نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 503-490

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 490-503

اثر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی بر کیفیت علوفه و دانه ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر منابع مختلف کودهای آلی و شیمیایی

احمد قاسمی[1*]، احمد قنبری[2]، براتعلی فاخری[3] و حمید رضا فنایی[4]

تاریخ دریافت: 1395/08/19
تاریخ پذیرش: 1396/02/10

قاسمی، ا.، قنبری، ا.، فاخری، ب.ع.، و فنایی، ح.ر. 1397. اثر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی بر کیفیت علوفه و دانه ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر منابع مختلف کودهای آلی و شیمیایی، 10(2): 503-490.

چکیده

در راستای توسعه کشاورزی پایدار، این آزمایش به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان طی دو سال زراعی 1392 و 1393 اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل خاک‌ورزی به‌عنوان عامل اصلی در دو سیستم متداول (شخم و مخلوط کردن کود با خاک) و بی‌خاک‌ورزی (باقی گذاشتن بقایای کود سبز بر سطح خاک و کشت مستقیم ذرت *Zea mays* L.) و منابع کود: T_0: شاهد (بدون مصرف کود)، T_1: کود سبز جو (*Hordeum vulgare* L.) بدون مصرف کود دامی و شیمیایی، T_2: کود سبز با مصرف کامل کود شیمیایی توصیه شده (NPK) به جو شامل اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به‌میزان 165، 90 و 75 کیلوگرم در هکتار، T_3: کود سبز با دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T_4: کود سبز با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم باقی مانده به ذرت، T_5: کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی و T_6: کود سبز با 40 تن کود دامی به عنوان عامل فرعی بودند. زمان برگرداندن جو به خاک مرحله خوشه‌دهی بود. نتایج نشان داد که اختلاط کود با خاک در مقایسه با بی‌خاک‌ورزی منجر به افزایش عملکرد دانه، علوفه‌تر و خشک، میزان نیتروژن، پتاسیم، فسفر و خاکستر دانه و کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) گردید. منابع کود آلی و شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، علوفه‌تر و خشک، میزان نیتروژن، پتاسیم، فسفر، روی و خاکستر دانه شدند، ولی بر درصد NDF روند کاهشی نشان دادند. برهمکنش سال در خاک‌ورزی در منبع کود نشان داد که بیشترین عملکرد دانه، علوفه‌تر و خشک در سال دوم در سیستم اختلاط کود با خاک و در منبع کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی با میانگین عملکرد دانه و علوفه‌تر به‌ترتیب برابر 9/400 و 110/151 تن در هکتار حاصل شد. بر اساس نتایج مخلوط کود سبز با نصف کود دامی و شیمیایی همراه با اختلاط کود با خاک برای تولید کمی و کیفی دانه و علوفه ذرت مناسب می باشد.

واژه های کلیدی: الیاف نامحلول در حلال خنثی، خاکستر دانه، فسفر دانه، عملکرد دانه، کود سبز

مقدمه

در ایران به کمیت و کیفیت تولید گیاهان علوفه‌ای در مقایسه با سایر گیاهان زراعی کمتر توجه شده که این امر از یک سو موجب کمبود گوشت و مواد لبنی و پایین آمدن کیفیت آن‌ها و از سوی دیگر ایجاد فشار دام بر مراتع و متعاقب آن نابودی بخش عظیمی از پوشش گیاهی موجود و افزایش فرسایش خاک شده است (Modirshanechi, 2010). به عقیده رودنی و همکاران (Rodney et al., 1991) برای رسیدن به سطح مطلوب تولیدات دامی، تأمین نیاز غذایی دام به‌ویژه از نظر مواد معدنی ضروری بوده و این امر زمانی امکان‌پذیر است که کیفیت خوراک از نظر ترکیبات شیمیایی مطالعه شده باشد. از جمله راهکارهای مؤثر بر تقویت عناصر خاک استفاده از کودهای آلی نظیر کود دامی، بقایای گیاهان و کود سبز

1، 2، 3 و 4- به‌ترتیب دانشجوی دکتری زراعت (عضو هیئت علمی بخش زراعی و باغی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران)، استاد، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل و استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان

(*- نویسنده مسئول: Email: ghasemiahmad@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i2.59988

می‌باشد (Eteng et al., 2014) که امرزوه به دلایلی همچون هزینه بالای کودهای غیرآلی همراه با عدم توانایی آن برای ایجاد شرایط مناسب برای خاک، بروز مشکلات زیست‌محیطی و افت کیفیت محصولات، مورد توجه واقع شده است (Agyenim-boateng et al., 2006). بررسی ها نشان داده است که منابع غیر شیمیایی مانند کود دامی در تلفیق با کود شیمیایی می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید و کیفیت محصول منجر شود، زیرا این سیستم بیشتر نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و با افزایش کارآیی جذب مواد غذایی تولید محصول را افزایش خواهد داد (Majidian et al., 2008). رضایی‌نژاد و افیونی (Rezainejad & Afuni, 2000) بیان نمودند که کودهای آلی با افزایش معنی دار مواد آلی خاک قابلیت جذب روی، مس، آهن، فسفر، پتاسیم و نیتروژن را توسط ذرت (*Zea mays* L.) افزایش دادند. وانیو و همکاران (Waniyo et al., 2013) اظهار داشتند کود دامی باعث رشد مناسب و افزایش عملکرد و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مقایسه با تیمارهای دیگر گردید. مومنی و همکاران (Momeni et al., 2014) گزارش کردند که کاربرد کود سبز (شبدر (*Trifolium* sp. (L.)) و جو (*Hordeum vulgare* L.)) افزایش 23 درصدی میزان نیتروژن خاک را به همراه داشت. همچنین کاربرد کود دامی با مصرف نیمی از کود شیمیایی توصیه شده، پویایی نیتروژن در خاک را نسبت به کاربرد کود شیمیایی به تنهایی به میزان 32/9 درصد افزایش داد. آستیر و همکاران (Astier et al., 2006) گزارش کردند که جذب نیتروژن و فسفر توسط گیاه در تیمار اختلاط کود سبز با خاک بیش از تیمار قرارگیری بر سطح خاک بود. آچاریا و شارما (Acharya & Sharma, 1994) اظهار داشتند که تیمارهای خاک‌ورزی متداول به همراه بقایا دارای رژیم حرارتی مناسبی بودند که در نتیجه آن رشد ریشه، عملکرد دانه و جذب عناصر غذایی در ذرت و گندم (*Triticum aestivum* L.) بیشتر بود. پورعزیزی و همکاران (Pourazizi et al., 2013) و المدرس و همکاران (Almodares et al., 2009) اعلام کردند با مصرف کود شیمیایی، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندام‌های هوایی در دو گیاه ذرت و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) افزایش یافت. از آن‌جایی که روش‌های صحیح خاک‌ورزی و کشت گیاهان کود سبز از روش‌های مناسب برای حرکت در راستای کشاورزی پایدار است و با توجه به این که 67 درصد جیره مرغ از طریق دانه ذرت تأمین شده و کیفیت ذرت مصرفی از لحاظ تعادل عناصر غذایی به‌خصوص ریز مغذی‌ها پایین می‌باشد و سالانه مقدار زیادی کود دامی تولید می‌گردد که غنی از این عناصر غذایی است (Department of Livestock Ministry of Agriculture, 2004). لذا به نظر می‌رسد مصرف کود دامی همراه با کود سبز و مقدار مناسب از کود شیمیایی با خاک‌ورزی مناسب در تولید ذرت، گامی اساسی در راستای افزایش کیفیت علوفه و دانه این گیاه و پایداری تولید خواهد داشت. به این منظور در این پژوهش اثر منابع مختلف کود (کود سبز، دامی و شیمیایی) و مدیریت‌های خاک‌ورزی بر عملکرد علوفه و دانه ذرت مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان در استان سیستان و بلوچستان در دو سال زراعی 1392 و 1393 اجرا گردید.

جدول 1- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت

Table 1- Some physical and chemical characteristics of soil before planting

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی-زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (درصد) OC (%)	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu	بور B
				(میلی‌گرم در کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)						
لومی- شنی Sandy- loam	8.2	3	0.34	11	100	2.84	0.26	4.86	0.58	1.07

جدول 2-خصوصیات شیمیایی کود دامی

Table 2- Chemical characteristics of cattle manure

کربن آلی (درصد) OC (%)	فسفر کل (درصد) Total P (%)	پتاسیم کل (درصد) Total K (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)
22.86	0.80	1.89	2.33	36

جدول 3- درصد نیتروژن کل کود سبز جو در تیمارهای مختلف کودی

Table 3- Total nitrogen percentage of barley green manure

		T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
خاک‌ورزی متداول Conventional tillage	بدون کاشت No planting	2.07	2.24	2.16	2.27	2.33	2.17	
بی‌خاک‌ورزی No tillage	بدون کاشت No planting	1.98	2.16	2.09	2.18	2.26	2.04	

T_0: شاهد T_1: کود سبز جو، T_2: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی به جو، T_3: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T_4: کود سبز جو با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم به ذرت، T_5: کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی، T_6: کود سبز جو با 40 تن کود دامی

T_0: Control (without using fertilizer), T_1: Green barley manure without taking cow manure and chemical fertilizer, T_2: Green barley manure with full use of chemical fertilizer for barley, T_3: Green barley manure with two- third chemical fertilizer for barley and the remaining one- third for maize, T_4: green barley manure with one- third chemical fertilizer for barley and the remaining two- third for maize, T_5: Green barley manure with 50-50 mixture of cow manure and chemical fertilizer, T_6: Green barley manure with 40 tons cow manure per ha.

جدول 4-غلظت عناصر خاک زراعی پس از برداشت طی دوسال اجرای آزمایش

Table 4- Concentrations of soil element after harvest over the two years

منبع کود Fertilizer source	نیتروژن کل (درصد) N (%)		فسفر (میلی‌گرم درکیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)		پتاسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)		کربن آلی (درصد) OCn(%)		وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) ρ ($g.cm^{-3}$)	
	سال اول 1st Year	سال دوم 2nd Year	سال اول 1st Year	سال دوم 2nd Year	سال اول 1st Year	سال دوم 2nd Year	سال اول 1st Year	سال دوم 2nd Year	سال اول 1st Year	سال دوم 2nd Year
T_0	0.029	0.023	12.42	8.63	184	146.7	0.321	0.318	1.53	1.49
T_1	0.031	0.030	14.99	16.55	194.05	185.7	0.374	0.426	1.51	1.45
T_2	0.043	0.060	24.40	26.11	301	301.8	0.422	0.628	1.50	1.43
T_3	0.046	0.067	25.65	27.61	303.8	302.9	0.412	0.638	1.50	1.42
T_4	0.046	0.065	25.80	27.50	309.7	317.5	0.413	0.632	1.50	1.42
T_5	0.051	0.078	25.39	29.83	309.9	331.2	0.561	0.767	1.47	1.37
T_6	0.047	0.070	23.17	26.72	303	323.7	0.624	0.79	1.43	1.41

T_0: شاهد T_1: کود سبز جو، T_2: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی به جو، T_3: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T_4: کود سبز جو با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم به ذرت، T_5: کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی، T_6: کود سبز جو با 40 تن کود دامی

T_0: Control (without using fertilizer), T_1: Green barley manure without taking cow manure and chemical fertilizer, T_2: Green barley manure with full use of chemical fertilizer for barley, T_3: Green barley manure with two- third chemical fertilizer for barley and the remaining one- third for maize, T_4: green barley manure with one- third chemical fertilizer for barley and the remaining two- third for maize, T_5: Green barley manure with 50-50 mixture of cow manure and chemical fertilizer, T_6: Green barley manure with 40 tons cow manure per ha.

محل آزمایش از نظر اقلیمی و روش کوپن[1] جزء مناطق بسیار خشک با تابستان گرم و زمستان ملایم است. میزان بارندگی سالیانه 55 میلی‌متر که بیشترین میزان بارندگی در زمستان به وقوع پیوسته است. میزان تبخیر 5000-4500 میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه 21/7 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام

1- Kopen method

شد. خاک‌ورزی به عنوان عامل اصلی شامل دو سطح اختلاط بقایا با خاک و باقی گذاشتن بقایای جو بر سطح خاک و منابع کودی به عنوان عامل فرعی شامل هفت سطح T_0: شاهد (بدون مصرف کود)، T_1: کود سبز جو بدون مصرف کود دامی و شیمیایی، T_2: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی به جو، T_3: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T_4: کود سبز جو به همراه یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم باقی مانده به ذرت، T_5: کود سبز جو به همراه مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی و T_6: کود سبز جو با 40 تن کود دامی در هکتار در نظر گرفته شد. کود شیمیایی (سولفات پتاسیم، سوپر فسفات تریپل و اوره هر یک به‌میزان 75، 90 و 165 کیلوگرم در هکتار و براساس K_2O و P_2O_5 به‌ترتیب برابر 45 و 41/4 کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. کود شیمیایی فسفر و پتاسیم به‌عنوان کود پایه به نسبت مورد نظر بلافاصله قبل از کاشت استفاده گردید. اوره به‌صورت تقسیط در سه مرحله کاشت، پنجه‌دهی و ساقه‌دهی استفاده شد. کود دامی هم زمان با کاشت جو به خاک اضافه گردید.

کود دامی پس از پخش در سطح خاک با بیل با خاک مخلوط شد. کشت گیاه جو در هر دو سال در اول آبان ماه صورت گرفت. در طی مدت کاشت تا زیر خاک نمودن جو مراقبت‌های لازم مانند آبیاری (در سه مرحله پنجه‌دهی، ساقه‌دهی و خوشه‌دهی) انجام شد. میزان بذر مورد نظر برای جو (رقم نیمروز) 150 کیلوگرم در هکتار بود. در تیمار اختلاط کود با خاک در مرحله خوشه‌دهی، جو از روی سطح خاک برش و با دستگاه چاپر خرد شده و تمام زیست‌توده جو به کرت مورد نظر منتقل گردید. کود سبز به‌طور یکنواخت در سطح کرت پخش و به عمق 30 سانتی متر با بیل به خاک برگردانده شد. در سیستم بی‌خاک‌ورزی گیاه جو ابتدا با علف‌کش گراماکسون به میزان چهار لیتر در هکتار سمپاشی شد.

بذرها با ایجاد شیارهای بدون به هم خوردن بقایا با دست کشت شد. بوته‌های جو روی سطح خاک در حالت ایستاده خشک گردید. به علت وجود بادهای موسمی (120 روزه) در منطقه و جلوگیری از جا به جایی کاه و کلش، برش انجام نگرفت. بوته‌ها توسط غلطک دستی به حالت خوابیده روی خاک قرار داده شدند. هر کرت فرعی شامل شش ردیف کاشت به طول شش متر و به فاصله 50 سانتی‌متر از یکدیگر و فاصله روی ردیف 15 سانتی‌متر بود. رقم مورد استفاده ذرت، هیبرید سینگل کراس 704 بود. ذرت در 15 اسفندماه کشت شد. جهت تعیین عملکرد علوفه سبز ذرت، برداشت علوفه در مرحله شیری، از چهار ردیف وسط با حذف حاشیه هر کرت، از سطح دو مترمربع برداشت شد. علوفه سبز بلافاصله توزین، سپس از هر کرت یک نمونه دو کیلوگرمی بعد از خشک شدن در آون 70 درجه سانتی‌گراد، برای تعیین علوفه خشک استفاده گردید. در مرحله رسیدگی کامل از چهار ردیف وسط با حذف حاشیه هر کرت سطح هشت مترمربع برای عملکرد دانه برداشت گردید. برای تعیین درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه، مقدار 150 گرم دانه ذرت در آون در دمای 72 درجه سانتی‌گراد به‌مدت 48 ساعت خشک و سپس آسیاب گردید. میزان نیتروژن کل با روش هضم، تقطیر و تیتراسیون (Jacson, 1962) با استفاده از دستگاه کجلدال مدل Gerhardf Vapodest، درصد فسفر به‌روش رنگ‌سنجی (Murphy & Riley, 1962) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدلPharmacia LKB- Novaspec-11) و پتاسیم به‌روش هضم‌تر با اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه (Black et al., 1965) با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر مدل Jelway-Pfp7 اندازه‌گیری گردید. غلظت روی با دستگاه جذب اتمی مدل Warian-220، بر اساس دستورالعمل بیکر و سوهر (Baker & Suhr, 1990) و درصد خاکستر دانه با سوزاندن نمونه‌ها در کوره الکتریکی تعیین شد. درصد NDF در حداقل 50 گرم از نمونه آسیاب شده و به روش اندازه‌گیری محلول شوینده خنثی اندازه‌گیری گردید. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C، مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

الیاف نامحلول در شوینده خنثی

الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF) به عنوان یک معیار شکم پرکن دام برای پیش‌بینی مصرف اختیاری غذا مورد استفاده قرار گرفته و تحت تأثیر شرایط اکولوژیکی و محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد (Arzani, 2010). NDF بین دو سال آزمایش در سطح احتمال یک درصد ($p\leq 0/01$) معنی‌دار بود (جدول 5). به نحوی‌که در سال دوم درصد NDF علوفه، 3/77 درصد نسبت به سال اول کاهش نشان داد (جدول 6). به نظر می‌رسد آزادسازی عناصر غذایی از منابع آلی (کود دامی و سبز) در طی دو سال ادامه پیدا کرده است (جدول 4). این عمل باعث فعال شدن بیشتر رشد رویشی و تقسیم سلولی در

فاصله زمانی کوتاه‌تر که در نهایت دیواره سلولی نازک‌تر در گیاه شده و NDF در سال دوم کاهش پیدا کرده است. ذوالفقاری و همکاران (Zolfeghari et al., 2014) و رمرودی و همکاران (Ramrudi et al., 2010) اعلام کردند کود سبز، دامی و شیمیایی باعث کاهش درصد NDF و افزایش کیفیت علوفه ذرت و سورگوم می‌گردد. گزارش کوکس و همکاران (Cox et al., 1993) نیز حاکی از بهبود قابلیت هضم علوفه ذرت با افزایش مصرف کود نیتروژن بود. خاک‌ورزی دارای اثر معنی‌دار بر درصد NDF علوفه ذرت بود ($p\leq0/01$) (جدول 5). میانگین این پارامتر در تیمار اختلاط کود سبز با خاک کمتر بود (جدول 6). ساها (Saha et al., 2010) دریافت که اگر روش خاک‌ورزی با مخلوط کردن بقایا توأم گردد، از طریق کاهش چگالی ظاهری و افزایش تخلخل باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش رشد گیاه می‌شود که در نتیجه آن کیفیت علوفه بهبود می‌یابد.

منابع مختلف کود اثر معنی‌داری بر درصد NDF علوفه ذرت داشت ($p\leq0/01$) (جدول 5). میانگین درصد NDF در تیمار شاهد بیش از تیمارهایی که کود دریافت کردند بود. کمترین درصد NDF از تیمار T_5 حاصل گردید (جدول 6). کیفیت بهتر علوفه را می‌توان به واسطه بهبود حاصل‌خیزی خاک در نتیجه اضافه شدن عناصر غذایی از طریق مصرف کودهای دامی، شیمیایی و سبز در دو سال آزمایش توجیه کرد. قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., 2006) اظهار داشتند که کمترین درصد NDF در علوفه ذرت از تیمار بالاترین سطح مصرف مخلوط کود شیمیایی و دامی به‌دست آمد.

محتوی نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه ذرت

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که خاک‌ورزی، منبع کود و برهمکنش‌های مختلف آن بر درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 5). درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در تیمار اختلاط کود با خاک به‌ترتیب 18/06، 3/44 و 7/14 درصد بیش از بی‌خاک‌ورزی بود (جدول 6). اختلاط کود سبز، شیمیایی و دامی علاوه بر افزایش فسفر و نیتروژن قابل دسترس خاک برای محصول بعدی باعث افزایش ماده آلی و بهبود خصوصیات زیستی، شیمیایی و فیزیکی خاک شده و می‌تواند باعث جذب بیشتر عناصر نسبت به قرار گرفتن بقایا در سطح خاک گردد (Ghushchi et al., 2010; Talgre et al., 2009). به عقیده کین و همکاران (Qin et al., 2006) شرایط خاک برای رشد ریشه در سیستم بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی متداول نامناسب بوده که سبب ایجاد محدودیت در جذب آب و عناصر غذایی برای گیاه می‌گردد. درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه در تیمارهایی که علاوه بر کود سبز، کود شیمیایی و دامی دریافت کردند بالاتر بود. درصد نیتروژن دانه در تیمارهای T_5، T_4 و T_6 نسبت به بقیه بیشتر بود (جدول 6).

حسینی و همکاران (Hosseni et al., 2010) بیان داشتند که افزودن بقایای جو به خاک مقادیر کربن آلی، نیتروژن کل و کربن زیست‌توده میکروبی را به طور معنی‌داری افزایش داد که باعث افزایش جذب عناصر توسط ریشه می‌گردد. افزایش جذب فسفر در تیمار T_6 نسبت به شاهد 42/42 درصد و نسبت به تیمار T_1 (کود سبز) 39 درصد بود. افزایش درصد فسفر دانه تیمار T_1 نسبت به شاهد 5 درصد بود (جدول 6). این نتیجه با یافته‌های وانیو و همکاران (Waniyo et al., 2013) مبنی بر افزایش جذب فسفر تحت تأثیر کودهای آلی مطابقت داشت. توسلی و همکاران (Tavasoli et al., 2010) دلیل افزایش میزان جذب فسفر را در منابع کود آلی و شیمیایی افزودن کودهای فسفر به خاک مزرعه و افزایش در جذب و تجمع فسفر در بافت گیاه به‌دلیل فراهم شدن این عنصر در خاک و بهبود جذب این عنصر توسط گیاه نسبت دادند.

بالاترین درصد پتاسیم دانه در تیمار T_6 و T_5 و پس از آن‌ها تیمار T_4 و T_3 حاصل شد که با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول 6). مصرف کود آلی و شیمیایی می‌تواند درصد پتاسیم خاک را تحت تأثیر قرار دهد و میزان آن را در دانه ذرت افزایش دهد (جدول 4).

چنین افزایش جذب پتاسیم توسط پورعزیزی و همکاران (Pourazizi et al., 2013) در سورگوم علوفه‌ای گزارش شده است. جو به عنوان کود سبز می‌تواند از فسفات‌های غیرمحلول، پتاسیم تثبیت شده و عناصر کم مصرف تا حد زیادی استفاده کرده و برگرداندن این گیاه به خاک علاوه بر بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک زمینه تسهیل آزادسازی عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف را در خاک فراهم می‌کند (Bibordi et al., 2000).

برهمکنش سال در خاک‌ورزی در منبع کود (جدول 7) روند تأثیر منابع کود بر درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه را نشان می‌دهد. به‌طوری که مشخص گردید بیشترین جذب عناصر فوق در سال دوم،

اختلاط کود با خاک و مخلوط کود دامی، شیمیایی و سبز بـه دسـت آمد. این یافته با نتایج تالگر و همکـاران (Talgre et al., 2009) و قوشچی و همکاران (Ghushchi et al., 2010) مطابقت داشت. آن-ها افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در نتیجه کـاربرد کودهای آلی و خاک‌ورزی متداول به‌دلیل اضافه شدن این عناصر به خاک در اثر اختلاط این کودها با خاک و تجزیه سریع‌تر دانستند.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد کمی و کیفی دانه و علوفه و جذب عناصر غذایی در منابع مختلف کودی و سیستم خاک‌ورزی

Table 5- Variance analysis (mean of squares) of quality and quantity of forage and grain yield in different manure resources and tillage system

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	نیتروژن دانه Seed N	فسفر دانه Seed P	پتاسیم دانه Seed K	روی دانه Seed Zn	خاکستر دانه Seed ash	عملکرد علوفه‌تر Fresh forage yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	عملکرد دانه Grain yield
سال year	1	53.44**	0.826**	0.002**	0.003**	206.45**	0.274**	4638759000.1**	21020004.7**	15341266.7**
اشتباه اصلی Main error	4	1.04	0.053	0.001	0.001	23.26	0.020	980.02	65.79	6649.9
خاک‌ورزی tillage	1	30.96**	1.700**	0.200**	0.021**	5.21^{ns}	3.200**	68243732228.1**	4249080868**	51302349**
سال × خاک‌ورزی Year× tillage	1	5.25*	0.140^{ns}	0.001**	0.001**	10.55*	0.039*	1100505542.9**	792685.7**	2452825.1**
اشتباه فرعی Sub error	4	0.286	0.032	0.001	0.001	0.71	0.003	95.71	22.3	32168.5
منبع کود Ferilizer source	6	34.07**	0.324**	0.041**	0.010**	8.67**	0.605**	4796220408**	293206096.1**	39640261.4**
سال × منبع کود Year× Ferilizer source	6	1.024*	0.066**	0.001**	0.001**	2.10^{ns}	0.020**	453799946.7**	3856830.5**	516450.2**
خاک‌ورزی ×منبع کود Ferilizer source× tillage	6	1.159*	0.034**	0.001**	0.001**	1.22^{ns}	0.134**	2727877349.8**	17473135.8**	2566965.6**
سال × خاک‌ورزی × منبع Ferilizer source× tillage× year	6	0.5^{ns}	0.021**	0.001**	0.001**	9.70**	0.004^{ns}	8658602.3**	345853.2**	572300.2**
اشتباه فرعی فرعی Sub sub error	48	0.375	0.006	0.001	0.001	1.48	0.006	68.92	12.71	14969.7
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)		1.48	5.47	1	1.01	5.03	6.27	0.01	0.02	2.32

#، ## و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns are significant at %5 and %1 level of probability and not significant, respectively.

جدول 6- خصوصیات کیفی و عملکرد دانه و علوفه ذرت در منابع مختلف کود و سیستم‌های خاک‌ورزی

Table 6- Qualitative traits seed and forage yield of maize in different fertilizer sources and tillage systems

	تیمارها Treatments	درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF (%)	درصد نیتروژن دانه Seed N (%)	درصد فسفر دانه Seed P (%)	درصد پتاسیم دانه Seed K (%)	روی دانه (میلی گرم بر کیلوگرم Seed Zn ($mg.kg^{-1}$)	درصد خاکستر Seed دانه Ash (%)	عملکرد علوفه‌تر (تن در هکتار) Fresh forage yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Seed yield ($t.ha^{-1}$)
سال Year	Y_1	42.16^{a*}	1.31^{b}	0.28^{b}	0.40^{b}	20.96^{a}	1.46^{b}	70.441^{b}	15.489^{b}	4.849^{b}
	Y_2	40.57^{b}	1.51^{a}	0.29^{a}	0.41^{a}	17.82^{b}	1.57^{a}	75.140^{a}	16.490^{a}	5.703^{a}
خاک‌ورزی Tillage	CT	40.76^{b}	1.55^{a}	0.29^{a}	0.42^{a}	19.64^{a}	1.71^{a}	81.804^{a}	18.239^{a}	6.057^{a}
	NT	41.97^{a}	1.27^{b}	0.28^{b}	0.39^{b}	19.144^{a}	1.32^{b}	63.777^{b}	13.740^{b}	4.494^{b}
منابع کود Fertilizer sources	T_0	43.83^{a}	1.11^{e}	0.19^{b}	0.36^{e}	19.27^{c}	1.12^{e}	42.154^{g}	8.652^{f}	2.097^{g}
	T_1	42.91^{b}	1.23^{e}	0.20^{b}	0.38^{de}	19.39^{b}	1.31^{d}	46.699^{f}	9.702^{e}	3.465^{f}
	T_2	42.08^{c}	1.37^{d}	0.31^{a}	0.40^{cd}	18.79^{bc}	1.55^{c}	75.737^{e}	16.114^{d}	5.561e
	T_3	41.16^{d}	1.44^{c}	0.31^{a}	0.41^{bcd}	19.02^{bc}	1.58^{c}	80.922^{d}	17.215^{c}	5.762^{d}
	T_4	39.50^{e}	1.53^{b}	0.31^{a}	0.41^{abc}	18.25^{c}	1.60^{c}	87.924^{b}	19.580^{b}	6.566^{b}
	T_5	39.33^{e}	1.62^{a}	0.32^{a}	0.43^{ab}	20.62^{a}	1.77^{a}	90.204^{a}	21.084^{a}	7.019^{a}
	T_6	40.75^{d}	1.52^{b}	0.33^{a}	0.43^{ab}	20.41^{a}	1.68^{b}	85.894^{c}	19.578^{b}	6.465^{c}
سال× خاک‌ورزی Year× Tillage	Y_1×CT	41.81^{b}	1.41^{b}	0.284^{a}	0.43^{a}	20.85^{a}	1.63^{b}	78.309^{b}	17.641^{b}	5.460^{b}
	Y_1×NT	42.52^{a}	1.21^{c}	0.27^{a}	0.38^{a}	21.06^{a}	1.29^{d}	62.572^{d}	13.337^{d}	4.238^{d}
	Y_2×CT	39.71^{c}	1.69^{a}	0.29^{a}	0.43^{a}	18.42^{b}	1.79^{a}	85.299^{a}	18.836^{a}	6.656^{a}
	Y_2×NT	41.42^{b}	1.33^{bc}	0.28^{a}	0.39^{b}	17.22^{c}	1.36^{c}	64.982^{c}	14.143^{c}	4.751^{c}

*میانگین‌های هر گروه در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with the same letter in each group and each column are not significantly different in at 5% level of probability according to the Duncan' test.

Y_1: سال اول Y_2: سال دوم CT: خاک‌ورزی متداول NT: بی‌خاک‌ورزی T_0: شاهد (بدون مصرف کود) T_1: کود سبز جو بدون مصرف کود دامی و شیمیایی، T_2: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی به جو، T_3 : کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T_4: کود سبز جو به همراه یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم باقی مانده به ذرت، T_5 : کود سبز جو به همراه مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی و T_6: کود سبز جو با 40 تن کود دامی در هکتار بود.

Y: Year, CT: Conventional tillage, NT: No tillage, T_0: Control (without any fertilizer) T_1: Barley Green manure with no fertilizer, T_2: Green barley manure with full use of chemical fertilizer for barley, T_3: Green barley manure with two-third chemical fertilizer for barley and the remaining one-third for maize, T_4: Green barley manure with one-third chemical fertilizer for barley and the remaining two third for maize, T_5: Green barley manure with 50-50 mixture of cow manure and chemical fertilizer, T_6: Green barley manure with 40 tons cow manure per ha.

در تیمارهای T_0 (شاهد) و T_1 (کود سبز جو) درصد جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه کمتر از تیمارهای کود سبز به همراه کود شیمیایی و کود دامی بود. در اختلاط انواع کود با خاک، جو به دلیل دارا بودن رشد زیاد و ریشه‌های قوی می‌تواند مقدار زیادی از عناصر محلول را که در شرایط عادی بر اثر شسته شدن به اعماق پایین خاک حرکت می کنند را جذب کند در اثر برگرداندن لاشبرگ جو به خاک این عناصر به خاک بر می‌گردد.

غلظت روی دانه

نتایج نشان داد که اثر سال، منبع کود و برهمکنش سال در سیستم خاک‌ورزی و منبع کود بر غلظت روی دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ($p\leq 0/01$) (جدول 5). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که درصد روی دانه در سال اول نسبت به سال دوم بیشتر بود (جدول 6). احتمالاً با وجود تأثیر مثبت کود سبز و کود دامی در رشد گیاه و افزایش عملکرد دانه در اثر کاربرد این عوامل و قرارگیری روی در حجم دانه بیشتر و نهایتاً اثر رقت در سال دوم غلظت روی کاهش نشان داد (Polshekanepahlevan et al., 2007). بیشترین

غلظت روی در تیمار T_5 و T_6 که در آن‌ها از کود سبز به همراه کود دامی استفاده شده بود وجود داشت. چون کود دامی حاوی عناصر ماکرو و میکرو می‌باشد در اثر تجزیه این عناصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (جدول 4). دلکاتیهو و همکاران (Delcatiho et al., 1993) اظهار داشتند که حلالیت روی و کادمیوم، در یک خاک لومی تیمار شده با کود حیوانی، تا حدود 100 برابر افزایش یافت. آن‌ها دلیل این افزایش را کاهش pH خاک در اثر فرآیند نیترات‌سازی، افزایش قدرت یونی و مواد آلی محلول ذکر کردند.

جدول 7- برهکنش سال در خاک‌ورزی در منبع کود بر خصوصیات کیفی و عملکرد دانه و علوفه ذرت

Table 7- Interaction of years, tillage and fertilizers source on qualitative, grain and forage yield of maize

سال×خاک‌ورزی×کود Year×Tillage×fertilizer	درصد نیتروژن دانه Seed N (%)	درصد فسفر دانه Seed P (%)	درصد پتاسیم دانه Seed K (%)	روی دانه (میلی گرم بر کیلوگرم) Seed Zn ($mg.kg^{-1}$)	عملکرد علوفه‌تر (تن در هکتار) Fresh forage yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Seed yield ($t.ha^{-1}$)
$Y_1 \times CT \times T_0$	1.280^{f-l*}	0.200b	0.367^{e-h}	19.467^{b-e}	44.112^{x}	9.263^{x}	2.260^{q}
$Y_1 \times CT \times T_1$	1.267^{g-l}	0.206^{b}	0.4^{c-h}	21.133^{a-d}	48.306^{v}	10.144^{v}	3.340^{o}
$Y_1 \times CT \times T_2$	1.423^{de}	0.308^{a}	0.415^{b-h}	18.900^{def}	83.505^{j}	18.372^{k}	5.724^{hi}
$Y_1 \times CT \times T_3$	1.440^{de}	0.310^{a}	0.423^{b-g}	21.800^{ab}	88.310^{i}	19.429^{h}	5.962^{g}
$Y_1 \times CT \times T_4$	1.540^{cd}	0.316^{a}	0.424^{b-g}	20.900^{a-d}	95.308^{e}	21.922	6.958^{e}
$Y_1 \times CT \times T_5$	1.583^{c}	0.321^{a}	0.443^{bc}	20.733^{a-d}	97.422^{d}	23.384^{c}	7.541^{d}
$Y_1 \times CT \times T_6$	1.393^{e-h}	0.325^{a}	0.435^{bc}	23.053^{a}	91.203^{g}	20.974^{f}	6.432f
$Y_1 \times CT \times T_0$	1.110^{mn}	0.196^{b}	0.358^{h}	21.567^{abc}	41.208^{y}	8.249^{z}	1.832^{r}
$Y_1 \times CT \times T_1$	1.147^{l}	0.202^{b}	0.362^{fgh}	20.833^{a-d}	43.205^{y}	8.646^{y}	2.524^{p}
$Y_1 \times CT \times T_2$	1.170^{k-n}	0.301^{a}	0.387^{c-h}	21.500^{abc}	64.109^{t}	13.463^{t}	4.615^{l}
$Y_1 \times CT \times T_3$	1.210^{i-n}	0.305^{a}	0.395^{c-h}	18.900^{def}	69.124^{r}	14.520^{r}	4.764^{l}
$Y_1 \times CT \times T_4$	1.247^{h-k}	0.311^{a}	0.402^{b-h}	19.227^{cde}	76.115^{m}	16.743^{n}	5.512^{i}
$Y_1 \times CT \times T_5$	1.303^{e-k}	0.313^{a}	0.411^{b-h}	22.900^{a}	73.125^{o}	16.092^{o}	5.247^{j}
$Y_1 \times CT \times T_6$	1.320^{e-j}	0.316^{a}	0.410^{b-h}	22.533^{a}	71.119^{q}	15.648^{p}	5.175^{jk}
$Y_2 \times CT \times T_0$	1.237^{i-m}	0.193^{b}	0.362^{gh}	19.350^{cde}	43.173^{z}	9.072^{y}	2.182^{q}
$Y_2 \times CT \times T_1$	1.343^{e-i}	0.211^{b}	0.411^{b-h}	17.357^{efg}	51.154^{v}	10.748^{v}	4.137^{m}
$Y_2 \times CT \times T_2$	1.580^{c}	0.323^{a}	0.429^{b-e}	18.427^{efg}	89.206^{h}	18.735^{i}	6.930^{e}
$Y_2 \times CT \times T_3$	1.760^{b}	0.325^{a}	0.432^{bcd}	17.660^{efg}	95.121^{f}	19.975^{g}	7.127^{e}
$Y_2 \times CT \times T_4$	1.940^{a}	0.333^{a}	0.436^{bc}	16.573^{fg}	102.155^{c}	22.474^{d}	8.082^{c}
$Y_2 \times CT \times T_5$	2.067^{a}	0.339^{a}	0.464^{ab}	21.290^{abc}	110.151^{a}	26.435^{a}	9.400^{a}
$Y_2 \times CT \times T_6$	1.960^{a}	0.359^{a}	0.503^{a}	18.343^{efg}	106.132^{b}	24.413^{b}	8.734^{b}
$Y_2 \times CT \times T_0$	1.070^{n}	0.190^{b}	0.354^{h}	16.690^{fg}	40.125^{z}	8.026^{z}	2.113^{q}
$Y_2 \times CT \times T_1$	1.193^{j-n}	0.207^{b}	0.371^{d-h}	18.270^{efg}	44.128^{w}	9.271^{w}	3.860^{n}
$Y_2 \times CT \times T_2$	1.327^{e-j}	0.307^{a}	0.394^{c-h}	16.353^{g}	66.128^{s}	13.887^{s}	4.975^{k}
$Y_2 \times CT \times T_3$	1.350^{e-i}	0.309^{a}	0.398^{c-h}	17.707^{efg}	71.135^{p}	14.936^{q}	5.193^{j}
$Y_2 \times CT \times T_4$	1.410^{d-g}	0.316^{a}	0.405^{b-h}	16.303^{g}	78.118^{l}	17.183^{m}	5.712^{hi}
$Y_2 \times CT \times T_5$	1.540^{cd}	0.325^{a}	0.428^{b-e}	17.537^{efg}	80.122^{k}	18.425^{j}	5.886^{gh}
$Y_2 \times CT \times T_6$	1.433^{de}	0.335^{a}	0.425^{b-f}	17.690^{efg}	75.122^{n}	17.277^{l}	5.520^{i}

*میانگین‌های هر گروه در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with the same letter in each group and each column are not significantly different in at 5% level of probability according to the Duncan' test.

برهمکنش سال، خاک‌ورزی و منبع کود نشان داد که در سال اول در خاک ورزی متداول و در تیمارهای دارای کود دامی غلظت روی دانه افزایش نشان داد (جدول 7).

خاکستر دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که خاک‌ورزی، منبع کود و اثرات بر همکنش مختلف آن‌ها بر درصد خاکستر دانه در سطح احتمال یک و پنج درصد دارای تأثیر معنی‌دار بود (جدول 5). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد خاکستر دانه در سال دوم نسبت به سال اول افزایش نشان داد (جدول 6). مطالعات تالگر و همکاران (Talgre et al., 2009) نشان داد که مواد آلی از جمله کود سبز و دامی باعث افزایش تدریجی آزادسازی عناصر غذایی برای گیاه می‌شود جذب این عناصر توسط گیاه منجر به افزایش غلظت‌شان در دانه و در نهایت افزایش درصد خاکستر دانه شده است (Talgre et

al., 2009). اختلاط کودها با خاک باعث افزایش درصد خاکستر دانه ذرت گردید (جدول 6). به نظر می‌رسد در تیمار اختلاط کود با خاک، دسترسی ریشه گیاه به عناصر غذایی و به‌تبع آن جذب و تجمع این عناصر در دانه و افزایش درصد خاکستر دانه می‌شود. قوشچی و همکاران (Ghushchi et al., 2010) نتایج مشابهی در اثر اختلاط جو با خاک بر روی ذرت گزارش کردند. بیشترین درصد خاکستر دانه مربوط به منبع کود مخلوط کود سبز، دامی و شیمیایی و کمترین آن مربوط به منبع کود شاهد بود. این یافته نشان داد که مخلوط کود دامی، شیمیایی و سبز به خاک، درصد خاکستر دانه را به سبب آزادسازی مناسب عناصر افزایش داده است.

عملکرد علوفه تر و خشک

نتایج نشان داد که عملکرد علوفه‌تر و خشک تحت تاثیر خاک‌ورزی، منابع کود و بر همکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد ($p\leq0/01$) قرار گرفت (جدول 5). نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر برتری میزان علوفه‌تر و خشک در تیمار اختلاط کود با خاک نسبت به بی‌خاک‌ورزی بود. این افزایش به‌ترتیب در علوفه‌تر و خشک برابر 28/26 و 32/74 درصد بود (جدول 6). همچنین مقایسه میانگین اثرات بر همکنش نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه‌تر و خشک در خاک‌ورزی متداول و در سال دوم حاصل شد. کمترین میزان عملکرد علوفه‌تر و خشک در سال اول و در سیستم بی‌خاک‌ورزی به‌دست آمد (جدول 6). نتایج این آزمایش با نتایج رضوان طلب و همکاران (Rezvantalab et al., 2008) و پیمنتل (Pimentel, 1993) که اظهار داشتند در سال اول و در سیستم بی‌خاک‌ورزی به‌دلیل فشردگی زمین و عدم تجزیه کامل بقایا عملکرد کمتر از خاک‌ورزی متداول است مطابقت داشت. عملکرد علوفه‌تر و خشک در تیمار T_5 بیش از سایر تیمارها بود (جدول 6).

تیمار T_4 از نظر عملکرد علوفه‌تر و خشک در رتبه بعدی قرار گرفت. منبع کود مصرف 40 تن کود دامی و سبز در رتبه سوم قرار داشت. کمترین میزان عملکرد علوفه تر و خشک به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) تعلق گرفت (جدول 6). نظر به این‌که در تیمار T_5 در ابتدای فصل رشد کود دامی خوب تجزیه نشده، تأمین عناصر غذایی توسط کود شیمیایی انجام می‌شود. در انتهای فصل رشد، کود دامی فرصت تجزیه پیدا کرده و می‌تواند عناصر مورد نیاز گیاه را تأمین کند. در نهایت گیاه می‌تواند از عملکرد بالاتری نسبت به سایر منابع کودی برخودار گردد. مطالعات نشان داد با کاربرد توأم کودهای شیمیایی، آلی و زیستی علاوه بر کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، علوفه بیشتری حاصل شد (Rai et al., 2013; Ghushchi et al., 2010). نیسانی و همکاران (Nisani et al., 2012) بیان کردند که مصرف نیتروژن با افزایش شاخص سطح برگ، وزن برگ و ساقه، طول بلال، قطر ساقه، ارتفاع بوته باعث افزایش عملکرد علوفه ذرت می‌گردد. رمرودی و همکاران (Ramrudi et al., 2010) گزارش کردند کود سبز باعث افزایش مواد آلی خاک شد که منبع عظیمی از عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، گوگرد و ریز مغذی‌ها بوده و در اثر معدنی شدن تدریجی در اختیار گیاه بعدی قرار گرفت و عملکرد علوفه سورگوم را افزایش داد. اثرات متقابل سال، سیستم خاک‌ورزی و منابع کود نشان داد که در سال دوم در خاک‌ورزی متداول و تیمار T_5 بیشترین مقدار عملکرد علوفه‌تر و خشک حاصل شد (جدول 7).

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر خاک‌ورزی، منبع کود و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد ($p\leq0/01$) معنی‌دار بود (جدول 5). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در تیمار اختلاط کود با خاک به‌میزان 1/563 تن در هکتار بیشتر از بی خاک‌ورزی بود (جدول 6). برگرداندن کود سبز همراه با کود شیمیایی و دامی علاوه بر افزایش فسفر و نیتروژن قابل دسترس خاک برای محصول بعدی به‌طور هم‌زمان باعث افزایش ماده آلی، بهبود خصوصیات زیستی، شیمیایی و فیزیکی خاک می‌شود و می‌تواند باعث رشد محصول و در نتیجه افزایش عملکرد نسبت به قرار گرفتن بقایا در سطح خاک گردد (Peyman et al., 2011). در تیمار اختلاط کود با خاک در سال اول نسبت به بی‌خاک‌ورزی عملکرد دانه در هکتار، 28 درصد افزایش نشان داد، در حالی‌که در سال دوم این نسبت به 40 درصد رسید (جدول 6). به‌نظر می‌رسد در سال دوم در خاک‌ورزی متداول شرایطی برای خاک فراهم می‌شود که وزن مخصوص کم‌تر، ظرفیت نگهداری رطوبت بیشتر و میزان مواد غذایی بیشتری در اختیار داشت، در نتیجه گیاه از رشد بهتری برخوردار شد. تالگر و همکاران (Talgre et al., 2009) و قوشچی و همکاران (Ghushchi et al., 2010) گزارش کردند مخلوط کردن کود سبز جو، دامی و شیمیایی با خاک باعث افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس گیاه گردید

و عملکرد ذرت افزایش یافت.

تیسکارنو و همکاران (Tiscareno et al., 1999) اعلام داشتند که سیستم بی‌خاک‌ورزی می‌تواند در بهبود عملکرد محصول، جذب عناصر و ساختمان خاک در دراز مدت مؤثر باشد. بالاترین مقدار عملکرد دانه به تیمار T_5 با مقدار 7019 و کمترین مقدار آن به تیمار شاهد با مقدار 2097 تعلق گرفت (جدول 6). کود دامی در تلفیق با کود شیمیایی و کود سبز می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول منجر شود (Majidian et al., 2008; Khamdi et al., 2017). نتایج برهمکنش سال، خاک‌ورزی و منبع کود نشان داد مقدار عملکرد دانه در هکتار در سال دوم، تیمار اختلاط کود با خاک و در منبع کود T_5 با میانگین عملکرد 9/400 کیلوگرم بیش از سایر منابع کود بود (جدول 7). پیمنتل (Pimentle, 1993) اعلام کرد که در سال اول 40 درصد از نیتروژن آلی و 80 درصد از آمونیوم کود دامی قابل جذب می‌باشد. اگر هر سال کود دامی در مزرعه مصرف گردد، سالانه 75 درصد کل نیتروژن آن برای گیاه قابل استفاده خواهد بود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق چنین نتیجه‌گیری می‌شود اختلاط انواع کود با خاک به‌دلیل فراهمی بستر مناسب‌تر برای فعالیت باکتری‌های تجزیه‌کننده خاک و تسریع در معدنی شدن مواد آلی سبب افزایش درصد نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، خاکستر و عملکرد دانه و افزایش عملکرد علوفه‌تر و خشک ذرت گردید. طی سال اول در بی‌خاک‌ورزی به‌دلیل تراکم بالای خاک رشد ریشه محدود و به‌دلیل تجزیه کند، بقایا، عملکرد و جذب عناصر غذایی کم شد. منابع کود شیمیایی عناصر غذایی را به شکل آماده در اختیار گیاه قرار می‌دهد، ولی در دراز مدت سبب تخریب ساختمان خاک می شود. منابع کود آلی (دامی و سبز) فرآیند معدنی شدن در آن‌ها در زمان طولانی‌تر اتفاق می‌افتد و پایداری تولید را در بلندمدت به دنبال خواهد داشت. در نهایت، نتایج حاکی از این بود که در تغذیه تلفیقی کود سبز همراه با نصف کود دامی و شیمیایی توصیه شده به همراه اختلاط کود با خاک ضمن تقویت رشد اولیه، تسریع در معدنی شدن و در نتیجه آن بیشترین عملکرد دانه، علوفه‌تر و خشک و جذب عناصر غذایی به‌دست آمد. کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده خنثی که نشان‌دهنده کیفیت بهتر علوفه می‌باشد در این تیمار اتفاق افتاد.

منابع

Acharya, C.L., and Sharma, P.D. 1994. Tillage and mulch effects on soil physical environment, root growth, nutrient uptake and yield of maize and wheat on an Alfisol in north–west India. Soil and Tillage Research 32(4): 291-302.

Agyenim-Boateng, S., Zickermann, J., and Kornahrens, M. 2006. Poultry manure effect on growth and yield of maize. West African Journal of Applied Ecology 9: 1-11.

Almodares, A., Jafarinia, M., and Hadi, M.R. 2009. The effect of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science 6: 441-446.

Arzani, H. 2010. Forage quality and the need of daily livestock grazing from grassland. Tehran University Press, Tehran, Iran 354 pp. (In Persian)

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(1-2): 153-159.

Baker, D., and Suhr, N. 1990. Atomic absorption and flame emission spectrometry. In: Al. Page et al. (Ed). Methods of Soil Analysis Part 2, 2nd ed., Agronomy. Monogr. 9, ASA, Madison, WI. p. 13-29.

Bibordi, M., Malakoti, J., Amirmokri, A., and Nafisi, M. 2000. Optimal Production and Consumption of Chemical Fertilizer in the Event of Sustainable Agriculture. Agricultural Education Press 282 pp. (In Persian)

Black, C., Evans, D., Ensminger, L., White, J., and Clark, F. 1965. Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy Madison p. 499-510.

Cox, W., Kalonge, S., Cherey, D., and Reid, W. 1993. Growth, yield and quality of forage maize under different nitrogen management practices. Agronomy Journal 85: 341-347.

Delcatilho, P., Chardon, W.J., and Salomons, W. 1993. Influence of cattle-manure slurry application on the solubility of cadmium, copper, and zinc in a manured acidic, loamy-sand soil. Journal of Environmental Quality 22(4): 689- 697.

Eteng, E., Asawalam, D., and Ano, A. 2014. Effects of Cu and Zn on maize (*Zea mays* L.) yield and nutrient uptake

in coastal plain sand derived soils of southeastern Nigeria. Journal of Soil Science 4(25): 235-245.

Ghushchi, A., Jurablu, A., Silespur, M., and Hadi, H. 2010. Effect of tillage and crop residue management on soil characteristics and forage corn. Journal of Agroecology 2(3): 428-436. (In Persian with English Summary)

Ghasemi, A., Ghasemi, M., and Ghanbari, A. 2006. The effect of different amounts of manure and chemical mixtures on the quality and uptake of nitrogen in forage maize. Iranian Crop Science Congress, Tehran, Iran (In Persian)

Hosseini, M., Haghnia, G., Emami, H., and Lakzian, A. 2010. Effectiveness of different barley residue management on microbial biomass carbon indices, organic carbon and total nitrogen in the soil. Journal of Agroecology 2(3): 372-382. (In Persian with English Summary)

Jacson, M.L. 1962. Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc. 498 pp.

Khamdi, F., Msgrbashy, M., Hassibi, P., Farzaneh, M., and Enayati, N. 2017. The effect of plant residues and level of macro nutrients on yield and yield components of Wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 8(4): 536-550. (In Persian with English Summary)

Majidian, M., Ghalavand, A., Kamkarhaghighi, A., and Karimian, N. 2008. The use of organic fertilizers and their effects on reducing drought stress, quantitative and qualitative of maize. The 3rd National Congress of Recycling and using Renewable Organic Resources in Agriculture, Isfahan, Iran. (In Persian)

Modirshanechi, M. 2010. The production and management of forage plants. Astan Quds Razavi Press, Mashhad, Iran 448 pp. (In Persian)

Momeni, A., Bahmanyar, M.A., and Pirdashti, H. 2014. Effect of different application of green manures, animal and biological fertilizers on dynamics of N in the soil, leaves and maize. Journal of Agroecology 6(3): 595-606. (In Persian with English Summary)

Murphy, J., and Riley, J.P. 1962. A modified single solution for determination of phosphate in natural water. Analysis Chimical Acta 27: 35-36.

Nisani, S., Fallah, S., and Raiesi, F. 2012. The effect of poultry manure and urea on agronomic characters of forage maize under drought stress condition. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(4): 63-74.

Office of breeding and improvement of poultry production, bees and silkworms. 2004. Department of Livestock Ministry of Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian)

Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. Journal of Agricultural Ethics 6: 53-60.

Polshekanepahlevan, M., Movahedinaieni, A., and Keikha, G. 2007. Effect of different planting methods and different amounts of irrigation on grain growth and yield. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 4(5): 1-10. (In Persian with English Summary)

Pourazizi, M., Fallah, S., and Iranipour, R. 2013. Effect of different nitrogen sources and rates on dry matter and uptake of primary macronutrients in forage sorghum. Electronic Journal Crop Production 6(2): 185-202. (In Persian with English Summary)

Peyman, N., Fred, S., and Golbabaie, A. 2011. The use of green manure with mung bean cultivation in rotation with wheat. Specialized Scientific Journal of Agriculture of Zeitun 31(222): 3-7. (In Persian)

Rai, J., Bagheri, A., and Eshaghi Sardrood, N. 2013. The effect of chemical and bio fertilizers on yield of sorghum Speedfeed cultivar in different cutting. Journal of Agroecology 5(3): 231-242. (In Persian with English Summary)

Ramrudi, M., Majnunehussein, N., Mazaheri, D., and Hossein-Zadeh, A. 2010. The effect of cover crops, tillage systems and nitrogen fertilization on yield of forage sorghum. Journal of Crop Science 3(4): 769-763. (In Persian with English Summary)

Rezainejad, Y., and Afuni, M. 2000. Effect of organic matter on soil chemical properties, nutrient uptake and maize yield. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 4: 19-27. (In Persian with English Summary)

Rezvantalab, N., Pirdshti, H., Bahmanyar, M., and Abbasi, A. 2008. Study some of yield and yield component of corn *Zea mays* L. to different types and rates of organic and chemical fertilizers. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 15(5): 1-10. (In Persian with English Summary)

Rodney, K., Heitschmid, T., and Jerry, W.S. 1991. Grazing Management an Ecological Perspective, Timber Press Oregon, USA 259 pp.

Qin, R., Stamp, P., and Richner, W. 2006. Impact of tillage on maize rooting in a Cambisol and Luvisol in Switzerland. Soil and Tillage Research 85(1-2): 50-61.

Saha, S., Chakraborty, D., Sharma, A.R., and Kalra, N. 2010. Effect of tillage and residue management on soil physical-Indian mustard system. Indian Journal of Agricultural Science 80(8): 679-685.

Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H., and Astover, A. 2009. The effects of green manures on yields and yield quality of spring wheat. Agronomy Research 7(1): 125-132.

Tavasoli, A., Ghanbari, A., and Mousavinick, M. 2010. Effect of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of millet (*Panicum miliaceum* L.) and red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Intercropping. Crop Ecophysiology 15(4): 1-16. (In Persian with English Summary)

Tiscareno-Lopez, M., Baez-Gonzales, A.D., Vehazquez-Valle, M., Potter, K.N., Stone, J.J., Tapia-Vargas, M., and Claveran-Alonso, R. 1999. Agricultural research for watershed restoration in Central Mexico. Journal of Soil and Water Conservation 54: 686-692.

Waniyo, U.U., Sauwa, M.M., Ngala, A.L., Abubakr, G.A., and Anelo, E.C. 2013. Influence of sources and rates of manure on yield and nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) in Maiduguri, Nigeria, Nigerian Journal of Basic and Applied Science 21(4): 259-265.

Zolfeghari, D. 2014. Effects of green manure on forage maize production under different agronomy management. Master Thesis of Zabol University, Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 490-503

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 503-490

Effect of Different Tillage Management on Maize Forage and Grain Quality and Quantity under the Influence of Different Sources of Organic and Chemical Fertilizers

A. Ghasemi[1*], A. Ghanbari[2], B.A. Fakheri[3] and H.R. Fanaie[4]

Submitted: 09-11-2016
Accepted: 30-04-2017

Ghasemi, A., Ghanbari, A., Fakheri, B.A., and Fanaie, H.R. 2018. Effect of different tillage management on maize forage and grain quality and quantity under the influence of different sources of organic and chemical fertilizers. Journal of Agroecology. 10(2): 490-503.

Introduction

Lack of attention to the quantity and quality of forage crops led to shortages and low qualities of meat and dairy products. Using cattle manure, plant residues, and green manure increased the dynamic components of the soil. Recently the tendency of farmers toward organic fertilizers have increased due to high costs, demolition of proper soil conditions, environmental consequences and low quality of products produced with chemical fertilizers. It has been reported that combination of manure with chemical fertilizer has increased soil fertility and crop's quality and quantity characteristics due to meeting nutritional needs and increasing the input absorption and use efficiency.

Materials and Methods

In order to assess the effects of different fertilizer sources on maize yield and yield components under different tillage managements, a field experiment was conducted at Zahak Agricultural Research Station for two years (from 2013 to 2014) with a split plot arrangement based on completely randomized block design with three replications. The main plot factors were tillage and no tillage, and sub plot factors were: 1-control, 2-barley green manure without application of fertilizer, 3-barley green manure with application of 100% chemical fertilizer (NPK) to the barley, 4- green manure with 2/3 of chemical fertilizer to the barley and 1/3 to the maize, 5- green manure with 1/3 of chemical fertilizer to the barley and 2/3 to the maize, 6- barley green manure with 50% of animal manure and chemical fertilizer, 7- barley green manure with 40 $t.ha^{-1}$ of animal manure. The total amount of Nitrogen was measured by digestion method. Likewise, the distillation and titration was tested by using Kjeldahl method. Phosphorus content was measured by a spectrophotometer using colorimetric approach. Potassium content was measured using wet digestion method with salicylic acid and hydrogen peroxide obtained using a photometer movie. The concentration of Zn was measured by atomic absorption. Measurement of grain ash was done through burning and using an electric furnace. Combined variance analysis of data was performed using MSTAT-C statistical software, and the comparison of the means was done at the 5% probability level using Duncan multiple range test.

Results and Discussion

The highest yield was obtained from conventional tillage, 1563 $kg.ha^{-1}$ more than non-tillage. Fertilizer sources had a significant effect on the concentration of Zn, N, P, K, NDF, grain production, fresh and dry forage production and ash content of the grains. Returning green manure to the soil, along with chemical fertilizer application, not only increased P and N availability in the soil for the next crop, but also simultaneously increased organic matter as well as biological, chemical and physical improvement of the soil properties. The highest (7019 $kg.ha^{-1}$) and lowest (2097 $kg.ha^{-1}$) grain yield belonged to T_5 and the control treatments, respectively. The highest content of grain ash was observed in the mixed treatment of green manure, cow

1, 2, 3 and 4- (Crop and Garden department, Agriculture and Natural Resources Research Center of Sistan, Agricultural, Research, Education and Extension Organization, Sistan, Iran), Professor, Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Zabol University and Assistant Professor of Agriculture and Natural Resource Research Center of Sistan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ghasemiahmad@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i2.59988

manure, and chemical fertilizers (1.77%) and its lowest rate was obtained in control (1.125 %). The results showed that addition of cattle and green manure to the soil increased the plant ash, which shows the superiority of these organic manures to chemical fertilizers.

Conclusion

Based on the obtained results of this experiment, it can be inferred that conventional tillage had better effects than no tillage due to its more suitability for soil degrading bacteria cultures, better acceleration of mineralization, and better root growth, resulted in greater access to nutrients and water, and ultimately improving plant growth. During the first year, the root growth limited mainly due to high soil density in the no-tillage treatments. Moreover, because of slow degradation, water and nutrients absorption was low. Due to chemical fertilizer application, nutrient supply was provided faster for the plant. Nevertheless, in long term, it would pollute the surrounding environment and degrade the soil structure. During its converting process in longer period, organic fertilizers provide environmental health and sustainable productivity of the soil; however, consolidated application of organic and chemical fertilizers under a conventional tillage system, support the initial growth, accelerate mineralization, and eventually, increase the uptake of nutrients such as N, P, K, Zn, and Ash content, leads to an increasing yield of maize.

Keywords: Green manure, NDF, Seed ash, Seed P, Seed yield