نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد یازدهم، شماره سوم، ۱۴۰۰
۱۱۹-۱۳۷
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.18697.2001
(مقاله کامل علمی- پژوهشی)

اثر کاربرد کود سبز ماشک گل خوشه‌ای و سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر جنبه‌های زراعی، اکولوژیکی و فیزیکوشیمیایی خاک در کشت ذرت

زهرا کیخا[۱]، ابوالفضل توسلی*[۲] و عیسی پیری[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور مرکز زاهدان، ایران،
[۲]استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران، [۳]دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: ذرت به عنوان یکی از غلات پرتوقع و استراتژیک در جهان محسوب می‌شود که نیاز زیادی به کود نیتروژن داشته و اغلب این نیاز با کودهای شیمیایی تأمین می‌شود. کودهای شیمیایی علاوه بر نیاز به انرژی فسیلی جهت تولید، به عنوان یکی از آلاینده‌های زیست محیطی نیز محسوب می‌شوند (۲۳). کودهای سبز خانواده لگوم می‌توانند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی به شمار آیند. هم‌چنین انجام عملیات خاک‌ورزی حفاظتی که با مدیریت مناسب بقایای گیاهی همراه می‌گردد راهکاری مناسب در جهت جلوگیری از حذف بقایا در کشاورزی پایدار به شمار می‌رود (۲۲). از این‌رو پژوهش حاضر به بررسی اثر کاربرد کود سبز لگوم بر عملکرد ذرت در شرایط سطوح مختلف خاک‌ورزی پرداخته است.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در روستای قلعه‌نو شهرستان زهک اجرا شد. کود سبز مورد استفاده گیاه ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa*) بود. تیمارهای آزمایشی شامل کود سبز در دو سطح کاربرد کود سبز و عدم کاربرد کود سبز به‌عنوان فاکتور اصلی و عملیات خاک‌ورزی در سه سطح بدون خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی رایج به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. در این آزمایش صفات زراعی ارتفاع بوته، عملکرد علوفه خشک و دانه ذرت؛ صفات اکولوژیکی شامل زیست‌توده علف‌هرز، تشعشع فعال فتوسنتزی، درصد رطوبت و دمای خاک و برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مانند تخلخل، وزن مخصوص ظاهری، درصد نیتروژن و کربن آلی خاک مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با نرم‌افزار SAS انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد که بیش‌ترین مقدار ارتفاع بوته، عملکرد علوفه تازه و خشک و عملکرد دانه ذرت، بیش‌ترین میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی، درصد تخلخل خاک، درصد کربن آلی و نیتروژن خاک تحت‌تأثیر تیمار خاک‌ورزی رایج همراه با کاربرد کود سبز به‌دست آمد و تفاوت آماری معنی‌داری بین کاربرد کود سبز در شرایط شخم رایج و شخم حداقل وجود نداشت. کم‌ترین مقادیر صفات فوق نیز در تیمار عدم مصرف کود سبز و بدون

* مسئول مکاتبه: tavassoli.abolfazl@yahoo.com

خاک‌ورزی حاصل شد. به‌طوری‌که تنها برای صفات مرتبط با عملکرد گیاه تیمارهای کاربرد کود سبز همراه با خاک‌ورزی رایج و مصرف کود سبز و کم خاک‌ورزی به ترتیب سبب افزایش ۳۹/۶۱ و ۳۹/۱۱ درصدی عملکرد علوفه خشک، و ۳۲/۴۷ و ۲۷/۲۶ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار بدون مصرف کود سبز و بدون خاک‌ورزی شد. هم‌چنین تیمار استفاده از کود سبز و سیستم بدون شخم سبب حصول بیش‌ترین درصد رطوبت خاک و کم‌ترین میزان دمای خاک گردید. در رابطه با زیست‌توده علف‌هرز نیز مشخص شد استفاده از خاکورزی رایج، زیست‌توده علف‌های هرز را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد، اما کاربرد کود سبز هیچ تأثیر معنی‌داری بر زیست‌توده علف‌های‌هرز نداشت.

نتیجه‌گیری: در این آزمایش نشان داده شد که استفاده از کود سبز از طریق افزایش میزان ماده آلی خاک و بهبود ساختمان خاک میزان دسترسی به عناصر غذایی به ویژه نیتروژن را برای گیاه افزایش داده که باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود. هم‌چنین افزایش میزان تخلخل خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک تحت‌تأثیر شخم سطحی منجر به بهبود ساختمان خاک شده و میزان نفوذپذیری ریشه در خاک را افزایش می‌دهد که این موضوع امکان جذب آب و عناصر غذایی را برای گیاه بیش‌تر فراهم می‌نماید. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش می‌توان چنین پیشنهاد کرد که ترکیب استفاده از کود سبز همراه با شخم سطحی می‌تواند عملکرد مطلوبی را در کشت ذرت در منطقه مورد مطالعه ایجاد نماید.

واژه‌های کلیدی: خاک، ذرت، شخم، عملکرد، ماشک گل خوشه‌ای

مقدمه

ذرت (*Zea mayz* L.) یک گیاه علوفه‌ای بسیار مهم جهت تأمین علوفه مورد نیاز بخش دامپروری کشور می‌باشد. روش‌های تغذیه شیمیایی ذرت و هم‌چنین روش‌های خاک‌ورزی آماده‌سازی زمین در مدیریت تولید محصول ذرت چالش‌های جدیدی را در زمینه تولید پایدار این محصول به وجود آورده است (۲۳). با توجه به رشد روزافزون جمعیت در سال‌های اخیر، نیاز به مواد غذایی رو به فزونی است و در این بین افزایش تولید محصولات کشاورزی فشار بر منابع درون سیستم اعم از خاک و منابع پایه را به دنبال داشته است (۱۰). استفاده از کود و سموم دفع آفات علاوه بر آلوده‌سازی خاک و منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، باعث فرسایش ژنتیکی و انقراض گونه‌های جانوری و گیاهی شده که در ادامه پایداری نظام‌های کشاورزی را با چالش روبرو خواهد کرد. نظام توسعه پایدار کشاورزی، یک نظام تولیدی است که بر شیوه‌های مدرن کشاورزی تکیه دارد و با استفاده از این شیوه‌ها و مدنظر قرار دادن مسائل زیست‌محیطی، به اقتصادی بودن و بازده تولید نیز توجه کافی می‌شود (۱۰). در این بین خاک‌ورزی حفاظتی و استفاده از کودهای آلی به‌خصوص کود سبز از مهم‌ترین اصول برای دستیابی به تولید پایدار در سیستم‌های زراعی محسوب می‌گردد (۱). استفاده زیاد از کودهای غیرآلی علاوه بر کاهش کیفیت خاک، افزایش هزینه‌های تولید محصول و اثرات سوء زیست‌محیطی را به دنبال دارد به همین دلیل استفاده از تناوب زراعی و اضافه نمودن مواد آلی برای به حداقل رساندن این مشکلات توصیه شده است (۱۳). از جمله مواد آلی که می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شود، کود سبز می‌باشد. کود سبز باعث افزایش مواد آلی خاک شده که این پدیده

درنتیجه فرآیندهای میکروبیولوژیکی اتفاق افتاده و باعث آزادسازی عناصر غذایی برای گیاهان می‌شود (۷). مطالعه تأثیر ۱۷/۰ تن در هکتار کود سبز شبدر قرمز، ۲۱/٦ تن در هکتار کود سبز یونجه معمولی، ۱۲/۸ تن در هکتار مخلوط ماشک و یولاف بر میزان نیتروژن قابل‌جذب، نشان داد استفاده از یونجه به‌عنوان کود سبز میزان نیتروژن خاک را به‌طور چشمگیری افزایش داده و باعث افزایش میزان پروتئین بذور گندم در کشت بعدی شد (۱۹). ژانگ و فانگ (۲۰۰۷) نشان دادند افزودن ۱۵/۰ تن در هکتار کود سبز چاودار به خاک باعث کاهش اسیدیته خاک و افزایش کربن آلی محلول خاک شده و به همین دلیل فسفر قابل جذب خاک را افزایش می‌دهد (۳۳). در اصل کود سبز یک تناوب است که محصول ندارد و برای بهبود باروری و حاصلخیزی خاک و در صورت لگوم بودن تأمین کل یا بخشی از نیتروژن مورد نیاز محصول بعدی استفاده می‌شود به‌طوری‌که از نظر رطوبت با محصول اصلی در رقابت نباشد (۱٤).

عامل دیگری که در زمینه تولید پایدار گیاهان زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است روش خاک‌ورزی می‌باشد. خاک‌ورزی در مفهوم وسیع به معنای به هم زدن و تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک با اهداف گوناگون می‌باشد. یک سیستم خاک‌ورزی از عملیات ویژه متوالی با ترکیبی خاص تشکیل شده که به‌منظور افزایش عملکرد گیاهان زراعی انجام می‌شود. در سیستم شخم حفاظتی حداقل ۳۰ درصد بقایای گیاه زراعی در سطح خاک باقی می‌ماند. استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی مانع هدر رفتن بیش‌تر مواد آلی خاک می‌شود (۱۷). میرزاده و راعی (۲۰۲۰) در بررسی شاخص‌های مهم تولید محصول ذرت علوفه‌ای در سیستم‌های مختلف خاکورزی نشان دادند روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی عملکرد و کارایی مصرف آب را در مقایسه با سیستم شخم رایج افزایش دهد (۲۱). خرمیان و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر روش خاک‌ورزی بر عملکرد دانه به این نتیجه رسیدند که کشت ذرت بدون تهیه زمین و به‌صورت بی‌خاکورزی در شرایط اقلیمی خوزستان امکان‌پذیر است (۱۸). سید و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که شخم حفاظتی نه تنها بر بهبود راندمان مصرف آب تأثیر مستقیم دارد بلکه سبب افزایش عملکرد ذرت نیز می‌شود (۲۸). افضلی‌نیا و کرمی (۲۰۱۸) در یک پژوهش چهار ساله بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک در کشت ذرت در تناوب با گندم گزارش کردند که روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش ذخیره رطوبت در خاک (حداکثر ۲۵ درصد) شد، اما ماده آلی را افزایش نداد. هم‌چنین تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی در اکثر سال‌های انجام پژوهش باعث افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک (حداکثر ۱۳ درصد) و کاهش نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ آب در خاک (حداکثر ۲۵ درصد) گردید (۳).

با توجه به این که منطقه سیستان در ناحیه خشک و نیمه خشک ایران واقع شده است و معمولاً خاک‌های زراعی این نواحی از نظر مواد آلی فقیر هستند (۲٦) و یکی از عوامل در کاهش ماده آلی خاک انتخاب سیستم‌های خاک‌ورزی نامناسب با منطقه می‌باشد بنابراین توسعه و ترویج استفاده از کود سبز و عملیات خاک‌ورزی حفاظتی امری ضروری محسوب می‌شود. از این‌رو این پژوهش به بررسی اثر کاربرد کودهای آلی بر عملکرد ذرت در شرایط سطوح مختلف خاک‌ورزی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اراضی زراعی روستای قلعه‌نو

واقع در شهر زهک از توابع شهرستان زابل در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به اجرا در آمد. منطقه مذکور دارای طول جغرافیایی ٦١ درجه و ٢٩ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ٣١ درجه و ٢ دقیقه شمالی و ارتفاع ٤٨٧ متر از سطح دریا می‌باشد. این ناحیه طبق اقلیم‌بندی کوپن دارای اقلیم خشک بسیار گرم، با تابستان گرم و خشک می‌باشد. خاک محل آزمایش از نوع لوم رسی بود. مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ١ ارائه شده است.

جدول ١- ویژگی‌های شیمیایی - فیزیکی خاک مزرعه قبل از کاشت کود سبز.

Table 1. Chemical-physical properties of field soil before planting green manure.

pH	هدایت الکتریکی EC	کربن آلی Organic carbon	نیتروژن N	فسفر قابل‌دسترس P	پتاسیم قابل‌دسترس K	رس Clay	بافت خاک Soil texture
-	($ds.m^{-1}$)	(%)	(%)	($mg\ kg^{-1}$)		(%)	
7.43	1.82	0.44	0.041	1.64	93.21	35.4	لوم رسی Clay loam

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی به‌صورت کود سبز در دو سطح کاربرد کود سبز به میزان ٣/١٠ تن در هکتار علوفه خشک (G_1) و عدم کاربرد کود سبز (G_2) به‌عنوان فاکتور اصلی و تیمار سطوح مختلف خاک‌ورزی در سه سطح بدون خاک‌ورزی (T_1)، کم خاک‌ورزی (T_2) و خاک‌ورزی رایج (T_3) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. هر بلوک شامل ٦ کرت بود و هر کرت شامل ٦ ردیف کاشت به طول ١٠ متر و به فاصله ٧٥ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذور ماشک گل خوشه‌ای با تراکم ١٥ بوته در مترمربع در ٢ بهمن ٩٧ به‌عنوان کود سبز در مزرعه کشت گردید. در ٥ اردیبهشت ٩٨ نیز هنگامی که این گیاه در مرحله گلدهی قرار داشت به‌عنوان کود سبز در خاک مخلوط شد. در جدول ٢ تجزیه شیمیایی کود سبز نشان داده شده است.

جدول ٢- تجزیه شیمیایی کود سبز ماشک گل خوشه‌ای در مرحله گلدهی.

Table 2. Chemical analysis of vetch green manure at flowering stage.

نیتروژن N	پتاسیم K	فسفر P	کلسیم Ca	منیزیم Mg	خاکستر Ash	آهن Fe	مس Cu	روی Zn	منگنز Mn
(%)						($mg\ kg^{-1}$)			
2.71	1.97	0.29	1.82	0.50	11.70	384.13	17.08	32.54	41.96

در تیمار بدون خاک‌ورزی هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی انجام نگرفت و ماشک گل خوشه‌ای (کود

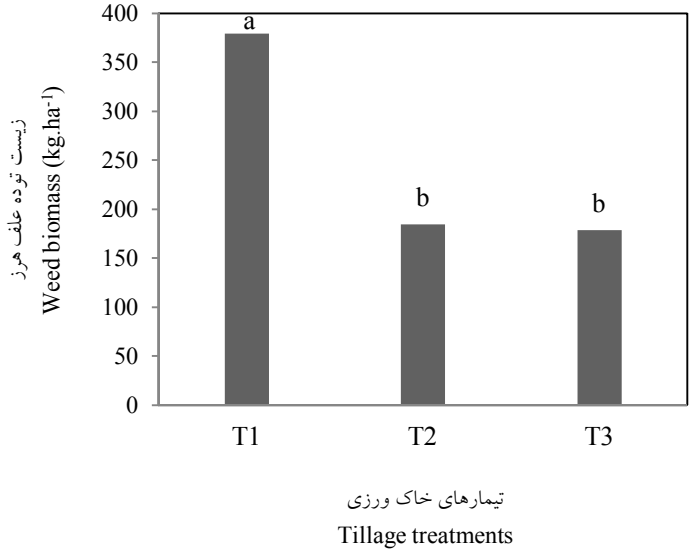
سبز) پس از برداشت تنها بر روی سطح خاک پخش گردید. تیمار کم‌خاک‌ورزی شامل شخم سطحی توسط دیسک (عمق شخم ۱۰-۱۵ سانتی‌متر) همراه با دو دیسک سطحی (سبک) پس از شخم به‌منظور تسطیح زمین و خرد کرد کلوخه‌های خاک انجام گردید و خاک‌ورزی مرسوم (شخم عمیق) نیز شامل شخم عمیق توسط گاوآهن برگردان‌دار (عمق شخم ۳۰-۴۰ سانتی‌متر) همراه با دو دیسک سبک به‌منظور خرد کردن کلوخه‌های خاک صورت گرفت. یک ماه پس از مخلوط کردن ماشک با خاک (به‌عنوان کود سبز) و اعمال تیمارهای خاک‌ورزی، کشت ذرت در تاریخ ۷ خرداد ۹۸ در عمق ۳ سانتی‌متری خاک انجام شد. مطابق با روش کاشت مرسوم منطقه، کاشت بذور به صورت کرتی (عدم ایجاد جوی و پشته) انجام گرفت. بذور ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ از مؤسسه نگین سبز برنا کرج با درجه خلوص ۹۹ درصد تهیه شد. در طی فصل رشد نیز آبیاری مزرعه هر هفته یکبار انجام شد. آبیاری مطابق با عرف منطقه به‌صورت غرقابی انجام گرفت. برای رسیدن به تراکم مورد نظر، عملیات تنک در مرحله ۳-۴ برگی انجام گردید. در این آزمایش به منظور بررسی اثر کود سبز بر خصوصیات رشدی و عملکرد ذرت و هم‌چنین برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک از هیچ نوع کود شیمیایی استفاده نشد. برداشت محصول ذرت در تاریخ ۲۴ آبان ۹۸ انجام شد. در این آزمایش صفات زراعی ارتفاع بوته، عملکرد علوفه خشک و عملکرد دانه ذرت؛ صفات اکولوژیکی شامل زیست‌توده علف هرز، تشعشع فعال فتوسنتزی، درصد رطوبت و دمای خاک و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند تخلخل، وزن مخصوص ظاهری، درصد نیتروژن و کربن آلی خاک مورد بررسی قرار گرفت. تمامی صفات فوق هم‌زمان با برداشت گیاه اندازه‌گیری شد. برای هریک از صفات مذکور از ۱۰ نقطه از هر کرت که هم روی ردیف و هم بین ردیف را شامل می‌گردید نمونه‌گیری به عمل آمد. برای اندازه‌گیری تشعشع فعال فتوسنتزی از نورسنج مدل SF-80T استفاده شد. اندازه‌گیری نور در فاصله ساعات ۱۲-۱۴ انجام شد (۳۱). رطوبت خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری و با استفاده از اندازه‌گیری رطوبت به روش وزنی انجام گرفت. دمای خاک در عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری، توسط دماسنج خاک اندازه‌گیری شد. دمای خاک نیز در فاصله ساعت ۱۲-۱۴ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک از استوانه مخصوص نمونه‌گیری خاک استفاده گردید. جرم مخصوص حقیقی به روش آزمایشگاهی، با استفاده از پیکنومتر اندازه‌گیری شد (۸) و مقدار تخلخل کل نیز با استفاده از مقادیر حاصل از جرم مخصوص حقیقی و جرم مخصوص ظاهری محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش کجلدال استفاده شد که شامل مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون می‌باشند (۱۵). کربن آلی خاک نیز به روش اکسیداسیون مرطوب اندازه‌گیری شد (۱۵).

در پایان، داده‌های به‌دست آمده در این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

- صفات اکولوژیکی

زیست‌توده علف‌هرز: اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر زیست‌توده علف‌هرز معنی‌دار بود اما اثر کود سبز و اثر متقابل کود سبز و خاک‌ورزی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین سطوح خاک‌ورزی نشان داد بیش‌ترین میزان زیست‌توده علف‌های هرز با میانگین ۳۷۹/۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار بدون خاکورزی مشاهده شد. در روش خاکورزی مرسوم میزان زیست‌توده علف‌های هرز ۱۷۹/۱ کیلوگرم در هکتار و در روش خاک‌ورزی سطحی مقدار زیست‌توده علف‌های هرز ۱۸۵ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد از لحاظ میزان زیست‌توده علف‌های‌هرز اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری بین خاک‌ورزی رایج و کم خاک‌ورزی سطحی مشاهده نشد (شکل ۱). چنان که ملاحظه می‌گردد استفاده از روش‌های مرسوم خاکورزی به میزان ۱۱۲ درصد حجم علف‌های هرز را در مقایسه با روش بدون خاکورزی کاهش داد. در روش‌های بدون خاکورزی با توجه به این‌که سطح خاک دست نخورده باقی می‌ماند امکان از بین رفتن علف‌های هرز کم بوده و این باعث افزایش میزان علف‌هرز در روش‌های بدون شخم می‌گردد. این مسأله باعث اتکای سیستم‌های شخم حفاظتی به مصرف علفکش می‌شود که از نقاط ضعف این روش‌ها می‌باشد. همان‌طور که مشخص است یکی از اهداف اصلی شخم از بین بردن و ریشه‌کنی علف‌های هرز در مزرعه است (۱۶). در یک پژوهش هفت ساله بر روی ذرت مشاهده شد که میزان بیوماس و تراکم علف‌های هرز در سیستم شخم مرسوم کم‌تر از سیستم بدون شخم بود. در این پژوهش جوانه‌زنی سریع، رشد مطلوب و غالبیت بالای ذرت در مقایسه با علف‌های هرز موجود در مزرعه را علل اصلی کاهش زیست‌توده علف‌هرز قلمداد کردند (۱۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر زیست توده علف هرز.

Figure 1. Mean comparison of effect of tillage treatment on weed biomass.

T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب نشان‌دهنده بدون خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی رایج است

T_1, T_2 and T_3, indicate the no tillage, minimum tillage and conventional tillage, respectively

جذب تشعشع فعال فتوسنتزی: اثر کود سبز، سطوح مختلف خاک‌ورزی و برهمکنش کود سبز و

خاکورزی بر جذب تشعشع فعال فتوسنتزی معنی‌داری بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل کود سبز و خاک‌ورزی نشان داد که بیش‌ترین جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط تاج پوشش گیاه از تیمار کاربرد کود سبز همراه با خاک‌ورزی رایج (G_1T_3) حاصل شد. البته تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمار مصرف کود سبز و کم خاک‌ورزی (G_1T_2) وجود نداشت. کم‌ترین مقدار جذب تشعشع فعال فتوسنتزی نیز از تیمار بدون خاک‌ورزی و بدون مصرف کود سبز (G_2T_1) حاصل شد (شکل ۲ الف). در این آزمایش مشاهده شد که تیمارهای کاربرد کود سبز همراه با خاک‌ورزی رایج و کاربرد کود سبز و کم‌خاک‌ورزی به ترتیب ٤٤/٩ و ۳۷/۸ درصد تشعشع فعال فتوسنتزی را با راندمان بالاتر نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی و بدون مصرف کود سبز جذب کرده است. این اتفاق می‌تواند به‌دلیل رشد بهتر گیاه در دو تیمار فوق باشد. همان‌طور نیز که در نتایج این آزمایش نیز مشخص شد بیش‌ترین ارتفاع و عملکرد علوفه ذرت در اثر کاربرد کود سبز همراه با سیستم‌های خاک‌ورزی رایج و کم خاک‌ورزی حاصل شد. از این رو رشد سبزینگی بالاتر گیاه در شرایط تیمارهای فوق‌الذکر سبب جذب بیشترین تشعشع فعال فتوسنتزی توسط تاج پوشش گیاه ذرت شده است.

رطوبت و دمای خاک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد درصد رطوبت خاک و دمای خاک به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر کود سبز و سطوح مختلف خاک‌ورزی قرار گرفت. هم‌چنین اثر متقابل کود سبز و خاک‌ورزی نیز بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین میزان رطوبت خاک و کم‌ترین میزان دما به‌ترتیب با میانگین‌های ١٤/٨ درصد و ۱۲/۳ درجه سانتی‌گراد از تیمار کاربرد کود سبز و بدون خاکورزی (G_1T_1) به‌دست آمد (شکل ۲ ب، ج). یکی از دلایل اصلی افت رطوبت خاک تبخیر سطحی می‌باشد (۲۷). در این آزمایش کود سبز به‌خصوص در سیستم بدون خاکورزی (که کود سبز پس از برداشت تنها بر روی سطح خاک پخش گردید) توانست با ایجاد سایه اندازی بر روی خاک به میزان زیادی از تلفات رطوبت در خاک جلوگیری نماید. سیستم بدون شخم نیز برخلاف خاکورزی رایج که با زیر رو کردن خاک و بالا آوردن خاک عمقی به سطح، سبب تلفات زیاد رطوبت خاک می‌شود، با حفظ رطوبت لایه‌های پایین‌تر خاک از بیش‌ترین میزان درصد رطوبت خاک برخوردار بود. در پژوهشی به همین منظور گزارش شد که سیستم بدون شخم و شخم با گاوآهن پنجه غازی و قلمی با توجه به این‌که خاک را کم‌تر بهم می‌زنند، می‌توانند به عنوان سیستم‌های ذخیره رطوبت مورد نظر باشند. هم‌چنین در این پژوهش در مقایسه بین گاوآهن پنجه غازی با گاوآهن قلمی و گاوآهن برگردان دار مشخص شد که گاوآهن پنجه غازی فقط لایه سطحی خاک را بهم می‌زند و این همزدن لایه سطحی خاک به عنوان یک لایه مالچ خاکی عمل می‌کند در نتیجه میزان تبخیر و هدر رفت آب در این سیستم شخم بسیار کم‌تر است (۵).

هم‌چنین پایین بودن دمای خاک در تیمار کاربرد کود سبز و بدون خاکورزی (G_1T_1) نیز تا حدود زیادی به محتوای رطوبت بالای خاک در این تیمار ارتباط دارد، زیرا خاک‌های با رطوبت بیش‌تر در مقایسه با خاک‌های با رطوبت کم‌تر از دمای پایین‌تری برخوردار هستند. از طرفی کاربرد کود سبز از طریق سایه‌اندازی تأثیر بسیار زیادی بر کاهش دمای خاک در تیمار فوق (G_1T_1) خواهد داشت. توسلی و

همکاران (۲۰۱۰) نیز در آزمایشی نشان دادند کم‌ترین میزان اندازه‌گیری‌شده دمای خاک دقیقاً از تیماری حاصل شد که دارای بیش‌ترین محتوی رطوبت خاک بود. این پژوهشگران اثبات کردند که رطوبت خاک عامل اصلی کاهش دمای خاک می‌باشد (۳۱).

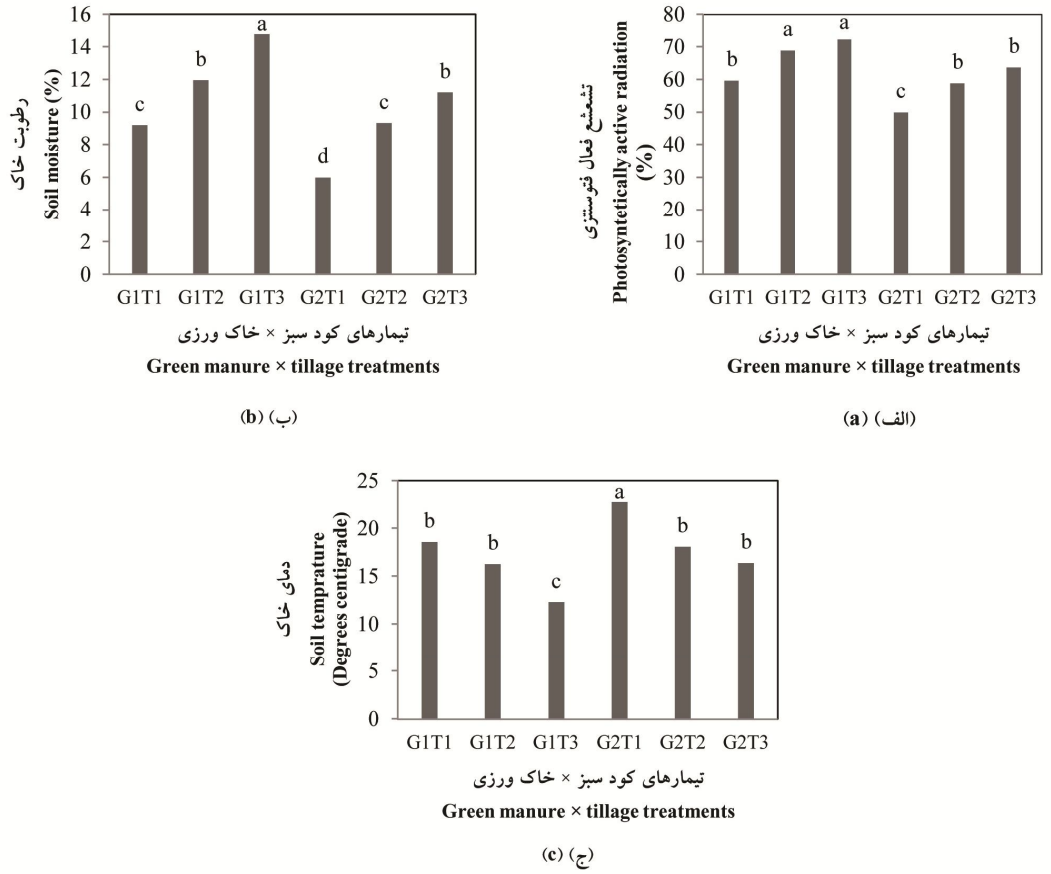
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کود سبز و خاک‌ورزی بر صفات اکولوژیکی.

Table 3. Analysis of variance of the effect of green manure and tillage treatments on ecological traits.

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares			
		زیست‌توده علف هرز Weed biomass	جذب تشعشع فعال فتوسنتزی Photosynthetically active radiation	رطوبت خاک Soil moisture	دمای خاک Soil temperature
بلوک Block	2	27.54^{ns}	32.75^{ns}	3.65^{ns}	1.48^{ns}
کود سبز Green manure	1	711.41^{ns}	124.06^{**}	34.55^{**}	30.67^{**}
خطای اصلی Main error	2	76.56	18.09	5.48	3.99
خاک‌ورزی Tillage	2	410.02^{**}	112.25^{**}	30.17^{**}	18.55^{**}
کود سبز × خاک‌ورزی Green manure×Tillage	2	239.44^{ns}	97.42^{**}	14.79^{**}	10.38^{**}
خطای فرعی Sub error	8	48.76	15.80	3.66	2.21
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	8.44	7.84	12.88	8.59

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

**, * and ns are significant at 5%, 1% and non-significant levels, respectively.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل کود سبز و خاک‌ورزی بر تشعشع فعال فتوسنتزی (الف)، رطوبت خاک (ب) و دمای خاک (ج).

Figure 2. Mean comparison of interaction effect of green manure and tillage on photosynthetically active radiation (a), soil moisture (b) and soil temperature (c).

G_1 و G_2 به‌ترتیب معادل مصرف و عدم مصرف کود سبز و T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب نشان‌دهنده بدون خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی رایج است

G_1 and G_2 are equivalent to consumption and no consumption of green manure, respectively, and T_1, T_2 and T_3, indicate the no tillage, minimum tillage and conventional tillage, respectively

- صفات زراعی

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تیمارهای کود سبز و سطوح مختلف خاک‌ورزی و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ٤). مقایسه میانگین اثر متقابل کود سبز و سطوح مختلف خاک‌ورزی نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته از تیمار کاربرد کود سبز با خاک‌ورزی رایج (G_1T_3) حاصل شد. بین این تیمار با تیمار مصرف کود سبز و کم خاک‌ورزی (G_1T_2) تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. کم‌ترین مقدار ارتفاع بوته نیز در تیمار بدون مصرف کود سبز و بدون خاک‌ورزی (G_2T_1) مشاهده گردید (شکل ۳ الف). در واقع کاربرد کود سبز و سیستم خاک‌ورزی رایج سبب افزایش ۱۹/۳۰ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار بدون کاربرد کود و بدون خاک‌ورزی شده است. شاه و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی نشان دادند که کاربرد کود سبز از طریق بهبود حاصلخیزی خاک منجر به افزایش ارتفاع بوته و عملکرد

بیولوژیک گندم و برنج شد (۲۹). میدانی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که بیش‌ترین ارتفاع بوته گلرنگ در تناوب با گندم از تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی (کم خاک‌ورزی) حاصل‌شد و تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای فوق با سیستم بدون خاک‌ورزی وجود داشت (۲۰). احتمالاً خاک‌ورزی رایج منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای ذرت شده است زیرا افضلی گروه و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی بر روی ذرت گزارش کردند افزایش ارتفاع بوته رابطه مستقیمی با میزان مصرف آب، توسعه ریشه در عمق بیش‌تر خاک برای جذب آب و مواد آلی خاک دارد (۲).

عملکرد علوفه خشک: اثر تیمارهای کود سبز، خاک‌ورزی و اثر متقابل کود سبز و خاک‌ورزی بر عملکرد علوفه خشک ذرت معنی‌دار بود (جدول ٤). بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل کود سبز و خاک‌ورزی نیز نشان داد که بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک ذرت با میانگین ۱٤۹٤٥ کیلوگرم در هکتار از تیمار کاربرد کود سبز همراه با خاک‌ورزی رایج (G_1T_3) حاصل شد. البته تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمار مصرف کود سبز و کم خاک‌ورزی (G_1T_2) وجود نداشت. کم‌ترین عملکرد علوفه خشک ذرت نیز از تیمار بدون مصرف کود سبز و بدون خاک‌ورزی (G_2T_1) به‌دست آمد (شکل ۳ ب). بالاتر بودن عملکرد علوفه خشک ذرت در تیمار مصرف کود سبز را می‌توان به افزایش مواد آلی خاک از طریق مصرف بقایای گیاه ماشک نسبت داد که سبب بهبود ساختمان خاک و افزایش محتوی رطوبت خاک شده است که در یافته‌های این پژوهش نیز نقش مؤثر این تیمارها بر بهبود ساختمان خاک مشاهده گردید. هم‌چنین مطابق با نتایج آزمایش کاربرد تیمارهای کود سبز همراه با خاک‌ورزی رایج و کم‌خاک‌ورزی سبب بیش‌ترین جذب تشعشع فعال فتوسنتزی گیاه گردیده که اثر مستقیم بر افزایش عملکرد علوفه گیاه دارد. آلگان و کلن (۲۰۱۱) گزارش کردند کود سبز لگوم از طریق بهبود ساختمان خاک و افزایش دسترسی عناصر غذایی، امکان جذب بیش‌تر عناصر موجود در خاک را برای گیاهان فراهم کرده، که این موضوع سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود (٤). بلاچیو و آبرا (۲۰۱۱) در پژوهشی بر روی گندم یافتند افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه سبب بهبود رشد و افزایش عملکرد محصول در تیمار کاربرد کود سبز نسبت به تیمار عدم کاربرد کود می‌شود (۷). اثرات مثبت کود سبز در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند خاکدانه‌سازی، تهویه خاک و ظرفیت نگهداری آب خاک، توسط گائو و همکاران (۲۰۱۸) گزارش شده است (۱٤).

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد عملکرد دانه ذرت به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر کود سبز و سطوح مختلف خاک‌ورزی قرار گرفت. هم‌چنین اثر متقابل کود سبز و خاک‌ورزی نیز بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ٤). مقایسه میانگین اثر متقابل کود سبز و خاک‌ورزی نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه ذرت از تیمار کاربرد کود سبز همراه با خاک‌ورزی رایج (G_1T_3) با میانگین ٤۰۸۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. البته تفاوت معنی‌داری بین این تیمار با تیمار مصرف کود سبز و کم خاک‌ورزی (G_1T_2) با میانگین ۳۹۲۱ کیلوگرم در هکتار وجود نداشت. کم‌ترین مقدار عملکرد دانه نیز از تیمار بدون مصرف کود سبز و بدون خاک‌ورزی (G_2T_1) با میانگین ۳۰۸۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۳ ج). این نتایج نشان داد که تیمارهای کاربرد کود

سبز همراه با خاک‌ورزی رایج و مصرف کود سبز و کم خاک‌ورزی به‌ترتیب سبب افزایش ۳۲ و ۲۷ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با بدون مصرف کود سبز و بدون خاک‌ورزی شده است. اثر مثبت کود سبز بر ساختمان خاک و افزایش محتوی مواد آلی خاک و همچنین افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه مهم‌ترین دلایل بهبود عملکرد دانه گیاه در شرایط مصرف کود سبز می‌باشد (۷). هم‌چنین مطابق با یافته‌های پژوهش افزایش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی نیز تأثیر به‌سزایی در افزایش عملکرد دانه ذرت داشته است. در پژوهشی دیگر نمیکسن و همکاران (۲۰۱۱) نتایجی مشابه با این آزمایش بر روی گیاه گندم گزارش کردند (۲٤). پرتوکاظمی و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی نشان دادند در بین تیمارهای خاک‌ورزی بالاترین عملکرد دانه هیبریدهای ذرت از خاک‌ورزی رایج حاصل شد (۲۵). شیرانی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که خاک‌ورزی رایج از طریق افزایش رشد و توسعه ریشه ذرت منجر به افزایش عملکرد دانه گیاه می‌شود (۳۰).

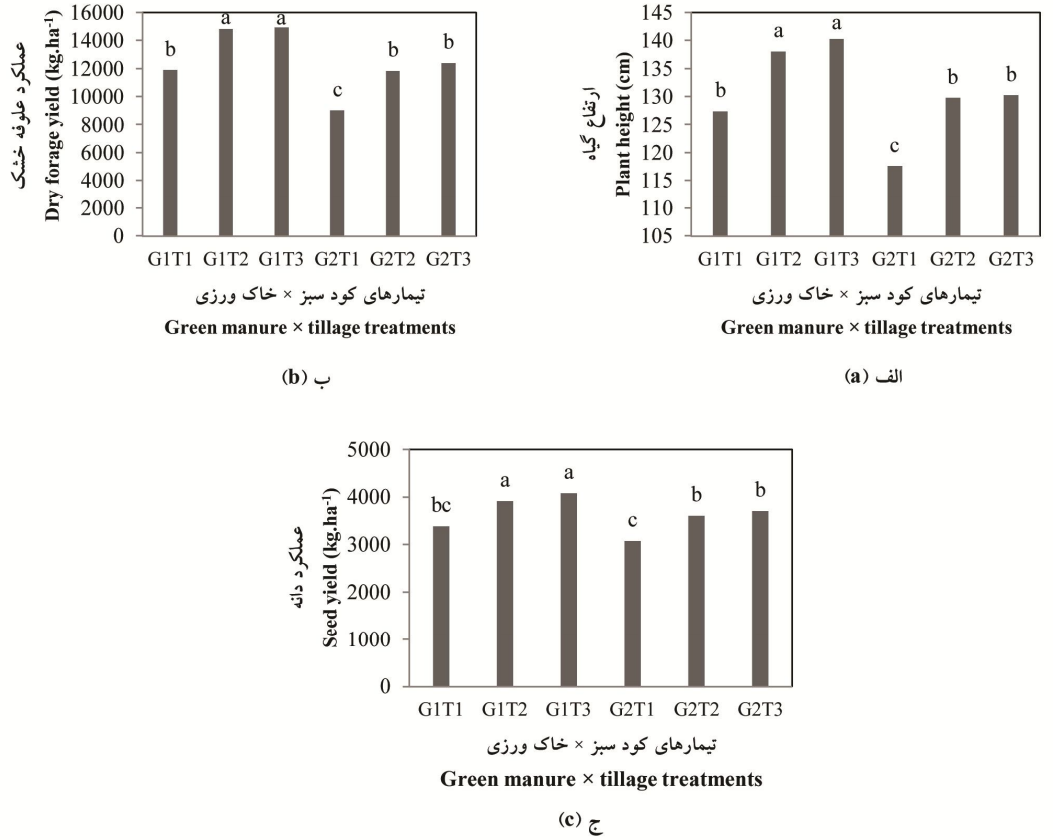
جدول ٤- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کود سبز و خاک‌ورزی بر صفات زراعی.

Table 4. Analysis of variance of the effect of green manure and tillage treatments on agronomic traits.

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares		
		ارتفاع بوته Plant height	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	عملکرد دانه Seed yield
بلوک Block	2	0.09^{ns}	1342759^{ns}	91255^{ns}
کود سبز Green manure	1	7.93^{*}	14003156^{*}	1967834^{*}
خطای اصلی Main error	2	1.23	2001328	82400
خاک‌ورزی Tillage	2	0.67^{*}	389220^{**}	401209^{**}
کود سبز × خاک‌ورزی Green manure×Tillage	2	0.30^{*}	3001497^{*}	211391^{*}
خطای فرعی Sub error	8	0.06	1665320	60018
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	9.11	8.13	3.77

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

**, * and ns are significant at 5%, 1% and non-significant levels, respectively



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کود سبز و خاک‌ورزی بر ارتفاع بوته (الف)، عملکرد علوفه خشک (ب) و عملکرد دانه (ج).

Figure 3. Mean Comparison of interaction effect of green manure and tillage on plant height (a), dry forage yield (b) and seed yield (c).

G_1 و G_2 به‌ترتیب معادل مصرف و عدم مصرف کود سبز و T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب نشان‌دهنده بدون خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی رایج است

G_1 and G_2 are equivalent to consumption and no consumption of green manure, respectively, and T_1, T_2 and T_3, indicate the no tillage, minimum tillage and conventional tillage, respectively

- صفات فیزیکوشیمیایی خاک

تخلخل خاک: مطابق با جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثر کود سبز، سطوح مختلف خاک‌ورزی و برهمکنش کود سبز و خاکورزی بر میزان تخلخل خاک معنی‌داری بود (جدول ٤). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای آزمایشی نشان داد که بیش‌ترین میزان تخلخل با میانگین ۳۸/۲ درصد از کاربرد کود سبز و سیستم خاک‌ورزی رایج (G_1T_3) حاصل شد و کم‌ترین مقدار آن با میانگین ۲۱/۱ درصد از تیمار عدم کاربرد کود سبز و بدون خاک‌ورزی (G_2T_1) به‌دست آمد (شکل ٤ الف). مهم‌ترین مبحث در رابطه با تخلخل خاک، ساختمان خاک می‌باشد. ساختمان خاک یکی از خصوصیات پویا و دینامیک خاک است. چون به‌شدت تحت‌تأثیر عملیات زراعی مانند کوددهی، شخم، آبیاری، زهکشی و الگوی کشت قرار می‌گیرد. هرچه خاکی دارای ماده آلی بیش‌تر باشد ساختمان قوی‌تر و مناسب‌تری را تشکیل خواهد داد (۹). یکی از راه‌های افزایش ماده آلی خاک کاربرد کودهای سبز در الگوی کاشت هر منطقه است (١٤). در این آزمایش نیز مشخص شد کاربرد کود سبز از

طریق افزایش ماده آلی خاک سبب بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش میزان خلخل و فرج خاک شده است. عظیم‌زاده و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که تخلخل خاک در شخم با گاوآهن برگردان‌دار در مقایسه با سیستم بدون شخم و شخم با گاوآهن پنجه غازی به مراتب بیش‌تر بود. مطابق با گزارش این پژوهشگران شخم به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار باعث به هم زدن کامل خاک شده و خلل و فرج خاک را افزایش می‌دهد. اما گاوآهن پنجه غازی فقط لایه سطحی خاک را بهم زده و خاک را به مقدار زیادی زیر و رو نمی‌کند و در تیمار بدون شخم نیز خاک اصلاً بهم نمی‌خورد. به همین دلیل میزان تخلخل خاک در این دو سیستم خاکورزی پایین‌تر است (۵).

وزن مخصوص ظاهری خاک: اثر تیمارهای کود سبز، سطوح مختلف خاک‌ورزی و اثر متقابل کود و خاکورزی بر وزن مخصوص ظاهری معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که در تیمار کاربرد کود سبز و سیستم خاک‌ورزی رایج (G_1T_3) که سبب حصول بیش‌ترین میزان تخلخل خاک شد، کم‌ترین وزن مخصوص ظاهری خاک نیز حاصل گردید (شکل ٤ ب). بین میزان وزن مخصوص ظاهری خاک با تخلخل خاک یک رابطه معکوس وجود دارد. از این‌رو تیمارهایی که منجر به حصول بیش‌ترین درصد تخلخل خاک می‌شوند قاعدتاً از کم‌ترین وزن مخصوص ظاهری خاک نیز برخوردار هستند که نتایج این آزمایش نیز حکایت از همین موضوع دارد. هم‌چنین یکی از نشانه‌های خاک‌هایی که از ساختمان مناسبی برخوردار هستند پایین بودن وزن مخصوص ظاهری آن خاک است که در این آزمایش کاربرد کود سبز از طریق افزایش مواد آلی خاک سبب بهبود ساختمان خاک و در نتیجه کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک شده است. عظیم‌زاده و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که کم‌ترین وزن مخصوص ظاهری خاک از سیستم شخم با گاوآهن برگردان‌دار و بیش‌ترین مقدار آن از سیستم خاکورزی بدون شخم حاصل می‌گردد که دلیل آن به‌میزان تخلخل حاصل از این دو نوع سیستم خاکورزی برمی‌گردد (۵). چگنی و همکاران (۲۰۱٤) گزارش کردند در سیستم‌های خاکورزی که از گاوآهن برگردان‌دار استفاده شد، وزن مخصوص ظاهری به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمارهای شخم حفاظتی بود (۱۱).

محتوی نیتروژن و کربن آلی خاک: اثر تیمارهای کود سبز، سطوح مختلف خاک‌ورزی و اثر متقابل کود و خاک‌ورزی بر محتوی نیتروژن و کربن آلی خاک معنی‌دار بود (جدول ۵). بیش‌ترین میزان درصد نیتروژن خاک و کربن آلی به ترتیب با میانگین‌های ۰/۱۱ و ۰/۸۷ درصد از تیمار کاربرد کود سبز و سیستم خاک‌ورزی رایج (G_1T_3) حاصل شد البته تفاوت آماری معنی‌داری بین این تیمار با تیمار کاربرد کود سبز و سیستم خاک‌ورزی سطحی (G_1T_2) مشاهده نگردید. کم‌ترین میزان درصد نیتروژن و کربن آلی نیز از تیمارهای بدون کاربرد کود سبز حاصل گردید که در بین تیمارهای بدون کاربرد کود سبز نیز تیمار عدم استفاده از کود و سیستم بدون خاک‌ورزی (G_2T_1) کم‌ترین میزان درصد نیتروژن و کربن آلی خاک را به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۰۲۹ و ۰/۳۵ درصد داشت (شکل ٤ ج، د). کود سبز مورد استفاده در این پژوهش ماشک گل‌خوشه‌ای است که از گیاهان خانواده لگومینوز و تثبیت‌کننده نیتروژن می‌باشد از این‌رو افزایش درصد نیتروژن خاک در تیمارهای کاربرد کود سبز قابل پیش‌بینی بود. پژوهشگران

افزایش درصد نیتروژن خاک در اثر کاربرد گیاه لگوم ماشک را در پژوهش‌های متعددی گزارش کرده‌اند (۱۹، ۲۳، ۳۲). عظیم‌زاده و همکاران (۲۰۱۵) نیز یافتند افزودن کود سبز به خاک در زمین تحت کشت ذرت باعث افزایش کربن آلی محلول و فسفر قابل‌جذب گیاه در خاک شد (٦). سیستم خاک‌ورزی رایج نیز به‌دلیل اختلاط مناسب کود سبز با خاک و فراهم آوردن شرایط تجزیه سریع‌تر سبب افزایش میزان عناصر غذایی در خاک شده که این امر در درصد نیتروژن و کربن آلی خاک مؤثر می‌باشد. برخلاف سیستم خاک‌ورزی رایج، کم‌تر بودن میزان درصد نیتروژن و کربن آلی خاک در روش بدون شخم نیز می‌تواند به‌دلیل عدم اختلاط مناسب کود سبز با خاک که تجزیه کندتر آن را به دنبال خواهد داشت، باشد. چگنی و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که سرعت تجزیه بقایا در سیستم‌های خاک‌ورزی متداول (شخم با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار) در مقایسه با سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی (استفاده از گاوآهن چیزل و دیسک) و بدون شخم به مراتب بالاتر است (۱۱).

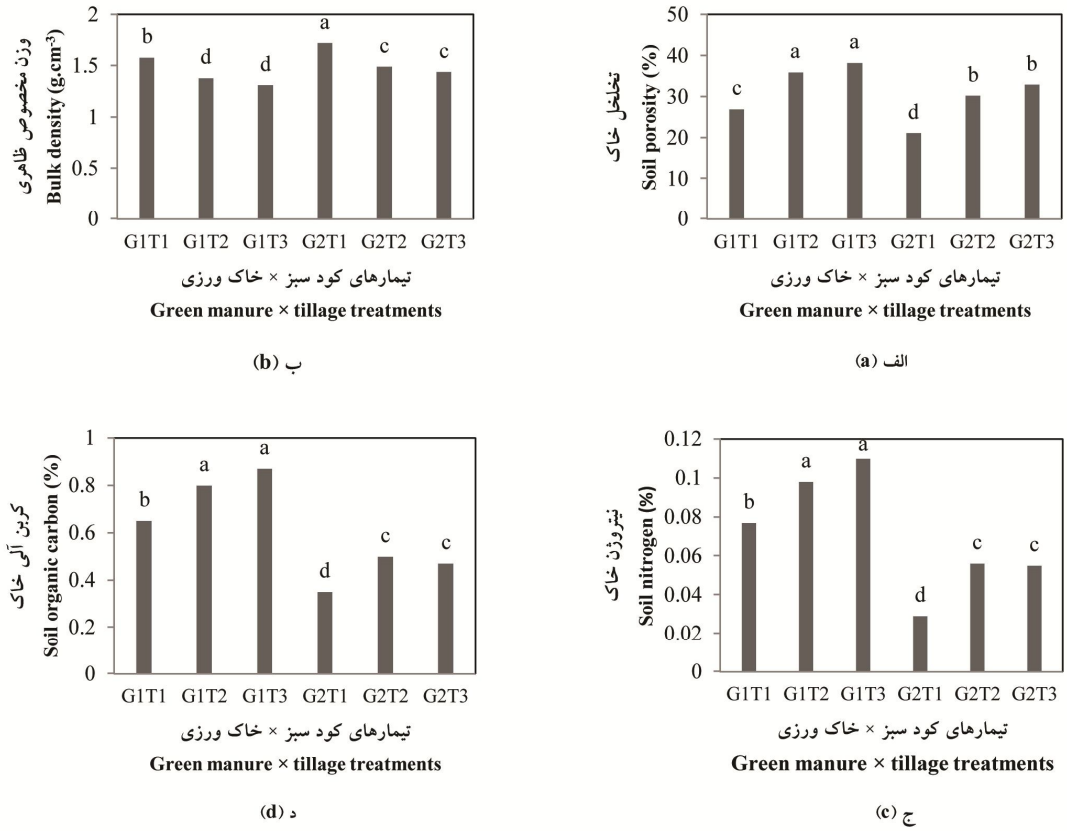
جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کود سبز و خاک‌ورزی بر صفات فیزیکوشیمیایی خاک.

Table 5. Analysis of variance of the effect of green manure and tillage treatments on soil physicochemical traits.

منبع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of Squares				
		تخلخل خاک Soil porosity	وزن مخصوص ظاهری Bulk density	وزن مخصوص حقیقی Particle density	نیتروژن خاک Soil nitrogen	کربن آلی خاک Soil organic carbon
بلوک Block	2	25.41^{ns}	0.02^{ns}	0.01^{ns}	0.003^{ns}	0.008^{ns}
کود سبز Green manure	1	98.82^{*}	1.24^{*}	0.56^{ns}	0.011^{*}	0.034^{*}
خطای اصلی Main error	2	15.77	0.05	0.08	0.004	0.009
خاک‌ورزی Tillage	2	87.11^{*}	0.82^{*}	0.35^{ns}	0.008^{*}	0.025^{*}
کود سبز × خاک‌ورزی Green manure×Tillage	2	66.36^{*}	0.53^{*}	0.21^{ns}	0.005^{*}	0.020^{*}
خطای فرعی Sub error	8	10.71	0.03	0.07	0.003	0.006
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	8.01	7.08	9.88	8.39	6.43

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

**, * and ns are significant at 5%, 1% and non-significant levels, respectively



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل کود سبز وخاک‌ورزی بر تخلخل خاک (الف)، وزن مخصوص ظاهری (ب)، نیتروژن خاک (ج) و کربن آلی خاک (د).

Figure 4. Mean comparison of interaction effect of green manure and tillage on soil porosity (a), bulk density (b), soil nitrogen (c) and soil organic carbon (d).

G_1 و G_2 به‌ترتیب معادل مصرف و عدم مصرف کود سبز و T_1، T_2 و T_3 به‌ترتیب نشان‌دهنده بدون خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و خاک‌ورزی رایج است.

G_1 and G_2 are equivalent to consumption and no consumption of green manure, respectively, and T_1, T_2 and T_3, indicate the no tillage, minimum tillage and conventional tillage, respectively.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد استفاده از کود سبز می‌تواند تا حدودی اثرات عدم استفاده از شخم رایج را تعدیل نماید زیرا افزایش ماده آلی خاک از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی از جمله نیتروژن و رطوبت در اطراف محیط ریشه می‌تواند شرایط مساعدی را برای رشد گیاه فراهم کند. به همین دلیل در هنگام استفاده از کود سبز، کاربرد شخم رایج در مقایسه با کاربرد شخم سطحی دارای اثرات یکسانی هستند. اما روش بدون شخم همراه با کاربرد کود سبز به‌دلیل عدم اختلاط مناسب کود سبز با خاک که تجزیه کندتر آن را به دنبال خواهد داشت، نمی‌تواند چندان مؤثر واقع شود و همان‌طور که ملاحظه شد عملکرد گیاه در تیمار کاربرد کود سبز و سامانه بدون شخم کم‌تر از مقادیر به‌دست آمده در کاربرد کود سبز و سامانه‌های شخم رایج و شخم سطحی بود. بنابرین با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش می‌توان چنین پیشنهاد کرد که ترکیب استفاده از کود سبز همراه با شخم سطحی می‌تواند عملکرد مطلوبی را در در کشت ذرت در شهرستان زهک استان سیستان و بلوچستان ایجاد نماید.

منابع

1. Abdi, S., Taj bakhsh, M., Rasouli sedghiani, M.H., and Abdollahi mandolkani, B. 2012. Study the effect of different green manure plants on soil organic matter and nitrogen in salinity condition. Journal of Plant Production. 19: 1. 127-144. (In Persian)
2. Afzali Gorouh, H., Naghavii, H., Rostami, M.A., and Najafinezhad, H. 2019. Effect of conservation tillage and wheat residue management in some soil properties and grain yield of corn. Iranian Journal of Soil Research. 33: 1. 1-11. (In Persian)
3. Afzalinia, S., and Karami, A. 2018. Effect of conservation tillage on soil properties and corn yield in the corn-wheat rotation. Iranian Journal of Biosystem Engineering. 49: 1. 129-137. (In Persian)
4. Algan, N., and Çelen, A.S. 2011. Evaluation of mung bean (*Vigna radiata* L.) as green manure in Aegean conditions in terms of soil nutrition under different sowing dates. African Journal of Agricultural Research. 6: 7. 1744-1749.
5. Azimzadeh, S.M., Koocheki, A.R., and Bala, M. 2002. Effect of different tillage on bulk density, porosity, soil moisture content and yield of wheat under dryland conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 4: 3. 209-224.
6. Azimzadeh, Y., Shariatmadari, H., and Shirvani, M. 2015. Effect of green manure on pH, dissolved organic carbon and soil phosphorous availability with distance from roots of corn and canola. Water and Soil Science. 25: 1. 69-82.
7. Belachew, T., and Abera, Y. 2011. Effect of green manuring in combination with nitrogen on soil fertility and yield of bread wheat (*Triticum aestivum*) under double cropping system of Sinana-dinsho, Southeast Ethiopia. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. 1: 1. 1-11.
8. Blake, G.R., and Hartage, K.H. 1986. Particle density. P 377-381. In: A. Klute (eds), Methods of soil analysis, part 1 (2nd ed.), Agronomy Monograph. American Society of Agronomy, Madison.
9. Bybordi, M. 2014. Soil Physic. 10th ed. Tehran Univ. Press, 674p. (In Persian).
10. Caradonna, J.L. 2014. Sustainability: A History. Oxford Univ. Press, 331p.
11. Chegeni, M., Ansari-dust, Sh., and Eskandari, H. 2014. Effect of tillage methods and residuals management on some physical properties of soil to achieve sustainable agriculture. Agricultural Science and Sustainable Production. 24: 2. 31-40. (In Persian)
12. Demjanová, E., Macák, M., Ĉaloviü, I., Majerník, F., Týr, T., and Smatana, J. 2009. Effects of tillage systems and crop rotation on weed density, weed species composition and weed biomass in maize. Agronomy Research. 7: 2. 785-792.
13. Doltra, J., Gallejones, P., Olesen J.E., Hansen, S., Frøseth R.B., Krausse, M., Stalenga, J., Jończyk, K., Martínez-Fernández, A., and Pacini, G.C. 2019. Simulating soil fertility management effects on crop yield and soil nitrogen dynamics in field trials under organic farming in Europe. Field Crops Research. 233: 1-11.
14. Gao, S.J., Gao, J.S., Cao, W.D., Zou, C.Q., Huang, J., Bai, J., and Dou, F.G. 2018. Effects of long-term green manure application on the content and structure of dissolved organic matter in red paddy soil. Journal of Integrative Agriculture. 17: 8. 1852-1860.
15. Hesse P.R. 1971. A Textbook of Soil Chemical Analysis. John Murray. London. 520p.
16. Jat, R.K., Singh, R.G., Gupta, R.K., Gill, G., Chauhan, B.S., and Pooniya, V. 2019. Tillage, crop establishment, residue management and herbicide applications for effective weed control in direct seeded rice of eastern Indo–Gangetic Plains of South Asia. Crop Protection. 123: 12-20.
17. Jia, L., Zhao, W., Zhai, R., Liu, Y., Kang, M., and Zhang, X. 2019. Regional differences in the soil and water conservation efficiency of conservation tillage in China. Catena. 175: 18-26.

18.Khorramian, M., Bromand, S., and Ashrafizadeh, S.R. 2013. Effect of no tillage, water stress and nitrogen stress on nitrate transfer in soil and maize yield in Northern Khuzestan Province. Journal of Water Research in Agriculture. 28: 1. 11-23. (In Persian)
19.Maiksteniene, S., and Arlauskiene, A. 2004. Effect of preceding crops and green manure on the fertility of clay loam soil. Agronomy Research. 2: 1. 87-97.
20.Meidani, J., Karimi, E., and Pourmohammad, A. 2013. Effects of different tillage and cultivation practices on soil moisture and safflower yield in rotation with wheat in rainfed regions. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 10: 2. 143-157. (In Persian)
21.Mirzazadeh, A., and Raei, Y. 2020. Evaluation of some important indicators of silage corn production in no-tillage systems. Agricultural Science and Sustainable Agriculture. 30: 1. 95-107. (In Persian)
22. Mirzavand, J., and Pezhman, H. 2020. Effect of conservation and conventional tillage methods on soil macro-fauna population in Wheat-corn rotation in Zarghan region. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 10: 2. 143-157. (In Persian)
23.Mohammadi, Gh., Safari Poor, M., Ghobadi, M.E., and Najaphy, A. 2015. Corn yield and quality and weed growth under different nitrogen levels by application of legume and non-legume green manures. Agricultural Science and Sustainable Production. 25: 1. 45-64. (In Persian)
24.Nemeikšienė, D., Arlauskienė, A., and Šlepetienė, A. 2011. Improvement winter wheat yields in organic farming systems through innovation in green manure management. Environment. Technology. Resources Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference. 11: 268-275.
25.Partokazemi, A., Delkhoosh, B., and Mohsen, M. 2011. The effects of tillage system and plant density on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) varieties in north of Iran. New Finding in Agriculture. 5: 3. 221-231. (In Persian)
26.Roozitalab, M.H., Siadat, H., and Farshad, A. 2018. The Soils of Iran. Springer International Press, 257p.
27.Sawan, Z.M. 2018. Climatic variables: Evaporation, sunshine, relative humidity, soil and air temperature and its adverse effects on cotton production. Information Processing in Agriculture. 5: 134-148.
28.Sayed, A., Sarker, A., Kim, J.E., Rahman, M., and Mahmud, M.G.A. 2020. Environmental sustainability and water productivity on conservation tillage of irrigated maize in red brown terrace soil of Bangladesh. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 19: 276-284.
29.Shah, Z., Rashid, A., Rahman, H.U., Latif, A., and Shah, A. 2011. Rice and wheat yield in relation to biomass of green manure legumes. Sarhad Journal of Agriculture. 27: 1. 73-84.
30.Shirani, H., Hajabbasi, M.A., Afyuni, M., and Hemmat, A. 2009. Effect of tillage systems and organic manure on root morphology of corn. Journal of Water and Soil. 23: 1. 101-107. (In Persian)
31.Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M.M., and M. Heidari. 2010. Effect of manure and chemical fertilizer on seed and forage yield of millet (*Panicum miliaceum*) and red bean (*Phaseolus vulgaris*). Iranian Journal of Field Crops Research. 8: 2. 203-212. (In Persian).
32.Torres, J.D., Garzón, E., Ryan J., and González-Andrés, F. 2013. Organic cereal/forage legume rotation in a mediterranean calcareous soil: implications for soil parameters. Agroecology and Sustainable Food Systems. 37: 215-230.
33.Zhang, M.K., and Fang, L.P. 2007. Effect of tillage, fertilizer and green manure cropping on soil quality at an abandoned brick making site. Soil and Tillage Research. 93: 87-93.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 11(3), 2021
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2021.18697.2001

(Full Length Research Paper)

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effect of application of vetch green manure and different tillage systems on agronomic, ecological and soil physicochemical aspects in corn cropping

Z. Keykha[1], A. Tavassoli[*2] and I. Piri[3]
[1]M.Sc. Graduate of Agronomy, Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Zahedan Center, Iran,
[2]Assistant Prof., Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Iran,
[3]Associate Prof., Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Iran
Received: 12.27.2020; Accepted: 05.17.2021

Abstract

Background and Objectives: Corn is considered as one of the most essential and strategic cereals in the world that needed a lot of nitrogen fertilizer and often this need is supplied by chemical fertilizers. In addition to the severe need to fossil fuels for chemical fertilizers production, they are also important environmental pollutants. Therefore, green manures of legume species can be an excellent alternative to chemical fertilizers. Also, conservation tillage operations that are accompanied by proper management of crop residues, is an appropriate solution to prevent the elimination of residues in sustainable agriculture. Therefore, the present study investigates the effect of organic manure application on corn yield under different tillage systems.

Materials and Methods: This experiment was carried out as a split plot in randomized complete block design with three replications at 2018-19 in a farm located in Ghale-No village, Zahak city. Vetch (*Vicia villosa*) was used as a green manure in this study. The experimental treatments were included two levels of green manure (with green manure and without green manure) as main factors, and three levels of tillage (no-tillage, minimum tillage and conventional tillage) as sub plots. In this experiment agronomic traits of plant height, dry forage yield and seed yield; ecological traits of weeds biomass, photosynthetically active radiation, soil moisture percentage and soil temperature; and some soil physicochemical properties such as soil porosity, bulk density, organic carbon and nitrogen percentage were evaluated. Data analysis was performed with SAS software.

Results: The experimental results showed that the highest amount of dry and fresh forage yield and seed yield, photosynthetically active radiation, soil porosity percentage, soil organic carbon, and nitrogen percentage was obtained from green manure consumption and conventional tillage treatment, and there was no statistically significant difference between the consumption of green manure under conventional and minimum tillage conditions. The lowest amounts of the above traits were obtained in the treatment without green manure and no-tillage. So that only for plant yield traits, green manure application treatments with conventional tillage and low tillage caused 39.61 and 39.11 percent in dry forage yield, and 32.47 and 27.26% in grain yield, respectively, in comparison to the treatment of without green manure and without tillage. In addition, the treatment green manure consumption and no-tillage system resulted in obtaining the highest soil moisture percentage and the lowest soil temperature. For weed biomass, it was also found that conventional tillage significantly reduces weed biomass, but green manure consumption had not any significant effect on weed biomass.

* Corresponding Author; Email: tavassoli.abolfazl@yahoo.com

Conclusion: In this experiment, it was shown that the green manure consumption by increasing the amount of soil organic matter and improving soil structure increased the amount of access to nutrients, especially nitrogen for the plant, which led to enhancing plant yield and growth. Also, increasing the soil porosity and reducing the soil bulk density under the influence of minimum tillage led to soil structure improvement, and it increases the root permeability in the soil, which allows the plant to absorb more water and nutrients. Therefore, according to the results of this experiment, it can be suggested that the combination of green manure consumption with minimum tillage can create a good yield in corn cultivation in the study region.

Keywords: Corn, Soil, Tillage, Vetch, Yield