نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 606-595

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 595-606

اثر روش‌های مختلف کاربرد کودهای سبز، دامی و زیستی بر پویایی نیتروژن در خاک، برگ و دانه ذرت (*Zea mays* L.)

علی اصغر مومنی[1]، محمد علی بهمنیار[2] و همت‌اله پیردشتی[3*]

تاریخ دریافت:1392/06/25
تاریخ پذیرش:1393/12/02

چکیده

جهت بررسی کاربرد جداگانه و تلفیقی کودهای سبز، دامی و زیستی بر پویایی نیتروژن خاک و گیاه ذرت (*Zea mays* L.)، رقم سینگل کراس 704، پژوهشی به صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. عامل اصلی نوع کود سبز در سه سطح [شاهد، شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.)، و جو (*Hordeum vulgare* L.)]، مدیریت بقایا به عنوان عامل فرعی در سه سطح (برداشت کامل، نصف برداشت و برگردان کامل) و نوع کود به عنوان عامل فرعی در هفت سطح (1- شاهد 2- کود شیمیایی توصیه شده (NPK) شامل اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب به میزان 250، 150 و 100 کیلوگرم در هکتار 3- نصف کود شیمیایی 4- 15 تن کود دامی در هکتار + نصف کود شیمیایی 5- کود زیستی + نصف کود شیمیایی 6- 15 تن کود دامی در هکتار + کود زیستی 7- نصف NPK + 15 تن کود دامی در هکتار + کود زیستی) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که کاربرد کود سبز (شبدر و جو) افزایش 23 درصدی میزان نیتروژن خاک را به همراه داشت. با این وجود میزان نیتروژن برگ (15 درصد)، نیتروژن جذب شده توسط دانه (12 درصد) و عملکرد دانه (13 درصد) در کاربرد کود سبز شبدر نسبت به جو افزایش بیشتری داشت. همچنین تیمارهای کود دامی به همراه نصف کود شیمیایی، کود زیستی به همراه نصف کود شیمیایی و نیز تلفیق کودهای دامی، زیستی و نصف کود شیمیایی پویایی نیتروژن در خاک را نسبت به تیمار کود شیمیایی کامل به میزان 32/9 درصد افزایش دادند.

واژه‌های کلیدی: پویایی نیتروژن خاک، تیمارهای کودی، مدیریت بقایا

مقدمه

در دهه‌های گذشته، بدلیل مصرف کودهای شیمیایی، مسائل زیست‌محیطی متعددی از جمله انواع آلودگی های آب و خاک و مشکلاتی در خصوص سلامتی انسان و دیگر موجودات زنده به وجود آمده است. بر این مبنا، توسعه کشاورزی پایدار با کاربرد نهاده کافی و جایگزینی کودهای آلی، به ویژه کودهای زیستی جهت تولید عملکرد قابل قبول مطرح گردیده است (Jahan & Nassiri, 2007). استفاده از چنین کودهایی در مقایسه با کودهای شیمیایی، شاید در کوتاه مدت موجب افزایش چشمگیر عملکرد نشود اما پایداری و ثبات عملکرد نظام‌های زراعی را در پی خواهد داشت (Yadvinder et al., 2004; Jahan & Nassiri, 2007). پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد که با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و دامی، علاوه بر کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، عملکرد دانه ذرت بهتری حاصل می‌شود، زیرا این سیستم اکثر نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و کارایی جذب مواد غذایی توسط گیاه را افزایش می‌دهد (Majidian et al., 2008). همچنین یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2010) گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی در زراعت ذرت (*Zea mays* L.) با بهبود قابلیت جوانه‌زنی و رشد و نمو ریشه اولیه و گیاهچه در افزایش عملکرد و در نتیجه توسعه این زراعت نقش قابل‌ملاحظه‌ای داشت.

از سوی دیگر تحقیقات زیادی درباره اثرات منفی کودهای

1 و 2- به ترتیب کارشناس ارشد و استاد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
3- دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

شیمیایی به همراه اثرات مثبت کودهای آلی در خاک و گیاه انجام شده که ازجمله آنها می‌توان به تأثیر استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کاهش مواد آلی و نامطلوب شدن خصوصیات فیزیکی خاک اشاره نمود (Rezvantalab et al., 2008). این در حالی است که بکارگیری کودهای آلی با افزایش ماده آلی خاک، موجب تقویت خصوصیات خاکدانه‌ای خاک، فعالیت میکروبی، کیفیت خاک، باروری محصول و ظرفیت نگهداری عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی در خاک می‌شود (Wei & Liu, 2005; Jahan & Nassiri, 2007). کود سبز علاوه بر بهبود ساختمان خاک و تمرکز عناصر غذایی در سطح خاک (Cherr et al., 2006) به عنوان مهمترین منبع جهت فعالیت باکتریائی عمل کرده و باکتری‌ها در این شرایط از کارایی بالاتری برخوردار بوده‌اند (Orhan et al., 2006).

در نظام تغذیه ارگانیک، مواد غذایی مورد نیاز گیاه در اثر معدنی-شدن کود فراهم می‌شود، که به نظر می‌رسد با توجه به نتایج ویلیام و همکاران (Wilhelm et al., 2007) پس از طی حدود پنج ماه از به زیر خاک بردن کود سبز، معدنی شدن نیتروژن انجام گرفته و عناصر غذایی به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار می‌گیرند. با این وجود به-علت عدم توسعه ریشه‌ها و سرعت کم معدنی‌شدن در مراحل اولیه رشد، دسترسی ریشه به عناصر غذایی محدود است و با پیشرفت رشد این محدودیت کاهش می‌یابد. از طرف دیگر کود آلی عناصر غذایی گیاه را تا مراحل نهایی رشد فراهم نموده و در نتیجه عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد (Fallah et al., 2007). در این زمینه داس و همکاران (Das et al., 2007) نیز با بررسی تأثیر کود زیستی بر زیست‌توده و میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه دارویی استویا (*Stevia rebaudiana* Bert.) افزایش معنی‌دار آن را گزارش نمودند.

عوامل خاکی و اقلیمی متعددی از جمله میزان کل عنصر، pH، درصد آهک، مواد آلی، رس، فعالیت میکروبی، رژیم رطوبتی خاک، دمای خاک، غلظت یون بیکربنات و برهمکنش سایر عناصر بر قابلیت جذب عناصر توسط گیاه تأثیر دارد (Six et al., 1998). در همین زمینه نسبت کربن به نیتروژن در کودهای آلی اثر زیادی بر عملکرد ذرت دارد و با کاهش نسبت کربن به نیتروژن عملکرد به طور قابل-ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد (Rezaei Nejad & Afuni, 2001). از سوی دیگر کوددهی فراوان بدون افزودن ماده آلی به خاک سبب می‌گردد که نسبت کربن به نیتروژن، فسفر و گوگرد در ماده آلی موجود خاک کاهش یافته و هوموس موجود در خاک سریعاً مورد مصرف قرار گیرد و به فقر مواد آلی در خاک افزوده شود (Malakouti & Gheibi, 2004). با توجه به آبشویی نیترات در مناطق مرطوب و افزایش غلظت آن در آب‌های زیرزمینی، تصعید آمونیاک و دنیتریفیکاسیون در شرایط غرقابی (Fageria & Baligar, 2005)، جهت صرفه‌جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای حاوی نیتروژن، استفاده از باکتری‌های محرک رشد که تثبیت‌کننده نیتروژن بوده و می‌توانند در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، مناسب به نظر می‌رسد (Zaidi & Mohammad, 2006). در مطالعه‌ای نشان داده شد که اضافه‌کردن کود گاوی به خاک، سبب افزایش عملکرد دانه و علوفه می‌شود (Rezaei Nejad & Afuni, 2001). در کنار موارد ذکر شده فوق، مبنی بر تقویت حاصلخیزی و باروری خاک، تأمین نیازهای غذایی سالم و غنی‌تر، عملکرد بیشتر و به‌دور از آلودگی محیط زیست، موجب شده تا این پژوهش در خصوص نقش کودهای سبز، دامی و زیستی بر میزان و پویایی نیتروژن خاک، برگ و دانه ذرت طراحی و اجرا گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در مختصات ´4 °53 طول شرقی و ´39 °36 عرض شمالی، ارتفاع 9- متر از سطح دریای آزاد در سال زراعی 88-1387 به اجرا درآمد. میانگین دما و مجموع بارندگی محل اجرای آزمایش در طول دوره کاشت تا برداشت ذرت (اردیبهشت تا آبان) به‌ترتیب 25 درجه سانتی‌گراد و 64/3 میلی‌متر بود. رقم مورد کشت ذرت رقم هیبرید سینگل‌کراس 704 دومنظوره از گروه دیررس با قدرت سازگاری بسیار خوب بود که در سطح وسیعی از شرایط آب و هوایی کشت می‌گردد (Estakhr & Chougan, 2006). عامل اصلی نوع کود سبز در سه سطح شاهد، شبدر برسیم (توده بومی) و جو (رقم صحرا) و مدیریت بقایا به عنوان عامل فرعی در سه سطح (برداشت کامل، نصف برداشت و برگردان کامل) و عامل فرعی فرعی نیز نوع کود در هفت سطح (1- شاهد یا بدون کودهای شیمیایی و آلی، 2- کود شیمیایی توصیه شده (NPK) شامل اوره، سوپرفسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به‌میزان 250، 150 و 100 کیلوگرم در هکتار، 3- نصف کود شیمیایی توصیه شده (NPK)، 4- 15 تن کود دامی (FM) در هکتار + نصف کود شیمیایی، 5- کود

زیستی نیتروکسین (شرکت فن‌آوران زیستی مهر آسیا) به‌مقدار یک - لیتر در هکتار (BF) + نصف کود شیمیایی توصیه شده 6- 15 تن کود دامی در هکتار + کود زیستی و 7- نصف کود شیمیایی + 15 تن کود دامی در هکتار + کود زیستی) در نظر گرفته شد. ابتدا مزرعه به سه قطعه 500 متر مربعی تقسیم و یک نمونه مرکب خاک تهیه و میانگین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم آن تعیین که به همراه خصوصیات کود دامی (گوسفندی) مورد استفاده در جدول 1 آمده است.

در آبان‌ماه 1388 در دو قطعه 500 متر مربعی گیاه شبدر و جو کشت و شبدر در مرحله حداکثر رشد رویشی و جو در مرحله سنبله رفتن میزان عملکرد علوفه تعیین و در همین زمان (فروردین‌ماه سال 89) کل کودهای سبز کف‌بر شده و کودهای سبز به میزان چهار تن در هکتار (ماده خشک) در تیمار کامل زیر خاک و در تیمار نصف برداشت به میزان دو تن در هکتار توسط دستگاه روتاری برگردانده شدند. برای تیمار شاهد نیز یک بلوک به‌صورت جداگانه و بدون کشت در نظرگرفته شد. پس از آماده‌سازی زمین تیمارهای طرح اعمال گردید. کود زیستی نیتروکسین حاوی مجموعه‌ای از مؤثرترین سوش‌های باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و محرک رشد از جنس-های *Azotobacter* و *Azospirilium* و همچنین باکتری‌های حل-کننده فسفات از جنس *Pseudomonas* می‌باشد که با بذرها به-صورت بذرمال به مقدار یک لیتر در هکتار تلقیح‌شده و بلافاصله نسبت به کشت ذرت رقم سینگل کراس 704 اقدام گردید. کشت به-صورت هیرم‌کاری به فواصل 70 سانتی‌متر و فاصله بذور روی ردیف-ها 20 سانتی‌متر در اواسط خرداد ماه صورت گرفت. جهت مبارزه با علف‌های هرز در مرحله هشت برگی عملیات وجین و به منظور مبارزه با کرم ساقه‌خوار نیز از حشره کش فسفره دیازینون 60% در دو مرحله استفاده گردید.

در مرحله تاسل‌دهی نمونه‌گیری از برگ بالا و پایین بلال انجام شد. در پایان فصل رشد (رسیدگی فیزیولوژیکی) نیز با حذف اثرات حاشیه‌ای، نمونه‌هایی از وسط هر کرت در سطح نیم متر مربع انتخاب و از برگ بالا و پائین بلال نمونه‌گیری و همچنین عملکرد دانه تعیین شد. پس از برداشت ذرت از خاک سطحی (30- 0 سانتی‌متر) در هر کرت نمونه‌برداری صورت گرفت.

نمونه‌های گیاهی پس از شستشو و از دست دادن آب، داخل پاکت‌های کاغذی انتقال داده شد و در آون به مدت 48 ساعت در دمای 72 درجه خشک و سپس برای انجام تجزیه‌های گیاهی پودر شدند. برای نیتروژن کل خاک و گیاه، نمونه‌ها توسط اسید سولفوریک غلیظ و قرص حاوی یک و نیم گرم K_2SO_4 و 0/15 گرم $CuSO_4.4H_2O$ هضم شد و سپس قرائت با دستگاه Kjeltec 2300 Analyzer انجام گرفت. برای محاسبه میزان نیتروژن جذب شده توسط دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار، مقدار نیتروژن دانه (درصد) در عملکرد تیمار مربوطه ضرب شده و همچنین برای تعیین درصد پروتئین دانه، مقدار نیتروژن دانه در عدد 6/25 ضرب گردید (Ali Ehyaie, 1997).

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش و کود دامی مورد استفاده

Table 1- Some physical and chemical properties of soil in field studied and manure used on the farm

تیمار Treatment	پتاسیم K	فسفر P	درصد نیتروژن N درصد (%)	کربن آلی O.C درصد (%)	نسبت کربن/ نیتروژن C/N	درصد مواد خنثی‌شونده T.N.V (%)	هدایت الکتریکی (دسی- زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	بافت خاک Soil Texture
	میلی گرم بر کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)								
خاک (عمق 30-0 سانتی‌متر) Soil (depth 0-30)	252.4	9.62	0.19	1.65	8.68	25.20	1.02	7.39	رس سیلتی Silty Clay
کود دامی (گوسفندی) farmyard manure (sheep)	3989.5	1013.3	4.81	20.47	4.26	-	3.75*	7.75*	-

* در نسبت 5:1 می‌باشد.

* In 1:5 ratio

در این آزمایش داده‌ها با استفاده از نـرم‌افـزار SAS نسـخه 9/1 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌هـا از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نیتروژن خاک

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول 2) تنها اثـر سـاده کـود سبز و تیمار کودی بر درصد نیتروژن خاک معنی‌دار بود. همان‌طور که در شکل 1 مشاهده می‌شود مصرف کود سبز (جو و شبدر) با افـزایش 23 درصدی نیتروژن خاک نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود سبز) برتری نشان داد.

بیشترین میزان نیتروژن خاک در تیمارهـای کـود زیسـتی (BF) همراه با کود دامی و نصف کود شیمیایی حاصل شـد کـه بـه همـراه تیمارهای کود دامی (FM) + کود زیستی و نصف کـود شـیمیایی + کود دامی در یک گروه آماری قرار گرفتند و نسـبت بـه نصـف کـود شیمیایی و شاهد به‌ترتیب 34/7 و 37/3 درصد بیشتر بود (شـکل 2). اضافه نمودن اندام گیاهی در بستر با مقادیر مختلف موجب گردید که فراهمی مقدار نیتروژن خاک به میزان قابل توجهی افزایش یابد و این نیتروژن کل خاک در کشت بعدی قابل استفاده نخواهد بود. رضایی و فانی (Rezaei & Afuni, 2001) نیز در بررسی خود گزارش کردنـد که کاربرد کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار مواد آلی خاک و قابلیت جذب نیتروژن خاک می‌شود.

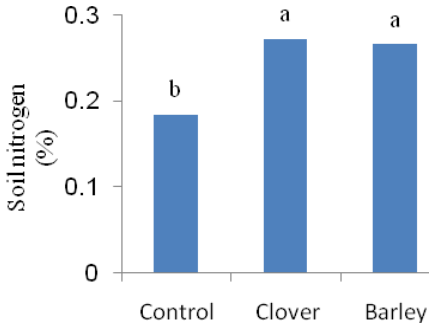
جدول 2- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر کود سبز، دامی و زیستی بر میزان پویایی نیتروژن در خاک و اندام‌های گیاه ذرت، پروتئین دانه، نیتروژن جذب شده توسط دانه و عملکرد دانه ذرت

Table 2- Variance analysis (mean square) for green and farmyard manure and biofertilizers effect on nitrogen dynamics in soil, grain protein and organs of corn, nitrogen uptake and grain yield.

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	نیتروژن خاک Nitrogen of soil	نیتروژن برگ Nitrogen of Leaf		پروتئین دانه Protein of seed	نیتروژن جذب شده توسط دانه Nitrogen accumulation in grain	عملکرد دانه Grain yield
			تاسل‌دهی Tasselling	برداشت Harvesting			
بلوک Block	2	0.005	0.041	0.002	0.766	124.2	0.665
کود سبز (M) Green manure (M)	2	0.039**	3.077**	0.383**	3.829^{ns}	19097**	82.220**
خطای a Error a	4	0.002	0.146	0.008	1.048	566.9	0.693
مدیریت بقایا (T) Residues management (T)	2	0.012^{ns}	1.133^{ns}	0.562*	0.535^{ns}	1469.8^{ns}	3.485^{ns}
M×T	4	0.001^{ns}	0.137^{ns}	0.067^{ns}	2.180^{ns}	852^{ns}	1.468^{ns}
خطای b Error b	12	0.004	0.327	0.095	1.823	1653	2.523
نوع کود (F) Manure Type (F)	6	0.032**	0.345**	0.095**	0.498^{ns}	3122.4**	15.131**
M×F	12	0.001^{ns}	0.158^{ns}	0.039*	0.638^{ns}	671.6^{ns}	2.656^{ns}
T×F	12	0.0005^{ns}	0.194^{ns}	0.033^{ns}	0.531^{ns}	1275.9**	5.857**
M×T×F	24	0.0006^{ns}	0.180^{ns}	0.048**	0.526^{ns}	1384.3**	5.699*
خطای b Error b	108	0.0009	0.114	0.018	0.423	507.2	1.826
ضریب تغییرات (%) CV (%)		12.19	12.60	13.95	8.18	17.71	13.61

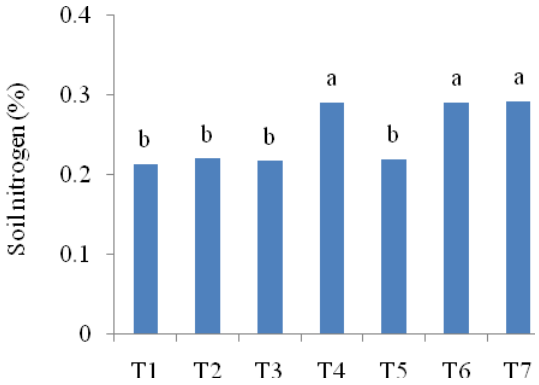
**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و عدم تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد.

**,* and ns: significant at 1 and 5 probability levels and non significant, respectively.



شکل 1- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف کود سبز بر میزان نیتروژن خاک

Fig. 1- Mean comparison for the effect of green manure on soil nitrogen content



شکل 2- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تیمار کودی بر میزان نیتروژن خاک

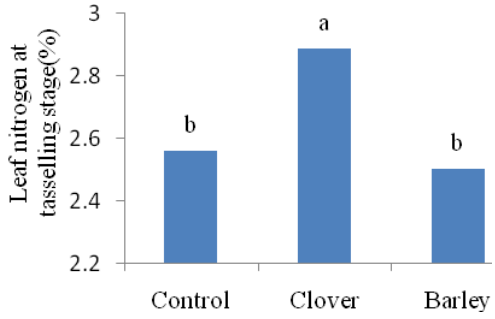
Fig. 2- Mean comparison for the effects of different fertilizer treatments on soil nitrogen

T_1: شاهد، T_2: NPK، T_3: نصف NPK، T_4: کود دامی+ نصف NPK، T_5: کود زیستی + نصف NPK، T_6: کود دامی+ کود زیستی و T_7: کود زیستی+ کود دامی+ نصف NPK

T_1=control, T_2=NPK, T_3=50% NPK, T_4=FM+50% NPK, T_5=BF+50% NPK, T_6=BF+FM and T_7=BF+FM+50% NPK

نیتروژن برگ در مرحله تاسل‌دهی

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که تنها اثر ساده کود سبز و تیمارکودی بر میزان نیتروژن برگ در مرحله تاسل‌دهی معنی-دار بود و بیشترین مقدار نیتروژن برگ مرحله تاسل‌دهی به میزان 2/89 درصد مربوط به کاربرد کود سبز شبدر می‌باشد که به ترتیب 12/8 و 15/4 درصد بیشتر از تیمار شاهد و کود سبز جو بود (شکل 3).



شکل 3- میانگین نیتروژن برگ در مرحله تاسل‌دهی گیاه ذرت در سطوح مختلف کود سبز

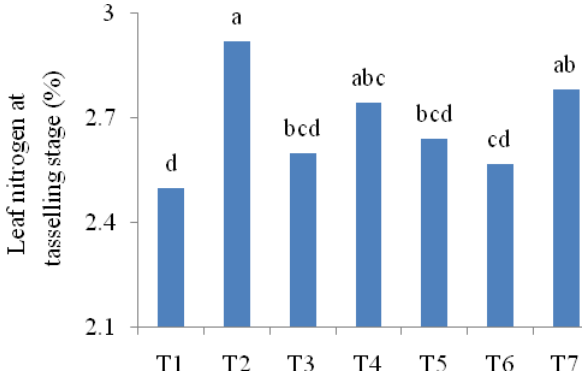
Fig. 3- Mean of nitrogen in corn levels at corn tasselling stage at different levels of green manure

همچنین در بررسی تأثیر نوع کاربرد کود مشخص شد که بیشترین درصد نیتروژن برگ گیاه در مرحله تاسل‌دهی مربوط به مصرف کود شیمیایی کامل، کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و ترکیب کود دامی و زیستی به همراه نصف کود شیمیایی بود (شکل 4). بنابر اظهارات مجیدیان و همکاران (Majidian et al., 2008) کاربرد کود دامی مایع به همراه کود شیمیایی (معادل 50 کیلوگرم در هکتار) به‌طور قابل‌توجهی راندمان جذب نیتروژن و عملکرد گندم پاییزه (*Triticum aestivum* L.) را افزایش داد. همچنین محمدیان (Mohammadian, 1999) در ارزیابی تبدیل باگاس نیشکر و پوسته برنج به کود بیولوژیک و بررسی تأثیر آن‌ها در عملکرد ذرت، گزارش نمود که کمپوست باعث افزایش نیتروژن برگ ذرت گردیده است. در مطالعه اثر مقادیر و انواع مختلف کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف برنج (*Oryza sativa* L.) نیز گزارش گردید که بیشترین غلظت نیتروژن برگ پرچم برنج در مرحله گلدهی در تیمار تلفیق کود آلی به علاوه 50 درصد کود شیمیایی بدست آمد (Naghavi, 1999).

نیتروژن برگ در مرحله برداشت

اثر ساده کود سبز، تیمار کودی و اثر متقابل کود سبز، مدیریت بقایا و تیمار کودی بر درصد نیتروژن برگ مرحله برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر ساده مدیریت بقایا و اثر متقابل کود سبز در تیمار کودی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول 2). بر این اساس بالاترین مقدار نیتروژن برگ در مرحله برداشت به‌میزان 1/38 درصد مربوط به زمانی بوده که بقایای کود سبز (جو و شبدر) برگردان کامل شدند (شکل 5). البته تیمار برداشت نصف کود سبز از مزرعه نسبت به دو تیمار دیگر اثر بینابینی داشت. در همین راستا ژائو و همکاران (Zhao et al., 2008) اظهار داشتند که برگشت بقایای گندم به خاک با بهبود شرایط تهویه و تنفس خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌ها در محل ریزوسفر موجب بهبود تغذیه و عملکرد ذرت گردید.

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل کود سبز و تیمار کودی (جدول 3) نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر تیمار کودی بر نیتروژن برگ در مرحله برداشت به استفاده از کود سبز شبدر با تیمار نصف کود شیمیایی تعلق داشت که با تیمارهای کود شیمیایی کامل، نصف کود شیمیایی + کود زیستی و کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی اختلاف معنی‌داری نداشت، اما با کاربرد کود سبز جو کودهای زیستی و دامی نتوانستند مقدار نیتروژن برگ مرحله برداشت را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دهند که در این حالت در تیمار کود شیمیایی کامل مقدار نیتروژن برگ بیشتر بوده که با بقیه تیمارها غیر از نصف کود شیمیایی+ کود دامی تأثیر مشابهی داشت.

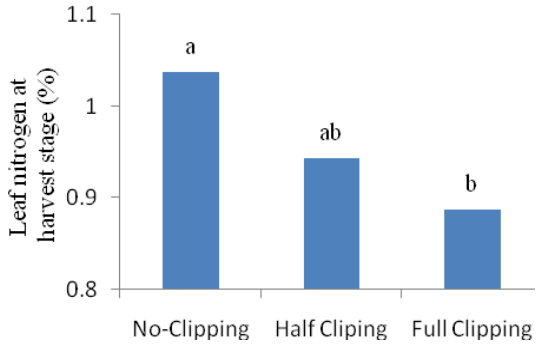


شکل 4- میانگین نیتروژن برگ مرحله تاسل‌دهی گیاه ذرت در سطوح مختلف تیمار کودی

Fig. 4- Mean of leaf nitrogen in corn tasselling stage at different levels of nitrogen fertilizer treatments

T_1: شاهد، T_2: NPK، T_3: نصف NPK، T_4: کود دامی+ نصف NPK، T_5: کود زیستی + نصفNPK، T_6: کود دامی+ کود زیستی و T_7: کود زیستی+ کود دامی+ نصف NPK

T_1=control, T_2=NPK, T_3=50% NPK, T_4=FM+50% NPK, T_5=BF+50% NPK, T_6=BF+FM and T_7=BF+FM+50% NPK



شکل 5- اثر تیمارهای مختلف مدیریت بقایا بر میزان نیتروژن برگ ذرت در مرحله برداشت

Fig. 5- Effect of different management treatments of plant residues on nitrogen content in corn leaf at harvesting stage

جدول 3- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود سبز و تیمار کودی بر میزان نیتروژن برگ (درصد) گیاه ذرت در مرحله برداشت

Table 3- Mean comparison of interaction effects of green manure and fertilizer treatments on leaf nitrogen content (%) of maize at harvesting stage

کود سبز Green manure	کود Fertilizer: شاهد Control	NPK توصیه شده Recommended NPK	نصف NPK 50% NPK	نصف NPK + کود دامی 50% NPK + farmyard manure	نصف NPK + کود زیستی 50% NPK + biofertilizer	کود دامی + کود زیستی Farmyard manure + biofertilizer	نصف NPK + کود دامی + کود زیستی 50% NPK + farmyard manure + biofertilizer
شاهد Control	0.873^{e}	1.017^{abc}	0.753^{e}	0.720^{e}	0.967^{bc}	1.037^{abc}	0.967^{bc}
جو Barley	0.968^{bc}	1.013^{abc}	0.931^{bc}	0.801^{de}	1.001^{abc}	0.949^{bc}	1.006^{abc}
شبدر Clover	0.916^{cd}	1.038^{abc}	1.104^{a}	0.963^{bc}	1.042^{ab}	0.969^{bc}	1.028^{abc}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% براساس آزمون LSD ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different at P≤0.05 according to LSD test.

در تیمار عدم استفاده از کود سبز (شاهد) استفاده از کود دامی همراه با کود زیستی به همراه تیمار کود شیمیایی کامل مقدار نیتروژن بیشتری را به‌همراه داشت. به دلیل تاخیر در تجزیه اندام‌های گیاهی برگردانده شده مقدار نیتروژن اندام گیاهی تحت تأثیر کودهای دامی چندان افزایش نداشت، اما کاربرد کودهای شیمیایی همراه با کود سبز موجب تجزیه سریع‌تر اندام‌های گیاهی شد که آن نیز تجزیه نیتروژن خاک و جذب اندام‌های گیاه مؤثر بوده است.

پروتئین دانه

کاربرد کود سبز، مدیریت بقایا و تیمار کودی و اثر متقابل آنها برای پروتئین دانه معنی‌دار نبوده است (جدول 2). در سطوح کود سبز میزان پروتئین دانه گستره‌ای از 7/69 درصد در تیمار شاهد (عدم استفاده از کود سبز) تا 8/18 درصد در تیمار کود سبز شبدر داشت. همچنین در سطوح مختلف مدیریت بقایا تیمارهای برگردان کامل و نصف برداشت کود سبز [شبدر (*Trifolium alexandrinum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.)]نتوانستند درصد پروتئین دانه را نسبت به برداشت کامل کودهای سبز افزایش دهند. همچنین در سطوح مختلف تیمار کودی مقدار درصد پروتئین دانه ذرت در تیمار کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی بالاتر بود که نسبت به شاهد به میزان 5/6 درصد بیشتر شد و بقیه تیمارها بجز شاهد با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. مقدار پروتئین در این تیمارها به‌ترتیب به‌میزان 28/7 و 38/6 درصد بیشتر از کود شیمیایی و شاهد بود. در این راستا، نظارت و غلامی (Nezarat & Gholami, 2009) اظهار داشتند که تلقیح بذر ذرت رقم 647 با باکتری *آزوسپیریلوم*، به دلیل

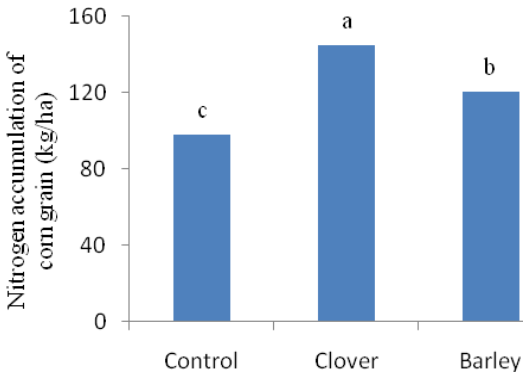
ترشح هورمون‌ها و افزایش رشد ریشه و جذب عناصر توسط باکتری، موجب افزایش 35 درصدی مقدار نیتروژن بذر این گیاه گردید.

نیتروژن جذب شده توسط دانه

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول 2) اثر ساده کود سبز و تیمار کودی و اثر متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی و همچنین اثر متقابل کود سبز، مدیریت بقایا و تیمار کودی بر میزان نیتروژن جذب شده توسط دانه در سطح یک درصد معنی دار بود. با توجه به شکل 6 بیشترین تأثیر کود سبز بر نیتروژن جذب شده توسط دانه مربوط به کود سبز شبدر به میزان 144/3 کیلوگرم در هکتار می باشد که نسبت به تیمار شاهد و کود سبز جو به‌ترتیب 47/3 و 12/2 درصد بیشتر است. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی (جدول 4) نشان می‌دهد که بهترین تأثیر تیمار کودی برای نیتروژن جذب شده توسط دانه زمانی بود که کرت‌های دارای کودهای سبز (شبدر و جو) به طور کامل برگردان شده و در آنها کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی مصرف شد. هنگامی که نصف کود سبز از مزرعه برداشت شد، نتیجه بهتر در تیمار کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی به‌همراه تیمار نصف کود شیمیایی + کود زیستی بود که نسبت به شاهد حدود 48 درصد بیشتر شد. زمانی که کود سبز (جو و شبدر) به‌طور کامل از مزرعه برداشت شدند، تیمار کود شیمیایی کامل به‌همراه کود دامی+ کود زیستی، مقدار نیتروژن جذب شده توسط دانه بیشتری داشت هر چند تأثیر آن با بقیه تیمارها بجز نصف کود شیمیایی و شاهد مشابه بود. در این راستا، آستیر و همکاران (Astier et al., 2006) در بررسی تأثیر کاربرد کوتاه‌مدت کودهای سبز ماشک (*Vicia sativa* L.) و یولاف (*Avena sativa* L.) بر خصوصیات خاک و عملکرد ذرت گزارش کردند که برگشت بقایای کود سبز ماشک به‌طور قابل توجهی میزان نیتروژن و فسفر بذر را افزایش داد. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف کودهای آلی (دامی و سبز) با افزایش میزان نیتروژن خاک سبب افزایش مقدار نیتروژن دانه نسبت به شاهد گردیده است (Wilhelm, 2008). گزارش‌های زیادی نشان می‌دهد که استفاده از کودهای زیستی، بالاترین کارایی و بازدهی را از نظر تولید عوامل محرک رشد گیاه و فراهم‌سازی عناصر غذایی به شکل قابل جذب، دارا هستند (Fageria et al., 2005). نتایج بررسی بیاری و همکاران (Biari et al., 2005) نیز نشان داد که تلقیح ذرت با *ازتوباکتر* موجب شد تا مقدار نیتروژن در دانه در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت.

عملکرد دانه

اثر ساده کود سبز و تیمار کودی و اثر متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر متقابل کود سبز، مدیریت بقایا و تیمار کودی بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول 2). با توجه به شکل 7 بیشترین تأثیر کود سبز بر عملکرد دانه مربوط به کود سبز شبدر به میزان 10/93 تن در هکتار می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد و کود سبز جو به ترتیب 43/1 و 13 درصد بیشتر است.



شکل 6- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف کود سبز بر میزان نیتروژن جذب شده توسط دانه گیاه ذرت

Fig. 6- Mean comparison for the effects of different levels of green manure on nitrogen accumulation in corn grain

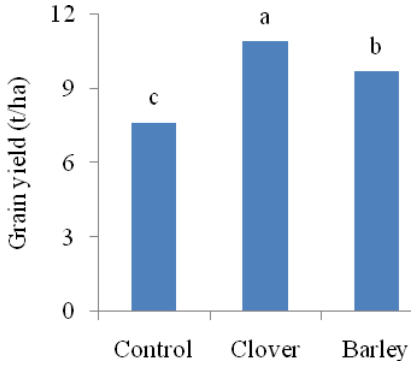
جدول 4- مقایسه میانگین اثرات متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی بر میزان نیتروژن جذب شده توسط دانه ذرت (کیلوگرم در هکتار)

Table 4- Mean comparison of interaction effects of residue management and fertilizer treatments on nitrogen accumulation in corn grain (kg.ha^{-1})

مدیریت بقایا Residues management	کود Fertilizer						
	شاهد Control	NPK توصیه شده Recommended NPK	نصف NPK 50% NPK	نصف NPK + کود دامی 50% NPK + farmyard manure	نصف NPK + کود زیستی 50% NPK + biofertilizer	کود دامی + کود زیستی Farmyard manure + biofertilizer	نصف NPK + کود دامی + کود زیستی 50% NPK + farmyard manure + biofertilizer
برداشت کامل Full clipping	98.97^{g}	137.2^{bcd}	106.6^{fg}	120.4^{def}	130.3^{cde}	134.4^{bcd}	131.6^{cd}
نصف برداشت Half clipping	97.36^{g}	130.1^{cde}	117.8$^{d.g}$	120.7^{def}	144.3^{abc}	121.9^{def}	144.4^{abc}
کامل زیر خاک No-clipping	109.2^{efg}	132.9^{cd}	148.3^{abc}	154.2^{ab}	106^{fg}	134^{bcd}	165.4^{a}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% براساس آزمون LSD ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different at P≤0.05 according to LSD test.



شکل 7- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف کود سبز بر میزان عملکرد دانه گیاه ذرت

Fig. 7- Mean comparison for the effects of different levels of green manure on yield in corn grain

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی (جدول 5) نشان می‌دهد که بالاترین تأثیر تیمار کودی بر عملکرد دانه در زمانی که بقایای کود سبز (جو و شبدر) به طور کامل از مزرعه برداشت شده در تیمار کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی بدست آمد و تأثیر آن با تیمار نصف کود شیمیایی+ کود دامی مشابه بود. در چنین شرایطی میزان عملکرد دانه به ترتیب به میزان 36/7، 14/7 و 11/8 درصد بیشتر از تیمار شاهد، کود شیمیایی کامل و نصف کود شیمیایی شد. هنگامی که نصف کود سبز از مزرعه برداشت شد نتیجه بهتر در استفاده از تیمارهای حاوی کود زیستی بود. زمانی که کرت‌های دارای کودهای سبز (شبدر و جو) به طور کامل برگردان شدند، عملکرد دانه در تیمارکود شیمیایی کامل مقدار بالایی بدست آمد.

در این زمینه چیر و همکاران (Cherr et al., 2006) اظهار داشته‌اند مصرف کود دامی موجب به دست آوردن حداکثر عملکرد محصول شده و کارایی مصرف کودهای شیمیایی را افزایش داده و همچنین مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را نیز کاهش می‌دهد. به نظر می‌رسد که مصرف کود دامی به علت افزایش برخی از عناصر غذائی به طور مستقیم و با افزایش کربن آلی و بهبود ساختمان خاک به طور غیر مستقیم سبب افزایش معنی‌دار عملکرد در واحد سطح می‌شود.

جدول 5- مقایسه میانگین اثرات متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی بر میزان عملکرد دانه ذرت (تن در هکتار)

Table 5- Mean comparison for interaction effects of residue management and fertilizer treatments on yield in corn grain (t ha^{-1})

مدیریت بقایا Residues management	کود Fertilizer						
	شاهد Control	NPK توصیه شده Recommended NPK	نصف NPK 50% NPK	نصف NPK + کود دامی 50% NPK + farmyard manure	نصف NPK + کود زیستی 50% NPK + biofertilizer	کود دامی + کود زیستی Farmyard manure + biofertilizer	نصف NPK + کود دامی + کود زیستی 50% NPK + farmyard manure + biofertilizer
برداشت کامل Full clipping	8.855^{fgh}	10.55^{cde}	10.82^{bcd}	11.97^{ab}	8.700^{gh}	$10/11^{def}$	12.10^{a}
نصف برداشت Half clipping	7.650^{h}	10.00^{def}	9.327^{efg}	9.982^{def}	11.38^{abc}	10.32^{cde}	11.24^{a-d}
کامل زیر خاک No-clipping	7.988^{h}	10.79^{bcd}	8.447^{gh}	9.489^{efg}	10.03^{def}	10.14^{cde}	10.01^{def}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال 5% بر اساس آزمون LSD ندارند.

In each column, means followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ according to LSD test.

کاواگلیری و همکاران (Cavaglieri et al., 2004) نیز مشاهده کردند که استفاده از تیمارهای نصف کود شیمیایی و کود بیولوژیک در ذرت عملکردی معادل کاربرد کامل کود شیمیایی تولید می‌کند. برخی محققان افزایش میزان نیتروژن و عملکرد دانه در گیاهان تلقیح‌شده با باکتری را به دلیل ترشح هورمون‌ها و افزایش رشد ریشه و جذب عناصر توسط باکتری، تأثیر باکتری بر جذب نیترات و احیای این ترکیب در نزدیکی ریشه و نیز تثبیت نیتروژن بیان نمودند (Ferreia et al., 2008).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده کاربرد کود سبز به ویژه شبدر موجب بهبود نیتروژن خاک (افزایش 23 درصدی نسبت به شاهد) و شرایط جذب و تجمع آن در بافت برگ‌ها (افزایش 13 درصدی نسبت به شاهد در مرحله تاسل‌دهی) و دانه و همچنین افزایش 43 درصدی عملکرد دانه گردید. کاربرد کود زیستی نیز به صورت تلفیقی توانست میزان نیتروژن خاک (نسبت به تیمار NPK و شاهد به ترتیب 33 و 37 درصد) و تجمع آن در برگ (مرحله تاسل‌دهی) را افزایش دهد. همچنین نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار تیمارهای تلفیقی نظیر کود سبز شبدر با تیمار نصف کود شیمیایی + کود زیستی و کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی از نظر نیتروژن برگ در مرحله برداشت بود. در این پژوهش کاربرد کود سبز، مدیریت بقایا و تیمار کودی و اثر متقابل آنها برای پروتئین دانه معنی‌دار نشد با این حال مقدار پروتئین دانه ذرت در تیمار کود زیستی همراه با نصف کود شیمیایی و کود دامی بالاتر بدست آمد. در همین زمینه اثر متقابل مدیریت بقایا و تیمار کودی بر نیتروژن جذب شده توسط دانه معنی‌دار بوده و برگردان کامل کودهای سبز مورد استفاده در این پژوهش به همراه کاربرد کودهای زیستی توانست بهترین نتیجه را از نظر تجمع نیتروژن در دانه ذرت داشته باشد. این مسأله نشان‌دهنده تأثیر مثبت تلفیق کود سبز و کود زیستی بر خصوصیات و جذب عناصر غذایی نظیر نیتروژن است.

سپاسگزاری

نویسندگان از کارشناسان آزمایشگاه خاکشناسی مهندس سیدمحمدجواد بحرالعلومی، مهندس فیض‌اله عزیززاد فیروزی و مهندس ام‌البنین قاسمپور به خاطر کمک‌های ارزنده در انجام این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

Astier, M., Maass, J.M., Etchevers-Barra, J.D., Pena, J.J., and De Leon Gonzalez, F. 2006. Short-term green manure

and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol. Soil and Tillage Research 88: 153–159.

Balmer, P. 2001. Possibilities to improve the quality of waste water sludges. In: Proceeding of IWA Specialized Conference on Sludge. Entering the 3rd *Millennium*. Tapei. Taiwan, 25: 13-16.

Biari, A., Gholami, A., and Rahmani, H.A. 2008. Growth promotion and enhanced nutrient uptake of maize by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. Journal of Biological Sciences 8(6): 1015-1020. (In Persian with English Summary)

Cavaglieri, L.R., Passone, A., and Etcheverry, M.G. 2004. Correlation between screening procedures to select root endophytes for biological control of *Fusarium verticillioides* in *Zea mays*. Biological Control, 31: 259-262.

Cherr, C.M., Scholberg, J.M.S., and McSorley, R. 2006. Green manure approaches to crop production. Agronomy Journal 98: 302-319.

Courtney, R.G., and Mullen, G.J. 2008. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. Bioresource Technology 99: 2913–2918.

Das, K., Dang, R., Shivananda, T.N., and Sekeroglu, N. 2007. Influence of bio-fertilizers on the biomass yield and nutrient content in *Stevia rebaudiana* Bert. Grown in Indian subtropics. Journal of the Medical Plant Research 1(1): 005-008.

Del Castilho, P., Chrdon, W.J., and Salomons, W. 1993. Influence of cattle-manure slurry application on solubility of Cd, Cu and Zn in a manured acidic soil, loamy- sand soil. Journal of Environmental Quality 22: 689-697.

Ehyaie, A.M., 1997. The Methods of soil chemical analysis. The second volume. 1024 Publication Issue. (In Persian)

Estakhr, A., and Chougan, R. 2006. Effects of planting date and density of female parent B73 on hybrid seed production of KSC704 in Fars province. Seed and Plant Journal 22(2): 167-183. (In Persian with English Summary)

Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plans. Advances in Agronomy 88: 97-185. (In Persian with English Summary)

Fallah, S., Ghalavand, A., and Khajepour, A.M. 2007. The effect of mixing the manure with the soil and mix it with fertilizer on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) in Lorestan, Khorram Abad. Journal of Agricultural Science Natural Resource 11(40) 242-233. (In Persian with English Summary)

Ferreia, M., Fernnanes, C.B., and Dobereiner, M.S. 1987. Role of *Azospirllum brasilense* nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants. Biology and Fertility of Soils 4: 47-53.

Jahan, M., Koochecki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2007. The effects of *arbuscular mycorrhizal* fungus and free living nitrogen fix in bacteria on growth, photosynthesis and yield of corn (*Zea mays* L.) in conventional and ecological cropping systems. Iranian Journal of Agricultural Research 5(1): 67-53. (In Persian with English Summary)

Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., and Kamkar Haghighi, A. 2008. Effects of water stress, nitrogen fertilizer, manure and nitrogen fertilizers and manure on a combination of yield and yield components and water use efficiency of SC 704 corn. Journal of Agricultural Science Natural Resource 12(45): 432-417. (In Persian with English Summary)

Meade, G., Lalor, S.T.J., and Mc Cabe, T. 2011. An evaluation of the combined usage of separated liquid pig manure and inorganic fertilizer in nutrient programs for winter wheat production. European Journal of Agronomy 34: 62–70.

Mohammadian, M. 1999. Conversion of sugarcane bagasse and rice husk as biomass and effect of fertilizer on maize yield. M.Sc. Thesis in Soil Science. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran. (In Persian with English Summary)

Naghavi, H. 1999. The effect of different amounts and types of chemical and organic fertilizers on the yield and yield components on different rice cultivars. M.Sc. Thesis of Agronomy. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. PP. 156.

Nezarat, S., and Gholami, A. 2009. The effects of co-inoculation of *Azospirillum* and Pseudomonas rhizobacteria on nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.). Journal Agroecology 1(1): 25-32. (In Persian with English Summary)

Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M., and Sahin, F. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Scientia Horticulturae 111: 38-43. (In Persian with English Summary)

Rezaei Nejad, Y., and Afuni, M. 2001. The effect of organic matter on soil chemical properties, and its uptake by corn. Journal of Agricultural Science Natural Resource 4(4): 28-19. (In Persian with English Summary)

Rezvantalab, N., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A., and Abbasian, A. 2008. Study some of yield and yield component of corn (*Zea mays*) L. response to different types and rates of organic and chemical fertilizers. Journal of Agricultural Science Natural Resource 15(5): 139-147.

Six, J., Elliott, E.T., Paustain, K., and Doran, J.W. 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. Soil Science of American Journal 62: 1367-1377.

Wei, Y, and Liu Y. 2005. Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3-year field study. Chemosphere 59: 1257–65.

Wilhelm, J.M., Johnson, F., Karlen L., and David, T. 2007. Corn stover to sustain soil organic carbon further constrains biomass supply. Agronomy Journal 99: 1665-1667.

Yadvinder, S., Ladha, B.S., Khink, J.K., Gupta, C.S., and Pasuquin, O.P. 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in rice-wheat rotation. Soil Science Society of America Journal 68: 845 -853.

Yazdani, M., Pirdashti, H., Esmaeili, M.A., and Bahmanyar, M.A. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms on nitrogen and phosphorus fertilizer use efficiency in SC604 corn. Electron Journal Crop Productions 2: 65-80. (In Persian with English Summary)

Zahir, A.Z., Arshad M., and Khalid, A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan Journal of Soil Science 15: 7-11.

Zaidi, A., and Mohammad, S. 2006. Co-inoculation effects of phosphate soubilizing microorganisms and *Glomus fasciculatum* on green gram-*bradyrhizobium* symbiosis. Agricultural Science 30: 223-230.

Zhao, Y., Wang, P., Li, J., Chen, Y., Ying, X., and Liu, S. 2009. The effects of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperate calcareous soil under a wheat- maize cropping system. European Journal of Agronomy 31: 36–42.