روند تولید CO_2 و تغییر کربن بیومس میکروبی در خاک‌های تیمار شده با کود اوره و مرغی

میترا فریدونی ناغانی[1*]، فایز رئیسی[1] و سیف‌اله فلاح[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۳/۴)

چکیده

افزودن سوبستراهای آلی و غیرآلی به خاک آهکی فقیر از ماده آلی و نیتروژن، فعالیت و بیومس میکروبی را تغییر می‌دهد. به منظور مطالعه تأثیر کود مرغی و اوره بر تولید CO_2 و کربن بیومس میکروبی، آزمایشی در شرایط مزرعه‌ای، تحت کشت ذرت به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار شامل: ۳/۸، ۷/۶ و ۱۱/۵ تن بر هکتار کود مرغی و ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره و شاهد در چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان داد تیمار کودی و زمان، اثر معنی‌دار ($P<0/05$) بر جریان CO_2 از خاک داشت. میانگین تولید CO_2 از ۲۱/۸ گرم بر متر مربع در تیمار شاهد به ۲۴/۱ در سطح دوم کود مرغی افزایش یافت. هم‌چنین تأثیر کود مرغی بر تولید CO_2 بیش از کود اوره بود. مشابه تولید CO_2، کربن بیومس میکروبی نیز به طور معنی‌داری ($P<0/05$) تحت تأثیر تیمار کودی قرار گرفت. کربن بیومس میکروبی در تیمار کود مرغی ۲۸٪ بیش از خاک‌های تیمار شده با کود اوره بود. در حالی‌که ضریب متابولیک (qCO_2) در حضور کود اوره ۱۰٪ بیشتر از کود مرغی بود. به‌طور کلی کود مرغی و اوره باعث بهبود خواص بیولوژیک خاک شدند، اما تأثیر کود مرغی و به ویژه سطح سوم آن بیش از کود اوره بود.

واژه‌های کلیدی: جریان CO_2، کربن بیومس میکروبی، ضریب متابولیک، خاک‌های خشک و نیمه خشک

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناس ارشد و دانشیار خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: fereidoonimitra@gmail.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]

مقدمه

کودهای آلی از رایج‌ترین مواد اصلاحی هستند که برای بهبود کیفیت خاک و عملکرد محصولات کشاورزی به‌کار می‌روند (۲۵). استفاده مستمر از این ترکیبات باعث افزایش عناصر غذایی و بهبود برخی خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌شود (۱۳). از این‌رو مدیریت کود از عوامل اصلی در جهت نیل به کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد (۲۶). امروزه پایداری سیستم‌های کشاورزی موضوع مهمی در سراسر جهان محسوب می‌گردد. با توجه به افزایش قیمت کودهای شیمیایی و عدم پایداری تغذیه 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 به طور نسبی جایگزین آنها شوند (۱۹). از بین کودهای آلی، کودهای دامی به ویژه کود مرغی که حاوی اکثر عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان هستند، می‌تواند گزینه مناسب باشند (۲۴). مصرف پیوسته این کود در درازمدت نه تنها به طرق مختلف بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر مثبت دارد، هم‌چنین باعث حفظ سطح ماده آلی خاک، تنوع زیستی و فعالیت میکروبی لازم برای ادامه چرخه عناصر غذایی در خاک می‌گردد (۲۲). از طرفی مصرف و مدیریت کود مرغی، به‌ویژه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک که ماده آلی بسیار اندک دارند، اهمیت بیشتری پیدا کرده است. خواص بیولوژیکی خاک به شدت نسبت به هر گونه تغییر در مدیریت خاک و افزودن سوبستراهای آلی و معدنی واکنش نشان می‌دهند. در این میان، تولید CO_2 و کربن بیومس میکروبی از ویژگی‌های مهم بیولوژیکی خاک به شمار می‌آیند (۱۷). تولید CO_2 نشان دهنده میزان فعالیت هتروتروف‌های تجزیه کننده ماده آلی خاک است که نه تنها نشان دهنده سرعت گردش عناصر توسط بیومس میکروبی خاک بلکه بر ذخیره کربن اتمسفر و تغییرات جهانی اقلیم نیز مؤثر است (۲۱). تولید خالص CO_2 بستگی به تعادل بین سرعت ورود کربن از طریق مواد آلی و سرعت خروج آن توسط تجزیه کنندگان خاک دارد (۱) و از این جهت تعیین کننده رابطه مقصد (Source) و منبع (Sink) خاک برای CO_2 اتمسفر می‌باشد (۸). فعالیت هتروتروفی خاک، تجزیه مواد آلی و انتشار دی‌اکسیدکربن از این جهت مهم هستند که بخش قابل توجهی از کربن بیوسفر در خاک (۱۵۸۰–۱۵۰۰ گیگاتن) وجود دارد که حدود ۲ برابر ذخیره کربن اتمسفر (۷۵۰ گیگا تن) است (۱۷ و ۲۰). از طرفی، بیومس میکروبی خاک یک منبع فعال برای ذخیره عناصر غذایی قابل جذب (Labile) گیاه محسوب می‌شود و اصولاً مسیر اصلی تجزیه کلیه ترکیبات آلی موجود در خاک است (۱۷). عوامل مختلف به ویژه میزان و نوع سوبستراهای اضافه شده به خاک هر دو ویژگی را در کوتاه مدت تحت تأثیر قرار می‌دهند.

کانالی و همکاران (۶) در یک آزمایش گلدانی اثر کاربرد طولانی مدت کمپوست، کود مرغی و شیمیایی را بر خصوصیات خاک مورد مطالعه قرار دادند. در این آزمایش از دو کمپوست مختلف، کود مرغی خشک شده و در تیمار شاهد از کود اوره استفاده شد. هم‌چنین همه گلدان‌ها مقدار یکسان (۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) نیتروژن دریافت کردند، به هر کدام از گلدان‌ها مقادیر مختلفی مواد آلی اضافه شد ولی تیمار شاهد هیچ‌گونه کربن آلی دریافت نکرد. نتایج این آزمایش نشان داد میزان کربن معدنی‌شده بعد از ۷ روز و تنفس پایه، در خاک‌های تیمار شده با مواد آلی نسبت به خاک‌های تیمار شده با کودهای شیمیایی به شدت افزایش یافت. مین و همکاران (۱۵) هم کاربرد طولانی مدت کود گاوی و شیمیایی را بر خصوصیات خاک مورد مطالعه قرار دادند. در این بررسی بیومس میکروبی در خاک‌های تحت تیمار کود شیمیایی کمتر از سایر تیمارها (تیمار کود گاوی و تیمار شاهد) بود و تنفس پایه در تیمارهای کود گاوی نسبت به تیمار کود شیمیایی بیشتر بود. طی یک آزمایش با مقایسه اثر کود شیمیایی و کود دامی بر تعداد و بیومس میکروب‌ها، بیشترین تعداد میکروب‌ها و کربن بیومس میکروبی به ترتیب در تیمار کود دامی، کود شیمیایی و تیمار شاهد دیده شد (۲۱). تنفس خاک و بیومس میکروبی از

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]

جمله شاخص‌های بیولوژیک هستند که به ایجاد هر گونه تغییر در مدیریت خاک یا شرایط محیطی سریعاً عکس‌العمل نشان می‌دهند. اضافه کردن مستمر انواع کودها شامل شیمیایی و آلی به خاک ممکن است ویژگی‌های بیولوژیک آن را تحت تأثیر قرار دهد. از این‌رو در این پژوهش، آزمایشی به منظور بررسی و مقایسه اثر سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود مرغی و شیمیایی اوره بر تولید CO_2 و بیومس میکروبی در یک خاک آهکی با ماده آلی پائین تحت شرایط مزرعه‌ای در کشت ذرت اجرا گردید. چنین فرض می‌شود که در شرایط یکسان کود مرغی در بهبود رشد و فعالیت میکروبی خاک مؤثرتر از کود اوره است و به دلیل ماهیت، آثار این دو کود پس از مصرف به زمان نمونه‌برداری و سنجش فعالیت میکروبی خاک بستگی دارد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کود مرغی و اوره بر روند تولید CO_2 و تغییرات کربن بیومس میکروبی، یک آزمایش مزرعه‌ای به صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۷ تیمار و ۴ تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای کودی به عنوان کرت اصلی و زمان نمونه‌برداری به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از شاهد (عدم مصرف کود)، ۳/۸، ۷/۶ و ۱۱/۵ تن کود مرغی معادل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود شیمیایی اوره. قبل از آماده‌سازی بستر کشت یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری به صورت زیگزاگ تهیه و در آزمایشگاه آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی روی آن انجام شد (جدول ۱). هم‌چنین کود مرغی مورد استفاده نیز دارای pH =۸/۲ ، قابلیت هدایت الکتریکی $dS\ m^{-1}$ ۱/۱، کربن آلی ۰/۳۶٪، نیتروژن کل ۲/۶٪ و ۱/۷٪ P_2O_5 بود.

در این آزمایش جهت فراهم نمودن بستر مناسب برای کشت، ابتدا زمین مورد نظر را شخم زده و دوبار دیسک عمود برهم انجام شد. سپس مزرعه به کرت‌هایی به طول ۹ و عرض ۳/۶ متر تقسیم شد. هر کرت نیز شامل ۶ ردیف به فاصله ۶۰ سانتی‌متر بود. پس از عملیات تکمیلی تیمارها اعمال شدند و جوی و پشته‌ها نیز تهیه شد. کشت ذرت در اوایل خرداد ماه در عمق ۵ سانتی‌متری روی پشته انجام شد. بعد از کاشت آبیاری صورت گرفت، در طی دوره رشد نیز آبیاری گیاهان بر اساس شرایط محیطی هر ۵ الی ۷ روز یک بار انجام شد. برای اندازه‌گیری تولید CO_2 از ظروف پلاستیکی به قطر ۱۱ و ارتفاع ۲۰/۵ سانتی‌متر استفاده شد. ۲۰ میلی‌لیتر سود یک نرمال را در وایل پلاستیکی ریخته و روی سطح خاک در درون ظروف قرار داده شد و مقدار تولید CO_2 با اندازه‌گیری مقدار سود باقی‌مانده از طریق تیتراسیون برگشتی با اسید کلریدریک تعیین شد (۲). این اندازه‌گیری یک ماه بعد از کشت گیاهان طی ۵ مرحله زمانی و به مدت ۱۱۱ روز ادامه یافت. برای اندازه‌گیری کربن بیومس میکروبی به کمک آگر به فاصله زمانی ۲۰ روز یک بار از عمق ۲۵ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام شد و کربن بیومس میکروبی به روش تدخین با کلروفرم- انکوباسیون (۱۲) اندازه‌گیری شد. هم‌چنین ضریب متابولیک یا ضریب ویژه تنفسی از میزان دی‌اکسیدکربن حاصل از تنفس پایه (BR) و مقدار کربن موجود در بیومس میکروبی (MBC) محاسبه گردید (۳). برای محاسبه شاخص دسترسی به کربن نیز از میزان تنفس پایه (BR) برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم در روز و تنفس ناشی از سوبسترا (SIR) بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم استفاده شد (۱۶).

برای محاسبه عملکرد نیز در مرحله ۵۰٪ خط شیری دانه‌های وسط بلال، پس از حذف حاشیه، مساحت باقی‌مانده کرت‌ها برداشت گردید و عملکرد ذرت بر اساس وزن علوفه تر برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

تجزیه‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS انجام شد و در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی، برای تفکیک میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) فیشر در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]

جدول ۱. برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	pH	CEC[1] Cmol (+)/kg^{-1}	EC[2] (dS/m^{-1})	$CaCO_3$ (%)	O.C[3] (%)	کل N (%)	P (Olsen) (ppm)
۲۲	۳۹	۳۹	۸/۴	۲۴	۰/۲۵	۳۴/۵	۰/۳۶	۰/۱۱	۴۸

۱. ظرفیت تبادل کاتیونی ۲. قابلیت هدایت الکتریکی ۳. کربن آلی

نتایج و بحث

تولید CO_2 - C

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی بر تولید دی‌اکسیدکربن در طول دوره رشد گیاه (جدول ۲) نشان داد تیمار کودی اثر معنی‌دار بر میزان CO_2-C تجمعی تولید شده (خاک، کود و گیاه) داشت. هم‌چنین اثر متقابل زمان و تیمار کودی بر تولید CO_2 معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج جدول ۳ تولید CO_2-C در کلیه سطوح کود اوره و مرغی روند افزایشی در طول زمان داشته است. در واقع با گذشت زمان فعالیت میکروبی بر اثر اضافه کردن کود اوره و مرغی افزایش می‌یابد، هم‌چنین رشد گیاه افزایش یافته و در نتیجه تنفس بیولوژیکی نیز افزایش می‌یابد. به‌طور کلی در کلیه مراحل اندازه‌گیری، تیمار کود مرغی در تولید CO_2-C مؤثرتر از سایر تیمارها عمل کرده است و در تیمار شاهد کمترین مقدار CO_2-C مشاهده شده است. به‌طوری که میزان افزایش CO_2-C تولید شده با اضافه کردن کود مرغی و اوره در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۳٪، ۱۰/۶٪، ۹٪ در تیمارهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی و ۲/۱٪، ۷/۸٪، ۹/۲٪ در تیمارهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره بوده است. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است. به عنوان مثال محمود و همکاران (۱۴) افزایش معدنی شدن کربن را در حضور کود اوره و دامی گزارش کردند.

بیشترین CO_2-C تولید شده در سطح دوم کود مرغی دیده شد، اما تفاوت معنی‌دار با سطح اول و سوم کود مرغی و سطح دوم و سوم کود اوره نشان نداد. به‌طور کلی روند تولید CO_2-C ناشی از مصرف کود مرغی همواره بالاتر از کود اوره قرار دارد (شکل ۱). در واقع کود مرغی با بالا بردن کربن آلی خاک، باعث افزایش تولید CO_2-C می‌شود. کانالی و همکاران (۶) نیز افزایش معدنی شدن کربن را در حضور کود دامی نسبت به کود شیمیایی گزارش کردند، مین و همکاران (۱۵) و گویال و همکاران (۹) نیز نتایج مشابهی گزارش نمودند. پتامکراتی و همکاران (۱۸) افزایش تولید CO_2 در حضور کود مرغی را نسبت به تیمار شاهد (فاقد کود) گزارش کردند. این محققان دلیل این اثر را ناشی از وجود کربن به سهولت قابل دسترس و مقدار بیشتر مواد غذایی موجود در این کود دانستند.

با افزایش سطوح کود مرغی و اوره میزان تولید CO_2-C افزایش قابل توجهی نشان نداد، در واقع افزایش سطوح کود اثر معنی‌دار بر این فرآیند نشان نداد. زمان تأثیر معنی‌دار بر تولید CO_2-C نشان داد (جدول ۲). با گذشت زمان بیشترین مقدار CO_2-C تولید شده در آخرین مرحله و کمترین مقدار در اولین مرحله دیده شد.

کربن بیومس میکروبی(MBC)

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر کود مرغی و اوره بر کربن بیومس میکروبی معنی‌دار است. اثر متقابل زمان با تیمار کودی نیز بر این شاخص معنی‌دار بوده است. با توجه به داده‌های جدول ۴ کربن بیومس میکروبی روند نزولی در طول زمان داشته است، به‌طوری که بیشترین کربن بیومس میکروبی در اولین مرحله اندازه‌گیری و در سطح سوم کود مرغی مشاهده شد. هم‌چنین کمترین کربن بیومس میکروبی در تیمار شاهد وجود داشت در این مرحله تأثیر کود مرغی در افزایش

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]

جدول۲. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی، زمان و آثار متقابل آنها با زمان بر تولید CO_2-C تجمعی در طول زمان کربن بیومس میکروبی (MBC)، ضریب متابولیک (qCO_2) و شاخص دسترسی کربن (CAI) (اعداد جدول آماره F هستند).

منابع تغییرات	درجه آزادی	CO_2-C	MBC	qCO_2	CAI
تکرار	۳	۱۱/۴***	۰/۶۴ n.s	۲/۷*	۲/۴ n.s
تیمار کود (a)	۶	۲۵/۴***	۲۱۵***	۹***	۲۰/۲***
خطای a	۱۸	۱۱	۱/۷	۱/۵	۱/۶
زمان (b)	۴	۶۱۹۲***	۱۰۳۴***	۳۵۰***	۱۰۸***
تیمار کودی × زمان	۲۴	۲/۴**	۵۳/۳***	۱۱/۹***	۹/۵***
خطای b	۸۴	۴۵۸	۱۲۲	۳۲/۳	۱۴/۹
ضریب تغییرات (٪)	–	۴	۷/۷	۱۵/۳	۱۵/۶

*= $P<0/05$، **=$P<0/01$، ***=$P<0/001$، n.s غیر معنی‌دار

جدول ۳. مقایسه میانگین آثار متقابل تیمارهای کودی و زمان بر تولید CO_2-C برحسب گرم در متر مربع خاک (اعداد جدول میانگین ± انحراف معیار می‌باشند).

تیمار	نیتروژن ($kg\ ha^{-1}$)	زمان (مرحله)				
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
مرغی	۱۰۰	۷/۵±۰/۳۷^{Ae}	۱۵/۱±۰/۷۸^{Ad}	۲۲/۴±۱/۱^{Ac}	۳۰/۹±۱/۷^{Ab}	۳۶/۴±۲/۴^{Aa}
	۲۰۰	۸/۰±۰/۱۳^{Ae}	۱۶/۱±۰/۲۰^{Ad}	۲۳/۹±۰/۳۰^{Ac}	۳۳/۲±۰/۹۰^{Ab}	۳۹/۲±۱/۵^{Aa}
	۳۰۰	۷/۹±۰/۳۵^{Ae}	۱۵/۹±۰/۵۲^{Ad}	۲۳/۸±۰/۵۹^{Ac}	۳۲/۶±۰/۶۰^{Ab}	۳۸/۶±۰/۲۳^{Aa}
	میانگین	۷/۸±۰/۲۸	۱۵/۷±۰/۵۰	۲۳/۴±۰/۶۶	۳۲/۲±۱/۱	۳۸/۱±۱/۴
اوره	۱۰۰	۸/۰±۰/۰۸^{Ae}	۱۵/۳±۰/۷۰^{Ad}	۲۲/۱±۱/۲^{Ac}	۳۰/۵±۱/۹^{Ab}	۳۵/۴±۲/۶^{Aa}
	۲۰۰	۷/۹±۰/۲۸^{Ae}	۱۵/۸±۰/۵۸^{Ad}	۲۳/۲±۰/۹۸^{Ac}	۳۲/۴±۱/۷^{Ab}	۳۸/۳±۲/۰^{Aa}
	۳۰۰	۷/۷±۰/۶۰^{Ae}	۱۵/۸±۰/۹۵^{Ad}	۲۳/۶±۱/۵^{Ac}	۳۳/۰±۲/۱^{Ab}	۳۹/۲±۲/۳^{Aa}
	میانگین	۷/۹±۰/۳۲	۱۵/۶±۰/۷۴	۲۳/۰±۱/۲	۳۲/۰±۱/۹^{A}	۳۷/۶±۲/۳
شاهد	۰	۷/۲±۰/۳۰^{Ae}	۱۴/۵±۱/۲^{Ad}	۲۱/۶±۱/۹^{Ac}	۳۰/۱±۲/۸^{Ab}	۳۵/۵±۲/۷^{Aa}
	میانگین	۷/۸±۰/۳۰^{e}	۱۵/۵±۰/۸۱^{d}	۲۲/۹±۱/۳^{c}	۳۱/۸±۱/۹^{b}	۳۷/۵±۲/۱^{a}

مقایسه بین تیمارها در هر ستون با حروف بزرگ، در هر ردیف با حروف کوچک و مقایسه بین میانگین‌ها با حروف ایتالیک نشان داده شده است. اعداد با حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٪۵ هستند ($LSD_{0/05}$=۳۵/۹) و میانگین‌ها با $LSD_{0/05}$=۰/۴۳ مقایسه شده‌اند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]

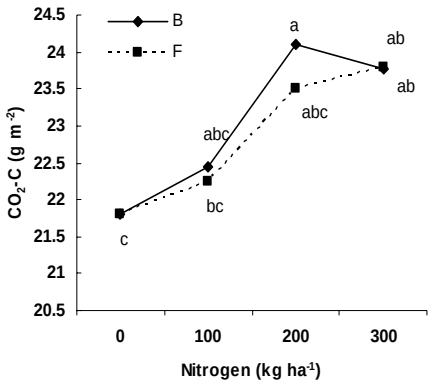
جدول ۴. مقایسه میانگین آثار متقابل تیمارهای کودی و زمان بر کربن بیومس میکروبی (MBC) و ضریب متابولیک (qCO_2) (اعداد جدول میانگین ± انحراف معیار می‌باشند).

تیمار	نیتروژن ($kg\ ha^{-1}$)	زمان (مرحله)				
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
						MBC ($mg\ kg^{-1}$) ($LSD_{0.05}$=۱۲/۸)
مرغی	۱۰۰	۲۲۵±۶/۴۰^{Ca}	۹۶/۷±۳/۴۰^{Ec}	۸۵±۶/۴۰^{Cc}	۶۵/۰±۵/۰^{Bd}	۱۱۵±۴/۲^{Ab}
	۲۰۰	۲۶۳±۳/۹۰^{Ba}	۱۶۷±۵/۴۰^{Bb}	۸۵±۳/۳۰^{Cd}	۷۴/۰±۵/۰^{Bd}	۱۰۰±۶/۸^{BCDc}
	۳۰۰	۲۹۵±۳۳/۷^{Aa}	۱۸۲±۶/۴۰^{Ab}	۱۵۲±۳/۳۰^{Ac}	۹۹/۷±۵/۰^{Ad}	۱۱۰±۸/۰^{ABd}
میانگین		۲۶۱±۱۴/۷	۱۴۹±۵/۱۰	۱۰۷±۴/۳۰	۷۹/۶±۵/۰	۱۰۸±۶/۳
اوره	۱۰۰	۱۹۸±۱۷/۵^{Da}	۹۵±۱۰/۰^{Eb}	۶۳/۳±۱۱/۵^{Dc}	۶۵±۵/۰^{Bc}	۸۷/۵±۴/۸^{Db}
	۲۰۰	۱۳۷±۳/۹۰^{Eb}	۱۵۰±۸/۶۰^{Ca}	۱۰۰±۵/۴۰^{Bc}	۶۹/۳±۷/۱^{BCd}	۱۰۴±۴/۸^{ABCc}
	۳۰۰	۲۲۷±۹/۴۰^{Ca}	۱۲۲±۸/۴۰^{Dab}	۹۸/۳±۶/۴۰^{Bc}	۶۲/۸±۴/۳^{Bd}	۹۳/۸±۴/۲^{CDc}
میانگین		۱۸۷±۱۰/۳	۱۲۲±۹/۰۰	۸۷/۲±۵/۶۰	۶۵/۷±۵/۵	۹۵/۱±۴/۶
شاهد	۰	۷۸/۳ ±۳/۳۰^{Fb}	۱۴۵±۲۱/۳^{Ca}	۵۸/۳±۱۰/۰^{Dc}	۳۰/۳±۵/۰^{Ce}	۹۵/۱±۸/۰۰^{CDd}
میانگین($LSD_{0.05}$=۴/۸۵)		۲۰۷±۹/۴۰^{a}	۱۳۶±۱۱/۸^{b}	۹۱/۷±۶/۶۰^{c}	۶۶/۵±۵/۲^{d}	۹۳/۵±۶/۳^{c}
						qCO_2 ($mg\ C\ mg^{-1}\ MBC\ day^{-1}$) ($LSD_{0.05}$ =۰/۰۲)
مرغی	۱۰۰	۰/۰۶± ۰/۰۱۰^{Ac}	۰/۰۹±۰/۰۰۴^{Bb}	۰/۱۵±۰/۰۰۸^{Aa}	۰/۱۷±۰/۰۱۵^{Ba}	۰/۰۴±۰/۰۱۰^{CDc}
	۲۰۰	۰/۰۳±۰/۰۰۳^{CDc}	۰/۰۶±۰/۰۰۴^{CDb}	۰/۱۳±۰/۰۱۲^{BCa}	۰/۱۴±۰/۰۲۰^{Ca}	۰/۰۳±۰/۰۰۵^{Dc}
	۳۰۰	۰/۰۵±۰/۰۲۰^{ACc}	۰/۰۷±۰/۰۰۴^{BCDbc}	۰/۰۹±۰/۰۱۲^{Db}	۰/۱۷±۰/۰۰۹^{Ba}	۰/۰۴±۰/۰۱۰^{CDc}
میانگین		۰/۰۵±۰/۰۱۱	۰/۰۷±۰/۰۰۴	۰/۱۲±۰/۰۱۰	۰/۱۶±۰/۰۱۵	۰/۰۴±۰/۰۰۸
اوره	۱۰۰	۰/۰۲±۰/۰۰۴^{De}	۰/۲۰±۰/۰۱۳^{Aa}	۰/۱۷±۰/۰۴۰^{Ab}	۰/۱۴±۰/۰۲۰^{Cc}	۰/۰۷±۰/۰۱۲^{Bd}
	۲۰۰	۰/۰۷±۰/۰۱۳^{Ac}	۰/۰۸±۰/۰۰۴^{BCc}	۰/۱۲±۰/۰۱۲ ^{Cb}	۰/۱۶±۰/۰۳۰^{BCa}	۰/۰۳±۰/۰۱۴^{Cd}
	۳۰۰	۰/۰۵±۰/۰۰۱^{Ad}	۰/۰۹±۰/۰۰۸^{Bc}	۰/۱۲±۰/۰۱۵ ^{Cb}	۰/۲±۰/۰۳۰^{Aa}	۰/۰۶±۰/۰۰۸^{BCd}
میانگین		۰/۰۵±۰/۰۰۵	۰/۱۲±۰/۰۰۸	۰/۱۴±۰/۰۲۲	۰/۱۷±۰/۰۳۰	۰/۰۵±۰/۰۱۱
شاهد	۰	۰/۰۳±۰/۰۰۸^{Cc}	۰/۰۵±۰/۰۱۰ ^{Dc}	۰/۱۲±۰/۰۱۱^{Cb}	۰/۱۸±۰/۰۲۰ ^{ABa}	۰/۱۲±۰/۰۲۵^{Ab}
میانگین($LSD_{0.05}$=۰/۰۰۸)		۰/۰۴۳±۰/۰۰۸^{e}	۰/۰۸±۰/۰۰۷^{c}	۰/۱۳±۰/۰۱۴ ^{b}	۰/۱۶±۰/۰۲۱^{a}	۰/۰۵±۰/۰۱۵^{d}

مقایسه بین تیمارها در هر ستون با حروف بزرگ، در هر ردیف با حروف کوچک و مقایسه بین میانگین‌ها با حروف ایتالیک نشان داده شده است. اعداد با حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ هستند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]



شکل ۱. میانگین تولید CO_2-C در سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره (F) و مرغی (B) در طول دوره آزمایش. نقاط با حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD هستند ($LSD_{۰/۰۵}$=۱/۸).

بیومس میکروبی بیش از کود اوره بوده است. درمرحله دوم، کربن بیومس میکروبی کاهش معنی‌دار نشان داد. در این مرحله نیز تأثیر کود مرغی در افزایش بیومس میکروبی بیش از کود اوره بوده است. در مرحله سوم و چهارم اندازه‌گیری نیز روند مشابهی دیده شد. در پنجمین مرحله اندازه‌گیری بیومس میکروبی، گیاه ذرت برداشت شده بود و بیومس تنها در حضور خاک و تیمارها اندازه‌گیری شد. در این مرحله، بیومس میکروبی به طور نسبی افزایش یافت. با رشد و توسعه گیاه نیاز به جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد، از این‌رو گیاه عناصر غذایی بیشتری از خاک دریافت می‌کند و میکروب‌ها انرژی و عناصر غذایی کافی برای رشد و تشکیل بیومس در اختیار ندارند. با برداشت گیاه تنها میکروب‌ها از مواد غذایی موجود در خاک استفاده می‌کنند، در نتیجه بیومس میکروبی نیز افزایش می‌یابد. در صورتی که در مراحل قبل با گذشت زمان بیومس میکروبی روند کاهشی نشان داده بود.

به‌طور کلی بیشترین و کمترین کربن بیومس میکروبی به ترتیب در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی و تیمار شاهد دیده شد (شکل ۲). افزایش کربن بیومس میکروبی در حضور کودهای آلی و شیمیایی توسط سیمک و همکاران (۲۳) نیز گزارش شده است.

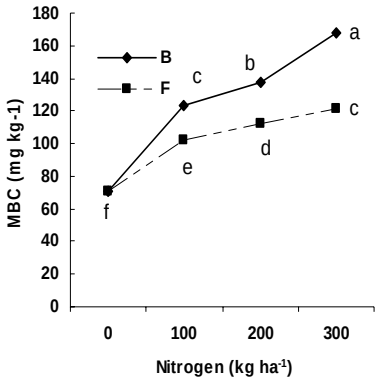
کربن بیومس میکروبی در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی با سطح سوم کود اوره تفاوت معنی‌دار نشان نداد. در واقع تأثیر سطوح پایین کود مرغی با سطوح بالای کود اوره یکسان بوده است، چرا که کود مرغی به دلیل فراهم کردن عناصر غذایی بیشتر نقش مؤثرتری در افزایش کربن بیومس میکروبی ایفا کرده است. هر دو نوع کود، اوره و مرغی باعث افزایش بیومس میکروبی شدند ولی تأثیر کود مرغی بیش از کود اوره بود.

در مطالعه حجتی و نوربخش (۱۰) نیز افزایش بیومس میکروبی در حضور کود گاوی (۱۲۸٪) و کود شیمیایی (۱۹٪) نسبت به تیمار شاهد دیده شد. این محققان هم‌چنین افزایش بیومس میکروبی را با افزایش سطوح کود گاوی گزارش نمودند. یان و همکاران (۲۷) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند.

همان‌طور که گیاه برای رشد و نمو به عناصر مختلف نیازمند است، میکروب‌ها نیز برای سنتز سلول‌های خود به عناصر مختلف نیازمند هستند، از این‌رو کود اوره و مرغی با تأمین عناصر مورد نیاز میکروب‌ها از جمله نیتروژن، کربن و گوگرد باعث افزایش بیومس میکروبی می‌شوند. افزایش بیومس میکروبی با افزایش سطوح کود مرغی می‌تواند ناشی از افزایش مواد آلی به خاک باشد، در نتیجه کربن لبایل بیشتری

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]



شکل ۲ میانگین کربن بیومس میکروبی در سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره (F) و مرغی (B). نقاط با حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ٪ ۵ هستند ($LSD_{0.05}$=۷/۸).

برای ریزجانداران فراهم می‌گردد. افزایش بیومس در حضور کود اوره را می‌توان ناشی از تأثیر این کود بر افزایش بیومس ریشه دانست که خود منبعی از کربن آلی محسوب می‌شود. بنابراین اندازه و فعالیت میکروبی بهبود می‌یابد (۱۱). کربن بیومس میکروبی به وسیله قابلیت دسترسی کربن کنترل می‌شود، اضافه کردن کود دامی باعث فراهم کردن کربن لبایل برای حفظ میکروب‌ها می‌شود (۱۰). هم‌چنین کاهش قابلیت دسترسی کربن در کودهای شیمیایی و مواد آلی بیشتر در کودهای آلی را می‌توان از دیگر دلایل افزایش بیومس میکروبی در حضور کود مرغی دانست (۱۵). زمان نیز تأثیر معنی‌دار بر بیومس میکروبی نشان داد (جدول ۲). بر اساس مقایسه میانگین‌ها بیومس میکروبی با گذشت زمان کاهش یافت. کاهش بیومس میکروبی در طول زمان را می‌توان ناشی از رقابت برای جذب مواد غذایی بین گیاه و ریزجانداران در طول دوره رشد گیاه دانست، که در نتیجه محدودیت کربن در مراحل بعدی رشد بوجود می‌آید و باعث کاهش کربن بیومس میکروبی می‌شود. به همین دلیل در آخرین مرحله اندازه‌گیری بیومس یعنی مرحله پنجم انتظار می‌رود که کمترین بیومس میکروبی دیده شود ولی حذف گیاه باعث افزایش بیومس میکروبی در مقایسه با مرحله سوم و چهارم شده است. هم‌چنین ریشه‌های باقی‌مانده در خاک نیز به عنوان سوبسترای جدید برای رشد و تکثیر مورد استفاده ریزجانداران قرار می‌گیرد.

یکی دیگر از فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش qCO_2 بود. اثر تیمار کودی و اثر متقابل آن با زمان بر این شاخص معنی‌دار بود (جدول ۲). اثرهای متقابل در جدول ۴ ارائه گردیده است. کمترین ضریب متابولیک در اولین مرحله مشاهده شد اما تفاوت چندانی بین تیمارها مشاهده نشد. در مرحله دوم، روند مشخصی بین تیمارها دیده نشد، اما مقدار این شاخص در مقایسه با مرحله قبل افزایش نشان داد. در مرحله سوم و چهارم نیز روند مشابهی مشاهده شد، ولی ضریب متابولیک در مرحله پنجم نسبت به مرحله قبل کاهش معنی‌دار نشان داد. به طور کلی تأثیر کود اوره بر افزایش ضریب متابولیک بیش از کود مرغی بود (شکل ۳)، به‌طوری که اضافه کردن کود اوره باعث افزایش ۱۶٪ qCO_2 نسبت به تیمار کود مرغی شد. بوهم و همکاران (۵) نیز با بررسی اثر کود دامی و شیمیایی (NPK) بر فعالیت میکروبی، کمترین مقدار qCO_2 را در تیمارهای حاوی کود دامی گزارش کردند. هم‌چنین مین و همکاران (۱۵) افزایش ضریب متابولیک را در حضور کود شیمیایی (نیترات آمونیوم و سوپر فسفات) گزارش کردند. این محققان افزایش qCO_2 در حضور کودهای شیمیایی را ناشی از کاهش کربن قابل دسترس به دلیل افزایش اسیدیته خاک دانستند. افزایش ضریب متابولیک در حضور کود اوره حاکی از

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]

وجود تنش و کمبود سایر عناصر غذایی به جز نیتروژن در این تیمار در مقایسه با کود مرغی است. در این صورت میکروب‌ها کربن بیشتری را صرف زنده ماندن خود می‌کنند، اما کود مرغی به دلیل این‌که حاوی مواد آلی بیشتر می‌باشد، کربن لبایل (Labile) بیشتری را برای حفظ سلول‌های میکروبی فراهم می‌کند و باعث افزایش سوبسترای مورد نیاز میکروب‌ها می‌شود در نتیجه سنتز سلول‌های میکروبی افزایش می‌یابد، از این‌رو بیومس میکروبی افزایش و ضریب متابولیک کاهش می‌یابد.

در واقع تیمار کود مرغی در حفظ کربن خاک مؤثرتر عمل می‌کند. هم‌چنین کاهش ضریب متابولیک در حضور کود مرغی بیان‌گر این است که در خاک‌های حاوی این تیمار، ریزجانداران به کربن و انرژی کمتر نیاز دارند و رقابت برای مواد غذایی کمتر است. تأثیر زمان نیز بر ضریب متابولیک معنی‌دار بود. کمترین مقدار این شاخص در اولین مرحله مشاهده شد. ضریب متابولیک با گذشت زمان افزایش یافت. ولی در مرحله پنجم نسبت به مرحله چهارم کاهش نشان داد. این تغییرات می‌تواند ناشی از تغییر در سوبسترا، تغییر در جمعیت میکروبی و یا تغییر هر دو عامل باشد.

شاخص دسترسی کربن (CAI) نیز یکی دیگر از پارامترهای مورد بررسی بود که تیمار کودی و اثر متقابل آن با زمان بر این شاخص معنی‌دار بوده است (جدول ۲). CAI روند مشخصی در طول زمان نشان نداد ولی به‌طور کلی بیشترین و کمترین مقدار این شاخص به ترتیب در مرحله سوم و پنجم مشاهده شده است (جدول ۵). در اولین مرحله اندازه‌گیری بیشترین مقدار CAI در تیمار کود مرغی و کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شده است. در سه مرحله بعدی نیز شاخص دسترسی کربن روند مشابهی نشان داد اما در مرحله آخر با برداشت گیاه قابلیت دسترسی کربن نسبت به مراحل قبل کاهش نشان داد. به طور کلی میزان این پارامتر با افزایش تیمار کودی افزایش یافت و به‌طور متوسط این افزایش در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۶۰/۸٪، ۴۲/۳٪ و ۵۵/۷٪، در تیمارهای ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود مرغی و ۲۴/۷٪، ۵۹/۸٪ و ۴۹/۵٪ در تیمار ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع کود اوره بوده است. به‌طور کلی تأثیر کود مرغی بر این پارامتر بیش از کود اوره بوده است (شکل ۴). افزایش کود مرغی باعث افزایش کربن آلی محلول و در نتیجه میزان کربن قابل دسترس می‌شود. براساس نتایج جدول ۲ زمان نیز اثر معنی‌دار بر این پارامتر داشته است. CAI در مرحله دوم، سوم و چهارم در مقایسه با مرحله اول و پنجم افزایش یافت. در مرحله پنجم با برداشت گیاه ذرت، میزان این پارامتر به حداقل مقدار خود نسبت به مراحل قبل رسید، در واقع با حذف گیاه ترشحات ریشه از جمله کربن آلی محلول کاهش یافت، از این‌رو میزان این پارامتر نیز کاهش یافته است.

عملکرد ذرت

بر اساس داده‌های جدول ۶ کود اوره و مرغی اثر معنی‌دار بر عملکرد ذرت داشتند ($P > ۰/۰۱$). عملکرد با افزایش سطوح کود اوره و مرغی افزایش یافت. به‌طوری که بیشترین مقدار آن در سطح سوم کود اوره و مرغی مشاهده شد، اما تفاوت معنی‌دار بین این دو تیمار مشاهد نشد و کمترین عملکرد در تیمار شاهد وجود داشت (جدول ۷). عملکرد ذرت در حضور کود مرغی کمتر از کود اوره بود، دلیل این امر می‌تواند پائین بودن سرعت معدنی‌شدن مواد غذایی از این منبع باشد (۴). اما به‌طور کلی کود اوره و مرغی با تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باعث افزایش عملکرد در مقایسه با تیمار شاهد شدند، در واقع افزایش مواد آلی و فعالیت میکروبیولوژیک بر اثر کاربرد کود افزایش عملکرد محصول را به‌دنبال دارد. بهبود ساختمان خاک بر اثر کاربرد کودهای آلی (۷) از دیگر عوامل مؤثر در افزایش عملکرد گیاه است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]

جدول ۵ . مقایسه میانگین آثار متقابل تیمارهای کودی و زمان بر شاخص دسترسی کربن (اعداد جدول میانگین ± انحراف معیار می‌باشند).

تیمار	نیتروژن ($kg\ ha^{-1}$)	زمان (مرحله)				
		اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
مرغی	۱۰۰	۰/۲۲±۰/۰۳۴^{Aa}	۰/۱۳۵±۰/۰۰۷^{Cc}	۰/۲۰±۰/۰۳۰^{Aab}	۰/۱۷۰±۰/۰۱۲^{BCb}	۰/۰۶±۰/۰۲۰^{ABd}
	۲۰۰	۰/۱۴±۰/۰۰۶^{Bb}	۰/۱۶۰±۰/۰۲۵^{ABCab}	۰/۱۸۰±۰/۰۰۹^{ABa}	۰/۱۶۰±۰/۰۱۵^{BCab}	۰/۰۵±۰/۰۱۰^{Bc}
	۳۰۰	۰/۱۷±۰/۰۷۰^{Bab}	۰/۱۶۰±۰/۰۱۴^{ABCb}	۰/۱۶۰±۰/۰۱۰^{Bb}	۰/۲۰۰±۰/۰۱۴^{Aa}	۰/۰۵±۰/۰۰۷^{BCc}
میانگین		۰/۱۸±۰/۰۴۰	۰/۱۵۰±۰/۱۰۰	۰/۱۸۰±۰/۰۱۶	۰/۱۸۰±۰/۰۱۴	۰/۰۵±۰/۰۱۲
اوره	۱۰۰	۰/۰۶±۰/۰۱۰^{Cb}	۰/۱۷۰±۰/۰۳۰^{ABa}	۰/۱۶۰±۰/۰۲۰^{Ba}	۰/۱۴۰±۰/۰۲۰^{Ca}	۰/۰۷±۰/۰۵۰^{ABb}
	۲۰۰	۰/۱۴±۰/۰۵۰^{Bb}	۰/۱۹۰±۰/۰۱۵^{Aa}	۰/۲۰±۰/۰۱۳^{Aa}	۰/۱۸۰±۰/۰۲۲^{ABa}	۰/۰۶±۰/۰۲۴^{ABc}
	۳۰۰	۰/۱۷±۰/۰۱۳^{Ba}	۰/۱۵۰±۰/۰۱۳^{BCa}	۰/۱۶۰±۰/۰۲۳^{Ba}	۰/۱۷۰±۰/۰۱۶^{BCa}	۰/۰۷±۰/۰۰۹^{ABb}
میانگین		۰/۱۲±۰/۰۲۰	۰/۱۷۰±۰/۰۱۹	۰/۱۷۰±۰/۰۱۹	۰/۱۶۰±۰/۰۱۹	۰/۰۷±۰/۰۳۰
شاهد	۰	۰/۰۴±۰/۰۱۱^{Cd}	۰/۱۳۶±۰/۰۲۰^{Ca}	۰/۱۲۰±۰/۰۰۸^{Cabc}	۰/۱۰۰±۰/۰۰۳^{Dbc}	۰/۰۹±۰/۰۰۷^{Ac}
میانگین		۰/۱۳±۰/۰۲۳ ^{b}	۰/۱۶۰±۰/۰۵۰^{a}	۰/۱۷۰±۰/۰۰۹ ^{a}	۰/۱۶۵±۰/۰۶۰^{a}	۰/۰۷±۰/۰۱۶^{c}

مقایسه بین تیمارها در هر ستون با حروف بزرگ، در هر ردیف با حروف کوچک و مقایسه بین میانگین‌ها با حروف ایتالیک نشان داده شده است. اعداد با حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ هستند ($LSD_{۰/۰۵}$=۰/۰۳) و میانگین‌ها با $LSD_{۰/۰۵}$=۰/۰۱۱ مقایسه شده‌اند.

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی بر عملکرد ذرت (اعداد جدول آماره F هستند).

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد
بلوک	۳	۳/۴*
تیمار کودی (a)	۶	۴/۸**
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۵

*=P<۰/۰۵، **=P<۰/۰۱، n.s غیر معنی‌دار

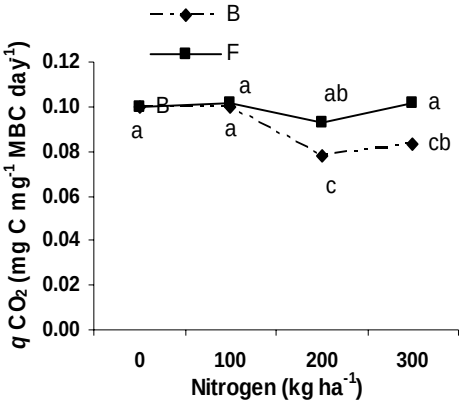
جدول ۷. مقایسه میانگین عملکرد ذرت در سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره (F) و مرغی (B).

تیمار	نیتروژن ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد ($kg\ ha^{-1}$)
مرغی	۱۰۰	۵۹۵۵۰^{cd}
	۲۰۰	۷۰۱۳۴^{abc}
	۳۰۰	۷۸۲۶۴^{ab}
اوره	۱۰۰	۶۵۸۵۹^{bc}
	۲۰۰	۶۹۷۷۴^{abc}
	۳۰۰	۸۲۶۸۳^{a}
شاهد	۰	۴۹۲۸۷^{d}
$LSD_{۰/۰۵}$	-	۱۵۱۸۳

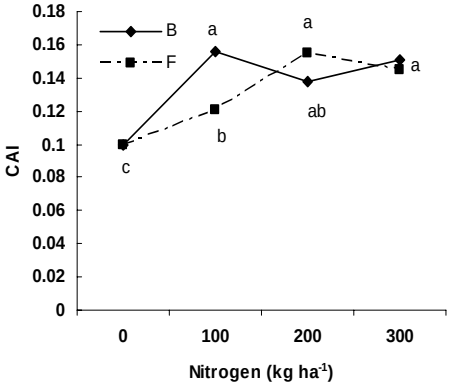
اعداد با حروف مشترک فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]



شکل ۳. میانگین ضریب متابولیک در سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره (F) و مرغی (B). نقاط با حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ ٪ هستند ($LSD_{0/05}$=۰/۰۱۱).



شکل ۴. میانگین شاخص دسترسی کربن در سطوح مختلف نیتروژن از منبع کود اوره (F) و مرغی (B). نقاط با حروف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ ٪ هستند ($LSD_{0/05}$=۰/۰۱۸).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که افزودن کود اوره و مرغی باعث افزایش جریان CO_2 (۳/۶ تا ۷/۵ درصد)، کربن بیومس میکروبی (۵۷ تا ۱۰۱ درصد)، ضریب متابولیک (۴- تا ۱۲/۳- درصد) و شاخص دسترسی کربن (۴۰ تا ۴۹ درصد) در مقایسه با خاک شاهد شد. از طرفی مقایسه کود مرغی با اوره نشان داد کود مرغی تأثیر بیشتری بر جریان CO_2 (۱/۱٪)، بیومس میکروبی (۲۸٪) و شاخص دسترسی کربن (۵/۷٪) دارد. اما ضریب متابولیک در حضور کود اوره ۱۰ درصد بیش از کود مرغی بود، که در واقع بیانگر وجود شرایط نامساعد جهت سنتز سلول‌های میکروبی در حضور این تیمار است. هم‌چنین فاکتورهای مورد بررسی تحت تأثیر سطوح کودی قرار گرفتند. به‌طور کلی سطح سوم کود مرغی بیشترین تأثیر را بر خصوصیات مورد بررسی داشت.

به‌طور خلاصه، نتایج این مطالعه نشان داد کود اوره و مرغی، فعالیت‌های بیولوژیک در خاک‌های آهکی فقیر از کربن

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]

و نیتروژن آلی را افزایش می‌دهند. با این حال، کود مرغی نسبت به کود اوره تأثیر مثبت‌تری بر اغلب خصوصیات اندازه‌گیری شده داشت.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد تقدیر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

1. Adl, S. M. 2003. The Ecology of Soil Decomposition. CAB International, Wallingford, UK.
2. Anderson, J.P.E. 1982. Soil respiration. PP.831 -871. *In*: Page, A.L. and R.H. Mille (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Micro Biological Properties, American Society of Agronomy, Madison, WI.
3. Anderson, J. P. E. and K. H. Domsch. 1993. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on microbial biomass of forest soils. Soil Biol. and Biochem. 25: 393-395.
4. Ayoola, O. T. and O. N. Adeniyan. 2006. Influence of poultry manure and NPK fertilizer on yield and yield components of crops under different cropping systems in south west Nigeria. Afr. J. Biotechnol. 5: 1386-1392.
5. Bohem, L., U. Langer and F. Bohem. 2005. Microbial biomass, enzyme activities and microbial community structure in two European long-term field experiments. Agric. Ecosys. and Environ. 109: 141-152.
6. Canali, S., A. Trinchera, F. Intrigliolo, L. Pompili, L. Nisini, S. Mocali and B. Torrisi. 2004. Effect of long term addition of composts and poultry manure on soil quality of citrus orchards in Southern Italy. Biol. and Fertil. Soils 40: 206-210.
7. Celik, I., I. Orrtas and S. Kilic. 2004. Effect of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Till. Res. 78: 59-67.
8. Ding, W., L. Meng, Y. Yin, Z. Cai and X. Zheng. 2007. CO_2 emission in an intensively cultivated as affected by long-term application of organic manure and nitrogen fertilizer. Soil Biol. and Biochem. 39: 669-679.
9. Goyal, S., K. Chander, M. C. Mundra and K. K. Kapoor. 1999. Influence of inorganic fertilizers and organic amendments on soil organic matter and soil microbial properties under tropical conditions. Biol. and Fertil. Soils 29: 196-200.
10. Hojjati, S. and F. Nourbakhsh. 2006. Enzyme activities and microbial biomass carbon in a soil amended with organic and inorganic fertil. J. Agron. 5: 563-579.
11. Hu, C. and Z. Cao. 2007. Size and activity of the soil microbial biomass and soil enzyme activity in long-term field experiments. World J. Agric. Sci. 1: 63-70.
12. Jenkinson, D. S. and J. N. Ladd. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover: PP. 415-471. *In*: Paul, E. A. and N. ladd (Eds.), Soil Biochemistry. Marcel Dekker Pub., New York.
13. Magdoff F. and R. R. Weil. 2004. Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC Press, Boca Raton.
14. Mahmood, T., F. Azam, F. Hussain and K. A. Malik. 1997. Carbon availability and microbial biomass in soil under an irrigated wheat-maize cropping system receiving different fertilizer treatments. Biol. and Fertil. Soils 25: 63-68.
15. Min, D. H., K. R. Islam, L. R. Vough and R. R. Weil. 2003. Dairy manure effects on soil quality properties and carbon sequestration in Alfalfa-Orchardgrass systems. Commun. in Soil Sci. and Plant Anal. 34: 781-799.
16. Parkinson, D. and D. C. Coleman. 1991. Microbial communities, activity and biomass. Agric. Ecosys. and Environ. 34: 3- 33.
17. Paul, E. A. 2007. Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry. 3rd ed., Academic Press, Elsevier, USA.
18. Pengthamkeerati, P., P. P. Motavalli, R. J. Kremer and S. H. Anderson. 2005. Soil carbon dioxide efflux from a claypan soil affected by surface compaction and applications of poultry litter. Agric. Ecosys. and Environ. 109: 75-86.
19. Pimentel, D. and W. Dazhong. 1990. Technological changes in energy use in agriculture production. *In*: C. R. Carroll, J. H. Vandermeer and P. M. Rosset (Eds.), Agroecoloy. McGraww-Hill Publisher, New York.
20. Schaphoff, S., W. Lucht, D. Gerten, S. Sitch, W. Cramer and I. C. Prentice. 2006. Terrestrial biosphere carbon storage under alternative climate projections. Climatic Chang. 74: 97–122.
21. Schlesinger, W. H. and J. A. Andrews. 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. Biogeochemistry 48: 7–20.
22. Schoenau, J. J. 2006. Benefits of long-term application of manure. Adv. in Pork Prod. 17: 153-158.
23. Simek, M., D. W. Hopkins, J. Kalcik, T. Picek, H. Santruckova, J. Stana and K. Travnik. 1999. Biological and

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]

chemical properties of arable soils affected by long-term organic and inorganic fertilizer applications. Biol. and Fertil. Soils 29: 300-308.
24. Sloan, D. R., G. Kidder and R. D. Jacobs. 2003. Poultry manure as a fertilizer. University of Florida. <http://edis.ifas.ufl.edu.>
25. Verma, S. and P. K. Sharma. 2007. Effect of long-term manuring and fertilizers on carbon pools, soil structure, and sustainability under different cropping systems in wet-temperate zone of northwest Himalayas. Biol. and Fertil. Soils 44: 235-240.
26. Wolf, B. and G. H. Snyder. 2003. Sustainable Soils: The Place of Organic Matter in Sustaining Soils and Their Productivity. The Haworth Press Inc., NY.
27. Yan, D., D. Wang and L. Yang. 2007. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on labile organic matter fractions in a paddy soil. Biol. and Fertil. Soils 44: 93-101.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-02-20]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.54.8.7]