



روند تولید CO₂، پتانسیل معدنی شدن کربن خاک و ماده خشک سورگوم تحت منابع مختلف نیتروژن

شهلا لجم‌اورک^۱، *سیف‌اله فلاح^۲ و شجاع قربانی‌دشتکی^۳

^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه آگرواکولوژی، دانشگاه شهرکرد، استادیار گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد،

^۲استادیار گروه خاک‌شناسی، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۴/۱۱

چکیده

اندازه‌گیری تنفس خاک یکی از حساس‌ترین شاخص‌های مؤثر بر کیفیت و کارایی خاک است. بنابراین با هدف بررسی اثر نظام‌های جداگانه و تلفیقی کود اوره، کود گاوی و کود مرغی بر خروج CO₂ خاک و برآورد پتانسیل معدنی شدن کربن و نیز تولید ماده خشک سورگوم، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال ۱۳۸۹ اجرا گردید. تیمارها شامل نبود کوددهی (شاهد)، کاربرد جداگانه کود اوره، گاوی و مرغی (به ترتیب به عنوان منبع شیمیایی و منابع آلی نیتروژن) و سه ترکیب تلفیقی ۵۰:۵۰ (اوره + گاوی، اوره + مرغی، گاوی + مرغی) بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان تنفس جمعی خاک (۱۴۱/۳۹ گرم در مترمربع) و سرعت تنفس (۳/۸ گرم در مترمربع در روز) با کاربرد کود مرغی به دست آمد و کم‌ترین مقدار تنفس خاک مربوط به تیمار شاهد بود. در تیمار کود مرغی جداگانه بیش‌ترین میزان ماده خشک سورگوم (۱۱/۱۶ تن در هکتار) مشاهده گردید ولی ماده خشک تولیدی در این تیمار با تیمارهای دارای اوره اختلاف معنی‌داری نداشت. پتانسیل معدنی شدن کربن تحت تأثیر کوددهی قرار نگرفت. به‌طورکلی کود مرغی با داشتن عناصر غذایی بیش‌تر در مقایسه با سایر منابع کودی علاوه بر اثرهای مفید بر تنفس خاک، سبب بالا بردن میزان ماده خشک سورگوم می‌گردد. هم‌چنین، با جایگزینی کود شیمیایی در کشت سورگوم می‌تواند خطر آلودگی محیط زیست را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: کود اوره، کود گاوی، کود مرغی، سورگوم

* مسئول مکاتبه: falah1357@yahoo.com

مقدمه

امروزه پایداری سیستم‌های کشاورزی موضوع مهمی در سراسر جهان محسوب می‌گردد. با توجه به افزایش قیمت کودهای شیمیایی و پایدار نبودن حاصل‌خیزی خاک، اختلال در فعالیت بیولوژیک، همچنین کاهش تثبیت بیولوژیک نیتروژن و دیگر عناصر غذایی بر اثر کاربرد مکرر کودهای شیمیایی لازم است در راستای کشاورزی پایدار مصرف این کودها به تدریج کاهش و کودهای آلی به‌طور نسبی جایگزین آن‌ها شوند (پیمتل و دژانگ، ۱۹۹۰). از طرفی، تنفس خاک یکی از قدیمی‌ترین پارامترهای تعیین فعالیت میکروبی در خاک است (کیفت و روساگر، ۱۹۹۱) و یکی از اساسی‌ترین شاخص‌های باروری خاک بوده که انجام آن نیازمند انرژی می‌باشد (نانی‌پیری و همکاران، ۱۹۹۰). البته تنفس یک فرآیند کلی است که تنها محدود به ریزجانداران نمی‌باشد بلکه توسط همه موجودات ساکن در خاک نیز انجام می‌شود. رطوبت، دما، قابلیت دسترسی به مواد غذایی، ساختمان خاک (کیفت و همکاران، ۱۹۸۷)، ذخیره کربن خاک (فانگ و مونسریف، ۲۰۰۵)، نوع پوشش گیاهی، کیفیت و کمیت سویسترا، زیست‌توده و فعالیت میکروبی، مدیریت و کاربری اراضی به‌ویژه مصرف کودها از جمله عواملی هستند که بر تنفس مؤثر می‌باشند (دینگ و همکاران، ۲۰۰۷). بیش‌ترین میزان تنفس در بخش‌های سطحی خاک اتفاق می‌افتد و با افزایش عمق به دلیل کاهش کربن خاک کاهش می‌یابد (فانگ و مونسریف، ۲۰۰۵). تنفس خاک به وسیله روش‌های مختلف و تنفس در مزرعه به صورت مستقیم اندازه‌گیری می‌شود (اندرسون و دامش، ۱۹۷۸). تولید خالص CO_2 بستگی به تعادل بین سرعت ورود کربن از طریق مواد آلی و سرعت خروج آن توسط تجزیه‌کنندگان خاک دارد (عدل، ۲۰۰۳).

فضولات دامی از قرن‌ها پیش به‌عنوان کود مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این میان کود مرغی به دلیل داشتن مقدار بالای نیتروژن یکی از مطلوب‌ترین کودهای آلی شناخته شده است (سلوئان و همکاران، ۲۰۰۳). فریدونی‌ناغانی (۲۰۰۹) دریافت که اضافه کردن کود اوره و مرغی سبب افزایش تولید CO_2 خاک با گذشت زمان می‌شود، به طوری که میزان افزایش در کود مرغی بیشتر بوده و دلیل این اثر ناشی از وجود کربن به سهولت قابل دسترسی و مقدار بیشتر مواد غذایی موجود در این کود دانست. وی همچنین افزود که کاربرد کود مرغی و اوره به دلیل تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاه باعث افزایش عملکرد گیاه ذرت در مقایسه با شاهد شده است. مین و همکاران (۲۰۰۳) نیز افزایش تنفس پایه را در تیمارهای تحت کود گاوی نسبت به تیمار کود شیمیایی در اراضی تحت کشت یونجه را گزارش کردند.

از آنجایی که کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی دارای مضرات زیادی است (فلاح و همکاران، ۲۰۰۷)، امروزه استفاده بیش‌تر از کودهای دامی در زراعت یکی از رویکردهای کشاورزی بر پایه اصول اکولوژیک است. این کودها با داشتن نسبت مناسبی از همه عناصر غذایی برای افزایش کیفیت و کمیت محصول مناسب می‌باشند (فلاح و همکاران، ۲۰۰۷). به هر حال این پسماندها می‌توانند به‌عنوان منبع کربن و انرژی مورد استفاده جمعیت میکروب‌های غیرخودکفا خاک قرار گرفته و در نتیجه تنفس میکروبی خاک را به‌عنوان شاخص فعالیت میکروبی افزایش دهند (رئیس‌ی و آقابابایی، ۲۰۱۱). از سوی دیگر، گیاه سورگوم بر خلاف داشتن ویژگی‌های مهمی مانند مقاومت به خشکی و گرما و کارایی مصرف آب بالا برای تولید مطلوب علوفه نیازمند عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن است، ولی تأمین تمامی نیاز نیتروژن این گیاه پر محصول در مناطق مختلف ممکن است از کودهای دامی تنها مقدور نباشد، در این شرایط به اثر تکمیلی کودهای شیمیایی نیتروژنی نیز نیاز می‌باشد. از این‌رو ارتباط شاخص‌های کیفی خاک مانند خروج CO_2 خاک، پتانسیل معدنی شدن کربن خاک با عملکرد سورگوم علوفه‌ای در نظام‌های جداگانه و تلفیقی کود اوره، گاوی و مرغی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد (عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۵۰ متر از سطح دریا) در سال ۱۳۸۹ اجرا گردید. براساس تقسیم‌بندی آمبروزه این منطقه جزو مناطق خشک بود. طبقه‌بندی تاکسونامیکی خاک مزرعه از نوع *Calcixerepts Typic* می‌باشد. بیش‌ترین میزان بارندگی سالانه در فصل زمستان نازل شده که علاوه بر ناهماهنگی با فصل رشد گیاهان زراعی از نظر پراکنش زمانی نیز وضعیت مطلوبی ندارد. به طوری که در طول دوره رشد سورگوم فقط در ماه‌های خرداد، تیر و شهریور در مجموع ۹/۵ میلی‌متر بارندگی رخ داد (اداره هواشناسی شهرکرد، ۲۰۱۰). قبل از آماده‌سازی بستر، یک نمونه مرکب از خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری به‌صورت زیگزاگ تهیه و پس از هوا خشک شدن در آزمایشگاه و عبور از الک ۲ میلی‌متری خصوصیات شیمیایی آن مانند نیتروژن کل، پتاسیم، فسفر، EC و pH تعیین گردید (جدول ۱). کود مرغی مورد استفاده از مرغ‌داری واقع در نجف‌آباد و کود گاوی نیز از گاوداری دانشگاه شهرکرد جمع‌آوری شد و پس از آسیاب و عبور از الک ۲ میلی‌متری هم‌زمان دو نمونه از آن‌ها تهیه و خصوصیات شیمیایی آن‌ها در آزمایشگاه تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و ویژگی‌های شیمیایی کود مرغی و کود گاوی مورد استفاده.

P	K	Total N	OC	C/N	pH	EC	بافت خاک
(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			(درصد)			(دسی‌زیمنس بر متر)	
۶	۳۳۰	۵۰۰	۰/۸	۱۶	۸/۰	۰/۶۶	خاک لوم رسی
۲۸۰۰۰	۲۵۰۰۰	۵۱۰۰۰	۴۶	۹	۶/۵	۲۱/۳	کود مرغی
۱۶۰۰	۱۰۸۰۰	۶۱۰۰	۲۰	۳۳	۸/۱	۷/۰۶	کود گاوی

۶ تیمار کوددهی شامل کود گاوی، کود مرغی، کود اوره، کود اوره + کود گاوی، کود اوره + کود مرغی، کود گاوی + کود مرغی و همچنین شاهد (مصرف نکردن کود) به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. در تیمارهای کودی مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه مطابق آزمون خاک ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید و با احتساب ۵۰ درصد قابلیت جذب نیتروژن کل کودهای دامی محاسبه‌های مقدار کود مصرفی هر تیمار انجام گردید.

پس از مساعد شدن شرایط محیطی در بهار و گاوردن زمین، عملیات تهیه بستر مانند شخم و دیسک انجام شد. به این صورت که ابتدا زمین موردنظر را توسط گاواهن یک‌طرفه شخم زده و دو بار دیسک عمود بر هم اعمال گردید. سپس جوی و پشته‌ها با دستگاه فاروئر ایجاد شدند. هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت به فاصله‌های ۶۰ سانتی‌متر و به طول ۷ متر بود. پس از تهیه جوی و پشته کود گاوی، کود مرغی و یک‌سوم کود شیمیایی اوره مورد نیاز به صورت نواری در داخل پشته‌ها قرار داده شد. در تیمارهای کود شیمیایی و تلفیقی مقدار فسفر لازم به صورت کود سوپرفسفات‌تریپل قبل از کاشت به صورت نواری در عمق مشابه تیمار کود دامی قرار گرفت. با توجه به مقدار پتاسیم قابل جذب موجود در خاک کود پتاسه به کار نرفت (جدول ۱).

در تاریخ ۱۸ خرداد بذر سورگوم (هیبرید اسپیدفید) به صورت کپه‌ای با تراکم ۲ برابر در عمق ۲ سانتی‌متری رأس پشته‌ها کشت گردید و آبیاری اولیه انجام گرفت. تا استقرار گیاهچه‌ها آبیاری‌ها به فاصله ۳ روز یک‌بار و در سایر مراحل با توجه به شرایط محیطی بین ۷-۵ روز یک‌بار انجام گرفت. کود سرک در اوایل مرحله ظهور خوشه به همراه آب آبیاری به گیاه داده شد. در طی مراحل کاشت، داشت و برداشت به استثنای مورچه، بیماری یا آفتی در مزرعه مشاهده نشد. علف‌های هرز به صورت دستی و در مرحله ۲-۳ برگی وجین شدند.

برای اندازه‌گیری میزان تولید CO_2 از ظرف‌های پلاستیکی به حجم ۷۰۰ میلی‌لیتر استفاده شد. به‌طوری‌که کف این ظرف‌ها بریده شده و به فاصله ۱ متر از یکدیگر و به تعداد سه عدد در روی پشته‌های هر کرت قرار داده شدند. سپس ۲۰ میلی‌لیتر سود یک نرمال را در وایل پلاستیکی ریخته و روی سطح خاک در درون ظرف‌ها قرار داده شد. پس از هر ۱۰ روز ظروف محتوی سود را به‌سرعت از جاراها خارج نموده و درب آن‌ها را محکم بسته و سپس به آزمایشگاه منتقل شدند. اندازه‌گیری مقدار سود باقی‌مانده از طریق تیتراسیون در آزمایشگاه انجام گرفت (اندرسون، ۱۹۷۸)، به این صورت که سود موجود در وایل‌ها ابتدا به ارلن‌های شیشه‌ای منتقل و به هر ارلن، مقدار ۵ سی‌سی BaCl_2 ۱۰ درصد اضافه گردید تا CO_3^{2-} به‌صورت BaCO_3 رسوب کند و NaOH باقی‌مانده با اسید کلریدریک ۰/۲۵ نرمال تیترا گردید. در طی آزمایش، سه جار بدون خاک ولی شامل NaOH به‌عنوان شاهد نیز با شرایطی مشابه با شرایط نمونه‌ها در نظر گرفته شد تا CO_2 جذب شده از فضای آزمایشگاه یا تنفس آزمایش‌کننده یا آب مقطر مورد استفاده توسط سود از کل CO_2 متصاعد شده کسر گردد و میزان CO_2 واقعی متصاعد شده از خاک به‌دست آید. برای هر مرحله اندازه‌گیری میانگین سه جار تنفسی مربوط به هر کرت محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در نهایت مقدار $\text{CO}_2\text{-C}$ متصاعد شده ناشی از تنفس بیولوژیکی (شامل تنفس ریشه گیاه و تنفس هتروتروفی خاک) بر حسب گرم در مترمربع و نیز سرعت تولید CO_2 به‌صورت زیر محاسبه گردید:

$$\text{CO}_2\text{-C} = [\text{B}-\text{S}] \times \text{N} \times \text{E} / \text{سطح مقطع جار تنفسی} \quad (1)$$

که در آن، B: میلی‌لیتر اسید مصرفی برای نمونه شاهد (نمونه‌ای که برای تعیین خطای آزمایش از جمله خطای شخص و... در نظر گرفته شده است)، S: میلی‌لیتر اسید مصرفی برای نمونه خاک، N: نرمالیه اسید و E: وزن اکی‌والان (۲۲ برای CO_2 و ۶ برای C).

به‌منظور مطالعه و برآورد پتانسیل معدنی شدن کربن از معادله یک‌جزیی مرتبه اول، ارایه شده توسط استانفورد و اسمیت (۱۹۷۲) استفاده شد:

$$C_t = C_0 (1 - e^{-k_c t}) \quad (2)$$

که در آن، C_t : کربن معدنی شده در زمان t (میلی‌گرم کربن در کیلوگرم خاک)، C_0 : پتانسیل معدنی شدن کربن (میلی‌گرم کربن در کیلوگرم خاک) و k_c : ضریب ثابت معدنی شدن کربن (یک بر روز) است.

ضرایب این معادله با برازش رابطه ۲ بر داده‌های معدنی شدن تجمعی کربن (C_t) در مراحل مختلف انکوباسیون (t) توسط نرم‌افزار Sigma Plot تعیین گردید. داده‌های سرعت تنفس و تنفس تجمعی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و داده‌های پتانسیل معدنی شدن کربن، ضریب ثابت معدنی شدن کربن و ماده خشک سورگوم به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SAS (سس‌اینستیتیو، ۲۰۰۲) تجزیه شدند و مقایسه اثرهای متقابل نیز با استفاده از نرم‌افزار Sigma-stat انجام شد. مقایسه میانگین اثرات اصلی نیز براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای مختلف مصرفی بر سرعت تولید CO_2 در طول دوره رشد گیاه را نشان می‌دهد. این جدول همچنین نشان می‌دهد که اثر متقابل کود و زمان در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است یک ماه پس از شروع آزمایش سرعت خروج CO_2-C از خاک در تیمارهای کودی متفاوت بود. به‌گونه‌ای که تیمار کود گاوی- مرغی بیش‌ترین فعالیت را در خاک ایجاد کرد و دارای بالاترین سرعت تولید CO_2-C از خاک بود و پس از آن کود گاوی دارای بیش‌ترین میزان سرعت خروج CO_2-C از خاک بود. احتمالاً ترکیب کود گاوی به همراه کود مرغی سبب تأمین مواد غذایی (عناصر کم‌مصرف و پرمصرف) برای ریزجانداران خاک شده است. در نمونه‌برداری ۴۰ روز پس از کشت، کود اوره سرعت تولید CO_2-C از خاک را بیش‌تر از سایر تیمارهای آزمایشی افزایش داده است و پس از آن کود گاوی- مرغی و کود مرغی بدون تفاوت معنی‌داری قرار گرفته است (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که کود اوره با داشتن نیتروژن به آسانی قابل دسترس در این مرحله توانسته است با تیمارهای کود دامی (کود گاوی- مرغی و کود مرغی) بدون تفاوت معنی‌دار در یک سطح قرار بگیرد. در مرحله ۵۰ روز پس از کشت، این روند همچنان حفظ شده است و کود مرغی- اوره نیز به این گروه اضافه شده است. از ۶۰ روز پس از کشت تا انتهای دوره نمونه‌برداری (۹۰ روز پس از کشت) سرعت خروج CO_2-C از خاک در تیمار کود مرغی بالاتر از سایر تیمارها بود. به‌طورکلی افزودن کود سبب افزایش مواد غذایی به خاک و در نتیجه افزایش فعالیت ریزجانداران شده است که در این میان

کود مرغی با داشتن عناصر غذایی بیش تر در مقایسه با سایر تیمارها سبب افزایش جمعیت میکروبی و نیز بالاتر بردن میزان تجزیه مواد آلی موجود در خاک و در نتیجه بیش تر بودن سوبسترای موجود برای استفاده ریزجانداران خاک شده، سرعت خروج CO_2-C از خاک را افزایش داده است در تمامی مراحل نمونه برداری تیمار شاهد (نیافزودن کود) دارای کم ترین میزان CO_2-C خروجی بود (جدول ۳). پنترامکراتی و همکاران (۲۰۰۵) و فریدونی ناغانی (۲۰۰۹) نیز افزایش تولید CO_2-C را در حضور کود مرغی نسبت به شاهد گزارش کردند.

در آزمایش فریدونی ناغانی (۲۰۰۹) مشاهده شد که با گذشت زمان فعالیت میکروبی بر اثر اضافه کردن کودهای اوره و مرغی افزایش یافت. اودراگو و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان کردند که افزایش در تولید CO_2-C در مرحله برداشت گیاه ذرت در مقایسه با مرحله گل دهی ممکن است به دلیل افزایش در کربن آلی خاک (به دست آمده از ریشه) باشد که سبب افزایش انرژی برای ریزجانداران خاک می گردد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر کود و زمان بر سرعت تنفس و تنفس تجمعی خاک تحت کشت سورگوم.

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
تنفس تجمعی	سرعت تنفس		
۲۸۶/۵**	۰/۱۰*	۳	تکرار
۲۳۲۲/۱**	۱/۲۴**	۶	کود
۱۷۶۶۱۴/۸**	۱۸/۶۹**	۶	زمان
۱۲۴/۰**	۰/۲۹**	۳۶	کود x زمان
۱۶/۲۷	۰/۰۳	۱۴۴	خطا
-	۵/۳۹	۳/۱۳	ضریب تغییرات (درصد)
مقایسه گروهی			
۳۲۴۴**	۰/۶۸۹**		کوددهی در مقابل نبود کوددهی
۲۴/۹۵ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}		کود شیمیایی در مقابل کودهای دارای مواد آلی
۹۷۳/۹**	۰/۱۶۱**		کود ارگانیک در مقابل کود غیرارگانیک
۷۱۱/۶**	۰/۱۱۳**		کود تلفیقی در مقابل کاربرد جداگانه کودها

* معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیر معنی دار.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل تیمارهای کودی و زمان بر سرعت تولید CO₂-C از خاک (گرم بر مترمربع در روز).

میانگین	مورغی - آورده	گاوی - آورده	کود مورغی	کود گاوی	کود آورده	شاهد	روز پس از کشت
۲/۵۷G	۰/۲۰±۵/۹۱ ^a	۰/۲۲±۳/۶۵ ^c	۰/۳۳±۳/۶۱ ^c	۰/۲۰±۲/۸۱ ^b	۰/۲۱±۲/۵۶ ^{cd}	۰/۲۲±۳/۳۰ ^{ac}	۳۰
۲/۸۳F	۰/۲۴±۱/۹۳ ^{ab}	۰/۲۱±۲/۶۱ ^d	۰/۲۲±۶/۸۷ ^{ab}	۰/۲۰±۵/۸۱ ^{bc}	۰/۲۱±۵/۹۵ ^b	۰/۲۰±۸/۱۸ ^c	۴۰
۳/۰۲E	۰/۳۱±۳/۰۹ ^b	۰/۲۱±۳/۹۵ ^{de}	۰/۳۱±۳/۰۷ ^{bc}	۰/۲۰±۹/۹۸ ^{cd}	۰/۳۴±۲/۲۱ ^a	۰/۲۲±۲/۸۷ ^c	۵۰
۴/۸۶A	۰/۴۱±۶/۵۱ ^c	۰/۴۲±۲/۶۴ ^b	۰/۶±۵/۳۵ ^a	۰/۴۱±۴/۶۵ ^b	۰/۴۲±۲/۵۹ ^{bc}	۰/۴۰±۹/۰۷ ^d	۶۰
۲/۲۱D	۰/۳۱±۸/۱۸ ^{bc}	۰/۳۱±۳/۱۸ ^{bc}	۰/۳۰±۵/۵۷ ^{ab}	۰/۳۱±۸/۲۷ ^b	۰/۳۰±۲/۱۰ ^c	۰/۲۰±۴/۹۴ ^d	۷۰
۳/۷۵C	۰/۳۰±۴/۸۰ ^{ab}	۰/۳۰±۲/۸۷ ^{ab}	۰/۳۰±۵/۸۳ ^{ab}	۰/۳۰±۱/۸۷ ^{ab}	۰/۳۰±۲/۷۵ ^b	۰/۳۰±۵/۵۶ ^b	۸۰
۴/۲۷B	۰/۴۰±۳/۳۳ ^{ab}	۰/۴۰±۵/۳۰ ^a	۰/۴۰±۴/۳۴ ^{ab}	۰/۴۰±۱/۳۱ ^a	۰/۴۰±۱/۲۹ ^a	۰/۳۰±۱۲/۹۷ ^b	۹۰
میانگین	۳/۵۲B	۳/۳۳C	۳/۸۰A	۳/۵۲BC	۳/۴۹BC	۳/۰۹D	

در هر ردیف میانگین‌های (mean±SD) که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD بدون اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند. اثرات اصلی با حروف بزرگ و مقایسه‌ها در هر ردیف با حروف کوچک نشان داده شده است.

جدول ۲ بیانگر معنی دار شدن اثر افزودن تیمارهای کودی سرعت تولید $\text{CO}_2\text{-C}$ از خاک در مقایسه با شاهد می باشد، به طوری که شاخص سرعت تولید $\text{CO}_2\text{-C}$ از خاک با افزودن تیمارهای کودی ۱۴ درصد بیش تر از کرت شاهد بود. دلیل این برتری را می توان ناشی از افزایش فراهمی مواد غذایی برای ریزجانداران خاک دانست که سبب تجزیه بیش تر مواد آلی اضافه شده به خاک نیز می گردد و این دلیل می تواند باعث بالا بردن میزان تولید $\text{CO}_2\text{-C}$ و نیز افزایش سرعت تولید این شاخص گردد (جدول ۲). تفاوت میزان تولید $\text{CO}_2\text{-C}$ تحت کودهای شیمیایی در مقابل کودهای دارای مواد آلی معنی دار نبود، ولی کودهای ارگانیک در مقابل کودهای غیرارگانیک از نظر این صفت دارای تفاوت معنی داری بود ($P < 0/01$). کودهای ارگانیک (کود گاوی، کود مرغی و تلفیق کود گاوی-مرغی) سرعت تولید $\text{CO}_2\text{-C}$ از خاک را در حدود ۵/۵ درصد افزایش دادند. این افزایش تولید می تواند ناشی از زمان بیش تر فراهمی عناصر در دسترس ریزجانداران در این منابع باشد. در جدول ۲ همچنین مشاهده می شود که کودهای تلفیقی نیز این شاخص را به طور معنی دار کاهش دادند، به گونه ای که سرعت خروج $\text{CO}_2\text{-C}$ در کرت های با کودهای تلفیقی ۴/۵ درصد کم تر از کرت های با کاربرد جداگانه کود بود.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات کوددهی، زمان و اثر متقابل زمان با کوددهی بر تنفس تجمعی در سطح ۱ درصد معنی دار بود. در جدول ۴ مشاهده می شود که از مرحله اول نمونه برداری تا ۵۰ روز پس از کشت کود گاوی-مرغی و پس از آن کود گاوی بدون تفاوت معنی دار، سبب تولید بالاترین میزان تنفس تجمعی در این دوره از آزمایش شده اند. از ۶۰ روز پس از کشت این روند به گونه ای تغییر کرد که کود مرغی بیش ترین میزان تنفس تجمعی را ایجاد کرده است و پس از آن هم چنان کود گاوی-مرغی بدون تفاوت معنی دار قرار گرفته است (جدول ۴). از این مرحله به بعد روند بالاتر بودن کود مرغی هم چنان تداوم یافت. از مرحله ۷۰-۹۰ روز پس از کشت کود گاوی-مرغی بعد از کود مرغی بیش ترین تولید تنفس تجمعی را داشته است اما تفاوت آن با کود مرغی در این ۳ مرحله نمونه برداری معنی دار بوده است (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی و متقابل تیمارهای کودی و زمان بر تنفس تجمی خاک (گرم بر مترمربع).

میانگین	مورغی - گاوی	مورغی - اوره	گاوی - اوره	کود مرغی	کود گاوی	کود اوره	شاهد	روز پس از کشت
۲۵/۸۸G	۲/۱۴±۰/۲۹ ^a	۸۳/۰۸±۴/۲۵ ^b	۱۲۷۰±۱/۶ ^b	۳۷/۰۹±۳/۳ ^b	۸/۱۷±۲/۲۸ ^{ab}	۲۰/۶۵±۱/۲۵ ^b	۲۰/۳۱±۲/۳۱ ^c	۳۰
۵۲/۱۲F	۸/۶۴±۳/۵۸ ^a	۴۰/۵۴±۵/۵۲ ^c	۳۵/۴۰±۲/۵۲ ^c	۱۱/۱۱±۷/۱۱ ^a	۲۴/۳۳±۲/۵۶ ^{ab}	۴۹/۱۵±۷/۵۵ ^b	۴۲/۱۵±۲/۵۹ ^d	۴۰
۸۳/۴۲E	۳۸/۳۳±۴/۸۹ ^a	۸۷/۵۷±۶/۷۸ ^c	۳۴/۱۷±۳/۷۸ ^c	۸۵/۵۲±۲/۰۱ ^b	۵۸/۱۳±۲/۶ ^b	۱۱/۳۵±۲/۷۸ ^{ab}	۷۰/۶۶±۴/۰۱ ^d	۵۰
۱۳۱/۰۴D	۴۹۲/۴۸±۳/۱۳ ^a	۸۵/۹۸±۸/۱۳ ^c	۷۵/۱۸±۴/۱۲ ^c	۹۷/۶۰±۴/۱۴ ^a	۲۷۷/۶۵±۲/۱۳ ^b	۳۸۴/۳±۷/۱۳ ^b	۱۳۶/۶۴±۴/۱۱ ^d	۶۰
۱۶۳/۳۳C	۶۷۳/۲۸±۵/۱۶ ^b	۱۸۶/۷۵±۸/۱۶ ^c	۹۲/۰۲±۵/۷ ^c	۴۴/۱۸±۶/۵۵ ^a	۵۵/۳۵±۰/۵ ^b	۴۹۶/۳۳±۲/۱۶ ^b	۱۴۱/۰۵±۵/۸۷ ^c	۷۰
۲۰۰/۸۷B	۴۶۸/۳۴±۵/۲۰ ^b	۹۹۹/۳۸±۸/۱۹ ^d	۸۷/۳۳±۴/۱۹ ^c	۲۸/۰۹±۵/۲۳ ^a	۳۶۴/۲۴±۱/۲۰ ^{bc}	۱۰۰/۰۹±۳/۲۰ ^c	۶۰۰/۷۸±۴/۱۷ ^c	۸۰
۲۴۳/۱۱A	۷۰۲/۶۵±۶/۲۴ ^b	۲۰۸/۶۸±۹/۲۴ ^d	۷۰۷/۲۹±۹/۲۳ ^c	۶۰/۱/۴۷±۶/۳۱ ^a	۶۶۲/۴۳±۱/۲۴ ^{bc}	۴۹۷/۸۹±۲/۲۴ ^c	۶۶۴/۳۹±۴/۱۶ ^f	۹۰
میانگین	۱۳۲/۸۱B	۱۲۷/۵۷D	۱۲۶/۱۴E	۱۴۱/۳۹A	۱۳۱/۱۹BC	۱۳۰/۳۹C	۱۱۱/۳۰F	

در هر ردیف میانگین هائی (mean±SD) که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD بدون اختلاف آماری معنی دار در سطح ۵ درصد می‌باشند. اثرات اصلی با حروف بزرگ و مقایسه‌ها در هر ردیف با حروف کوچک نشان داده شده است.

اثر افزودن تیمارهای کودی در مقایسه با شاهد بر میزان تنفس تجمعی معنی‌دار بود (جدول ۲). این مقایسه بیانگر آن است که کوددهی سبب افزایش $31/18$ گرم در مترمربع به میزان تنفس تجمعی در مقایسه با نبود کوددهی شده است. این افزایش می‌تواند ناشی از فراهمی مواد غذایی برای ریزجانداران خاک توسط کوددهی باشد که باعث افزایش منابع مورد نیاز ریزجانداران خاک شده و از این طریق تولید تنفس تجمعی را نیز افزایش داده است (جدول ۲). افزودن کودهای شیمیایی در مقابل کودهای دارای مواد آلی تفاوت معنی‌داری در میزان تنفس تجمعی ایجاد نکرد، ولی تنفس تجمعی در شرایط استفاده از کودهای ارگانیک $11/9$ گرم در مترمربع بیش‌تر از کودهای غیرارگانیک بود (جدول ۲). کودهای تلفیقی نیز باعث کاهش شاخص تنفس تجمعی به‌طور معنی‌دار شده‌اند، به‌گونه‌ای که کرت‌هایی که کود را به‌صورت جداگانه دریافت کرده بودند در مقابل کرت‌هایی که کودهای تلفیقی در آن‌ها به‌کار برده شده بود در حدود $10/1$ گرم در مترمربع تنفس تجمعی بیش‌تری داشتند (جدول ۲).

جدول ۵ نشان می‌دهد که اثر تیمارهای کودی بر پتانسیل معدنی شدن کربن (C_e) و ضریب ثابت معدنی شدن کربن (K_e) معنی‌دار نبود ولی با این وجود مقایسه میانگین‌ها بیانگر آن است که پتانسیل معدنی شدن کربن تحت ترکیب کود گاوی-مرغی تفاوت معنی‌داری با نبود کوددهی داشت (جدول ۵). همچنین بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار ضریب ثابت معدنی شدن به‌ترتیب در تیمار ترکیب کود گاوی-مرغی و کاربرد جداگانه کود مرغی به‌دست آمد ولی این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵). فریدونی‌ناغانی (۲۰۰۹) نیز در مقایسه تیمارهای کود اوره و مرغی بیش‌ترین مقدار پتانسیل معدنی شدن کربن را با 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود مرغی گزارش نمود. در آزمایشی لطفی و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که پتانسیل معدنی شدن نیتروژن در تیمارهایی که کود گاوی و لجن فاضلاب دریافت کرده بودند، تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی هر دو این تیمارها نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند.

جدول ۵- تأثیر تیمارهای کودی بر پتانسیل معدنی شدن، ضریب ثابت معدنی شدن کربن و ماده خشک سورگوم.

کوددهی	C _t (میلی گرم بر مترمربع)	K _c (یک بر روز)	ماده خشک (میلی گرم بر هکتار)
شاهد	۲۸۰۲/۶ ^b	۰/۰۱۰۷۷ ^a	۵/۹۷ ^c
اوره	۳۲۳۷/۱ ^{ab}	۰/۰۱۰۸۱ ^a	۹/۵۴ ^{ab}
گاوی	۳۳۱۲/۸ ^{ab}	۰/۰۱۰۷۵ ^a	۸/۲۱ ^b
مرغی	۳۳۴۱/۶ ^{ab}	۰/۰۱۰۶۰ ^a	۱۱/۱۶ ^a
گاوی-اوره	۳۱۱۱/۵ ^{ab}	۰/۰۱۰۸۳ ^a	۱۰/۲۳ ^{ab}
مرغی-اوره	۲۹۷۰/۹ ^{ab}	۰/۰۱۰۷۲ ^a	۹/۲۵ ^{ab}
گاوی-مرغی	۳۳۸۶/۴ ^a	۰/۰۱۰۸۷ ^a	۸/۶۹ ^b
LSD (P≤۰/۰۵)	۵۴۹/۵	۰/۰۰۰۴	۲/۱۲
تجزیه واریانس			
تیمار	۱۸۶۰/۶۴ ^{ns}	۲/۷۱ ^{ns}	۱۰/۹۶ ^{**}
ضریب تغییرات (درصد)	۱۱/۶۸	۲/۵۸	۱۵/۹۰

** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و ^{ns} غیر معنی دار.

در هر ستون تعداد با حروف مشترک بدون تفاوت آماری معنی دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

به طور کلی براساس اطلاعات جدول ۵ روابط تولید کربن در تیمارهای مختلف کودی طی دوره آزمایش در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶- برآورد معادله استانفورد اسمیت (۱۹۷۲) با استفاده از ضرایب C_t و K_c.

تیمار	رابطه
شاهد	$C_t = 2802/6(1 - e^{-0/01077t})$
اوره	$C_t = 3237/1(1 - e^{-0/01081t})$
گاوی	$C_t = 3312/8(1 - e^{-0/01075t})$
مرغی	$C_t = 3341/6(1 - e^{-0/01060t})$
گاوی-اوره	$C_t = 3111/5(1 - e^{-0/01083t})$
مرغی-اوره	$C_t = 2970/9(1 - e^{-0/01072t})$
گاوی-مرغی	$C_t = 3386/4(1 - e^{-0/01087t})$

t= زمان بر حسب روز و C_t= تنفس تجمعی خاک بر حسب میلی گرم کربن بر مترمربع.

با توجه به نتایج جدول ۵ مشاهده می‌شود که ماده خشک سورگوم تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت ($P < 0/01$). به طوری که کود مرغی دارای بیشترین تأثیر در افزودن به مقدار ماده خشک بوده است و سبب افزودن ۸۷ درصدی عملکرد سورگوم در مقایسه با شاهد شده است. این برتری ناشی از بیش‌تر بودن عناصر غذایی موجود در کود مرغی (جدول ۱) و بالاتر بودن سرعت خروج CO_2 در این شرایط بوده است (جدول ۳). بیش‌تر بودن مواد غذایی موجود در کود می‌تواند منجر به تجزیه بیش‌تر کود و در نتیجه افزایش سرعت تولید CO_2 شود (جدول ۴)، بنابراین تجزیه سریع‌تر با آزادسازی عناصر غذایی امکان رشد و توسعه بیش‌تر برای ریشه را فراهم نموده و در نهایت منجر به تولید علوفه بیش‌تر در تیمار کود مرغی شده است (جدول ۵). تأثیر بیش‌تر کود مرغی بر ماده خشک نسبت به کود اوره به این دلیل است که کود مرغی منبع ارزش‌مندی از مواد غذایی است، به‌طور عموم برای تأمین نیتروژن، فسفر و گاهی پتاسیم مورد استفاده قرار می‌گیرد (تئولد و همکاران، ۲۰۰۵). علیزاده‌دهکردی (۲۰۱۰) نیز با گزارش نتایجی مشابه در گیاه ذرت، بیش‌ترین ماده خشک را تحت تأثیر تیمار کود مرغی به‌دست آورد. به‌طور کلی همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود تلفیق کود شیمیایی (اوره) با کودهای آلی و یا کاربرد جداگانه کود اوره در تولید ماده خشک سورگوم بعد از کود مرغی قرار گرفتند، همچنین تلفیق کود گاوی با اوره به دلیل کاهش نسبت کربن به نیتروژن آن ماده خشک بالاتری در مقایسه با کاربرد جداگانه کود گاوی تولید نمود. نقش منابع مختلف کود نیتروژن بر ترتیب نام‌برده بیانگر اهمیت تلفیق به‌ویژه برای کود گاوی و کود اوره می‌باشد. در این ارتباط فلاح و همکاران (۲۰۰۷) نیز کارایی تلفیق منابع را گزارش نموده‌اند. همچنین اندل و همکاران (۲۰۰۸) بالاترین میزان ماده خشک (۹۸۹۰ کیلوگرم در هکتار) را با ۱۱/۲۵ تن کود مرغی در هکتار گزارش کردند که نسبت به ۱۶۸ کیلوگرم کود اوره در هکتار ۳۹ درصد افزایش یافته بود. هیرزل و والتر (۲۰۰۸) بیان کردند که ماده خشک تیمار ۱۰ تن کود مرغی در هکتار نسبت به ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و شاهد به ترتیب حدود ۲ و ۴۴ درصد بیش‌تر بود.

معنی‌دار بودن ضریب همبستگی ماده خشک سورگوم با سرعت تولید $C-CO_2$ از خاک (۰/۶۵)، $C-CO_2$ تجمعی (۰/۵۴) در سطح احتمال ۱ درصد بیانگر آن است که افزایش در میزان سرعت خروج CO_2 از خاک و نیز تنفس تجمعی رابطه مستقیمی با ماده خشک تولیدی سورگوم دارد، این در حالی است که همبستگی پتانسیل معدنی شدن کربن و ضریب ثابت معدنی شدن کربن با ماده خشک سورگوم به ترتیب با ضرایب ۰/۳۲ و ۰/۰۷ معنی‌دار نبود. بنابراین فراهم کردن شرایط تجزیه کود در خاک و به‌عبارت دیگر استفاده از منابع کودی دارای نسبت کربن به نیتروژن بالا می‌تواند افزون بر تولید ماده خشک مطلوب در بهبود شرایط بیولوژیکی خاک نیز مؤثر باشد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این پژوهش مشخص گردید که کوددهی سورگوم علوفه‌ای با ترکیبات دارای نسبت کربن به نیتروژن پایین مانند کود مرغی و یا ترکیب کود اوره- گاوی افزون بر خروج قابل ملاحظه CO₂ از خاک و در نتیجه بهبود شرایط بیولوژیکی خاک منجر به افزایش تولید ماده خشک این محصول نیز می‌گردد. بنابراین کاربرد مانند منابع کودی می‌تواند علاوه بر کاهش استفاده از کودهای شیمیایی با حفظ و ارتقاء حاصل خیزی خاک و نیز بالا بردن میزان تولید علوفه سبب دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار گردد.

منابع

1. Adl, S.M. 2003. The Ecology of Soil Decomposition. CAB Publishing, Wallingford, UK, 335p.
2. Alizadeh Dehkordi, P. 2010. The effect of manures and urea on soil net nitrogen mineralization, and maize growth and yield with irrigation cessation at the flowering stage. M.Sc. Thesis. College of Agriculture, Shahrekord University, Iran, 93p. (In Persian With English Abstract)
3. Anderson, J.P.E., and Domsch, K.H. 1978. Mineralization of bacteria and fungi in chloroform-fumigated soils. Soil Biol. Biochem. 10: 207-213.
4. Chaharmahal and Bakhtiyari Meteorological Administration. 2010. Weather Statistics of Shahre-kord. Available online at: <http://www.chaharmahalmnet.ir/en/index.asp>.
5. Ding, W., Meng, L., Yin, Y., Cai, Z., and Zheng, X. 2007. CO₂ emission in an intensively cultivated as affected by long-term application of organic manure and nitrogen fertilizer. Soil Biol. Biochem. 39: 669-679.
6. Endale, D.M., Schomberg, H.H., Fisher, D.S., Jenkins, M.B., Sharp, R.R., and Cabrera, M.L. 2008. NO-till corn productivity in a Southeastern USA Ultisil soil amended with poultry litter. Agron. J. 100: 1401-1408.
7. Fallah, S., Ghalavand, A., and Khajepoor, M. 2007. Effects of incorporation methods of manure with soil and its integration with chemical fertilizer on yield and yield component of grain corn (*Zea mays* L.) in Khoram-Abad Lorestan. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 40: 233-242. (In Persian)
8. Fang, C., and Moncrieff, J.B. 2005. The variation of soil microbial respiration with depth in relation to soil carbon composition. Plant Soil, 268: 243-253.
9. Fereidoni Naghani, M. 2009. The response of carbon flux and enzyme activities to urea and poultry litter in a calcareous soil under field conditions. M.Sc. Thesis. College of Agriculture, Shahrekord University, Iran, 96p. (In Persian With English abstract)

10. Hirzel, J., and Walter, I. 2008. Availability of nitrogen, phosphorus and potassium from poultry litter and conventional fertilizers in a volcanic soil cultivated with silage corn. *Chil. J. Agric. Res.* 68: 3. 264-273.
11. Kieft, T.L., and Rosacker, L.L. 1991. Application of respiration and adenylate-based soil microbiological assay to deep subsurface terrestrial sediments. *Soil Biol. Biochem.* 23: 563-568.
12. Kieft, T.L., Soroker, E., and Firestone, M.K. 1987. Microbial biomass response to a rapid increase in water potential when dry soil is wetted. *Soil Biol. Biochem.* 19: 119-126.
13. Lotfi, Y., Norbakhsh, F., and Afyoni, M. 2007. Nitrogen mineralization potential in a Calcareous soil treated with two types of manure. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water Soil Sci.* 42: 367-377. (In Persian)
14. Min, D.H., Islam, K.R., Vorgh, L.R., and Weil, R.R. 2003. Dairy manure effects on soil quality properties and carbon sequestration in Alfalfa-Orchardgrass systems. *Commun. Soil Sci. Plant.* 34: 781-799.
15. Nanipieri, P., Grego, S., and Ceccanti, B. 1990. Ecological significance of the biological activity in soil, P 293-355. In: Bollag, J.M. and G. Stotzky (eds.), *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, New York.
16. Ouedraogo, E., Mando, A., Brussaard, L., and Stroosnijder, L. 2007. Tillage and fertility management effects on soil organic matter and sorghum yield in semi-arid West Africa. *Soil Till. Res.* 94: 64-74.
17. Pengthamkeerati, P., Motavalli, P.P., Kremer, R.J., and Anderson, S.H. 2005. Soil carbon dioxide efflux from a clay pan soil affected by surface compaction and applications of poultry litter. *Agric. Ecosyst. Environ.* 109: 75-86.
18. Pimentel, D., and Dazhong, W. 1990. Technological changes in energy use in agriculture production, P 174-166. In: Vandermeer, J.H. and P.M. Rosset (eds.), *Agroecology*. McGraww-Hill Publication, New York.
19. Raiesi, F., and Aghababae, F. 2011. The decomposability of some plant residues and their subsequent influence on soil microbial respiration and biomass, and enzyme activity. *J. Water Soil.* 25: 4. 863-873. (In Persian)
20. SAS Institute. 2002. SAS user's guide: Statistics. Version 8.02. SAS Inst., Cary, NC.
21. Sloan, D.R., Kidder, G., and Jacobs, R.D. 2003. Poultry manure as a fertilizer. PS1 IFAS Extension. University of Florida, USA, Available online at: <http://edis.ifas.ufl.edu>.
22. Stanford, G., and Smith, S.J. 1972. Nitrogen mineralization potentials of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 36: 465-472.
23. Tewolde, H., Sistani, K.R., and Row, D.E. 2005. Broiler litter as a micronutrient source for cotton: Concentration in plant parts. *J. Environ. Qual.* 34: 1697-1706.



CO₂ production trend, carbon mineralization potential and sorghum dry matter under different nitrogen sources

Sh. Lajmorak¹, *S. Fallah² and Sh. Ghorbani Dashtaki³

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Agroecology, Shahrekord University,

²Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Shahrekord University,

³Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shahrekord University

Received: 03/11/2012; Accepted: 07/01/2012

Abstract

Soil respiration is one of the most sensitive indices which affects soil quality and soil functions. Therefore, a field experiment was conducted in a randomized complete block design with four replications in 2010 on a research farm in Shahrekord University to study the effect of integrated and solitary systems of urea fertilizer, cattle and poultry manures on soil CO₂ emission, carbon mineralization potential and dry matter production of sorghum. The treatments consist of control (without fertilizer and manure), solitary application of urea, cattle manure and poultry manure (as inorganic and organic sources, respectively), and three integrated combinations of cattle manure + urea, poultry manure + urea, cattle manure + poultry manure (as 50:50). The results showed that application of poultry manure gave the highest values for the cumulative soil respiration (141.39 gm⁻²) and respiration rate (3.8 gm⁻²day⁻¹) and the lowest at the control treatment. The greatest dry matter of sorghum (11.16 Mg ha⁻¹) was observed in solitary application of poultry manure, but there was no significant difference in dry matter between this treatment and treatments with urea. The carbon mineralization potential was not affected by the amendments. It is concluded that poultry manure due to significantly more nutrients compared to other fertilizer sources, has led to increase in dry matter of sorghum. Additionally, poultry manure positively affects soil respiration. Also, substituting the chemical fertilizer by poultry manure can reduce environmental pollution hazard.

Keywords: Urea fertilizer, Cattle manure, Poultry manure, Sorghum

* Corresponding Authors; Email: falah1357@yahoo.com