# اثر منابع مختلف کود و سیستم‌های خاک‌ورزی متفاوت بر عملکرد ذرت دانه‌ای و عناصر غذایی خاک

احمد قاسمی[۱*]، احمد قنبری[۲]، براتعلی فاخری[۲] و حمیدرضا فنایی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۰۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۰۶)

## چکیده

**در راستای توسعه کشاورزی پایدار، آزمایشی شامل خاک‌ورزی به‌عنوان عامل اصلی در دو سیستم متداول (شخم و مخلوط کردن کود با خاک) و بی‌خاک‌ورزی (باقی گذاشتن بقایای کود سبز و کشت مستقیم ذرت) و منابع کود: $T_0$: شاهد، $T_1$: کود سبز جو بدون مصرف کود دامی و شیمیایی، $T_2$: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی توصیه شده (NPK) به جو شامل اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به میزان ۱۶۵، ۹۰، ۷۵ کیلوگرم در هکتار، $T_3$: کود سبز همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقیمانده به ذرت، $T_4$: کود سبز همراه یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم باقیمانده به ذرت، $T_5$: کود سبز جو همراه مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی و $T_6$: کود سبز همراه ۴۰ تن کود دامی به‌عنوان عامل فرعی به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال زراعی ۹۲ و ۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سیستان اجرا گردید. نتایج نشان داد که خاک‌ورزی متداول در مقایسه با بی‌خاک‌ورزی منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، درصد نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کربن آلی خاک شد. جرم مخصوص ظاهری و درصد رطوبت خاک در خاک‌ورزی متداول کاهش نشان داد. منابع کود (کودهای آلی و شیمیایی) باعث افزایش معنی‌دار کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و درصد رطوبت خاک شدند. فاکتورهای pH و جرم مخصوص ظاهری خاک تحت تأثیر منابع کود کاهش نشان دادند. برهمکنش خاک‌ورزی در منابع کود نشان داد که در خاک‌ورزی متداول و تیمار $T_5$ بالاترین عملکرد دانه ذرت با میانگین ۸۴۷۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. براساس نتایج این آزمایش می‌توان گزارش کرد سیستم خاک‌ورزی متداول به‌همراه مخلوط نصف کود دامی، سبز و شیمیایی علاوه بر افزایش عملکرد دانه ذرت باعث افزایش نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کربن آلی و بهبود جرم مخصوص ظاهری و pH خاک گردید.**

**واژه‌های کلیدی: ذرت، بی‌خاک‌ورزی، کود دامی، کود شیمیایی، کود سبز، عناصر**

۱.بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۲. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: ghasemiahmad@yahoo.com

## مقدمه

امروزه در اثر بهره‌برداری بیش از حد از زمین‌های کشاورزی و تغذیه گیاهان زراعی توسط کودهای شیمیایی بدون توجه به کودهای آلی در تغذیه خاک، باعث فقر خاک‌های کشاورزی از نظر میزان مواد آلی شده است، که این موضوع به‌کارگیری کودهای سبز و دامی را در تناوب زراعی ایران ضروری می‌نماید (۵). کشت و به‌کارگیری گیاهان به‌عنوان کود سبز در پاییز باعث تجمع نیتروژن معدنی در مواد آلی و در نتیجه کاهش شستشوی نیترات می‌شود (۳۵). ندزنکسین و همکاران مشاهده کردند که میزان نیترات و عناصر غذایی دو ماه بعد از برگرداندن مواد آلی به خاک افزایش یافته است (۳۰). مطالعه فاگریا نشان داد که کود سبز به حاصلخیزی خاک کمک می‌کند و همراه با کود شیمیایی نیتروژن باعث بهبود عملکرد و کیفیت از طریق ایجاد تنوع در منابع عناصر غذایی ضروری گیاه و همچنین افزایش ظرفیت جذب ذرت می‌گردند (۲۴).کاربرد توأم کود شیمیایی و دامی علاوه بر کاهش میزان مصرف کود شیمیایی و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک سبب افزایش عملکرد دانه ذرت شد. همچنین کود دامی همراه با اوره، باز یافت نیتروژن و کارآیی مصرف آن را بالا برد (۱۱). ترکیب مناسبی از کود دامی و معدنی می‌تواند تولید محصول و کمبود عناصر غذایی را بهبود بخشد (۲۱). استفاده از کود آلی یک روش مؤثر افزایش کربن آلی خاک و فراهم آوری عناصر ریزمغذی برای محصولات در مقایسه با استفاده از کود شیمیایی به تنهایی می‌باشد (۲۷). عملیات خاک‌ورزی در ارتباط مستقیم با فرسایش آبی و بادی، حفظ کیفیت خاک و نگهداری مواد آلی آن است (۲۸). دیک و همکاران گزارش کردند که غلظت نیتروژن در دانه و بقایا در سیستم بدون خاک‌ورزی کمتر از خاک‌ورزی متداول است (۲۰). خاک‌ورزی طولانی مدت بدون استفاده از کود آلی معمولاً منجر به کاهش در مقدار کربن آلی، نیتروژن کل خاک و کاهش عملکرد محصول می‌شود (۱۶). کارتر و همکاران بیان داشتند که حضور بقایا باعث اضافه شدن محتوی رطوبت نزدیک سطح خاک می‌شود، کود دامی باعث افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک در بستر بذر در خاک شنی به مقدار ۱۹ و ۲۷ درصد شد. همچنین اضافه کردن کود دامی باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار فسفر، pH خاک، عملکرد دانه و ماده خشک گردید (۱۸). آلکساندرا و همکاران بیان داشتند که کود آلی و کم‌خاک‌ورزی می‌تواند حاصلخیزی خاک و تولید محصول را بهبود دهند (۱۴). کود سبز در کشور ما تنها در بعضی مناطق و در حد بسیار محدودی استفاده می‌گردد و کود حیوانی نیز به‌درستی مصرف نمی‌شوند. این موجب نقش بسیار ناچیز کودهای آلی در افزایش حاصل‌خیزی و اصلاح خاک‌های کشور می‌گردد (۴). از طرف دیگر با توجه به کاهش حاصل‌خیزی خاک این نگرش وجود دارد که کدام منبع کود می‌تواند در افزایش حاصل‌خیزی خاک تأثیرگذار باشد. با توجه به گسترش سیستم‌های خاک‌ورزی و استقبال کشاورزان از آن، این سوال مطرح است که کدام روش می‌تواند در رسیدن به عملکرد مطلوب وکاهش هزینه‌های اقتصادی مؤثر واقع شود. لذا هدف از این تحقیق، بررسی اثر منابع مختلف کود (کود دامی، سبز و شیمیایی) و سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت دانه‌ای و پویایی عناصر غذایی خاک می‌باشد.

## مواد و روش

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی سیستان اجرا گردید. پیش از کاشت، نمونه‌ای مرکب از خاک مزرعه برداشت شد. نتایج تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی خاک و همچنین کود دامی قبل از کاشت و کود سبز در جدول‌های (۱ تا ۳) ارائه شده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سیستم‌های خاک‌ورزی به‌عنوان عامل اصلی شامل خاک‌ورزی متداول (شخم‌زدن و مخلوط کردن کود سبز، دامی و شیمیایی با خاک) و بی‌خاک‌ورزی (کشت مستقیم و باقی گذاشتن بقایای جو بر سطح خاک) و منابع کودی به‌عنوان عامل فرعی شامل: $T_0$: شاهد (بدون مصرف کود)،

**جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش**

| بافت خاک | اسیدیته | هدایت الکتریکی | کربن آلی | فسفر | پتاسیم | آهن | روی | منگنز | مس | بر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (ds/m) | | (mg/kg) | | | | | | |
| لومی‌شنی | ۸/۲ | ۳ | ۰/۳۴ | ۱۱ | ۱۰۰ | ۲/۸۴ | ۰/۲۶ | ۴/۸۶ | ۰/۵۸ | ۱/۰۷ |

**جدول ۲. خواص شیمیایی کود دامی مورد استفاده**

| کربن آلی (درصد) | فسفرکل (درصد) | پتاسیم کل (درصد) | نیتروژن کل (درصد) | خاکستر (درصد) |
|---|---|---|---|---|
| ۲۲/۸۶ | ۰/۸۰ | ۱/۸۹ | ۲/۳۳ | ۳۶ |

**جدول ۳. درصد نیتروژن کل کود سبز جو در تیمارهای مختلف کودی**

| | $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | $T_4$ | $T_5$ | $T_6$ | $T_7$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک‌ورزی | ۲/۰۷ | ۲/۲۴ | ۲/۱۶ | ۲/۲۷ | ۲/۳۳ | ۲/۱۷ | – |
| بی‌خاک‌ورزی | ۱/۹۸ | ۲/۱۶ | ۲/۰۹ | ۲/۱۸ | ۲/۲۶ | ۲/۰۴ | – |

$T_1$: کود سبز جو، $T_2$: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی (NPK) به جو، $T_3$: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقیمانده 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 ۴۰ تن کود دامی و $T_7$: 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 با دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقیمانده به ذرت، $T_4$: کود سبز جو با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم باقیمانده به ذرت، $T_5$: کود سبز جو همراه مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی و $T_6$: کود سبز جو با ۴۰ تن کود دامی در هکتار مورد مقایسه قرار گرفتند. کود شیمیایی (سولفات پتاسیم، سوپر فسفات تریپل و اوره هر یک به میزان ۷۵، ۹۰ و ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. کود دامی همزمان با کاشت جو پس از پخش در سطح خاک با بیل با خاک مخلوط شد. کود شیمیایی فسفر و پتاسیم به‌عنوان کود پایه و اوره به‌صورت تقسیط در سه مرحله کاشت، پنجه دهی و ساقه دهی جو استفاده شد. جو در مرحله خوشه دهی، در ۱۵ اسفند ماه در خاک‌ورزی متداول از روی سطح خاک برش و توسط دستگاه چاپر خرد شد. تمام زیست توده جو به کرت مورد نظر منتقل گردید. کود سبز به‌طور یکنواخت در سطح کرت پخش و به عمق ۳۰ سانتی‌متر با بیل به خاک برگردانده شد. در بی‌خاک‌ورزی بذرها با ایجاد شیارهای بدون برهم خوردن بقایا با دست کشت گردید. کود اوره باقیمانده برای ذرت در مرحله قبل از کاشت، ۶ و ۱۲ برگی به‌صورت سرک و در سه قسط مساوی مصرف شد. هر کرت فرعی شامل۶ ردیف کاشت به طول ۶ متر و به فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود. در سیستم بی‌خاک‌ورزی جو ابتدا با علف کش گراماکسون به میزان ۴ لیتر در هکتار سم پاشی شد. بوته‌های جو روی سطح خاک در حالت ایستاده خشک گردید. هیبرید مورد استفاده سینگل کراس ۷۰۴ بود. در مرحله رسیدگی کامل از ۴ ردیف وسط با حذف حاشیه هر کرت سطح ۸ متر مربع برای عملکرد دانه برداشت گردید. بلافاصله پس از رسیدن به مرحله نمونه برداری خاک با رعایت حاشیه از هر کرت شش نمونه خاک به‌طور تصادفی و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و پس از مخلوط کردن نمونه‌ها، یک نمونه مرکب تهیه گردید. بعد از خشک نمودن آنها در هوا، در هاون کوبیده و سپس توسط الک استیل دو

میلی‌متری غربال و در ظروف پلاستیکی برای تجزیه ریخته شدند. pH (با روش گل اشباع و توسط دستگاه pH متر)، کربن آلی (با روش والکلی و بلاک)، مقدار نیتروژن کل (با روش هضم، تقطیر و تیتراسیون و توسط دستگاه کجلدال (مدل Gerhardf Vapodest)، فسفر (با روش السن و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Pharmacia LKB- Novaspec-11))، پتاسیم قابل استخراج (با روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و توسط دستگاه فلیم فتومتر(مدل Jelway-Pfp7)) در آزمایشگاه تعیین گردید (۳). برای تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری از خاک دست نخورده انجام شد. به این منظور پس از برداشت حجم مشخص از خاک نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شدند تا وزن خشک محاسبه گردد. سپس با توجه به مشخص بودن حجم نمونه‌ها وزن مخصوص ظاهری خاک اندازه‌گیری گردید.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C، مقایسات میانگین در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها با Excel انجام گرفت.

## نتایج و بحث

**عملکرد دانه:** نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر خاک‌ورزی، برهم‌کنش سال در خاک‌ورزی، منابع مختلف کود، برهمکنش سال در منابع مختلف کود، خاک‌ورزی در منابع مختلف کود و برهم‌کنش سال در خاک‌ورزی در منابع مختلف کود در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۴). بالاترین میزان عملکرد از خاک‌ورزی متداول به‌دست آمد. این افزایش عملکرد برابر ۱۵۶۳ کیلوگرم در هکتار نسبت به سیستم بی‌خاک‌ورزی بود (جدول ۵). این افزایش را می‌توان چنین توجیه کرد که 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، خصوصیات بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی خاک می‌شود و می‌تواند باعث رشد محصول و در نتیجه افزایش عملکرد نسبت به قرار گرفتن بقایا در سطح خاک گردد. در خاک‌ورزی متداول در سال اول نسبت به بی‌خاک‌ورزی عملکرد دانه در هکتار، ۲۸ درصد افزایش نشان داد. در حالی که در سال دوم این نسبت به ۴۰ درصد رسید (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد در سال دوم در خاک‌ورزی متداول خاک دارای وزن مخصوص ظاهری کمتر، ظرفیت نگهداری رطوبت و میزان مواد غذایی بیشتری بود، در نتیجه گیاه از رشد بهتری برخوردار شد. افزایش عملکرد در سیستم بی‌خاک‌ورزی در سال دوم نسبت به سال اول با افزایش بقایا در سطح خاک به‌دلیل کاهش تبخیر از سطح خاک و تنش کمتر رطوبت محصول نسبت به سال اول بود. مطالعات دیگر قوشچی و همکاران نتایج مشابهی گزارش کردند که خاک‌ورزی و مخلوط کردن کود سبز جو، دامی و شیمیایی با خاک باعث افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس گیاه گردید و عملکرد افزایش یافت (۱۰). تأثیر منابع کود بر عملکرد دانه بدین‌صورت بود که بالاترین مقدار عملکرد دانه به تیمار $T_5$با مقدار ۷۰۱۹ و کمترین مقدار آن به تیمار شاهد با مقدار ۲۰۹۷ تعلق گرفت (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد کود دامی در تلفیق با کود شیمیایی و کود سبز می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول منجر شود، زیرا این سیستم بخش عمده‌ای از نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و کارایی جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش و اثر مفید بر خصوصیات کیفی خاک در طول زمان دارد. این نتایج با یافته‌های اقبال و همکاران مبنی بر افزایش محصول در اثر کاربرد مخلوط کود دامی و شیمیایی مطابقت داشت (۲۲). نتایج برهم‌کنش دو گانه نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از خاک‌ورزی متداول و تیمار $T_5$ با عملکرد ۸۴۷۰/۶ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱). افزایش عملکرد در خاک‌ورزی متداول به‌دلیل بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و توسعه بهتر ریشه می‌باشد که منجر به جذب بهتر عناصر گردید. کمترین عملکرد در تیمار شاهد بدون مصرف کود به‌دست آمد.

**جدول ۴. تجزیه واریانس اثرات منابع مختلف کودی بر عملکرد ذرت و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تحت مدیریت مختلف خاک‌ورزی**

| منابع تغییرات | df | کربن خاک | نیتروژن خاک | فسفر خاک | پتاسیم خاک | جرم مخصوص ظاهری | رطوبت وزنی خاک | عملکرد دانه | اسیدیته خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | ۱ | ۱/۴۹$^{**}$ | ۰/۰۱۳$^{**}$ | ۱۵۹/۲۰$^{**}$ | ۲۳/۵۲$^{ns}$ | ۰/۳۵$^{**}$ | ۱/۲۷$^{**}$ | ۱۵۳۴۱۲۶۶/۷$^{**}$ | ۲/۲۸$^{**}$ |
| خطای سال | ۴ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۰۱ | ۴/۱۷ | ۳۰۵/۴۹ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۸ | ۶۶۴۹/۹ | ۰/۰۴۷ |
| مرحله | ۲ | ۰/۱۶۳$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۷۵/۹۷$^{**}$ | ۲۹۶/۷۷$^{**}$ | ۰/۰۳۹$^{**}$ | ۱/۹۶$^{**}$ | – | ۰/۱۴۳$^{*}$ |
| سال × مرحله | ۲ | ۰/۰۰۶$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۱/۱۸$^{**}$ | ۳۹۰/۶۸$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{*}$ | ۰/۰۹$^{**}$ | – | ۰/۰۲۴$^{ns}$ |
| خاک‌ورزی | ۱ | ۰/۶۰۲$^{**}$ | ۰/۰۰۶$^{**}$ | ۱۱۶۱/۸۶$^{**}$ | ۴۶۴۹۵/۷$^{**}$ | ۰/۱۹۸$^{**}$ | ۳۳/۲۹$^{**}$ | ۵۱۳۰۲۳۴۹$^{**}$ | ۰/۰۰$^{ns}$ |
| سال × خاک‌ورزی | ۱ | ۰/۰۳۳$^{**}$ | ۰/۰۰۲$^{**}$ | ۱۹/۳۸$^{**}$ | ۱۵۰/۸۹$^{**}$ | ۰/۰۳۴$^{**}$ | ۰/۵۴$^{**}$ | ۲۴۵۲۸۲۵/۱$^{**}$ | ۰/۰۰۸$^{ns}$ |
| مرحله × خاک‌ورزی | ۲ | ۰/۰۱۹$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۴۳/۸۷$^{**}$ | ۱۴۴/۱۴$^{**}$ | ۰/۰۰۴$^{**}$ | ۰/۳۱$^{**}$ | – | ۰/۰۶$^{ns}$ |
| مرحله× خاک‌ورزی× سال | ۲ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۱۰/۱۵$^{**}$ | ۷۰/۳۳$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۲۲$^{**}$ | – | ۰/۰۳۷$^{ns}$ |
| خطا اصلی | ۲۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۱/۳۷ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۳ | ۳۲۱۶۸/۵ | ۰/۰۳۳ |
| منبع کود | ۶ | ۰/۶۶۷$^{**}$ | ۰/۰۰۸$^{**}$ | ۱۵۷۴/۷۵$^{**}$ | ۱۵۴۵۸۸/۱$^{**}$ | ۰/۰۶۱$^{**}$ | ۵۰/۵۸$^{**}$ | ۳۹۶۴۰۲۶۱/۴$^{**}$ | ۰/۴۹$^{**}$ |
| سال × کود | ۶ | ۰/۰۷۶$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۶۱/۵۸$^{**}$ | ۳۶۰۰/۹$^{**}$ | ۰/۰۰۴$^{**}$ | ۰/۰۲$^{**}$ | ۵۱۶۴۵۰/۲۴۲$^{**}$ | ۰/۱۰۳$^{*}$ |
| مرحله × کود | ۱۲ | ۰/۰۰۹$^{**}$ | ۰/۰۰$^{**}$ | ۱۰۴/۳۸$^{**}$ | ۶۹۲/۹$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۱۹$^{**}$ | – | ۰/۰۶۳$^{ns}$ |
| سال ×مرحله× کود | ۱۲ | ۰/۰۰۳$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۱/۶۴$^{**}$ | ۱۸۳/۰۵$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۳۲$^{**}$ | – | ۰/۰۴۴$^{ns}$ |
| خاک‌ورزی × کود | ۶ | ۰/۰۶۳$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۵۹/۲۰$^{**}$ | ۳۴۲۵/۳$^{**}$ | ۰/۰۱۲$^{**}$ | ۰/۹۷$^{**}$ | ۲۵۶۶۹۶۵/۶$^{**}$ | ۰/۰۳۶$^{ns}$ |
| سال× خاک‌ورزی × کود | ۶ | ۰/۰۰۴$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۱۱/۷۷$^{**}$ | ۵۴۹/۸$^{**}$ | ۰/۰۰۲$^{**}$ | ۰/۰۱۸$^{**}$ | ۵۷۲۳۰۰/۲$^{**}$ | ۰/۰۳۰$^{ns}$ |
| مرحله× خاک‌ورزی × کود | ۱۲ | ۰/۰۰۲$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۹/۵۲$^{**}$ | ۳۰/۰۱$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۷۴$^{**}$ | – | ۰/۰۳۸$^{ns}$ |
| سال× مرحله×خاک‌ورزی × کود | ۱۲ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۱/۶۰$^{**}$ | ۵۲/۹$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۰/۰۱۹$^{**}$ | – | ۰/۰۳۲$^{ns}$ |
| خطا | ۱۴۴ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۶۷۵ | ۰/۲۱۶ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۳ | ۱۴۹۶۹/۷ | ۰/۰۴۱ |
| ضریب تغییرات (٪) | | ۲/۳۳ | ۲/۴۷ | ۳/۶۵ | ۰/۱۷ | ۰/۴۲ | ۰/۵۴ | ۲/۳۲ | ۲/۴۳ |

$^{*}$ و $^{**}$ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns برابر با عدم تفاوت معنی‌دار

**پویایی کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک**

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مرحله نمونه‌برداری خاک بر صفات کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). میزان کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک در مرحله‌های دوم و سوم نمونه‌برداری خاک به مراتب بیشتر از مرحله ابتدایی بود. این میزان افزایش در مرحله سوم نسبت به مرحله اول به‌ترتیب برای کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم ۱۷/۵، ۱۳/۰۴، ۷/۸۳ و ۰/۸۱ درصد بود، که نشان‌دهنده این است که استفاده از کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش این عناصر در خاک شد. مطالعه زینگوره و همکاران نشان داد که کاربرد حدود ۱۷ تن کود دامی در هکتار درکوتاه مدت لازم است تا باعث بهبود وضعیت کربن آلی خاک، فسفر، pH و بهبود عملکرد محصولات شود (۳۶). موگوه و همکاران عنوان کردند که تیمارهایی که کود سبز دریافت کردند بیشترین میزان نیتروژن غیر آلی خاک و جذب نیتروژن دانه ذرت را داشتند (۲۹). فلاح و همکاران گزارش کردند که مواد غذایی موجود در کود دامی بلافاصله بعد از مصرف برای گیاه قابل دسترس نمی‌باشد و بایستی توسط تجزیه میکروبی به شکل قابل دسترس تبدیل شوند. به همین دلیل در انتهای رشد میزان در دسترس بودن عناصر غذایی بیشتر می‌باشد (۸). میزان کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴). میزان این عناصر در خاک‌ورزی متداول در مقایسه با بی‌خاک‌ورزی بالاتر بود (جدول ۴). این افزایش به‌ترتیب برابر با ۲۰/۴۲، ۲۲/۷۲، ۲۱/۱۱ و ۱۰/۴۸ درصد بود. در خاک‌ورزی متداول چون منابع کود آلی و شیمیایی با خاک مخلوط گردید به راحتی در دسترس میکروارگانیزم‌ها قرار

**جدول ۵. مقایسه عملکرد، اجزاء عملکرد و دیگر صفات مورد مطالعه ذرت دانه‌ای در منابع مختلف کودی و سیستم خاک‌ورزی**

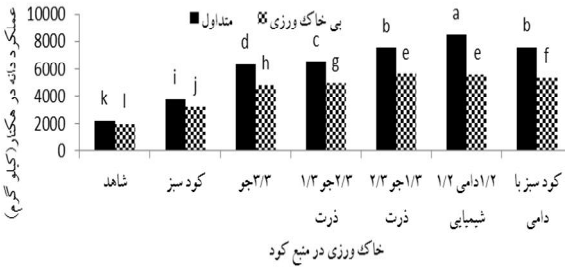
| منابع تغییرات | سطوح تیمار | کربن خاک (٪) | نیتروژن خاک (٪) | فسفر خاک ($mg\ kg^{-1}$) | پتاسیم خاک ($mg\ kg^{-1}$) | جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$) | رطوبت وزنی خاک(٪) | عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$) | اسیدیته خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال | اول | ۰/۴۴۷$^{b}$ | ۰/۰۴۲$^{b}$ | ۲۱/۶۹$^{b}$ | ۲۷۲/۲۲$^{a}$ | ۱/۴۹$^{a}$ | ۱۰/۲۱$^{b}$ | ۴۸۴۹$^{b}$ | ۸/۳۷$^{a}$ |
| | دوم | ۰/۶۰۰$^{a}$ | ۰/۰۵۶$^{a}$ | ۲۳/۲۸$^{a}$ | ۲۷۲/۸۳$^{a}$ | ۱/۴۲$^{b}$ | ۱۰/۳۵$^{a}$ | ۵۷۰۳/۷$^{a}$ | ۸/۱۸$^{b}$ |
| خاک‌ورزی | متداول | ۰/۵۷۲$^{a}$ | ۰/۰۵۴$^{a}$ | ۲۴/۶۳$^{a}$ | ۲۸۶/۱۱$^{a}$ | ۱/۴۳$^{b}$ | ۹/۹۱$^{ns}$ | ۶۰۵۷/۸$^{a}$ | ۸/۲۸$^{a}$ |
| | بی‌خاکورزی | ۰/۴۷۵$^{b}$ | ۰/۰۴۴$^{b}$ | ۲۰/۳۴$^{b}$ | ۲۵۸/۹۴$^{b}$ | ۱/۴۸$^{a}$ | ۱۰/۶۴$^{ns}$ | ۴۴۹۴/۸$^{b}$ | ۸/۲۸$^{a}$ |
| منابع کود | $T_0$ | ۰/۳۱۹$^{e}$ | ۰/۰۲۶$^{b}$ | ۱۰/۵۳$^{e}$ | ۱۶۵/۳۶$^{g}$ | ۱/۵۱$^{a}$ | ۸/۴۷$^{g}$ | ۲۰۹۷$^{g}$ | ۸/۴۶$^{a}$ |
| | $T_1$ | ۰/۴۰۰$^{d}$ | ۰/۰۳۱$^{b}$ | ۱۵/۷۷$^{d}$ | ۱۸۹/۹۱$^{f}$ | ۱/۴۸$^{b}$ | ۸/۹۸$^{f}$ | ۳۴۶۵$^{f}$ | ۸/۴۱$^{a}$ |
| | $T_2$ | ۰/۵۲۵$^{c}$ | ۰/۰۵۲$^{a}$ | ۲۵/۲۵$^{c}$ | ۳۰۱/۴۴$^{e}$ | ۱/۴۶$^{c}$ | ۱۰/۷۰$^{c}$ | ۵۵۶۱$^{e}$ | ۸/۱۸$^{b}$ |
| | $T_3$ | ۰/۵۲۵$^{c}$ | ۰/۰۵۷$^{a}$ | ۲۶/۶۳$^{b}$ | ۳۰۳/۳۸$^{d}$ | ۱/۴۶$^{c}$ | ۱۰/۴۴$^{d}$ | ۵۷۶۲$^{d}$ | ۸/۲۷$^{b}$ |
| | $T_4$ | ۰/۵۲۲$^{c}$ | ۰/۰۵۶$^{a}$ | ۲۶/۶۵$^{b}$ | ۳۱۳/۶۳$^{b}$ | ۱/۴۶$^{c}$ | ۱۰/۳۱$^{e}$ | ۶۵۶۶$^{b}$ | ۸/۲۷$^{b}$ |
| | $T_5$ | ۰/۶۶۴$^{b}$ | ۰/۰۶۵$^{a}$ | ۲۷/۶۱$^{a}$ | ۳۲۰/۵۸$^{a}$ | ۱/۴۲$^{d}$ | ۱۱/۲۱$^{b}$ | ۷۰۱۹$^{a}$ | ۸/۱۸$^{b}$ |
| | $T_6$ | ۰/۷۰۹$^{a}$ | ۰/۰۵۸$^{a}$ | ۲۴/۹۴$^{c}$ | ۳۱۳/۳۶$^{b}$ | ۱/۳۹$^{e}$ | ۱۱/۸۳$^{a}$ | ۶۴۶۵$^{c}$ | ۸/۱۸$^{b}$ |
| مرحله | اول | ۰/۴۷۳$^{b}$ | ۰/۰۴۶$^{b}$ | ۲۱/۳۸$^{b}$ | ۲۷۲/۲۹$^{b}$ | ۱/۴۸$^{a}$ | ۱۰/۲۱$^{b}$ | ۱/۸۵$^{c}$ | ۸/۳۱$^{a}$ |
| | دوم | ۰/۵۴۲$^{a}$ | ۰/۰۵$^{a}$ | ۲۳$^{a}$ | ۲۷۰/۷۷$^{b}$ | ۱/۴۵$^{b}$ | ۱۰/۱۷$^{c}$ | ۱/۹۰$^{b}$ | ۸/۳۰$^{a}$ |
| | سوم | ۰/۵۵۶$^{a}$ | ۰/۰۵۲$^{a}$ | ۲۳/۰۶$^{a}$ | ۲۷۴/۵۱$^{a}$ | ۱/۴۴$^{c}$ | ۱۰/۴۵$^{a}$ | ۱/۹۸$^{a}$ | ۸/۲۳$^{b}$ |

میانگین‌های هر گروه در هر ستون که در یک حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

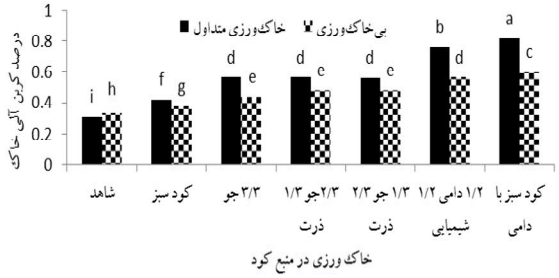
گرفت و تجزیه و معدنی شدن آنها سریع‌تر اتفاق افتاد. با تجزیه آنها میزان عناصر خاک افزایش پیدا کرد. قوشچی و همکاران بیان کردند که در تیمار مخلوط کردن بقایا، کود دامی و نیتروژن با خاک بیشترین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک حاصل شد. آنها دلیل آن را این طور بیان کردند که کود دامی و بقایا منبع غنی از عناصر غذایی می‌باشد با تجزیه آنها این عناصر در دسترس خاک قرار می‌گیرد(۱۰). رویجان و همکاران اظهار داشتند عملکرد گیاهان در سیستم بی‌خاک‌ورزی کمتر از خاک‌ورزی متداول بود و دلیل آن را مربوط به بالا بودن جرم مخصوص ظاهری خاک و کاهش دسترسی به عناصر غذایی خاک عنوان کردند (۳۱). تأثیر منابع کود بر میزان کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بالاترین میزان کربن آلی خاک در تیمار $T_6$ و $T_5$ که کود دامی و سبز در آنها استفاده شده بود مشاهد شد. این در حالی است که در تیمارهای $T_4$، $T_3$ و $T_2$ که فقط از کود شیمیایی و سبز استفاده شده بود این نسبت کمتر بود. درصد کربن آلی در این تیمارها نسبت به شاهد به‌ترتیب برابر با ۶۴/۶۳،۵۷/۶۳ و۶۴/۵۷ درصد بود. جورابلو و همکاران بیان کردند که افزون مواد آلی از جمله کود حیوانی، کود سبز و کمپوست به‌همراه خاک‌ورزی مناسب می‌تواند مواد آلی خاک از جمله کربن آلی را افزایش دهد (۶). بیشترین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تیمار $T_5$ و $T_6$ و در رتبه سوم تیمار $T_4$ قرار داشت (جدول ۴). در تیمار $T_5$ چون عناصر غذایی کود دامی به‌تدریج آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد گیاه مطابق نیازش از آنها بهره‌برداری می‌کند. در این تیمار کود شیمیایی به‌عنوان عناصر غذایی مکمل عمل کرده و قابلیت دسترسی عناصر را افزایش می‌دهد.

**خاک‌ورزی**

میانگین‌های هر گروه در هر ستون که در یک حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح




**شکل ۱. برهم‌کنش خاک‌ورزی × منبع کود بر عملکرد دانه**




**شکل۲. برهم‌کنش خاک‌ورزی × منبع کود بر درصد کربن آلی خاک**

**شکل۳. برهم‌کنش خاک‌ورزی × منبع کود بر درصد نیتروژن خاک**

**شکل۴. برهم‌کنش خاک‌ورزی × منبع کود بر غلظت فسفر خاک**

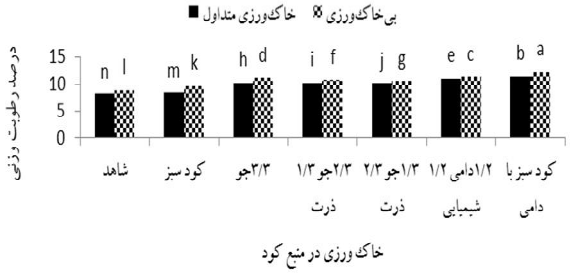
**شکل۵. برهم‌کنش خاک‌ورزی × منبع کود بر غلظت پتاسیم خاک**

احتمال ۵ درصد می‌باشند.

رضائی نژاد و افیونی گزارش کردند در تیمار کود گاوی، به‌دلیل وجود مقادیر بیشتر عناصر غذایی ضروری مخصوصاً ازت، فسفر و پتاسیم و احتمالاً به‌دلیل معدنی شدن تدریجی این عناصر از شکل آلی و قابل دسترس‌تر بودن آنها، در هنگام نیاز گیاه غلظت عناصر در محیط رشد گیاه زیاد می‌باشد (۷). مدیریت بقایا و اضافه کردن منابع مواد آلی، شامل مخلوط کردن کود سبز با خاک و استفاده از کود دامی در جهت بهبود ساختمان خاک و دسترسی بهتر عناصر غذایی مناسب می‌باشد (۱۷). برهمکنش خاک‌ورزی × منبع کود نشان داد که بیشترین میزان کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک‌ورزی متداول و در تیمار $T_5$ و $T_6$ به‌دست آمد (شکل‌های ۲ تا ۵).

### تغییرات رطوبت خاک

مرحله نمونه‌برداری خاک بر میزان رطوبت وزنی خاک در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). مقدار رطوبت خاک در مرحله سوم برداشت نسبت به مراحل دیگر برتری داشت (جدول ۵). این افزایش درصد رطوبت وزنی در مرحله سوم در مقایسه با مرحله اول ۲/۳۷ درصد بود. در مرحله دوم که مقدار رطوبت از دو مرحله دیگر کمتر شد، احتمالاً به‌دلیل گرمای شدید در منطقه و تبخیر و تعرق فراوان در منطقه مورد مطالعه در این مرحله رطوبت خاک کاهش نشان داد. در مرحله سوم کود سبز و کود دامی فرصت بیشتری جهت تجزیه پیدا کردند و توانستند مقدار بیشتری رطوبت در خاک ذخیره کنند. امرسون و همکاران نشان دادند که با افزایش مقدار

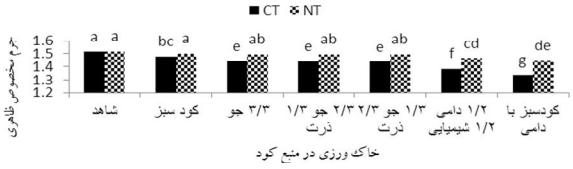



**شکل ۶. برهم‌کنش خاک‌ورزی × منبع کود بر درصد رطوبت وزنی خاک**

کربن آلی، ظرفیت نگهداری رطوبت در اثر تشکیل ژل‌های حاصل از تجزیه بقایای آلی و ترشحات میکروبی، افزایش یافت (۲۳). از طرف دیگر به‌دلیل سایه‌اندازی بوته‌های ذرت بر سطح خاک از شدت تابش نور خورشید کاسته شد و به همان نسبت تبخیر شدید از سطح خاک تا حدودی کاهش پیدا کرد. میرابی و همکاران گزارش کردند که حضور مالچ در مقایسه با شاهد باعث کاهش تابش خورشید و کاهش درجه حرات خاک و افزایش رطوبت خاک گردید (۱۲). تأثیر خاک‌ورزی بر محتوی رطوبت خاک اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول ۴). بیشترین درصد رطوبت خاک در سیستم بی‌خاک‌ورزی مشاهده شد. افزایش مقدار رطوبت در حدود ۹/۳۳ درصد در سیستم بی‌خاک‌ورزی بود.آزاد شهرکی اظهار داشت که برگشت به سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی به‌دلیل کاهش تبخیر از سطح خاک باعث کاهش آب مصرفی شده است (۱). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که منابع کود بر درصد رطوبت خاک در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین درصد رطوبت خاک از تیمار $T_۶$، $T_۵$ و $T_۲$ با میانگین ۱۱/۸۴، ۱۱/۲۱ و ۱۰/۷۰ درصد حاصل شد. کمترین مقدار رطوبت خاک از تیمار شاهد با میانگین ۸/۴۷ درصد حاصل شد (جدول ۵). افزایش رطوبت خاک در تیمارهای مخلوط کود سبز و دامی بیشتر از کود سبز همراه با کود شیمیایی بود. آکف و باقری اظهار داشتند که کود سبز و دامی حاوی مقادیر زیادی ماده آلی است ماده آلی خاصیت جذب آب بالایی دارد. بنابراین افزودن بقایای گیاهی و کود دامی به خاک باعث افزایش چشم‌گیر ظرفیت نگهداری آب خاک می‌شود (۲). برهمکنش خاک‌ورزی در منابع کود اختلاف معنی‌داری را بر درصد رطوبت خاک نشان داد (جدول ۴). بالاترین میزان رطوبت خاک در تیمار بی‌خاک‌ورزی و در منبع کود $T_۶$ (دامی و سبز) و کمترین مقدار آن در تیمار $T_۰$ (شاهد) و خاک‌ورزی متداول با میانگین ۱۲/۲۶ و ۸/۰۹ درصد مشاهده گردید (شکل ۶). محتوی رطوبت تیمار $T_۶$ و سیستم بی‌خاک‌ورزی ۵۱/۵۴ در صد نسبت به شاهد بالاتر بود. در سیستم بی‌خاک‌ورزی چون خاک برگردانده نشد کمتر در معرض تابش خورشید قرار گرفت. از طرف دیگر بقایای کود سبز و دامی بر سطح خاک باعث کاهش تبخیر از سطح خاک شد. در نتیجه مقدار رطوبت خاک افزایش نشان داد. هیتام و همکاران (۲۶) و بسکانسا و همکاران (۱۵) بیان کردند که در روش بی‌خاک‌ورزی محتوی رطوبتی خاک در شرایط خشک بیشتر و دمای خاک کمتر از خاک‌ورزی متداول بود.

### وزن مخصوص ظاهری خاک

وزن مخصوص ظاهری در مراحل مختلف نمونه‌برداری خاک دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). در مرحله اول چون کود دامی و سبز به خاک اضافه نشده بود جرم مخصوص ظاهری تغییری نداشت. در مرحله دوم چون کود با خاک مخلوط و تجزیه آن شروع شد جرم مخصوص ظاهری کمتر و در مرحله سوم به کمترین مقدار خود یعنی ۱/۴۴ درصد رسید (جدول ۵). منابع کود بر جرم مخصوص ظاهری خاک، در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). کمترین جرم مخصوص ظاهری با میانگین ۱/۳۹ درصد در تیمار $T_۶$ و بعد از آن $T_۵$ با میانگین ۱/۴۲ درصد مشاهد شد. تیمارهای کود شیمیایی همراه کود سبز در یک گروه و بعد از تیمار $T_۵$ قرار گرفتند. بیشترین جرم مخصوص ظاهری به تیمار شاهد تعلق گرفت (جدول ۵). فیونتس و همکاران (۲۵) کاهش چگالی ظاهری خاک را در اثر مصرف منابع کود آلی گزارش کردند. یکی از دلایل کاهش معنی‌دار چگالی ظاهری در تیمارهای کود دامی همراه کود سبز جو و همچنین کاربرد سطحی بقایا نسبت به شاهد را می‌توان به افزایش کربن آلی و




**شکل ۷. برهم‌کنش خاک‌ورزی × منبع کود بر جرم مخصوص ظاهری خاک**

در نتیجه افزایش تخلخل خاک در این تیمارها مرتبط دانست. شیرانی و همکاران گزارش کردند که کاربرد ۳۰ و ۶۰ تن کود گاوی در هکتار باعث کاهش معنی‌دار وزن مخصوص ظاهری خاک گردید (۳۳). برهمکنش خاک‌ورزی × منبع کود دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴). بیشترین جرم مخصوص ظاهری به سیستم بی‌خاک‌ورزی و تیمار شاهد با میانگین ۱/۵۱ و کمترین مقدار به خاک‌ورزی متداول و تیمار $T_۶$ با میانگین ۱/۳۳ درصد تعلق گرفت (شکل ۷). با این وجود، یکی از دلایل کاهش بیشتر چگالی ظاهری در اثر مخلوط کردن کود آلی نسبت به‌کاربرد سطحی آنها، ترکیب بخش بیشتری از کود آلی با خاک می‌باشد که تأثیر بیشتری در بهبود ساختمان و افزایش تخلخل خاک دارد (۳۲). ازطرف دیگر دلیل کاهش بیشتر وزن مخصوص ظاهری در اثر مصرف کود سبز جو همراه کود دامی به میزان کربن آلی بیشتر و همچنین نسبت کربن به نیتروژن بیشتر بقایای جو می‌باشد که باعث افزایش کربن آلی خاک و در نتیجه تخلخل کل وهمچنین کاهش چگالی ظاهری گردید (۱۳).

**PH خاک**

نتایج نشان داد که اثر مرحله نمونه‌برداری و منابع کود بر میزان pH خاک در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در مراحل مختلف نمونه‌برداری خاک مقدار pH خاک روند کاهش جزئی نشان داد. بیشترین مقدار pH با میانگین ۸/۳۱ در مرحله اول و کمترین مقدار با میانگین ۸/۲۳ در مرحله سوم نمونه برداری وجود داشت. این کاهش جزئی pH برابر با ۹۷٪ بود (جدول ۵). منابع مختلف کود نشان داد که بیشترین میزان pH خاک در تیمار $T_۰$ (شاهد) با میانگین ۸/۴۶ و در تیمار $T_۱$ (کود سبز) با میانگین ۸/۴۱ و پس از آنها تیمارهای دیگر قرار گرفتند. نتایج آزمایش چانگ و همکاران حاکی از آن است که به‌کارگیری کود دامی باعث کاهش pH خاک گردید (۱۹). فلاح و همکاران گزارش کردند که کاربرد کود مرغی باعث کاهش pH خاک گردید. که دلیل آن را تولید اسیدهای آلی توسط کود دامی بیان کردند (۹). تیسدال و همکاران کاهش pH در ترکیب مخلوط کود آلی و شیمیایی را نتیجه افزودن $H^+$ در ترکیب تبادل کاتیونی خاک توسط کودهای شیمیایی دانستند (۳۴).

## نتیجه‌گیری

استفاده از منابع مختلف کود بر شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در سال دوم تاثیر مطلوب‌تری نشان دادند. به طوری که نیتروژن خاک ۱/۳۵ درصد، فسفر ۷/۳۳ درصد، کربن آلی خاک ۳۴/۲۲ درصد، رطوبت وزنی خاک ۷/۳۶ درصد افزایش و وزن مخصوص ظاهری خاک ۳/۴۹ درصد کاهش نسبت به سال اول نشان دادند. سیستم خاک ورزی متداول خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را نسبت به سیستم بی‌خاک ورزی بهبود بخشید. به‌طوری که نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کربن آلی خاک به‌ترتیب ۲۲/۷۲، ۲۱/۰۹، ۱۰/۴۹ و ۲۰/۴۲ درصد نسبت به سیستم بی‌خاک ورزی برتری نشان دادند. وزن مخصوص ظاهری خاک در سیستم خاک ورزی متداول ۳/۴۹ درصد کاهش و هدایت الکتریکی خاک ۷/۷۸ درصد افزایش نشان دادند. کیفیت خاک تحت تأثیر منابع مختلف کود تغییر کرد. بیشترین درصد نیتروژن، کربن آلی ، فسفر و پتاسیم اضافه شده به خاک با میانگین ۰/۰۶۵، ۰/۶۶۴ درصد و ۲۷/۶۱ و ۳۲۰/۵۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار تلفیق کود سبز با ۵۰ درصد کود دامی و شیمیایی حاصل شد. درنهایت براساس نتایج ارائه شده به‌منظور حفظ پایداری تولید در سیستم های زراعی و جلوگیری از صدمات زیست محیطی ناشی از مدیریت

مزرعه بهترین ترکیب در بهبود دستیابی بـه عملکـرد بـالا در ذرت و همچنین بهبود شاخص‌هـای فیزیکـی و شـیمیایی و بیولوژیکی خاک استفاده تلفیقی از کود سبز، دامی و شیمیایی به نسبت ۵۰ درصد در سیستم خاک ورزی متـداول در ذرت قابل توصیه می‌باشد.

## منابع مورد استفاده


۱. آزاد شهرکی، ف. ۱۳۸۸. گزارش نهایی تاثیر روش های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گندم بر عملکرد ذرت و برخی خصوصیات خاک. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کشور، کرج.

۲. اکف، م و ی. باقری. ۱۳۸۷. *مدیریت خاک و نقش ماشین های کشاورزی در خصوصیات فیزیکی آن*. انتشارات دانشگاه گیلان.

۳. احیایی، م. و ع. ا. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. *شرح روش های تجزیه شـیمیایی خـاک*. نشـریه فنـی شـماره ۸۹۳. موسسـه تحقیقات خاک و آب کشور. کرج.

۴. بای بوردی، م.، م. ج. ملکوتی، ه. امیرمکری و م. نفیسی. ۱۳۷۹. *تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشـاورزی پایدار*، نشر آموزش کشاورزی، ۲۸۲ صفحه.

۵. تاج بخش، م.، ع. حسن زاده قورت تپه و درویش زاده. ۱۳۸۴. *کود های سبز در کشاورزی پایـدار*. چـاپ اول، انتشـارات جهـاد دانشگاهی ارومیه، ۲۱۵ صفحه.

۶. جورابلو، ع.، ف. قوشچی، ا. مرتضی و م. سیلسپور. ۱۳۸۸. بررسی تهیه بسته بذر و بقایای گیاهی جو بـر عملکـرد کمـی وکیفـی ذرت علوفه ای. فصلنامه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۱(۱): ۵۳-۴۴.

۷. رضایی نژاد، ی و م. افیونی. ۱۳۷۹. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر به وسـیله ذرت و عملکـرد آن. علـوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴(۴): ۲۹-۱۹.

۸. فلاح، س.، ا. قلاوند و م. ر. خواجه پور. ۱۳۸۶. تاثیر نحوه اختلاط کود دامی با خاک و تلفیق آن با کود شـیمیایی بـر عملکـرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱(۴۰): ۲۴۲-۲۳۳.

۹. فلاح، س.، ا. قلاوند، د. قندیان و ع. یدوی. ۱۳۸۸. اثر مقادیر و نحوه اختلاط کود مرغی با خاک بر برخـی خصوصـیات خـاک و عملکرد ذرت. نشریه آب و خاک ۲۳(۳): ۸۷-۷۸.

۱۰. قوشچی، ف.، ع. جورابلو، م. سیلسپور و ح. هادی. ۱۳۸۹. اثـر خـاک‌ورزی و مـدیریت بقایـای جـو(*Hordeum vulgare* L.) بـر ویژگی های خاک و ذرت علوفه ای نشریه بوم شناسی کشاورزی ۲(۳): ۴۳۶-۴۲۸.

۱۱. مجیدیان، م.، ا. قلاوند، ن. کریمیان و ع. ا. کامکار حقیقی. ا. ۱۳۸۷. تاثیر مقادیر مختلـف نیتـروژن، کـود دامـی و آب آبیـاری بـر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۱(۲): ۸۵-۶۷.

۱۲. میرابی، ا.، ح. نعمتی، غ. ح. داوری نژاد و ح. آرویی. ۱۳۹۱. اثر مالچ بر کنترل علف های هرز، ذخیره رطوبـت و دمـای خـاک در سبزی پیینو. نشریه علوم باغبانی (۳)۲۶: ۲۷۶-۲۷۱.

۱۳. میرزایی، م و م. محمودآبادی. ۱۳۹۳. تاثیر نوع مدیریت های مختلف بقایای گیاهی بر برخی ویژگی های فیزیکـی و نفـوذ آب در خاک. نشریه پژوهش های خاک (علوم خاک و آب) ۲۸(۴): ۶۷۱-۶۵۹.

14. Alexandra, M., C. Raphael, J. Bernard and S. Sokrat. 2013. Effect of organic fertilizer and reduced– tillage on soil Properties, crop nitrogen response and crop yield: Result of a 12 year experiment in changings, Switzerland. Soil Tillage Res. 126: 11-18.

15. Bescansa, P., M. J. Imaz and W. B. Hoogmoed. 2006. Soil water retention as affected by Tillage and residue management in semiarid Spain. Soil Tillage Res. 87: 19-27.
16. Bhandari, A. L., L. K. Ladha, H. Pathak, A. T. Padre, D. Dawe and R. K. Gupta. 2002. Yield and soil nutrient change in a long-term rice-wheat rotation in India. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 162-170.
17. Bhattacharyya, R., V. Prakash, S. Kudu, A. K. Strivastva and H. S. Gupta. 2009. Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and corp regimes. Agric. Ecosyst. Environ. 132: 126-134.
18. Carter, D. C., D. Harris, J. B. Youngquist and N. Persand. 1992. Soil properties, crop water use and cereal yields in Bots wana after additions of mulch and manure. Field Crops Res. 30: 97-109.
19. Chang, C., T. G. Sommerfeldt and T. Entz. 1990. Rates of soil chemical changes with eleven annual application of cattle feedlot manure. Can. J. Soil Sci. 70: 673-681.
20. Dick, W. A., W. M. Edward, R. C. Stehouwer and D. J. Eckert. 1992. Mazie yield and nitrogen uptake after established no-tillage fields are plowed. Soil Tillage Res. 24: 1-15.
21. Dunjana, N., P. Nyamugafata, A. Shumba and S. Zingore. 2012. Effect of cattle manure on selected soil physical Properties of smallholder farms on two soils of Murewa, Zimbabwe. Soil Use Managet. 28: 221-228.
22. Eghbal, B., T. F. Binford, D. D. Balyonspregor and F. D. Anderson. 1995. Maize temporal yield variability under long term manure and fertilizer application. Fractal Analysis Soil Science, Society American Journal. 59: 1360-1364.
23. Emerson, W. W., R. C. Foster, J. M. Tisdal and D. Weismann. 1994. Carbon content and bulk density of irrigated natrixeralf in relation to three root growth and orchard management. Aust. J. Soil Res. 13: 31-39.
24. Fageria, N. K. 2007. Green manuring in crop Production. J. Plant Nutr. 30: 691-719.
25. Fuentes, M., B. Govaerts, F. D. Leon, C. Hidalgo, L. Dendooven. K. D. Sayre and J. Etchevers. 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillge, crop rotation and residue management systems and its effecton physical and chemical soil quality. Europian J. of Agronomy 30: 228-237.
26. Haytham, M., V. Constantino, A. Miguel, L. Luis. 2015. Short-term effects of four Tillag practices Soil physical properties, Soil water potential, and maize yield. Geoderma 237-238:60-70.
27. Lal, R. 1996. Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. 2. Soil chemical properties. Land Degrad Dev. 7: 99-119.
28. Lopez, X. V., J. L. Arre, J. A. Fuentes and M. Moret. 1997. Dynamics of surface barley residues during follow as affected by Tillage and decomposition in semiarid Aragon (NE Spain), European J. Agron. 23: 26-36.
29. Mugwe, J., D. Mugendi, M. Mucheru-Muna and J. Kungu. 2011. Soil inorganic N and N uptake by maize following application of legume biomass, Tithonia, manure and mineral fertilizer in central Kenya. Springer Science Business media B. V.
30. Nedzinskiene, T., A. Nedzinskas and K. Pranaitis. 2002. Auga-lu parinkimo zaliajai trąsai tyrimai ekologiniams ukiams priesmelio dirvoje. Baltijos region salių ekologino zemes ukio bukle, problemos ir perspektyvos, Kaunas: 26: 80-85.
31. Ruijun, Q., S. Peter, R. Walter. 2006. Impact of tillage on maize rooting in a Cambisol and Luvisol in Switzerland. Soil Tillage Res. 85: 50- 61.
32. Shaver, T. M., G. Peterson. L. Ahuja, D. Westfall, L. Sherrod and G. Dum. 2002. Surface soil physical properties after twelve years of dry land. http://hdl.handle.net/10919/68789.
33. Shirani, H., M. A. Hajabasi, M. Afyuni and A. Hemmat. 2002. Effect of farmyard manure and tillage system on soil physical properties and corn yield in central Iran. Soil Tillage Res. 68: 101- 108.
34. Tisdal, S. L. Nelson, W. L. Beaton, J. D. Havlin, J. L. (1993). Soil fertility and fertilizers, 5 thed. Macmillan. Publishment. Co. Newyork.
35. Tripolskaya, L and D. Romanovskaya. 2006. A study of nitrogen migration affected by different plants for green manure in sandy loam soil. Erologiga 4: 89-97.
36. Zingore, S., R. Delve. J. Nyamangara and K. E. Giller. 2008. Multiple benefits of manure: The key to maintenance of soil fertility and restoration of depleted sandy soils and soils African small holder farms. Nutri. Cycl. Agroecosyst 80: 267-282.

J. Water and Soil Sci (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)
Vol. 21, No. 3, Fall 2017, Isf. Univ. Technol., Isf., Iran.

# The Effect of Tillage Systems and Different Sources of Fertilizer on Corn Yield and Soil Nutrients

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

(Received: Sep. 30-2015 ; Accepted: Nov. 26-2016)

## Abstract

In line with sustainable agriculture development, an experiment was conducted including tillage as the main factor in two conventional systems (plowing and mixing fertilizer with soil) and no tillage (leaving residuals of green manure and direct corn sowing). The fertilizer resources were T0: control, T1: barley green manure without chemical and manure fertilizers, T2: barley green manure with full use of the recommended chemical fertilizer (NPK) to barley containing urea, super triple phosphate and potassium sulphate respectively as 165, 90, and 75 kg/ ha, T3: green manure with two -third residual of chemical fertilizer for barley and a third of the residual to corn, T4: green manure with one-third chemical fertilizer for barley and two-third for corn, T5: barley green manure mixed with 50% manure and 50% chemical fertilizer, and T6: green manure with 40 tons of manure used as a sub-plot in the split plot and in completely random blocks with three replications for two crop years ( 2013-2014) at the Agricultural Research Station, Sistan. The results showed that in comparison with no-tillage, the conventional tillage resulted in a significant increase in grain yield, the contents of nitrogen, phosphorus, potassium and soil organic carbon, bulk density and moisture content of the soil decreased in the conventional tillage. Sources of fertilizer (organic and chemical fertilizers) significantly increased soil organic carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, and soil moisture content. The pH and soil bulk density factors decreased after using manure sources. Interaction tillage in the fertilizer sources showed that in the conventional tillage and Treatment T5 (mixture of manure, green and chemical fertilizers) the highest yield of corn was obtained with an average of 8471 kg/ha. The results of this experiment reported that using conventional tillage system with mixture of 50% manure, green and chemical fertilizers can increase corn grain yield, provide the dynamics of nitrogen, phosphorus, potassium, organic carbon, and improve soil bulk density and soil pH.

**Keywords**: Corn, tillage, manure, fertilizers, green manure, elements.

1. Agriculture and Natural Resour. Res. Center of Sistan, Agricultural Res., Education and Extension organization, Sistan, Iran.
2. Dept. of Agronomy, Faculty of Agric., Zabol Univ., Zabol, Iran.
*: Corresponding Author, Email: ghasemiahmad@yahoo.com