یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

پیامد کاربرد زغال زیستی کود گاوی بر آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون خاک

صفورا ناهیدان[1]، مهشید قاسم زاده[2]

[1] استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه بوعلی سینای همدان، s.nahidan@basu.ac.ir

[2] دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی ، دانشگاه بوعلی سینای همدان؛ mahshid.ghasemi@7366@gmail.com

چکیده

تولید زغال زیستی نه تنها به عنوان راهکاری جهت مدیریت مانده های آلی بکار می رود بلکه می تواند جهت کنترل شدت برخی از فرآیندهای زیستی خاک مانند فرآیندهای چرخه نیتروژن مورد استفاده قرار گیرد. پژوهش حاضر با هدف بررسی پیامد کاربرد کود گاوی و زغال زیستی حاصل از آن در مقادیر ۰، ۱، ۲ و ۵ درصد بر آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون خالص خاک در دو زمان ۳۰ و ۹۰ روز انکوباسیون انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون خاک در تیمار ۵ درصد کود گاوی انجام می شود. تفاوت معنی داری در میزان نیتریفیکاسیون خاک های تیمار شده به زغال زیستی در مقایسه با شاهد در زمان ۳۰ روز انکوباسیون دیده نشد. با وجود این، در زمان ۹۰ روز انکوباسیون، نیتریفیکاسیون خاک های تیمار شده به زغال زیستی به میزان ۱۰-۹۰ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. از آن جایی که آزادسازی نیترات از خاک های تیمار شده به زغال زیستی کود گاوی کند تر از کود گاوی انجام شد لذا توصیه می گردد به منظور جلوگیری از آبشویی سریع نیترات در خاک از زغال زیستی کود گاوی استفاده گردد.

کلمات کلیدی: زغال زیستی، پیرولیز، آمونیفیکاسیون، نیتریفیکاسیون

The effect of cow manure biochar on ammonification and nitrification in soil

Safoora Nahidan[1], Mahshid Ghasemzadeh [2]

[1] Assistant Professor of Soil Science, Bu-Ali Sina University; s.nahidan@basu.ac.ir

[2] MSc Student of Soil science, Bu-Ali Sina University; mahshid.ghasemi@7366@gmail.com

ABSTRACT

Biochar not only is considered to manage of organic residues, but can also be used to control some soil biological processes, such as nitrogen cycling. The purpose of this study was to investigate the effects of 0, 1, 2 and 5% of cow manure and its biochar on ammonification and nitrification in 30 and 90 days of soil incubation. The highest amount of ammonification and nitrification was found in 5% cow manure treated soils. Nitrification was not significantly different in biochar treated soils compared to control during 30 days of soil incubation. However, nitrification was increased by 10-90% after 90 days of soil incubation compared to the control. Since the release of nitrate from cow manure biochar is slower than cow manure, it is recommended to use cow manure biochar to prevent leaching of nitrate in soil.

Keywords: BIOCHAR, PYROLYSIS, AMMONIFICATION, NITRIFICATON

۱- مقدمه

یکی از اهداف اصلی در مدیریت پایدار اراضی، شناسایی مدیریت هایی است که از یک طرف باعث ارتقاء کمی و کیفی تولید در طولانی مدت گردند و از طرف دیگر، باعث حفظ کیفیت خاک شوند. بیشتر خاک های مناطق خشک و نیمه خشک ایران، از کمبود ماده آلی رنج می برند. کمبود مواد آلی موجب کاهش پایداری ساختمان خاک، افزایش فرسایش و هدرروی خاک و کاهش حاصلخیزی آن می شود. یکی از راهکارهای افزایش ماده آلی در خاک های زراعی، استفاده از کود های دامی می باشد؛ اما کاربرد آن ها در خاک می تواند پیامدهای نامناسبی چون ورود ریزجانداران بیماریزا به خاک و گیاه، تجزیه سریع و تصاعد گازهای گلخانه ای به اتمسفر، آبشویی و ورود مقادیر زیادی نیترات به آب های زیر زمینی داشته باشد (Rezai,

۱- صفورا ناهیدان (نویسنده مسئول), s.nahidan@basu.ac.ir

2013). یکی از راه کارهای کاهش پیامدهای نامناسب کودهای دامی که اخیر مورد توجه قرار گرفته است پیرولیز آن ها است. این فرآیند در شرایط دمای بالا (۹۰۰-۲۰۰ درجه) و اکسیژن کم یا بدون اکسیژن انجام شود زغال زیستی تولید می شود. شرایط پیرولیز مانند حداکثر دما، سرعت افزایش دما، مدت زمان ماندن در دمای حداکثر تاثیر زیادی بر ویژگی های زغال زیستی و درصد ترکیب و عناصر زغال زیستی می گذارد. فرآیند پیرولیز موجب خارج شدن هیدروژن و اکسیژن از زیست توده شده و در نتیجه درصد ترکیبات آروماتیک افزایش می یابد. این امر باعث شده که زغال زیستی نسبت به تجزیه زیستی و غیر زیستی مقاومت نشان دهد. زغال زیستی دارای دامنه گسترده‌ای از اشکال گوناگون عناصر غذایی بوده که با شدت های ناهمانندی آزاد شده و می تواند بر حاصلخیزی خاک و چندوچون فرآورده‌های کشاورزی پیامد داشته باشد (Novak et al., 2009).

نیتروژن یکی از عناصر پرنیاز و مهمترین عامل پیامددار بر رشد گیاهان است. زغال زیستی بر پویایی نیتروژن در خاک از راه‌های گوناگون مانند تجزیه ماده آلی خاک، جذب آمونیوم و آمونیاک، تغییر pH خاک، افزایش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، کاهش آبشویی و رهاشدن گازی نیتروژن به اتمسفر کارایی دارد. پیامد افزاینده زغال زیستی بر معدنی شدن نیتروژن و نیتریفیکاسیون گزارش گردیده است. با وجود این، زغال زیستی بسته به چگونگی ساخت آن و اندازه کاربرد آن در خاک، همچنین بسته به نوع خاک و pH آن می‌تواند بر فرآیندهای چرخه نیتروژن پیامدهای گوناگونی داشته باشد (Wang et al., 2012). زغال زیستی به گونه مستقیم با ویژگی‌های یگانه خود مانند ساختمان متخلخل، سطح ویژه بالا، گنجایش تبادل کاتیونی و توان نگهداشت رطوبت و عناصر غذایی در خاک و افزایش pH خاک های اسیدی بر چرخه نیتروژن موثر است. همچنین زغال زیستی به گونه غیرمستقیم از راه دگرگونی در فراوانی و کارکرد ریزجانداران خاک، پویایی نیتروژن در خاک را دگرگون می کند؛ بدین گونه که نه تنها زیستگاه شایسته ای برای رشد و نمو ریزجانداران فراهم می‌کند، بلکه از راه برآوردن کربن، رطوبت و اکسیژن، کارکرد ریزجانداران را دگرگون می کند (Promer et al., 2014).

کاربرد زغال زیستی در خاک های ایران به عنوان یک راهکار اصلاحی جهت تامین ماده آلی می تواند مورد توجه قرار گیرد. با وجود این، دانسته ها در زمینه کاربرد زغال زیستی در خاک های آهکی منطقه خشک و نیمه خشک ایران مرکزی و پیامد آن بر فرآیندهای چرخه نیتروژن اندک می باشد. بنابراین با توجه به کمبود دانسته ها در این مورد، پژوهش حاضر با هدف بررسی پیامد ناشی از کاربرد کود گاوی و زغال زیستی حاصل از آن بر آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون خاک انجام شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱-نمونه برداری خاک

نمونه برداری خاک از عمق ۰-۱۵ سانتی متری یک خاک زراعی در روستای چیدره در استان همدان انجام گردید. پس از هوا خشک شدن، مقداری از خاک به منظور انجام آزمایشات عمومی از الک ۲ میلی متر عبور داده شد. به منظور اعمال تیمارها از خاک عبور داده شده از الک ۴ میلی متر استفاده گردید.

۲-۲- تهیه زغال زیستی

به منظور تهیه زغال زیستی، ابتدا کود گاوی هوا خشک و از الک ۲ میلی متر عبور داده شد. سپس مقدار مشخصی کود گاوی در شرایط بی هوازی در کوره الکتریکی به مدت ۸ ساعت در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد پیرولیز گردید. به منظور محاسبه عملکرد تولید زغال زیستی، وزن زغال زیستی بر وزن کود گاوی تقسیم گردید که برابر با ۲۷/۲ درصد محاسبه شد. برای تعیین میزان خاکستر کود و زغال زیستی، مقدار مشخصی از آن ها را وزن کرده و سپس به مدت ۳ ساعت در در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس وزن خاکستر بر وزن اولیه کود و زغال زیستی تقسیم گردید تا میزان درصد خاکستر محاسبه شود.

۲-۳- برخی ویژگی های عمومی خاک، کود و زغال زیستی

بافت خاک به روش هیدرومتر، کربنات کلسیم خاک به روش خنثی سازی با اسید کلریدریک و تیتراسیون برگشتی با هیدرواکسید سدیم، پی اچ و هدایت الکتریکی در نسبت ۱:۵ آب به خاک، کود و زغال زیستی، کربن آلی کود، زغال زیستی و خاک به روش سوزاندن تر، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، کود و زغال زیستی به روش استات آمونیوم اندازه گیری شدند (Burt, 2004). ویژگی های اندازه گیری شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۲-۴- تیمار خاک با کود گاوی و زغال زیستی

جهت آماده سازی نمونه های خاک، ۲/۵ کیلوگرم خاک عبور داده شده از الک ۴ میلی متر با ۱، ۲ و ۵ درصد کود گاوی یا زغال زیستی آن تیمار گردید. تیمار شاهد نیز بدون اضافه کردن هیچگونه بهساز در نظر گرفته شد. خاک ها به رطوبت ۹۰ درصد ظرفیت زراعی رسانده شد. سپس تیمارها در دمای آزمایشگاه و رطوبت ثابت به مدت ۳۰ و ۹۰ روز انکوباسیون شدند. پس از پایان هر دوره انکوباسیون، خاک هر تیمار هوا خشک و در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند.

جدول ۱- ویژگی های عمومی خاک، کود و زغال زیستی کود گاوی
Table 1. General properties of soil, cow manure and its biochar

Cow manure biochar	Cow manure	Soil	Unit	Soil parameters
23.3	34.5	0.68	%	Organic carbon
9.38	7.80	7.46	-	pH
4.06	3.96	0.1	ds/m	EC
20.67	24.67	11.67	cmol+/kg	Cation Exchange Capacity
-	-	11.34	%	Lime
-	-	Silt loam	-	Soil Texture
60	41	-	%	Ash

۲-۵- اندازه گیری آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون در خاک

بدین منظور آمونیوم و نیترات خاک قبل و بعد از انکوباسیون توسط کلرید پتاسیم ۲ مولار با نسبت ۱ به ۱۰ خاک به کلرید پتاسیم عصاره گیری گردیدند. میزان آمونیوم و نیترات توسط دستگاه تقطیر بخار آب اندازه گیری شدند. میزان آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون خالص خاک از کسر میزان آمونیوم و نیترات خاک قبل و پس از انکوباسیون محاسبه شدند (Keeney and Nelson,1982).

۲-۶- آنالیز آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل نوع بهساز شامل کود گاوی و زغال زیستی آن و فاکتور دوم مقدار کاربرد بهساز که شامل مقادیر ۰، ۱، ۲ و ۵ درصد بود. تجزیه واریانس اثر فاکتورها بر ویژگی های خاک به صورت جداگانه برای هر زمان توسط نرم افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آمونیفیکاسیون

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که در زمان ۳۰ روز انکوباسیون تنها اثر مقدار کاربرد بهساز بر آمونیفیکاسیون خاک معنی دار است. در زمان ۹۰ روز انکوباسیون اثر نوع و مقدار بهساز و اثر متقابل آن ها معنی دار شد (جداول تجزیه واریانس نشان داده نشده است). نتایج نشان داد که در زمان ۳۰ روز انکوباسیون میزان آمونیفیکاسیون خاک با افزایش مقدار بهساز افزایش یافت (شکل ۱). چنین تغییراتی در زمان ۹۰ روز انکوباسیون به نوع بهساز هم بستگی داشت. بدین صورت که در زمان ۹۰ روز انکوباسیون، بیشترین میزان آمونیفیکاسیون خاک در تیمار ۵ درصد کود گاوی دیده می شود (شکل ۲). آمونیفیکاسیون خاک با افزایش میزان کاربرد کود گاوی به میزان ۱۴۳۴-۲۶۳۵ درصد افزایش یافت. اگرچه کاربرد ۱ درصد زغال زیستی کود گاوی تاثیر معنی داری بر آمونیفیکاسیون نداشت ولی کاربرد ۲ و ۵ درصد از آن موجب افزایش ۱۲۶۷-۱۴۳۴ درصدی در آمونیفیکاسیون خاک شد. نتایج حاکی از آن بود که در زمان ۹۰ روز انکوباسیون میزان آمونیفیکاسیون خاک تیمار شده به کود گاوی بیشتر از زغال زیستی می باشد. آمونیفیکاسیون خاک توسط عوامل متعددی تحت تاثیر قرار می گیرد. از مهمترین آن ها نوع و مقدار کاربرد کودهای آلی است که می تواند بر جمعیت آمونیفیکاتورهای خاک که موجب انجام فرآیند آمونیفیکاسیون می‌شوند تاثیر بگذارد. کود گاوی دارای کربن آلی و نیتروژن بیشتری در مقایسه با زغال زیستی آن می باشد و بدین ترتیب سوبسترای بیشتری را می‌تواند برای جمعیت آمونیفیکاتور خاک فراهم کند. از دلایل دیگر افزایش جمعیت یا فعالیت آمونیفیکاتورهای خاک در اثر افزودن بهساز نیز می تواند به بهبود شرایط فیزیکی خاک نسبت داده شود. افزایش آمونیفیکاسیون

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

و آمونیفیکاتورها در اثر افزودن کود گاوی توسط Wang و همکاران (۱۹۹۸) و Zao و Wang (۲۰۱۲) مشاهده شده است. Jiang و همکاران (۲۰۱۷) نیز مشاهده کردند که در اثر افزودن ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار زغال زیستی چوب ذرت تعداد باکتری های آمونیفیکاتور نسبت به شاهد افزایش می یابد. همچنین تعداد این باکتری ها تا ۳۰ روز پس از انکوباسیون افزایش و سپس در ۴۵ روز پس از انکوباسیون کاهش می یابد.

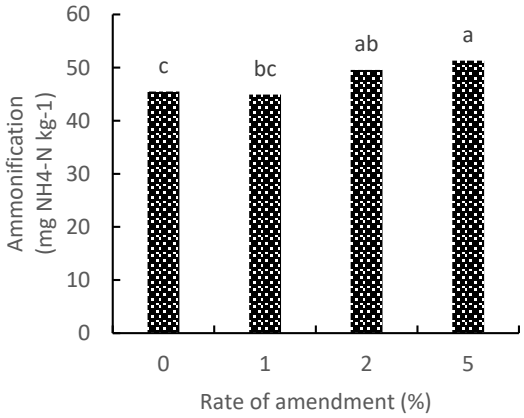

Figure 1. The effect of rate of amendment on ammonification in 30 days of incubation time. Values followed by the same letter are not significantly different (LSD, P<0.05)

شکل ۱- مقایسه میانگین اثر مقدار بهساز بر آمونیفیکاسیون خاک در زمان ۳۰ روز انکوباسیون. حروف یکسان نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.

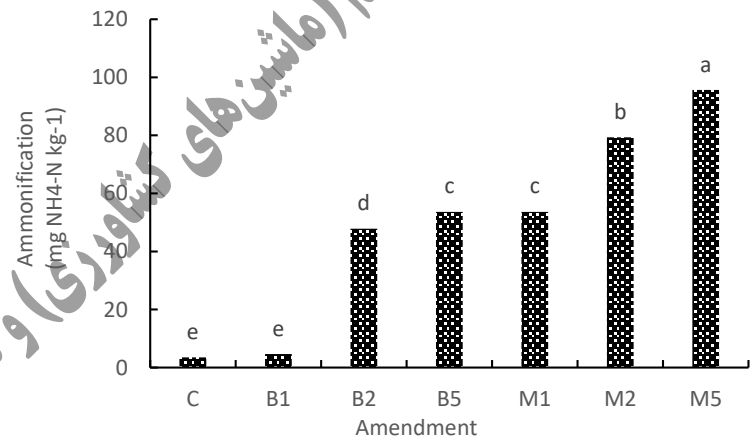

Figure 2. The effect of type and rate of amendment on ammonification in 90 days of incubation time. C, control; B1, 1% biochar; B2, 2% biochar; B5; 5% biochar; M1, 1% cow manure; M2, 2% cow manure; M5, 5% cow manure. Values followed by the same letter are not significantly different (LSD, P<0.05)

شکل ۲- مقایسه میانگین اثر نوع و مقدار بهساز بر آمونیفیکاسیون خاک در ۹۰ روز انکوباسیون. C، شاهد؛ B1، زغال زیستی ۱ درصد؛ B2، زغال زیستی ۲ درصد؛ B5، زغال زیستی ۵ درصد؛ M1، کود گاوی ۱ درصد؛ M2، کود گاوی ۲ درصد؛ M5، کود گاوی ۵ درصد). حروف یکسان در هر زمان نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

۲-۳- نیتریفیکاسیون

نتایج نشان داد که میزان نیتریفیکاسیون خاک در تیمارهای کود گاوی در زمان ۳۰ و ۹۰ روز انکوباسیون بیشتر از زغال زیستی می‌باشد (شکل ۳). این مسئله می تواند به میزان بیشتر ماده آلی موجود در کود گاوی و تجزیه پذیری سریع تر آن در مقایسه با زغال زیستی نسبت داده شود. نتایج همچنین نشان می دهد که در زمان ۳۰ روز انکوباسیون تفاوت معنی داری از نظر نیتریفیکاسیون خاک بین شاهد و سطوح مختلف زغال زیستی وجود ندارد. در ۹۰ روز انکوباسیون، افزودن زغال زیستی به خاک موجب افزایش نیتریفیکاسیون به میزان ۱۰-۵۰ درصد در مقایسه با شاهد گردید. افزودن کود گاوی به خاک نیز موجب افزایش نیتریفیکاسیون به میزان ۳۰۰-۱۵۰۰ و ۳۹-۹۵ درصد در مقایسه با شاهد پس از ۳۰ و ۹۰ روز انکوباسیون شد (شکل ۳). مقایسه دو زمان انکوباسیون نشان می‌دهد که آزادسازی نیترات به محیط خاک از کود گاوی در کوتاه مدت بسیار سریعتر از زغال زیستی می باشد. با افزایش زمان انکوباسیون به ۹۰ روز، نیتریفیکاسیون در خاک تیمار شده به زغال زیستی با سرعت بیشتری نسبت به خاک تیمار شده به کود گاوی انجام می گیرد. اثر افزایشی کودهای دامی بر نیتریفیکاسیون خاک در پژوهش های متعددی مشاهده گردیده است (; Fan et al., 2011 Zao and Wang, 2012) ولی در ارتباط با تاثیر زغال زیستی بر نیتریفیکاسیون خاک بسته به نوع زغال زیستی نتایج متفاوتی یافت می‌شود. Bi و همکاران (۲۰۱۷) مشاهده کردند که تفاوت معنی داری بین نیتریفیکاسیون خاک شاهد و خاک تیمار شده به زغال زیستی شلتوک برنج در زمان ۴۸ روز انکوباسیون وجود ندارد. Dai و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کردند که در اثر افزوده شدن زغال زیستی نیتریفیکاسیون افزایش می یابد. این افزایش در میزان نیتریفیکاسیون خاک را به افزایش جمعیت باکتری های اکسید کننده آمونیوم خاک نسبت دادند. Zhang و همکاران (۲۰۱۷) نیز مشاهده کردند که با افزایش باکتری های نیتروزموناس و نیتروزکوکوس در حضور زغال زیستی گندم میزان نیتریفیکاسیون خاک افزایش می یابد. Hu و همکاران (۲۰۱۴) نیز مشاهده کردند که میزان نیتریفیکاسیون خاک بعد از ۱۵ ماه افزودن زغال زیستی شلتوک برنج افزایش می یابد و بیان کردند که پتانسیل هدررفت نیتروژن در خاک های تیمار شده به زغال زیستی در درازمدت می تواند وجود داشته باشد. با این حال، اگر جذب نیترات توسط گیاه در خاک های تیمار شده به زغال زیستی وجود داشته باشد و کارایی استفاده از نیتروژن توسط گیاه افزایش یابد چنین افزایشی در میزان نیترات خاک توسط زغال زیستی ممکن است چندان نگران کننده نباشد. Ippolito و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده کردند که افزودن ۱۰ درصد زغال زیستی حاصل از خاک اره چوب کاج و گردو به خاک های تیمار شده به کود دامی ابتدا منجر به کاهش نیترات خاک شده و سپس با گذشت زمان افزایش می یابد. همچنین گزارش کردند که مقادیر کمتر کاربرد زغال زیستی تاثیر معنی داری بر نیتریفیکاسیون خاک ندارد.

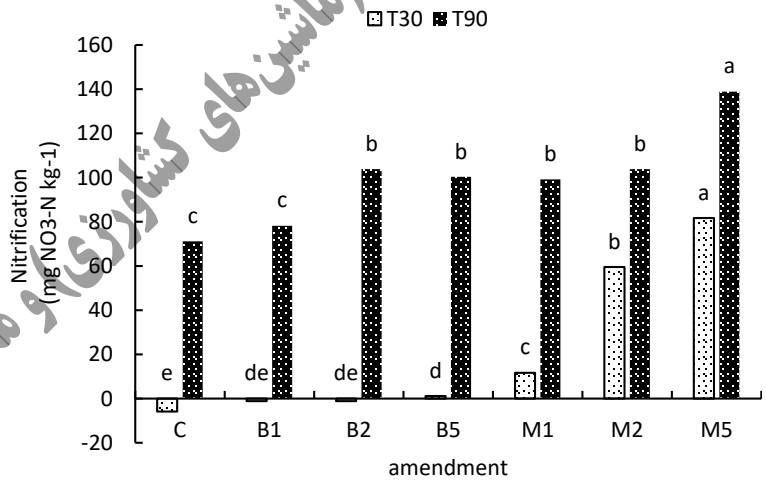

Figure 3. The effect of type and rate of amendment on ammonification in 90 days of incubation time. C, control; B1, 1% biochar; B2, 2% biochar; B5; 5% biochar; M1, 1% cow manure; M2, 2% cow manure; M5, 5% cow manure. Values followed by the same letter are not significantly different (LSD, P<0.05)

شکل ۳- مقایسه میانگین اثر نوع و مقدار بهساز بر آمونیفیکاسیون خاک در ۹۰ روز انکوباسیون. C، شاهد؛ B1، زغال زیستی ۱ درصد؛ B2، زغال زیستی ۲ درصد؛ B5، زغال زیستی ۵ درصد؛ M1، کود گاوی ۱ درصد؛ M2، کود گاوی ۲ درصد؛ M5، کود گاوی ۵ درصد). حروف یکسان در هر زمان نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD می باشد.

۴- نتیجه گیری

نتایج نشان داد که آزادسازی نیترات به محیط خاک از کود گاوی در کوتاه مدت بسیار سریعتر از زغال زیستی می باشد. با افزایش زمان انکوباسیون، نیتریفیکاسیون در خاک تیمار شده به زغال زیستی با سرعت بیشتری نسبت به خاک تیمار شده به کود گاوی انجام می گیرد. بنابراین امکان آبشویی نیترات در خاک های تیمار شده به کود گاوی بسیار بیشتر از زغال زیستی می باشد. بنابراین توصیه می شود که از زغال زیستی کود گاوی استفاده گردد.

۵- منابع

Bi, Q.F., Chen, Q.H., Yang, X.R., Li, H., Zheng, B.X., Zhou, W.W., Liu, X.X., Dai, P.B., Li, K.J. and Lin, X.Y. (2017). Effects of combined application of nitrogen fertilizer and biochar on the nitrification and ammonia oxidizers in an intensive vegetable soil. *AMB Express*, 7(1), 198.

Burt, R. (2004). *Soil survey laboratory methods manual: Soil survey investigations*. Version 4.0. Natural Resources Conservation Service, Nebraska, United States.

Dai, Z., Wang, Y., Muhammad, N., Yu, X., Xiao, K., Meng, J., Liu, X, Xu J., & Brookes, PC. (2014). The effects and mechanisms of soil acidity changes, following incorporation of biochars in three soils differing in initial pH. *Soil Science Society America Journal*. 78,1606–1614.

Fan, F., Yang, Q., Li, Z., Wei, D., Cui, X. A., & Liang, Y. (2011). Impacts of organic and inorganic fertilizers on nitrification in a cold climate soil are linked to the bacterial ammonia oxidizer community. *Microbial ecology*, 62(4), 982-990.

Hu, Y. L., Wu, F. P., Zeng, D. H., & Chang, S. X. (2014). Wheat straw and its biochar had contrasting effects on soil C and N cycling two growing seasons after addition to a Black Chernozemic soil planted to barley. *Biology and fertility of soils*, 50(8), 1291-1299.

Ippolito, J. A., Stromberger, M. E., Lentz, R. D., & Dungan, R. S. (2016). Hardwood biochar and manure co-application to a calcareous soil. *Chemosphere*, 142, 84-91.

Jiang, L.L., Han, G.M., Yu, L.A.N., Liu, S.N., Gao, J.P., Xu, Y.A.N.G., Jun, M.E.N.G. & Chen, W.F. (2017). Corn cob biochar increases soil culturable bacterial abundance without enhancing their capacities in utilizing carbon sources in Biolog Eco-plates. *Journal of integrative agriculture*, 16(3), 713-724.

Keeney, D. R. and D. W. Nelson. (1982). Nitrogen-inorganic forms. In: A.L. Page (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 2*. pp. 643-698 American Society of Agronomy, Madison WI, USA.

Novak, J.M., Lima, I., Xing, B., Gaskin, J.W., Steiner, C., Das, K., Ahmedna, M., Rehrah, D., Watts, D.W., Busscher, W.J. (2009). Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annals of Environmental Science*. 31, 95-206.

Prommer, J., Wanek, W., Hofhansl, F., Trojan, D., Offre, P., Urich, T., Schleper, S., Sassmann, S., Kitzler, B., Soja, G., Clare Hood-Nowotny, R. (2014). Biochar decelerates soil organic nitrogen cycling but stimulates soil nitrification in a temperate arable field trial. *Plos One*. 9, 1-16.

Rezai, H. (2013). A review of research on application of livestock manure in agricultural land of Iran. *Journal of Land Management* 1, 55-68. (In persian)

Wang, Y., Shen, Q. R. & Shi, R. H. (1998). Changes of soil microbial biomass C, N, and P and the N transformation after application of organic and inorganic fertilizers. *Acta Pedologica Sinica* .35, 227-234.

Wang, W., Camps Arbestain, M., Hedley, M. & Bishop, P. (2012). Chemical and bioassay characterisation of nitrogen availability in biochar produced from dairy manure and biosolids. *Organic Geochemistry*. 51, 45-54.

Zhang, K., Chen, L., Li, Y., Brookes, P. C., Xu, J., & Luo, Y. (2017). The effects of combinations of biochar, lime, and organic fertilizer on nitrification and nitrifiers. *Biology and Fertility of Soils*, 53(1) , 77-87.

Zhao, W., & Wang, H. (2012). Effects of Manure and Chemical Fertilizer on Nitrogen Transformations and Functional Bacteria in a Black Soil of the Song-nen Plain. *Communications in soil science and plant analysis*, 43(10) , 1468-1481.