.I., and Cassman, K.G. 2004. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production of United States and Asia. Plant and Soil 247: 153–175.

Duvick, D.N. 2005. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). Advances in Agronomy 86: 83–145.

Huggins, D.R. and Pan, W.L. 2003. Key indicators for assessing nitrogen use efficiency in cereal–based agroecosystems. Journal Crop Production 8: 157–185.

Jacobs, B.C., and Pearson, C.J. 1991. Potential yield of maize determined by rates of growth and development of ears. Field Crops Research 27: 281-298.

Jafari, L., Koocheki, A., and Nassiri-Mahallati, M. 2019. Evaluation of nitrogen efficiency for cereal Crop cultivars in Iran based on the historical course of their release: 1- wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 11 (2): 655-671. (In Persian with English Summary)

Keskin, B., Akdeniz, H., Yilmazand, I.H., and Uran, N.T. 2005. Yield and quality of forage corn (*Zea mays* L.) as influenced by cultivar and nitrogen rate. Journal of Agronomy 4: 138-141.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mansory, A., and Moradi, R. 2012. Investigation of flow and nitrogen use efficiency in wheat production and consumption cycles (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) in Iran. Journal of Agroecology 4(3): 192-200. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri, M., Bakhshaie, S. and Davodi, A. 2015. A Meta Analysis on Nitrogen Fertilizer Experiments on Cereal Crops in Iran. Journal of Agroecology. (Article under press).

Le Gouis, J., Béghin, D., Heumez, E., and Pluchard, P. 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat. European Journal of Agronomy 12: 163–173.

Lee, E.A., and Tollenaar, M. 2007. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. Crop Science 47: S202–S215.

Lopez–Bellido, R.J., and Lopez–Bellido, L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crops Research 71: 31–46.

Ma, B.L., Dwyer, L.M., and Gregorich, E.G. 1999. Soil nitrogen amendment effects on nitrogen uptake and grain yield of maize. Agronomy Journal 91: 650–656.

Mi, G.H., Liu, J.A., and Zhang, F.S. 1998. Analysis on agronomic nitrogen efficiency and its components of maize hybrids (in Chinese). Journal of China Agricultural University 3: 97–104.

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.

Muchow, R.C. 1998. Nitrogen utilization efficiency in maize and grain sorghum. Field Crops Research 56, 209–216.

Muurinen, S., Kleemola, J., and Peltonen–Sainio, P. 2007. Accumulation and translocation of nitrogen in spring cereal cultivars differing in nitrogen use efficiency. Agronomy Journal 99: 441–447.

Pollmer, W.G., Eberhard, D., and Klein, D. 1978. Studies on maize hybrids involving inbred lines with varying protein

www.SID.ir

Archive of SID

content. Z Pflanzenzuecht 80: 142–148.

Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare Faizabadi, A., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Investigation of nitrogen use efficiency in wheat-based double croppingsystems under different rate of nitrogen and return of crop residue. Agricultural Science and natural Research 3(3): 125–142. (In Persian with English Summery)

Raun, W.R., and Johnson, G.V. 1991. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal 91: 357–363.

Shafi, M., Bakht, J., Jan, M.T., and Shah, Z. 2007. Soil C and N dynamics and maize (*Zea may* L.) yield as affected by cropping systems and residue management in North-western Pakistan. Soil and Tillage Research 94: 520–529.

Singh, U. 2005. Integrated nitrogen fertilization for intensive and sustainable agriculture. Journal of Crop Improvement 15: 259-287.

Syeidi, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Study yield, its components and nitrogen use effecincy using of compost mushroom, biological and urea fertilizer in wheat. Journal of Agroecology 3: 313–323. (In Persian with English Summary)

Terry, L.R. 2008. Improving nutrient use efficiency. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32: 177–182.

Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418: 671–677.

Torbert, H.A., Potter, K.N., and Morrison, J.E. 2001. Tillage system, fertilizer nitrogen rate and timing effect on corn yields in the Texas Blackland prairie. Agronomy Journal 93:1119-1124.

Woli, K.M., Boyer, M.J., Elmore, R.W., Sawyer, J.E., Abendroth, L.J., and Barker, D.W. 2016. Corn era hybrid response to nitrogen fertilization. Agronomy Journal 108(2): 495-508.

Zhang, F.S., Mi, G.H., and Liu, J.A. 1997. Advances in the genetic improvement of nitrogen efficiency in maize (in Chinese). 1997. Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development 5: 112–117.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 975-994

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 994-975

Evaluation of Nitrogen Efficiency for Cereal Cultivars in Iran Based on the Course of Their Release: 2- Corn (*Zea mays* L.)

L. Jafari[1], A. Koocheki[2]* and M. Nassiri Mahallati[2]

Submitted: 03-08-2016
Accepted: 22-02-2017

Jafari, L., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2019. Evaluation of nitrogen efficiency for cereal crop cultivars in Iran based on the historical course of their release: 2- Corn (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology. 11 (3): 975-994.

Introduction

Nitrogen is one of the most important nutrients and plays a major role in crop yield improvement. Currently, under the global pressure to increase grain yield while simultaneously minimizing environmental risks, the nitrogen use efficiency has become a challenging issue. Corn (*Zea mays* L.) nitrogen use is of continued interest due to agronomic performance and environmental issues. Nitrogen use efficiency (NUE), nitrogen uptake efficiency (NU_pE) and nitrogen utilization efficiency (NU_tE) are the main indices normally used to investigate the nitrogen efficiency of plants. However, nitrogen harvest index (NHI) and nitrogen partial factor productivity are also issues of importance. The aim of the present study was to evaluate all these indices for corn cultivars released in Iran during the last 40 years to find the trend changes during the course of their release.

Materials and Methods

In order to evaluate the trend of changes of nitrogen use efficiency for corn cultivars during the course of their release an experiment was conducted in growing season of 2014- 2015 in the experiment farm of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. The experiment was based on split plot with complete randomized block design (CRBD). Treatments included eight different levels of nitrogen (nitrogen applied from urea source (46%) N: 0, 100, 200 and 300 kg N ha^{-1}, animal manure: 0, 10, 20 and 30 ton ha^{-1} corresponding to 0, 100, 200 and 300 kg N ha^{-1} respectively). Nitrogen fertilizer was allocated to the main plots and six cultivars of corn, (704 and 647 released as very old cultivars, 500 as an old cultivars and 705, 706 and 260 as new ones were allocated to sub plots. Sub plots were 2.25×3 m with three replications.

Results and Discussion

Results showed that grain, stover and biological yields, harvest index, nitrogen use efficiency, nitrogen uptake efficiency and nitrogen utilization efficiency were affected significantly by cultivars and fertilizer levels. Maximum and minimum stover yield was obtained with 704 (very old hybrid) and 260 (new hybrid), respectively. In contrast with these results, showed that the new cultivars have significantly higher yield than old corn cultivars. Although corn cultivars had significant effects on nitrogen harvest index, this was not affected by fertilizer levels and types. With increasing in nitrogen and manure fertilizer levels, grain and biological yields increased significantly. Although in most fertilizer levels maximum grain yields were observed in the 704 cultivar, but with increase in nitrogen amount from 0 to 300 kg, the most grain yield increases were obtained 117 and 103% in the 500 and 705 cultivars, respectively. On the other hand, in compared to manure fertilizer, nitrogen increased almost yield traits, so that, with exception of 500 and 647 cultivars, in other cultivars manure fertilizer decreased nitrogen use efficiency in compared to equal nitrogen fertilizer significantly. Maximum and minimum nitrogen use efficiency and nitrogen harvest index were obtained with 260 and 704 cultivars. However, two mentioned cultivars showed significant differences, while other cultivars had no significant differences. When different levels of manure fertilizer were applied, statistically similar effects were obtained on corn yield and nitrogen efficiency indices, as compared to equal levels of nitrogen fertilizer. With evaluation of

1- Assistant Professor, Horticultural Science Department, University of Hormozgan and former PhD Student of the Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.57941

www.SID.ir

Archive of SID

different corn hybrids and nitrogen fertilizer levels reported a negative linear correlation between nitrogen use efficiency and nitrogen levels. With increasing nitrogen fertilizer levels, nitrogen use and utilization efficiencies and partial factor productivity of nitrogen decreased significantly, but with increasing manure levels this trend was observed only for nitrogen use efficiency and partial factor productivity of nitrogen.

Conclusion

In general, no consistent trends were observed between new and old hybrids and also between nitrogen fertilizer levels and types in terms of nitrogen efficiency indices. Furthermore, yield characteristics responses of corn cultivars to fertilizer levels and types had no significant trends. According to these results, it could not be state certainly that in the last four decades, corn cultivars breeding in Iran leading to improved nitrogen efficiency indices and therefore efficient use of fertilizers.

Keywords: Cultivar, Fertilizer, Nitrogen use efficiency, Yield

www.SID.ir