نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، ص. ۵۳۴-۵۲۵

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 4, Winter 2012, p. 525-534

پاسخ کارایی نیتروژن و فسفر ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) به سطوح مختلف کود اوره و مرغی در شرایط تنش خشکی کوتاه‌مدت

سولماز نیسانی[۱]، سیف‌اله فلاح[۲*] و فایز رئیسی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۱/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۵/۲۹

چکیده

دسترسی به آب و عناصر غذایی دو عامل اصلی تولید ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند، ولی اثر سطوح مختلف نیتروژن از منبع کودهای آلی و شیمیایی بر کارایی عناصر (به ویژه نیتروژن و فسفر) در شرایط تنش خشکی بخوبی مشخص نشده است. بنابراین با هدف تعیین اثر کودهای اوره و مرغی و تنش خشکی کوتاه‌مدت در ذرت (سینگل‌کراس ۷۰۴) بر کارایی نیتروژن و فسفر، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شهرکرد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ به اجرا درآمد. تیمارها شامل چهار سطح نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) از منابع کود مرغی و اوره و دو رژیم آبیاری (آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله ظهور گل‌تاجی به مدت دو هفته) بودند. نتایج نشان داد که کارایی نیتروژن و فسفر بین رژیم‌های آبیاری اختلاف معنی‌داری نداشت. اثر تیمار کودی بر کارایی زراعی نیتروژن، کارایی فیزیولوژیک نیتروژن، کارایی زراعی فسفر و ماده خشک اندام‌های هوایی معنی‌دار بود، ولی کارایی بازیافت نیتروژن و فسفر و کارایی فیزیولوژیک فسفر از لحاظ آماری تحت تأثیر کوددهی قرار نگرفت. سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود مرغی دارای بیشترین ماده خشک اندام هوایی (۳۲۲۸۹ کیلوگرم در هکتار) و کارایی زراعی نیتروژن (۶۲/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم) بود، ولی کارایی آن با سطوح مختلف نیتروژن از منبع اوره اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر (به ترتیب ۱۴۱ و ۱۱۴ کیلوگرم بر کیلوگرم) با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود مرغی بدست آمد و اختلاف آن با سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره معنی‌دار بود. بطور کلی، کارایی زراعی و فیزیولوژیک نیتروژن و کارایی زراعی فسفر در شرایط استفاده از کود مرغی بالاتر از کود اوره بود و تنش کوتاه‌مدت آب در مرحله ظهور گل‌تاجی پاسخ کارایی عناصر را به مقادیر و منابع کودی تحت تأثیر قرار نداد.

واژه‌های کلیدی: عنصر غذایی، کارایی مصرف نیتروژن، کود آلی، مردابی شدن

مقدمه

کارایی زراعی یا کارایی مصرف نیتروژن و فسفر به عنوان شاخص‌های ساده و معمول جهت ارزیابی کارایی مصرف این عناصر برای تولید محصول به ازای هر واحد نیتروژن یا فسفر مصرف شده تعریف می‌شوند و اغلب عامل کلیدی در مدیریت نیتروژن و فسفر برای تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شوند (Lak et al., 2007). افزایش شدت تنش خشکی معمولاً باعث کاهش کارایی زراعی نیتروژن و فسفر می‌گردد، به طوریکه در این شرایط افزایش مصرف این عناصر تأثیر اندکی بر افزایش عملکرد دانه دارد و موجب کاهش محسوس کارایی زراعی کود نیز می‌گردد (Lak et al., 2007). عدم تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تنش خشکی ناشی از کاهش جذب و یا افزایش هدررفت عنصر نیتروژن در شرایط تنش می‌باشد (Moll et al., 1982).

سرعت جذب نیتروژن به آب قابل استفاده در خاک بستگی دارد و افزایش رطوبت خاک نه تنها عملکرد ذرت را در پاسخ به مصرف نیتروژن افزایش داده بلکه باعث افزایش کارایی کود شیمیایی نیز می‌شود (Martin et al., 1982). معمولاً بالاترین کارایی با جذب اولین واحد عنصر غذایی (کود) به دست می‌آید و واحدهای بعدی مصرف عنصر غذایی کارایی کم‌تری دارند (Martin et al., 1982). با افزایش مصرف کود عملکرد دانه به تبعیت از قانون بازده نزولی میچرلیخ افزایش کمتری داشته که این وضعیت موجب کاهش کارایی مصرف کود می‌شود (Moll et al., 1982). برای نیتروژن علت این

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، استادیار اکولوژی گیاهان زراعی و دانشیار خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: falah1357@yahoo.com)

Archive of SID
www.SID.ir

کاهش را فزونی سرعت هدررفت عنصر کودی از طریق تصعید، نیترات‌زدایی، آبشویی و یا به علت عدم استفاده مؤثر از آن می‌دانند (Goodroad & Jellum, 1988). همچنین هنگام مصرف مقادیر بالاتر از حد بهینه نیتروژن، گیاه ذرت قادر به بهره‌گیری از مزایای بالقوه مکانیسم چهار کربنه و استفاده از نیتروژن نمی‌باشد، ولی هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ برای مصرف مطلوب‌تر نیتروژن و تولید دانه تحت تراکم‌های بالاتر دارای استعداد خوبی می‌باشد (Greef, 1994).

از سوی دیگر، کارایی بازیافت ظاهری یا جذب بر حسب مقدار عنصر غذایی جذب شده به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف شده تعریف می‌شود، ولی کارایی فیزیولوژیک میزان ماده خشک تولیدی به ازای هر واحد عنصر غذایی جذب شده تعریف می‌گردد (Moll et al., 1982)، کارایی جذب نیتروژن بسیار متغیر بوده و عمدتاً توسط نمو و مرفولوژی سیستم ریشه‌ای کنترل می‌گردد (Barbieri et al., 2008). نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که افزایش تنش خشکی همراه با افزایش مصرف نیتروژن کاهش کارایی بازیافت ظاهری نیتروژن را به همراه دارد و در واقع کمبود آب در خاک به لحاظ کاهش جذب نیتروژن باعث کاهش کارایی بازیافت ظاهری می‌گردد (Moll et al., 1982). نیتروژن پس از حرکت و رسیدن به ریشه‌ها جذب می‌شود، از این‌رو تأمین میزان آب مناسب یکی از کاراترین شیوه‌های حرکت نیترات به سمت ریشه‌ها از طریق جریان توده‌ای می‌باشد (Bock, 1984). کاهش کارایی بازیافت ظاهری بر اثر افزایش مصرف نیتروژن نیز ناشی از ثابت بودن ظرفیت جذب و استفاده از نیتروژن توسط گیاه و مهم‌تر از آن افزایش هدررفت این عنصر می‌باشد (Bock, 1984). کاربرد نیتروژن بیش از حد مورد نیاز ممکن است باعث تجمع نیترات در بخش‌های توسعه‌یافته ریشه و خطر آبشویی نیتروژن خاک به دنبال داشته باشد (Sogbedji et al., 2000; Ferguson et al., 1991; Schepers et al., 1991). کارایی بازیافت فسفر تحت تأثیر منبع فسفر مصرفی است، به طوری که این کارایی در شرایط تأمین فسفر مورد نیاز ذرت از منبع کود گاوی و یا کود مرغی دو برابر کود سوپرفسفات معمولی می‌باشد (Mohanty et al., 2006). کود مرغی به دلیل آزاد کردن تدریجی فسفر در طی معدنی شدن نیتروژن و آزاد کردن اسیدهای آلی در محیط و افزایش حلالیت این عنصر موجب تثبیت کمتر فسفر و افزایش کارایی جذب آن می‌شود (Toor, 2009).

به طور کلی، مصرف کودهای آلی علاوه بر بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، با کاهش تبخیر و تعدیل درجه حرارت خاک می‌توانند اثر تنش خشکی بر ریشه‌های گیاه را کاهش و با تأمین عناصر غذایی، رشد گیاه را بهبود دهند (Ould Ahmed et al., 2010). در مطالعه‌ای دیگر، افزایش کود به خصوص کود دامی باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تأثیر منفی کمبود آب بر وزن زیستی گیاه شد. با کاهش مقدار آب آبیاری به میزان ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد کود در طول دوره رشد ذرت (*Zea mays* L.) کاهش نسبی در وزن زیستی مشاهده شد و با افزایش مصرف کود وزن زیستی گیاه افزایش یافت (Majidian et al., 2008).

در ایران به دلایل متعدد از جمله عدم ترویج مبنای صحیح تغذیه گیاهی و روش غلط نحوه مصرف کود نیتروژن، کارایی مصرف کود نیتروژن بسیار پایین است (Farahmand et al., 2006). بنابراین، بر اثر مصرف مقادیر زیاد کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار از جمله کود اوره، آلودگی نیتراتی ایجاد می‌شود که باعث به خطر افتادن سلامت بشر از طریق آب‌های سطحی و آشامیدنی می‌شود (Townsend et al., 2003). علاوه بر آن، آلودگی نیترات منجر به مردابی‌شدن[1] و در نتیجه تغییراتی در عملکرد اکولوژیکی و شبکه‌های غذایی می‌شود (National Research Council, 2000). تنش کم‌آبی می‌تواند با کاهش جذب نیتروژن پیامدهای نامطلوب ناشی از آبشویی نیترات را تشدید نماید. از طرفی، این اثرات نامطلوب هنگام مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در کشت ذرت علوفه‌ای می‌تواند شدت بیشتری داشته باشد. بنابراین، تحقیق حاضر به منظور بررسی ارزیابی کارایی دو منبع کود مرغی و اوره در سطوح مختلف کود روی ذرت علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ انجام گرفت. بر اساس تقسیم‌بندی آمبروژه محل مورد مطالعه جزء مناطق خشک محسوب می‌شود. بیشترین میزان بارندگی سالیانه در فصل زمستان مشاهده می‌شود که با فصل رویش گیاهان زراعی در منطقه هماهنگ نبوده و از نظر پراکنش زمانی دارای وضعیت مطلوبی نیست (Alizadeh Dehkordi, 2011).

سال پیش از آزمایش زمین به صورت آیش بود و قبل از آماده‌سازی بستر، یک نمونه مرکب از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری خاک تهیه و پس از هوا خشک شدن از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. کود مرغی از مرغداری دانشگاه شهرکرد جمع‌آوری گردید و پس از هوا خشک شدن، آسیاب و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. سپس خصوصیات کود مرغی و خاک در آزمایشگاه تعیین شد (جدول ۱). در این آزمایش اندازه‌گیری بافت خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، نیتروژن کل به روش کجلدال (Bremner & Mulvaney, 1982)، فسفر قابل جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر به روش اولسن (Olsen & Sommers, 1982)، پتاسیم قابل جذب با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر به روش استات

1- Eutrophication

Archive of SID

www.SID.ir

آمونیوم (Simard, 1993)، کربن آلی به روش اکسایش تر (Olsen & Sommers, 1982)، قابلیت هدایت الکتریکی به وسیله دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی به روش جانزن (Janzen, 1993) و pH خاک و کود توسط دستگاه pH متر در عصاره گل اشباع انجام گرفت.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل آبیاری کامل و ایجاد تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری در مرحله ظهور گل‌تاجی و تیمار کودی شامل شاهد (بدون کود) و ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره و کود مرغی به عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. میزان نیتروژن سطوح متوالی کود اوره به ترتیب معادل نیتروژن قابل دسترس سطوح متوالی کود مرغی بود. برای سطوح متوالی نیتروژن، مقدار کود اوره مصرفی به ترتیب ۲۱۷/۴، ۴۳۴/۸ و ۶۵۲/۲ کیلوگرم در هکتار و مقدار کود مرغی مصرفی به ترتیب ۶۶۶۷، ۱۳۳۳۴ و ۲۰۰۰۱ کیلوگرم در هکتار بود. برای ایجاد تنش خشکی در مرحله گلدهی که حساس‌ترین مرحله نیز می‌باشد (Katerji et al., 2004)، آبیاری فقط در مرحله ظهور گل تاجی و به مدت دو هفته قطع شد. در پایان دوره تنش (دو هفته پس از قطع آبیاری) رطوبت وزنی خاک در تیمار آبیاری کامل و قطع آب به ترتیب ۸ و ۴/۳ درصد بود.

برای تهیه بستر، ابتدا زمین مورد نظر را با استفاده گاوآهن یک‌طرفه شخم زده و دو بار دیسک عمود بر هم اعمال گردید. سپس جوی و پشته‌ها با دستگاه فاروئر تهیه گردید. هر کرت به طول نه متر و عرض ۳/۶ متر شامل شش ردیف به فاصله ۶۰ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها نیز دو متر در نظر گرفته شد. کود مرغی در کرت‌های مورد نظر به صورت یکنواخت و نواری در عمق نه سانتی‌متری پائین پشته قرار داده و سپس با خاک پوشانیده شد، به گونه‌ای که حدود ۱۵ سانتی متر خاک روی آن قرار گرفت. در سطوح مختلف کود شیمیایی مقدار فسفر معادل سطوح کود مرغی به صورت کود سوپرفسفات تریپل با مقادیر ۵۸، ۱۱۶ و ۱۷۴ کیلوگرم فسفر در هکتار به همراه یک سوم کود نیتروژن قبل از کاشت به صورت نواری در عمق مشابه تیمار کود مرغی قرار داده شد.

کاشت بذور ضد عفونی شده ذرت (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴) متعلق به گروه دیررس با طول دوره رویش ۱۳۵–۱۲۵ روز در ۱۰ خرداد ماه، در عمق پنج سانتی‌متری رأس پشته انجام شد. در هر کپه سه بذر قرار داده و بعد از کاشت آبیاری صورت گرفت. آبیاری‌های طول فصل رشد بر اساس شرایط محیطی هر ۷–۵ روز یک‌بار انجام شد. جهت دستیابی به تراکم‌های مطلوب (۱۴۰۰۰۰ بوته در هکتار) در مرحله ۴–۳ برگی در زمان نمناک بودن مزرعه عملیات تنک انجام شد. برای کنترل علف‌های هرز، وجین دستی در طول دوره رویش صورت گرفت.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک و کود مرغی مورد استفاده

Table 1- Some properties of selected soil and broiler litter

Parameter ویژگی	Unit واحد	Soil خاک	Broiler litter کود مرغی
بافت Texture	-	Clay loam	-
اسیدیته pH	-	7.85	6.41
هدایت الکتریکی EC	دسی‌زیمنس بر متر ($dS.m^{-1}$)	0.86	12.7
کربن آلی Organic carbon	گرم بر کیلوگرم ($g.kg^{-1}$)	3.7	-
نیتروژن آلی Total nitrogen	گرم بر کیلوگرم ($g.kg^{-1}$)	0.8	30
فسفر P	گرم بر کیلوگرم ($g.kg^{-1}$)	0.0115	10.56
پتاسیم K	گرم بر کیلوگرم ($g.kg^{-1}$)	0.344	11.454
آهن Fe	میلی‌گرم بر کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)	4.98	876
منیزیم Mn	میلی‌گرم بر کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)	5.21	142
روی Zn	میلی‌گرم بر کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)	0.81	453
مس Cu	میلی‌گرم بر کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)	0.56	26

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین دو سوم باقی مانده کود نیتروژن به صورت سرک در مرحله ۹-۷ برگی بعد از استقرار کامل بوته‌ها به خاک پشته‌ها اضافه گردید.

در زمان برداشت علوفه (۳۰ شهریور) از هر کرت آزمایشی، پنج بوته برداشت و پس از خردکردن و اختلاط، ریزنمونه‌ها جهت تعیین وزن خشک در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد آون به مدت ۷۲ ساعت خشک و توزین شدند. سپس میزان نیتروژن کل با روش هضم، تقطیر و تیتراسیون با استفاده از دستگاه کجلدال مدل Gerhardf Vapodest ساخت آلمان و میزان فسفر با روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات وانادات) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Pharmacia LKB-Novaspec-11 ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شد (Murphy & Riley, 1962).

جهت محاسبه کارایی زراعی نیتروژن و فسفر، کارایی جذب و کارایی فیزیولوژیک این عناصر از معادلات زیر استفاده شد (Abbasi et al., 2010):

معادله (۱)
$$\text{کارایی مصرف یا زراعی نیتروژن } (kg.kg^{-1}) = \frac{\text{ماده خشک تیمار شاهد} - \text{ماده خشک تیمار حاوی کود}}{\text{نیتروژن مصرفی}}$$

معادله (۲)
$$\text{کارایی جذب یا بازیافت نیتروژن } (\%) = \frac{\text{جذب نیتروژن تیمار شاهد} - \text{جذب نیتروژن تیمار حاوی کود}}{\text{نیتروژن مصرفی}} \times ۱۰۰$$

معادله (۳)
$$\text{کارایی فیزیولوژیک نیتروژن } (kg.kg^{-1}) = \frac{\text{ماده خشک تیمار شاهد} - \text{ماده خشک تیمار حاوی کود}}{\text{جذب نیتروژن تیمار شاهد} - \text{جذب نیتروژن تیمار حاوی کود}}$$

معادله (۴)
$$\text{کارایی مصرف یا زراعی فسفر } (kg.kg^{-1}) = \frac{\text{ماده خشک تیمار شاهد} - \text{ماده خشک تیمار حاوی کود}}{\text{فسفر مصرفی}}$$

معادله (۵)
$$\text{کارایی جذب یا بازیافت فسفر } (\%) = \frac{\text{جذب فسفر تیمار شاهد} - \text{جذب فسفر تیمار حاوی کود}}{\text{فسفر مصرفی}} \times ۱۰۰$$

معادله (۶)
$$\text{کارایی فیزیولوژیک فسفر } (kg.kg^{-1}) = \frac{\text{ماده خشک تیمار شاهد} - \text{ماده خشک تیمار حاوی کود}}{\text{جذب فسفر تیمار شاهد} - \text{جذب فسفر تیمار حاوی کود}}$$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS ver. 9.1 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

کارایی زراعی، جذب و فیزیولوژیک نیتروژن

نتایج جدول ۲ نشان داد که اثرات متقابل آبیاری با کوددهی بر کارایی‌های نیتروژن معنی‌دار نبود، همچنین هیچ‌یک از کارایی‌های زراعی، جذب و فیزیولوژیک نیتروژن تحت تأثیر تیمار قطع آب قرار نگرفت، ولی از لحاظ عددی قطع آب نسبت به آبیاری کامل به ترتیب باعث کاهش ۳۰، ۱۱ و ۲۱ درصدی آنها گردید (جدول ۳). بنابراین، محدودیت رطوبت می‌تواند تا اندازه‌ای استفاده نامطلوب از عنصر کودی را در پی داشته باشد (Malakouti & Hommaie, 2003)، که این علاوه بر اتلاف کود می‌تواند آلایندگی زیست محیطی را نیز به دنبال داشته باشد (Hirzel et al., 2007). با این حال، در یک آزمایش (Alizadeh Dehkordi, 2011) و در همان شرایط اقلیمی قطع آبیاری موجب کاهش معنی‌دار کارایی زراعی و فیزیولوژیک نیتروژن در ذرت گردید که علت این تفاوت را در آن آزمایش می‌توان به استفاده از کود گاوی در آن آزمایش نیز نسبت داد.

اثرات کوددهی بر کارایی زراعی و فیزیولوژیک نیتروژن در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، ولی کارایی جذب نیتروژن تحت تأثیر این تیمار قرار نگرفت (جدول ۲). در هر دو منبع کودی با افزایش سطح نیتروژن کارایی زراعی آن ابتدا کاهش نسبی و سپس افزایش نسبی یافت و با این حال سطوح کود مرغی کارایی زراعی نیتروژن بیشتری نسبت به سطوح کود اوره داشتند (شکل ۱-A).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات کود و آبیاری بر کارایی زراعی، جذب و فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر ذرت علوفه‌ای

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of irrigation and fertilizer effects on N and P agronomic, recovery and physiological efficiencies of forage maize

منابع تغییر S.O. V.	درجه آزادی df	کارایی زراعی نیتروژن N Agronomic efficiency	کارایی جذب نیتروژن N Recovery efficiency	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن N Physiological efficiency	کارایی زراعی فسفر P Agronomic efficiency	کارایی جذب فسفر P Recovery efficiency	کارایی فیزیولوژیک فسفر P Physiological efficiency
تکرار Replication	3	125.1ns	1007.0ns	4496.4ns	1734.5ns	36.78ns	1871488ns
آبیاری (I) Irrigation (I)	1	4159.9ns	462.2ns	6829.9ns	14679.0ns	0.85ns	1136318ns
خطای a Error a	3	1562.1	2774.7	2132.3	7166.6	118.3	1994495
کود (F) Fertilizer (F)	5	730.0**	579.4ns	7715.1**	2741.7**	57.17ns	245115ns
آبیاری × کوددهی I×F	5	111.0ns	769.3ns	2209.8ns	720.9ns	24.79ns	744823ns
خطای b Error b	30	172.4	330.2	1310.4	733.6	43.95	439593

**و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم معنی‌داری

** and ns are significant at α=1% probability level and not significant, respectively.

سطح ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی دارای بالاترین کارایی زراعی نیتروژن بود (۶۲/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم)، ولی با سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱-A). به نظر می‌رسد که بالا بودن ماده خشک کل در سطوح کود مرغی نسبت به سطوح کود اوره، باعث افزایش کارایی زراعی نیتروژن در این تیمارها گردیده است که با نتایج دیگر محققان (Abbasi et al., 2010) مبنی بر کارایی زراعی نیتروژن بالاتر در سطوح کود اوره نسبت به مرغی مغایرت دارد، زیرا در آزمایش آن‌ها زیست توده حاصله از کود مرغی نسبت به کود شیمیایی پائین‌تر بود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات قطع آب بر کارایی زراعی، جذب و فیزیولوژیک نیتروژن و فسفر ذرت علوفه‌ای

Table 3- The comparison of means for the effect of water holding on N and P agronomic, recovery and physiological efficiencies of forage maize

Treatment تیمار	کارایی زراعی نیتروژن N Agronomic efficiency	کارایی جذب نیتروژن N Recovery efficiency	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن N Physiological efficiency	کارایی زراعی فسفر P Agronomic efficiency	کارایی جذب فسفر P Recovery efficiency	کارایی فیزیولوژیک فسفر P Physiological efficiency
	کیلوگرم بر کیلوگرم ($kg.kg^{-1}$)	(درصد) (Percent)	کیلوگرم بر کیلوگرم ($kg.kg^{-1}$)		درصد (Percent)	کیلوگرم بر کیلوگرم $Kg.kg^{-1}$)
آبیاری کامل Full irrigation	60.28a*	57.15a	113.11a	106.81a	9.87a	1396.3a
قطع آب Water holding	41.66a	50.94a	89.25a	71.83a	10.14a	1088.5a
LSD (α = 0.05)	36.31	48.39	42.42	77.77	9.99	1297.4

*میانگین‌های دارای حرف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

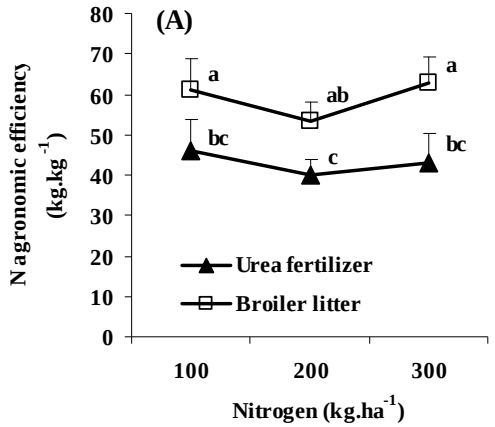
* Within each column, means with similar letter, are not significantly different (p≤0.05) based on LSD test.

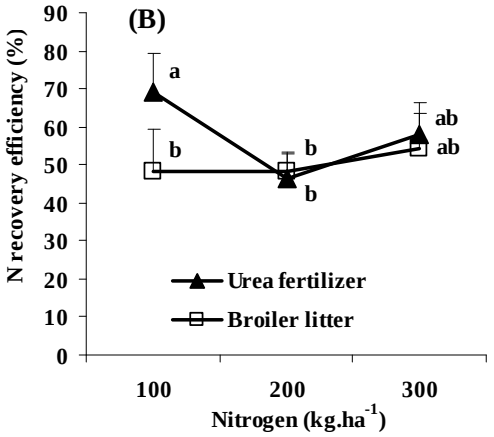
Archive of SID

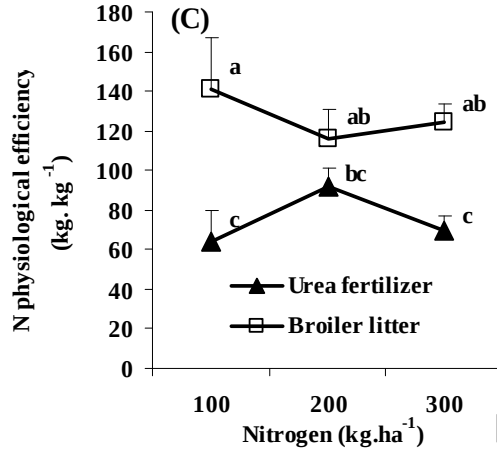
www.SID.ir

به نظر می‌رسد که در آزمایش آن‌ها پائین بودن میزان مصرف کود مرغی (بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، علت کاهش کارایی زراعی نیتروژن باشد که قادر به تأمین عناصر غذایی مورد نیاز طی دوره رشد گیاه نبوده است. برخی محققین کاهش آبشویی نیتروژن در محیط و احتمالاً از دست رفتن بخشی از نیتروژن توسط آبشویی قبل از جذب ریشه هنگامی که گیاه قادر به مصرف عناصر اضافی نبوده است را از جمله دلایل کاهش کارایی مصرف نیتروژن دانستند (Fallah & Tadayyon, 2010).

علی‌رغم معنی‌دار نبودن اثر کوددهی بر کارایی جذب نیتروژن، روند تغییر آن در سطوح مختلف کود اوره ابتدا نزولی و سپس صعودی بود و در سطوح کود مرغی نیز روند مشابهی مشاهده شد، ولی بین سطوح مختلف آن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱- B). همچنین کارایی جذب نیتروژن در سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره بیشترین مقدار بود که اختلاف آن با دیگر سطوح کودی به استثنای ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار معنی‌دار بود (شکل ۱- B). متعادل بودن توزیع ماده خشک بین اجزای رویشی و زایشی گیاه (Andrade et al., 1999)، و یا تعادل بین نیاز گیاه و قابلیت دسترسی نیتروژن خاک (Subedi et al., 2006)، می‌تواند دلیل بالا بودن کارایی جذب نیتروژن باشد. به طور کلی، در آزمایش حاضر اختلاف کارایی جذب نیتروژن دو منبع کودی معنی‌دار نبود، این در حالی است که برخی از پژوهشگران بالا بودن کارایی جذب نیتروژن ذرت و پنبه در سطوح مختلف کود مرغی نسبت به کود اوره را به دلیل افزایش قابلیت دسترسی به نیتروژن در کود مرغی و کاهش امکان آبشویی آن اعلام نمودند (Hirzel et al., 2007; Adeli et al., 2005)، ولی عده‌ای از پژوهشگران کاهش کارایی جذب نیتروژن تیمار کود دامی نسبت به کود شیمیایی را گزارش کردند و علت آن را عدم همزمانی آزادسازی نیتروژن با نیاز گیاه در تیمار کود دامی دانستند (Russo et al., 2010).







شکل ۱- اثرات کوددهی بر کارایی‌های زراعی (A)، جذب (B) و فیزیولوژیک (C) نیتروژن تحت شرایط تنش خشکی کوتاه مدت.

Fig. 1- Fertilizer effects on N agronomic (A), recovery (B) and physiological (C) efficiencies in short-term drought stress conditions

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

خطوط عمودی خطای معیار استاندارد را نشان می‌دهند.

Means with similar letter, are not significant different at α=5 percent probability level based on LSD test.

Bars indicate standard errors.

مطابق نتایج شکل ۱- C کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در سطوح مختلف کود مرغی نسبت به کود اوره همواره بالاتر بود که دلیل آن را می‌توان زیادتر بودن ماده خشک در سطوح مختلف کود مرغی دانست، به طوریکه ماده خشک سطوح متوالی کود مرغی نسبت به سطوح متوالی کود اوره به ترتیب ۱۹۷۳، ۲۷۱۰ و ۵۹۷۶ کیلوگرم در هکتار بیشتر بود. بیشترین کارایی فیزیولوژیک نیتروژن مربوط به سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی بود و سطوح کود اوره نیز اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نداشتند (شکل ۳). عده‌ای از

Archive of SID

www.SID.ir

محققین نیز همبستگی مثبت بین عملکرد ماده خشک و کارایی فیزیولوژیک نیتروژن را گزارش نمودند (Abbasi et al., 2005). به طور کلی افزایش کارایی‌های نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر اثر کاربرد کودهای مرغی در ذرت (*Zea mays* L.) (Dordas et al., 2008)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) (Khaliq et al., 2006)، گندم (*Triticum aestivum* L.) (Gopinath et al., 2008) و سورگوم (*Sorghum bicolor* Moench.) (Bayu et al., 2006) گزارش شده است.

کارایی زراعی، جذب و فیزیولوژیک فسفر

اثر متقابل آبیاری با کوددهی بر کارایی زراعی، جذب و فیزیولوژیک فسفر معنی‌دار نبود (جدول ۲)، بنابراین روند تغییرات کارایی این عنصر در سطوح مختلف هر منبع کودی تحت تأثیر قطع آب انتهای فصل قرار نگرفت. همچنین، اثر اصلی آبیاری نیز بر این کارایی فسفر معنی‌دار نبود (جدول ۲). با این حال، کارایی زراعی و فیزیولوژیک این عنصر در محیط قطع آب نسبت به آبیاری کامل به ترتیب حدود ۳۳ و ۳۶ درصد کاهش یافت (جدول ۳). با توجه به این که در محیط قطع آب غلظت فسفر اندام‌های هوایی ۰/۲ گرم بر کیلوگرم بالاتر از آبیاری کامل بود، علت اصلی کاهش کارایی‌های مذکور را می‌توان به کاهش ماده خشک تولیدی نسبت داد، زیرا ماده خشک در شرایط قطع آب ۲۷/۳ درصد کمتر از محیط آبیاری کامل بود.

اثر کوددهی بر کارایی زراعی فسفر معنی‌دار گردید ولی کارایی جذب و فیزیولوژیک فسفر به تیمار کوددهی واکنش معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۲). کارایی زراعی فسفر در سطوح کود مرغی در مقایسه با هر سطح کود اوره بالاتر بود و بیشترین میزان کارایی زراعی فسفر در سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی مشاهده گردید (شکل ۲-A). دلیل این برتری تولید ۱۰/۵۶ درصد ماده خشک بالاتر نسبت به سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره و همچنین کاهش نسبی جذب فسفر در مقایسه با دیگر سطوح کود مرغی و سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره می‌باشد. کارایی زراعی فسفر در تیمارهای کود اوره اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار این کارایی در تیمار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره مشاهده گردید (شکل ۲-A). نتایج علیزاده دهکردی (Alizadeh Dehkordi, 2011) نیز حاکی است که در محیط استفاده از کود مرغی آزاد کردن تدریجی فسفر در طی معدنی شدن نیتروژن و آزاد کردن اسیدهای آلی در محیط موجب افزایش حلالیت این عنصر و در نتیجه افزایش کارایی جذب آن شده است.

تأثیر کوددهی بر کارایی جذب فسفر معنی‌دار نبود (جدول ۲)، ولی روند کارایی جذب فسفر در تیمارهای کود مرغی با اوره متفاوت بود، به طوری که در تیمارهای کود اوره ابتدا نزولی و سپس صعودی بود (شکل ۲- B). کارایی جذب فسفر در هر سطح کود مرغی نسبت به تیمارهای کود اوره بالاتر بود. حداکثر کارایی جذب فسفر در سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی بدست آمد (شکل ۲- B). در تیمارهای با درصد بالای کود شیمیایی، احتمالاً به دلیل فسفر بیشتر در خاک ممکن است فسفر موجود تثبیت شده و در نتیجه از دسترس گیاه خارج شود (Bahl & Toor, 2002). حال آن که تیمارهای حاوی درصد بالای کود مرغی به دلیل آزاد کردن تدریجی فسفر در طی معدنی شدن فسفر (Sharma & Mittra, 1988) و آزاد کردن اسیدهای آلی در محیط و افزایش حلالیت فسفر (Toor, 2009)، کارایی بیشتری در جذب فسفر از محلول خاک داشتند.

کارایی فیزیولوژیک فسفر در کلیه سطوح کودی (با میانگین ۱۳۵۰ کیلوگرم بر کیلوگرم) اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۲- C). میانگین ماده خشک کل سطوح کود مرغی و اوره به ترتیب حدود ۲۶ و ۲۲ تن در هکتار و میانگین جذب فسفر سطوح کود مرغی و اوره به ترتیب حدود ۱۷ و ۱۴ کیلوگرم در هکتار بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که کارایی فیزیولوژیک آنها تقریباً یکسان باشد.

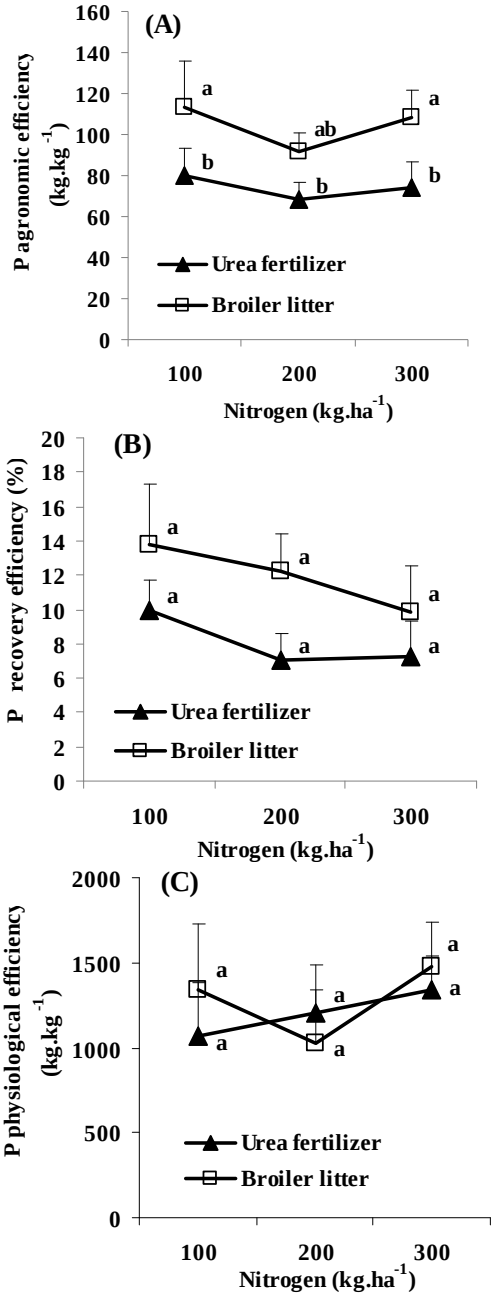
ماده خشک اندام‌های هوایی

تأثیر تیمار آبیاری و کوددهی بر کل ماده خشک اندام‌های هوایی ذرت علوفه‌ای در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل آبیاری با کوددهی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). عملکرد علوفه خشک در تیمار آبیاری کامل و قطع آب به ترتیب ۲۶۰۰۳ و ۱۸۸۹۵ کیلوگرم در هکتار بود و اختلاف آنها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. کاهش عملکرد علوفه خشک در اثر تنش خشکی ناشی از کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه و بلال بوده است. دیگر محققان نیز کاهش ماده خشک اندام هوایی ذرت سیلویی را در شرایط تنش خشکی گزارش نموده‌اند که تأییدی بر نتایج این آزمایش می‌باشد (Gheysari et al., 2009). کاهش پتانسیل آب برگ و سطوح فعال فتوسنتزی سبب کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش ماده خشک می‌شود (Cosculleola & Fact, 1992)، همچنین محدودیت کربوهیدراتی و سقط جنین، کاهش آهنگ فتوسنتز خالص و تجمع ماده خشک در برگ‌ها، ساقه و بلال نیز از دلایل کاهش عملکرد ماده خشک می‌باشد (Yang et al., 1993).

تولید ماده خشک اندام‌های هوایی ذرت پاسخ معنی‌داری به کوددهی نشان داد ($p<0/01$). شکل ۳ بیان‌گر این مطلب است که با افزایش مقدار نیتروژن از دو منبع کود اوره و مرغی، عملکرد ماده خشک نیز افزایش می‌یابد که با نتایج دیگر محققان نیز مطابقت دارد (Uhart & Andrade, 1995).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- اثرات کوددهی بر کارایی‌های زراعی (A)، جذب (B) و فیزیولوژیک (C) فسفر تحت شرایط تنش خشکی کوتاه مدت

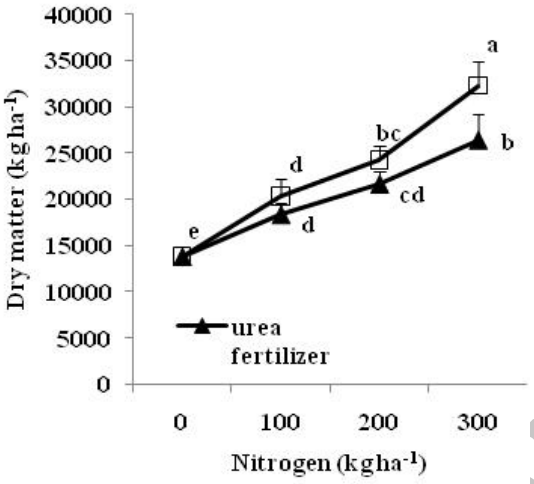
Fig. 2- Fertilizer effects on P agronomic (A), recovery (B) and physiological (C) efficiencies in short-term drought stress conditions

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

خطوط عمودی خطای معیار استاندارد را نشان می‌دهند.

Means with similar letter, are not significant different at α=5 percent probability level based on LSD test.
Bars indicate standard errors.

سطح ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی به دلیل دارا بودن میزان بیشتر وزن خشک برگ، ساقه و بلال بیشترین عملکرد ماده خشک را به همراه داشت. هیرزل و همکاران (Hirzel et al., 2007) بالاترین عملکرد ماده خشک کل (۳۱ تن در هکتار) ذرت علوفه‌ای را با کاربرد ۳۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره و کمترین آن را در شاهد (۱۹ تن در هکتار) گزارش کردند. اقبال و پاور (Eghball & Power, 1999) و عباسی و همکاران (Abbasi et al., 2010) افزایش ماده خشک ذرت در سطوح کود اوره و مرغی را به ترتیب ۱۱ و ۸ درصد نسبت به شاهد گزارش کردند.



شکل ۳- اثرات کوددهی بر ماده خشک اندام‌های هوایی ذرت تحت شرایط تنش خشکی کوتاه مدت

Fig. 3- Fertilizer effects on aboveground dry matter of maize in short-term drought stress conditions

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

خطوط عمودی خطای معیار استاندارد را نشان می‌دهند.

Means with similar letter, are not significant different at α=5 percent probability level based on LSD test.
Bars indicate standard errors.

به طور کلی نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن بود که تنش خشکی کوتاه‌مدت در حساس‌ترین مرحله (ظهور گل‌تاجی) علی‌رغم کاهش ماده خشک اندام‌های هوایی (۲۷/۳ درصد) بر کارایی نیتروژن و فسفر ذرت علوفه‌ای اثر معنی‌داری نداشت، ولی بکارگیری کود مرغی به دلیل برتری کارایی زراعی و فیزیولوژیک نیتروژن و همچنین کارایی زراعی فسفر در مقایسه با کود اوره اثربخشی بیشتری در تولید محصول ذرت علوفه‌ای نشان داد و این برتری در کلیه سطوح متناظر کودی مشاهده گردید. بنابراین، شاید در صورت تکرار نتایج در

Archive of SID

www.SID.ir

پژوهش‌های مشابه بعدی استفاده از کود مرغی جهت دستیابی به کارایی بالاتر منبع نیتروژن و فسفر در سیستم‌های ذرت علوفه‌ای و در نتیجه تحقق بخشی از اهداف کشاورزی پایدار مطلوب باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد و همکاری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرکرد تقدیر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

1- Abbasi, M.K., Kazmi, M., and Hussan, F. 2005. Nitrogen use efficiency and herbage production of an established grass sward in relation to moisture and nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition 28: 1693-1708.
2- Abbasi, M.K., Khaliq, A., Shafiq, M., Kazmi, M., and Imran, A. 2010. Comparatative effectiveness of urea N, poultry manure and their combination in changing soil properties and maize productivity under rainfed conditions in northeast Pakistan. Experimental Agriculture 46: 211-230.
3- Adeli, A., Sistani, K.R., Rowe, D.E., and Tewolde, H. 2005. Effects of broiler litter on soybean production and soil nitrogen and phosphorus concentrations. Agronomy Journal 97: 314-321.
4- Alizadeh Dehkordi, P. 2011. Effect of organic and urea fertilizers on mineralization of soil nitrogen, growth and yield of maize in water holding conditions at tasseling stage. MSc Thesis in Agroecology, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran. (In Persian with English Summary)
5- Andrade, F.H., Vega, C., Uhart, S., Cirilo, A., Cantarero, M., and Valentinuz, O. 1999. Kernel number determination in maize. Crop Science 39: 453-459.
6- Bahl, G.S., and Toor, G.S. 2002. Influence of poultry manure on phosphorus availability and the standard phosphate requirement of crop estimate from quantity–intensity relationships in different soils. Bioresource Technology 85: 317-322.
7- Barbieri, P.A., Echeverría, E.H., Rozas, H.R.S., and Andrade, F.H. 2008. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. Agronomy Journal 100: 1094-1100.
8- Bayu, W., Rethman, N.F.G., Hammes, P.S., and Alemu, G. 2006. Effects of farmyard manure and inorganic fertilizers on sorghum growth, yield and nitrogen use in a semi–arid area of Ethiopia. Journal of Plant Nutrition 29: 391-407.
9- Bock, B.R. 1984. Efficient use of nitrogen in cropping system. In: "R.D. Hauck (Ed.)". Nitrogen in Crop Production. ASA. CSSA, and SSA. INC, Madison. USA. p. 273-294.
10- Bouyoucos, C.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle–size analysis of soil. Agronomy Journal 54: 464-465.
11- Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen–total. In A.L. Page and R.H. Miller (eds). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy Madison WI. p. 595-624.
12- Cosculleola, F., and Fact, J.M. 1992. Determination of the maize (*Zea mays* L.) yield functions in respect to water using a line source sprinkler. Field Crops Abstract 93: 5611.
13- Dordas, C.A., Lithourgidis, A.S., Matsi, T., and Barbayiannis, N. 2008. Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizers affect dry matter, nitrogen accumulation, and partitioning in maize. Nutrient Cycling in Agroecosystems 80: 283-296.
14- Eghball, B., and Power, J.F. 1999. Composted and noncomposted manure application to conventional and no–tillage systems: corn yield and nitrogen uptake. Agronomy Journal 91: 819-825.
15- Fallah, S., and Tadayyon, A. 2010. Uptake and nitrogen efficiency in forage maize: effects of nitrogen and plant density. Agrociencia 44: 549-560.
16- Farahmand, A.R., Fardad, H., Liaghat, A., and Khashi, A. 2006. The effect of water and nitrogen amounts on quantity and quality of tomato under deficit irrigation. Iranian Journal of Agricultural Science 37: 273-279. (In Persian with English Summary)
17- Ferguson, R.B., Shapiro, C.A., Hergert, G.W., Kranz, W.L., Klocke, N.L., and Krull, D.H. 1991. Nitrogen and irrigation management practices to minimize nitrate leaching from irrigated corn. Journal of Production Agriculture 4: 186-192.
18- Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Bannayan, M., Homaee, M., Hoogenboom, G. 2009. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. Agricultural Water Management 96: 809-821.
19- Goodroad, L.L., and Jellum, M.D. 1988. Effect of N fertilizer rate and soil pH on N efficiency in corn. Plant and Soil 106: 85-89.
20- Gopinath, K.A., Saha, S., Mina, B.I., Pande, H., Kundu, S., and Gupta, H.S. 2008. Influence of organic amendments on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production. Nutrient Cycling in Agroecosystems 82: 51-60.
21- Greef, J.M. 1994. Productivity of maize (*Zea mays* L.) in relation to morphological physiological characteristics under varying amounts of nitrogen supply. Journal of Agronomy and Crop Science 172: 317-326.

Archive of SID

www.SID.ir

22- Hirzel, J., Walter, I., Undurraga, I., and Cartagena, M. 2007. Residual effects of poultry litter on silage maize (*Zea mays* L.) growth and soil properties derived from volcanic ash. Soil Science and Plant Nutrition 53: 480-488.
23- Janzen, H.H. 1993. Soluble Salts. In: "M.R. Carter (Ed.)". Soil Sampling and Methods of Analysis. Lewis, Boca Raton, FL. p. 161-166.
24- Katerji, N., Hoorn, J.W., Hamdy, A., and Mastrorilli, M. 2004. Comparison of corn yield response to plant water stress caused by salinity and by drought. Agricultural Water Management 65: 95-101.
25- Khaliq, A., Abbasi, M.K., and Hussain, T. 2006. Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. Bioresource Technology 97: 967-972.
26- Lak, S., Naderi, A., Siadat, A., Ayeneband, A., Noormahamadi, G., and Mousavi, H. 2007. Effect of different levels irrigation, nitrogen and plant density on yield, yield components and assimilate remobilization of grain maize in Khuzestan climatic conditions. Iranian Journal of Agricultural Sciences and Technology and Natural Resources 11 (42): 1-14. (In Persian with English Summary)
27- Majidian, M., Ghalavand, A., Kamgar Haghighi, A.A., and Karimian, N. 2008. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. SC 704. Iranian Journal of Crop Sciences 10(3): 303-330. (In Persian with English Summary)
28- Malakouti, M.J., and Hommaie, M. 2003. Fertility of Arid and Semi–Arid Soils, Problems and Solutions. Tarbiat Modaress University Publications, Iran 494 pp. (In Persian)
29- Martin, D.L., Watts, D.G., Mielke, L.N., Frank, K.D., and Eisen-Hauer, D.E. 1982. Evolution of nitrogen and irrigation management for corn production using water high in nitrate. Soil Science Society of American Journal 49: 1056-1062.
30- Mohanty, S., Kumar Paikaray, K., and Rajan, A.R. 2006. Availability and uptake of phosphorus from organic manures in groundnut (*Arachis hypogea* L.)–corn (*Zea mays* L.) sequence using radio tracer technique. Geoderma 133: 225-230
31- 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.
32- Murphy, J., and Riley, J.P. 1962. A modified single solution for determination of phosphate in natural waters. Analytica Chimica Acta 27: 35-36.
33- National Research Council. 2000. Clean coastal waters: Understanding and reducing the effects of nutrient pollution. National Academy Press, Washington, DC.
34- Olsen, S.R., and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. American methods of soil analysis. In A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds). Part II: chemical and microbiological properties, Society of Agronomy Madison, WI, USA p. 403-430.
35- Ould Ahmed, B.A., Inoue, M., and Moritani, S. 2010. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of wheat. Agricultural Water Management 97: 165-170.
36- Russo, M.A., Belligno, A., Wu, J.Y., and Sadro, V. 2010. Comparing mineral and organic nitrogen fertlizer impact on soil–plant–water system in a succession of three crops. Recent Research in Science and Technology 2: 14-22.
37- Schepers, J.S., Moravek, M.G., Alberts, E.E., and Frank, K.D. 1991. Maize production impacts on groundwater quality. Journal of Environmental Quality 20: 12-16.
38- Sharma, A.R., and Mittra, B.N. 1988. Effect of combinations of organic materials and nitrogen fertilizer on growth, yield and nitrogen uptake of rice. Journal of Agricultural Science 111: 495-501.
39- Simard, R.R. 1993. Ammonium acetate-extractable elements. In: "M.R. Carter (Ed.)". Soil sampling and methods of analysis. Boca Raton F.L. USA: Lewis Publishers. p. 39-42.
40- Sogbedji, J.M., Van Es, H.M., Yang, C.L., Geohring, L.D., and Magdoff, F.R. 2000. Nitrate leaching and nitrogen budget as affected by maize nitrogen rate and soil type. Journal of Environmental Quality 29: 1813-1820.
41- Subedi, K.D., Ma, B.L., and Smith, D.L. 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. Crop Science 46: 1860-1869.
42- Toor, G.S. 2009. Enhancing phosphorus availability in low-phosphorus soils by using poultry manure and commercial fertilizer. Soil Science 174: 358-364.
43- Townsend, A.R., Howarth, R., Bazzaz, F.A., Booth, M.S., Cleveland, C.C., Colling, S.K., Dobson, A.P., Epstein, P.R., Holland, E.A., Keeney, D.R., Mallin, M.A., Rogers, C.A., Wayne, P., and Wolfe, A.H. 2003. Human health effects of a changing global nitrogen cycle. Frontiers Ecology and Environment 1: 240-246.
44- Uhart, S.A., and Andrade, F.H., 1995. Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development to dry matter partitioning, and kernel. Crop Science 35: 1376-1383.
45- Yang, C.M., Fan, M.J., and Hsiang, W.M. 1993. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) to water deficit timing and strength. Journal of Agricultural Research of China 42: 173-186.

Archive of SID

www.SID.ir