نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۷۳۲-۷۱۹

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 719-732

تأثیر اندازه و عمق جایگذاری بقایای گیاهی بر دینامیک کربن و نیتروژن آلی

وحیده صفی[۱]، احمد گلچین[۲] و سعید شفیعی[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۲

صفی، و.، گلچین، ا.، و شفیعی، س. ۱۳۹۷. تأثیر اندازه و عمق جایگذاری بقایای گیاهی بر دینامیک کربن و نیتروژن آلی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۳):۷۳۲-۷۱۹.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر اندازه و عمق جایگذاری بقایای گیاهی بر دینامیک کربن و نیتروژن آلی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه روی بقایای گندم (*Triticum aestivum* L.) به‌روش کیف کلش اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل مدت زمان خوابانیدن بقایای گیاهی در چهار سطح (۱، ۲، ۳ و ۴ ماه)، عمق جایگذاری بقایای گیاهی در چهار سطح (۵، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر) و اندازه بقایای گیاهی در سه سطح (۰/۲ تا ۰/۵، ۱ تا ۲ و ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر) بودند که به‌ترتیب در کرت‌های اصلی، فرعی و فرعی- فرعی قرار داده شدند. پس از سپری شدن فواصل زمانی خوابانیدن، کیف‌های کلش از خاک خارج و پس از اندازه‌گیری وزن بقایای گیاهی باقی‌مانده در آن‌ها میزان کربن آلی نیتروژن کل بقایا اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار هدر رفت کربن و نیتروژن آلی چهار ماه پس از خوابانیدن، زمانی‌که بقایای گیاهی گندم با اندازه ۰/۲ تا ۰/۵ سانتی‌متری در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک جایگذاری شدند اتفاق افتاد. در مقابل کمترین مقدار هدر رفت کربن و نیتروژن آلی یک ماه پس از خوابانیدن، زمانی‌که بقایای گیاهی گندم با اندازه ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری در عمق پنج سانتی‌متری خاک جایگذاری شدند صورت پذیرفت. در این آزمایش ۴۹/۷۳ تا ۵۴/۰۷ درصد از کربن آلی و ۳۴/۴۸ تا ۳۹/۷۸ درصد از نیتروژن آلی بقایای گندم در یک دوره چهار ماهه وقتی بقایای گیاهی گندم به‌ترتیب در عمق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری خاک جایگذاری شدند تلف گردید. از نتایج چنین استنباط می‌شود زمانی‌که کمبود رطوبت خاک عامل محدودکننده برای تجزیه بقایای گیاهی است، افزایش عمق جایگذاری بقایا با قرار دادن بقایا در لایه مرطوب خاک باعث افزایش سرعت معدنی شدن کربن و نیتروژن آلی می‌شود. همچنین خرد کردن بقایای گیاهی با افزایش سطح ویژه و سطح تماس بقایا با خاک، باعث افزایش سرعت تجزیه بقایا می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بقایای گیاهی گندم، سرعت تجزیه بقایای گیاهی، مدت زمان خوابانیدن

مقدمه

ماده آلی خاک شامل زیست‌توده و ترشحات میکروبی، بقایای گیاهی و جانوری تازه، نیمه‌تجزیه شده و کاملاً پوسیده بوده که طی قرن‌ها در خاک تجمع نموده است. وقتی بقایای گیاهی به خاک اضافه می‌شوند، با اولین حمله موجودات ساپروفیت، قندها، نشاسته و ترکیبات پروتئینی به‌سرعت تجزیه می‌شوند، در حالی‌که ترکیبات سلولزی، چربی، موم و لیگنین به‌کندی تجزیه می‌شوند. لیگنین مقاوم‌ترین ماده موجود در ماده آلی که تجزیه آن به‌کندی صورت می‌گیرد. پروتئین‌ها به اسیدهای آمینه و اسیدهای آمینه به گاز دی-اکسیدکربن و نیتروژن معدنی تجزیه شده و سرعت این فعل و انفعالات، به نسبت کربن به نیتروژن بستگی دارد (Berg & MacClaughtery, 2008). کربن فراوان‌ترین عنصر موجود در مواد آلی است که در صورت فقدان فرآیند تجزیه، معدنی نشده و عملاً چرخه کربن در خاک متوقف می‌گردد. از سوی دیگر، فزونی بیش از حد سرعت تجزیه باعث افزایش تولید دی‌اکسیدکربن در هوا و افزایش دمای کره زمین و آبشویی مواد معدنی خاک می‌شود. نیتروژن آلی خاک پس از معدنی شدن به‌صورت یون‌های آمونیوم و

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان و استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت
(*- نویسنده مسئول: (Email: saeid55@gmail.com
DOI: 10.22067/jag.v10i3.56880

نیترات در می‌آید تا برای گیاهان قابل جذب باشد (Tate, 2000). مواد آلی نقش اساسی در تأمین مواد معدنی و انرژی مورد نیاز گیاهان و موجودات خاک دارد و با کلاته کردن عناصر غذایی، آن‌ها را به شکل قابل جذب گیاه در خاک نگه می‌دارد، مواد آلی خاکدانه‌سازی و توسعه ریشه را افزایش داده و نفوذپذیری خاک و راندمان آب مصرفی را افزایش می‌دهد (Blume et al., 2015). به‌همین دلیل در چند دهه اخیر در اکوسیستم‌های کشاورزی مواد آلی مورد توجه زیاد قرار گرفته و پژوهش‌های بسیاری در راستای ذخیره کردن آن در خاک و چگونگی مدیریت آن در جهان انجام شده است (Puget & Drinkwater, 2001). اما متأسفانه در ایران کاربرد وسیع کودهای شیمیایی برای دست‌یابی به عملکرد بالاتر باعث شده است که فقر خاک‌ها از لحاظ مواد آلی که ناشی از وجود آب و هوای خشک و نیمه‌خشک در بسیاری از نقاط است نادیده گرفته شود و جایگاه مواد آلی تا حدودی ناشناخته باقی بماند. سرعت تجزیه کربن و نیتروژن آلی به ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، ویژگی بقایای گیاهی مانند اندازه و کیفیت آن‌ها (مقدار نیتروژن و نسبت C/N) و همچنین به عوامل محیطی مانند دما، رطوبت، تابش خورشید، بارندگی و اکسیژن قابل دسترس برای مصرف جامعه میکروبی بستگی دارد (Angers & Recous, 1997; Berg et al., 2000; Guntinas et al., 2012; Zibilske & Bradford, 2007). سرعت تجزیه ماده آلی در دمای نزدیک به صفر درجه سانتی‌گراد خیلی پایین است، اما با افزایش دما، ثابت سرعت تجزیه ماده آلی به شدت افزایش می‌یابد، چون فعالیت جامعه میکروبی با افزایش دما (دمای بهینه ۳۰ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد) افزایش می‌یابد، اما رابطه فعالیت جامعه میکروبی و درجه حرارت بسته به‌گونه میکروبی متفاوت است (Berg & McClaugherty, 2003). مواد آلی در شرایط بی‌هوازی به‌طور ناقص و با سرعت خیلی کمتر در مقایسه با شرایط هوازی تجزیه می‌گردد (Oades, 1993). وقتی که خاک از آب اشباع و خلل و فرج بزرگ نیز از آب پر می‌شوند، تجزیه مواد آلی به‌دلیل سرعت کم انتشار اکسیژن به محل فعالیت موجودات خاک، محدود می‌گردد. جامعه میکروبی خاک برای تجزیه بقایای گیاهی نیاز به اکسیژن و مواد غذایی دارند و میزان اکسیژن در عمق‌های مختلف خاک متفاوت است (Kisselle et al., 2001). به‌همین دلیل جایگذاری بقایا در اعماق مختلف خاک می‌تواند بر دینامیک آن‌ها مؤثر باشد، با تغییر اندازه بقایای گیاهی سطح تماس آن‌ها با خاک تغییر کرده که این امر نیز می‌تواند بر سرعت تجزیه آن‌ها تأثیرگذار باشد. بنابراین با تغییر اندازه بقایای گیاهی و تنظیم عمق جایگذاری آن‌ها در خاک می‌توان دینامیک و سرعت تجزیه بقایای‌گیاهی را کنترل نمود. مطالعات نشان می‌دهد که بقایای گیاهی که با خاک مخلوط می‌شوند نسبت به بقایایی که در سطح خاک قرار می‌گیرند سریع‌تر تجزیه می‌شوند (Guntinas et al., 2012). طرفدار و همکاران (Tarafdar et al. 2001) گزارش کردند که فعالیت دهیدروژناز می‌تواند به‌عنوان یک شاخص برای فعالیت میکروبی و میزان زیست‌توده میکروبی در نظر گرفته شود در آزمایش آن‌ها این شاخص تحت تأثیر اندازه کلش گندم (*Triticum aestivum* L.) و اختلاط آن با خاک قرار گرفت و بالاترین میزان فعالیت میکروبی یا حداکثر میزان تولید دی‌اکسید کربن، پس از مخلوط کردن کلش با خاک، ابتدا در کلش پودر شده و بعد در کلش با اندازه ۰/۹ سانتی‌متری مشاهده شد و با افزایش اندازه کلش گندم سرعت تجزیه آن کاهش یافت. به‌طور کلی ۲۱ درصد تغییر در فعالیت دهیدروژناز به‌دلیل تغییر در اندازه کلش بود و برای تجزیه سریع کلش گندم لازم بود که طول آن از یک سانتی‌متر تجاوز نکند (Tarafdar et al., 2001). با این حال بقایای گیاهی خیلی ریز نیز با مواد معدنی پوشیده شده و از تجزیه میکروبی در امان می‌ماند. زمانی‌که جایگذاری سطحی بقایا به‌دلیل خشک شدن سریع خاک سطحی و نبودن رطوبت کافی سرعت تجزیه را محدود می‌کند جایگذاری خیلی عمیق بقایا نیز با محدود کردن تهویه از سرعت تجزیه می‌کاهد. به‌همین دلیل تأثیر عمق جایگذاری بقایا و اندازه آن‌ها بر سرعت معدنی شدن کربن آلی کاملاً مشخص نیست و لازم است تحقیقات بیشتری در این زمینه انجام شود (Li et al., 2013; Tarafdar, 2001). به‌همین دلیل هدف این تحقیق بررسی تأثیر عمق جایگذاری و اندازه بقایا بر دینامیک کربن و نیتروژن آلی در شرایط آب و هوای سرد و خشک بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در استان زنجان، شهرستان زنجان و در مزرعه دانشگاه زنجان در عرض شمالی ۳۶/۴۱ درجه، طول شرقی ۴۸/۲۹ درجه و ارتفاع ۱۶۶۳ متر از سطح دریا و در شرایط آب و هوایی سرد و خشک به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و به‌روش کیف‌کلش[1] اجرا گردید. مدت زمان

1- Litter bag

خوابانیدن بقایا در چهار سطح (۱، ۲، ۳ و ۴ ماه) در کرت اصلی، عمق جایگذاری بقایا در چهار سطح (۵، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر) در کرت فرعی و اندازه بقایا در سه سطح (۰/۲ تا ۰/۵، ۱ تا ۲ و ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ریز، متوسط و بزرگ) در کرت فرعی- فرعی قرار داده شدند و نتایج تجزیه بقایای گیاهی در جدول ۱ گزارش شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی بقایای گندم

Table 2- Chemical characteristics of the Wheat residues

نسبت کربن به نیتروژن	نیتروژن کل (درصد)	کربن آلی (درصد)
C/N	Total nitrogen (%)	Organic carbon (%)
52.83	0.84	44.38

نمونه‌برداری و تجزیه خاک:

برای انجام این تحقیق از عمق صفر تا ۴۵ سانتی‌متری خاک محل آزمایش یک نمونه مرکب تهیه و به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. بافت خاک به روش هیدرومتر (Gee & Bauder, 1986)، pH خاک در گل اشباع به کمک دستگاه pH متر (Thomas, 1996) ، هدایت الکتریکی در گل اشباع به کمک دستگاه هدایت‌سنج (Rhoades, 1996) ، نیتروژن کل خاک پس از هضم با سولفات پتاسیم، پودر سلنیوم، اسید سولفوریک و آب اکسیژنه به‌روش کجلدال (AOAC, method 978.04) و میزان کربن آلی به‌روش واکلی و بلاک با استفاده از بی‌کرومات پتاسیم در مجاورت اسید سولفوریک غلیظ اندازه‌گیری شد (Nelson & Sommer,1982). نتایج تجزیه خاک در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیای خاک مورد مطالعه

Table1- Selected physical and chemical characteristics of the studied soil

شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت	نیتروژن کل (درصد)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	واکنش
Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture	Total nitrogen (%)	Organic carbon (%)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH
46	24	33	Clay loam	0.11	1.12	0.76	7.90

نمونه‌برداری و تجزیه بقایای گیاهی

بقایای گیاهی گندم (شامل ساقه و برگ) بعد از انتقال به آزمایشگاه در اندازه‌های مختلف (۰/۲ تا ۰/۵، ۱ تا ۲ و ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر) خرد و در آون با دمای ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. مقداری از این بقایا برای تعیین ویژگی‌های شیمیایی آسیاب و کربن آلی در این نمونه به‌روش اکسیداسیون تر (Nelson & Sommer,1982) و نیتروژن کل بقایای گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.) پس از هضم با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه به‌روش کجلدال اندازه‌گیری شد (AOAC, method 978.04).

تهیه کیف‌های کلش

۲۰ گرم بقایای گیاهی با اندازه‌های مختلف (۰/۲ تا ۰/۵، ۱ تا ۲ و ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر) در داخل کیسه‌های توری (به ابعاد ۲۰×۱۵ سانتی‌متر و قطر منافذ ۰/۵ میلی‌متر) ریخته شده و سپس در اعماق مختلف خاک (۵، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر) در اول تیرماه دفن شدند. خاک‌های حاوی کیف‌های کلش به کمک سیستم آبیاری قطره‌ای و در فواصل زمانی مشخص آبیاری شدند.

زمان نمونه‌برداری و نحوه آماده‌سازی بقایای گیاهی

کیف‌های کلش دفن شده در خاک در فواصل زمانی مختلف (۱، ۲، ۳ و ۴ ماه) از خاک خارج و به آزمایشگاه منتقل گردید. وزن بقایای گیاهی باقی‌مانده داخل کیف‌های‌کلش پس از خشک شدن در آون

(دمای ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری و بقایا جهت تجزیه‌های بعدی آسیاب شدند (Austin & Vivanco, 2006). در بقایای گیاهی باقی‌مانده کربن آلی در این نمونه به‌روش اکسیداسیون تر (Nelson & Sommer,1982) و نیتروژن پس از هضم با اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک و آب اکسیژنه به‌روش کجلدال اندازه‌گیری شد (AOAC, method 978.04). مقدار هدررفت کربن و نیتروژن آلی در هر ماه از کسر مقدار کربن و نیتروژن باقی‌مانده در کیف‌های کلش در آن ماه از مقدار کربن و نیتروژن باقی‌مانده در کیف‌های کلش در ماه ماقبل آن محاسبه گردید و از جمع هدررفت کربن و نیتروژن آلی هر ماه با ماه قبل مقدار هدررفت تجمعی در طی گذشت زمان محاسبه گردید. ثابت سرعت تجزیه با استفاده از معادله $M_t=M_0 e^{-kt}$ که در این معادله t زمان، K ثابت سرعت تجزیه، M_0 وزن بقایای گیاهی بر (گرم) در زمان صفر و M_t وزن بقایای گیاهی (گرم) در سیکل‌های زمانی می‌باشد (Olson, 1963; Song et al., 2011).

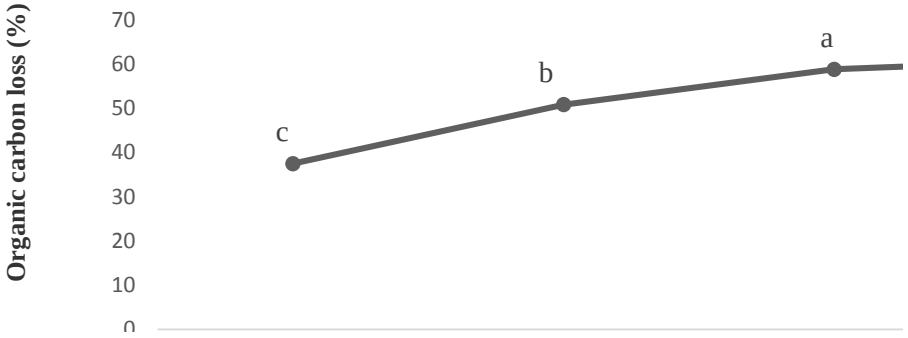
داده‌های حاصل از آزمایش به کمک نرم‌افزار SAS ۹,۱ تجزیه و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

تأثیر مدت زمان خوابانیدن بر میزان هدر رفت کربن و نیتروژن آلی و ثابت سرعت تجزیه آن‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مدت زمان خوابانیدن بقایا تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر هدررفت کربن و نیتروژن آلی داشت (جدول ۳). نتایج نشان داد که با گذشت زمان میزان هدررفت کربن و نیتروژن آلی افزایش یافت به‌طوری‌که یک ماه پس از خوابانیدن بقایا مقدار هدررفت کربن و نیتروژن آلی به‌ترتیب به میزان ۳۷/۴۵ و ۳۱/۸۷ درصد و چهار ماه پس از خوابانیدن بقایا مقدار هدررفت کربن و نیتروژن آلی به‌ترتیب به میزان ۶۱/۱۱ و ۴۰/۳۵ درصد اندازه‌گیری گردید (شکل‌های ۱ و ۲) همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بازه زمانی خوابانیدن بقایا تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر میزان ثابت سرعت تجزیه کربن و نیتروژن آلی داشت (جدول تجزیه واریانس گزارش نشده است). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار ثابت سرعت تجزیه کربن و نیتروژن آلی به‌ترتیب به‌میزان ۰/۰۱۵۷ و ۰/۰۱۱ ($روز/^{1}$) برای اولین ماه خوابانیدن و کمترین مقدار ثابت سرعت تجزیه کربن و نیتروژن آلی به‌ترتیب به‌میزان ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۹ ($روز/^{1}$) برای آخرین ماه خوابانیدن اندازه‌گیری شد (شکل‌های۳ و ۴).

فرآیند تجزیه مواد آلی در طی گذشت زمان بر میزان آزادسازی عناصر غذایی از مواد آلی و در نتیجه دسترسی گیاهان به عناصر غذایی موجود در خاک تأثیرگذار است. آگاهی از فرآیند زمانی تجزیه مواد آلی و هماهنگ‌سازی زمان انتشار مواد غذایی از بقایا با زمان نیاز گیاه بسیار مهم است. چون با هماهنگ‌سازی آزادسازی، زمان آزاد-سازی عناصر عذایی را با زمان نیاز گیاه هم‌زمان کنیم و در نتیجه از هدررفت مواد غذایی قابل جذب در اثر شستشو، رواناب و فرسایش جلوگیری می‌شود (Berg & McClaugherty, 2003).



شکل ۱- اثر مدت زمان خوابانیدن بر میزان هدررفت کربن آلی

Fig. 1- Effects of incubation periods of plant residues on organic carbon loss

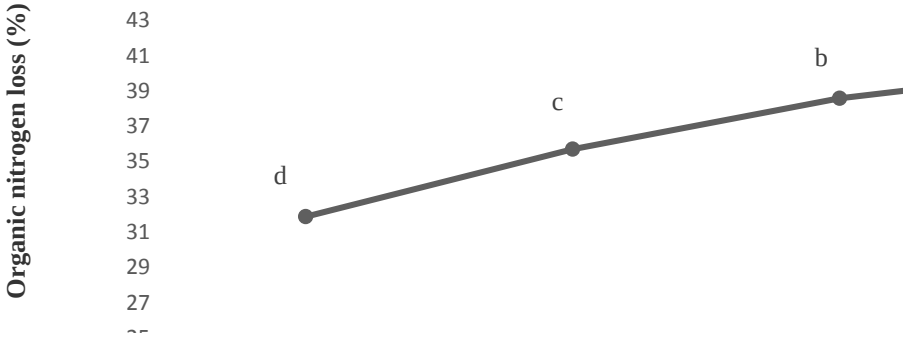
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر مدت زمان خوابانیدن و عمق جایگذاری و اندازه بقایای گندم بر دینامیک کربن و نیتروژن آلی

Table 3- Analysis of variance (Mean of Squares) showing the effects of incubation periods, depth of placement and size of wheat residues on dynamics of organic carbon and nitrogen

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	هدررفت کربن آلی (درصد) Organic carbon loss (%)	هدررفت نیتروژن آلی (درصد) Organic nitrogen loss (%)	ثابت سرعت تجزیه کربن آلی Organic carbon decomposition rate constant (Day^{-1})	ثابت سرعت تجزیه نیتروژن آلی Organic nitrogen decomposition rate constant (Day^{-1})
مدت زمان خوابانیدن Incubation periods (IP)	3	4104.9**	494.168**	0.00040150**	0.00040797**
اشتباه اصلی Main error	8	42. 7	6.561	0.00000594	0.00000039
عمق جایگذاری Placement depth (PD)	3	116.2**	180.761 **	0.00001402**	0.00001453**
عمق جایگذاری × مدت زمان خوابانیدن PD × IP	9	20.6 ns	3.076 ns	0.00000256ns	0.00000163ns
اشتباه فرعی Sub error	24	25.9	17.568	0.00000298	0.00000149
اندازه بقایا Size of residues (SR)	2	167.4**	107.662 *	0.00002385**	0.00000902*
مدت زمان خوابانیدن× اندازه بقایا IP ×SR	6	18.2 ns	14.6597 ns	0.00000340ns	0.00000209ns
عمق جایگذاری× اندازه بقایا PD× SR	6	13.1 ns	14.530 ns	0.00000197ns	0.00000149ns
مدت زمان خوابانیدن× عمق جایگذاری × اندازه بقایا IP× PD× SR	18	20.9 ns	4.294 ns	0.00000295ns	0.00000067ns
اشتباه فرعی− فرعی Sub-Sub error	64	13.0	24.799	0.00000207	0.00000285
ضریب تغییرات C.V (%)		6.92	13.59	12.62	24.80

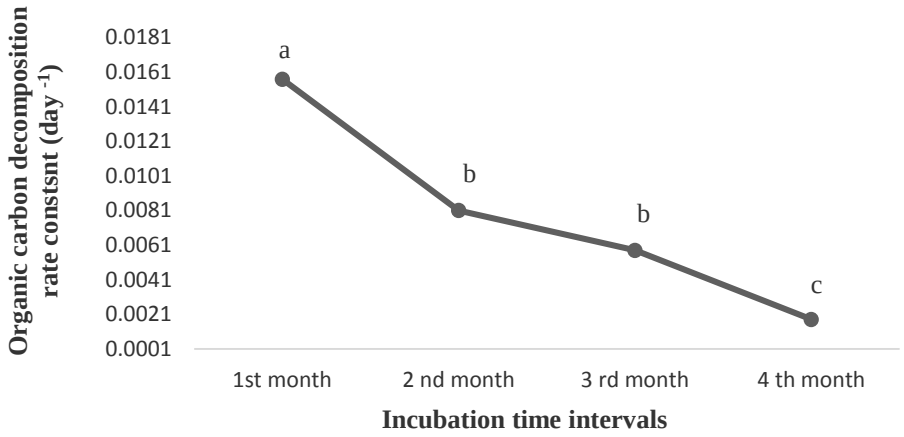
** و *: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح یک، پنج درصد و ns: غیرمعنی‌دار

**and *: Significant at 1% and 5% levels of probability, respectively, ns: none significant



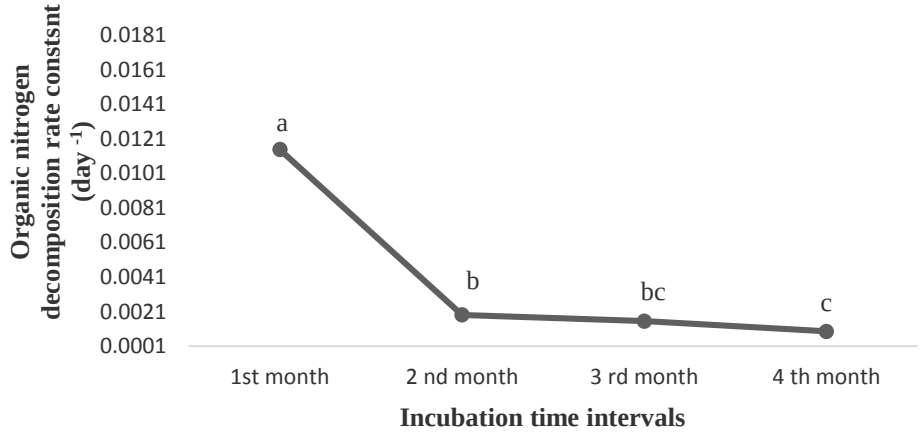
شکل ۲- اثر مدت زمان خوابانیدن بر میزان هدررفت نیتروژن آلی

Fig. 2- Effects of incubation periods of plant residues on organic nitrogen loss



شکل ۳- تأثیر بازه‌های زمانی خوابانیدن بر میزان ثابت سرعت تجزیه کربن آلی

Fig. 3- Effects of incubation time intervals on organic carbon decomposition rate constant



شکل ٤- تأثیر بازه‌های زمانی خوابانیدن بر میزان ثابت سرعت تجزیه نیتروژن آلی

Fig. 4- Effects of incubation time intervals on organic nitrogen decomposition rate constant

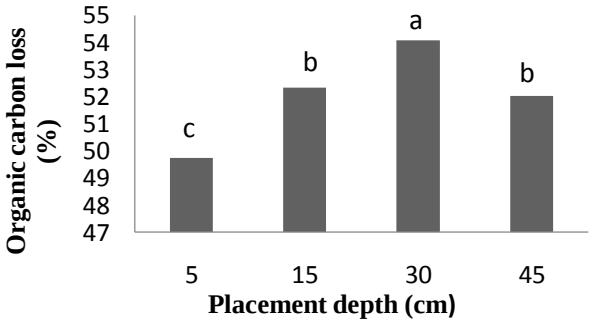
محققین گزارش کردند در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک در فصولی از سال (فروردین تا آبان) که دمای مناسب برای تجزیه بقایای گیاهی وجود دارد رطوبت خاک که متأثر از بارندگی است تعیین کننده سرعت تجزیه بقایای گیاهی بوده و بیشترین هدررفت و ثابت سرعت تجزیه کربن در ماه‌های فروردین و اردیبهشت بود (Shafiei et al., 2016). تجزیه بقایای گیاهی شامل سه مرحله است در مرحله اول که سرعت آن زیاد است مواد محلول در آب، سلولز و همی سلولزهای پوشیده نشده با لیگنین تجزیه می‌شوند و در این مرحله وزن بقایای گیاهی حدود ۴۰ درصد کاهش می‌یابد. در مرحله دوم، تخریب لیگنین سرعت تجزیه بقایا را کنترل می‌کند و در نهایت، در مرحله تولید شبه هوموس (مرحله سوم) سطح لیگنین تقریباً ثابت می‌ماند. در مرحله سوم سرعت تجزیه بقایا نزدیک به صفر است و کاهش وزن تجمعی بقایا به حد نهایی خود می‌رسد (Fog, 1988) که با یافته‌های ما مطابقت داشت.

تأثیر عمق جایگذاری بقایای گیاهی بر میزان هدررفت کربن و نیتروژن آلی و ثابت سرعت تجزیه آن‌ها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عمق جایگذاری بقایای گندم تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر میزان هدررفت کربن و نیتروژن آلی و ثابت سرعت تجزیه آن‌ها داشت (جدول ۳).

با افزایش عمق جایگذاری بقایا (تا عمق ۳۰ سانتی‌متری) میزان هدررفت کربن و نیتروژن آلی افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین

مقدار میانگین این پارامترها (به‌ترتیب به میزان ۵۴/۱ و ۸/ ۳۹ درصد) در عمق ۳۰ سانتی‌متری و کمترین مقدار آن‌ها (به‌ترتیب ۴۹/۷ و ۳۴/۵ درصد) در عمق پنج سانتی‌متری خاک مشاهده شد (شکل‌های۵ و ۶). همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار ثابت سرعت تجزیه کربن و نیتروژن آلی به‌ترتیب به میزان ۰/۰۱۲ و ۰/۰۰۷۶ ($روز/^{1}$) در عمق ۳۰ سانتی‌متری و کمترین مقدار ثابت سرعت تجزیه کربن و نیتروژن آلی به‌ترتیب به‌میزان ۰/۰۱۰۵ و ۰/۰۰۶۱ ($^{-1}$ روز) در عمق ۵ سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد (شکل‌های۷ و ۸). که علت آن را می‌توان وجود شرایط مطلوب برای تجزیه بقایای گیاهی (رطوبت، دما و تهویه) در این عمق دانست. تابش مستقیم آفتاب منجر به کاهش میزان رطوبت خاک، در لایه-های سطحی (عمق ۵ و ۱۵ سانتی‌متری) نسبت به لایه زیرین (عمق۳۰ سانتی‌متری) می‌شود که می‌تواند دلیل احتمالی سرعت کمتر تجزیه بقایا در لایه‌های سطحی نسبت به لایه زیرین خاک باشد. هدررفت کمتر کربن و نیروژن آلی در عمق ۴۵ سانتی‌متری نسبت به عمق ۳۰ سانتی‌متری می‌تواند به‌دلیل کمبود تهویه باشد. بررسی اثر عمق بر معدنی شدن کربن و نیتروژن آلی در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای نشان داد که جایگذاری عمیق بقایا (عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری) نسبت به جایگذاری سطحی بقایا (عمق ۵ سانتی‌متری) سرعت تجزیه و معدنی شدن کربن و نیتروژن آلی را به‌دلیل تأمین رطوبت، افزایش داد (Rovira & Vallejo, 1997) که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. بعضی از محققان نیز اختلاف معنی‌داری در سرعت معدنی شدن کربن آلی بقایای گیاهی که با خاک مخلوط شده بودند و همان بقایا که در سطح خاک قرار داشتند مشاهده نگردید (Abiven & Recous, 2007).

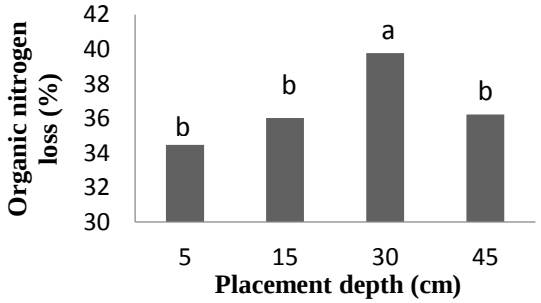


شکل ۵- اثر عمق جایگذاری بقایا بر میزان هدررفت کربن آلی

Fig. 5- Effect of residues placement depth on organic carbon loss

میانگین‌های دارای حرف مشترک در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 5% level of probability based on Duncans test.

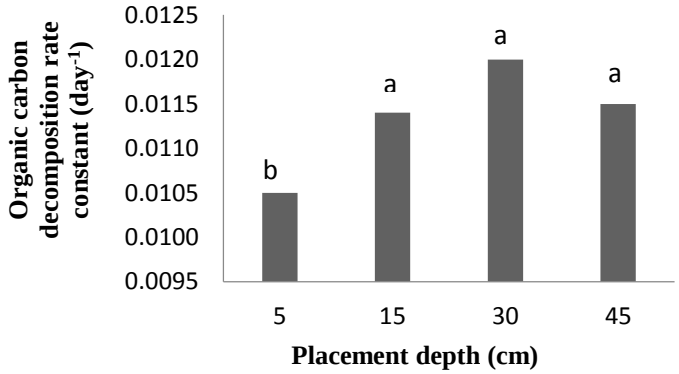


شکل ٦- اثر عمق جایگذاری بقایا بر میزان هدررفت نیتروژن آلی

Fig. 6- Effects of residues placement depth on organic nitrogen loss

میانگین‌های دارای حرف مشترک در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 5% level of probability based on Duncans test.

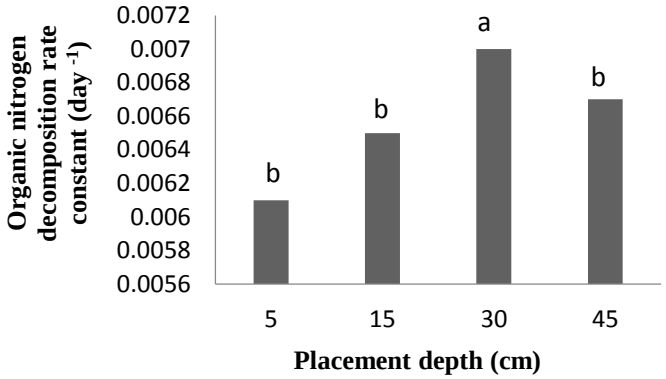


شکل ۷- اثر عمق جایگذاری بقایا بر میزان ثابت سرعت تجزیه کربن آلی

Fig. 7- Effects of residues placement depth on organic carbon decomposition rate constant

میانگین‌های دارای حرف مشترک در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 5% level of probability based on Duncans test.



شکل ۸- اثر عمق جایگذاری بقایا بر میزان ثابت سرعت تجزیه نیتروژن آلی

Fig. 8- Effects of residues placement depth on organic nitrogen decomposition rate constant

میانگین‌های دارای حرف مشترک در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 5% level of probability based on Duncans test.

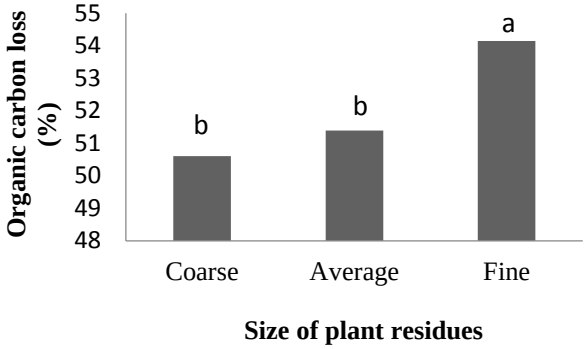
در مقابل بعضی از محققان گزارش کردند که سرعت معدنی شدن کربن آلی دو نوع بقایای گیاهی سویا (*Glycine max* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) که در سطح خاک قرار داشتند نسبت به همان نوع بقایای گیاهی که با خاک مخلوط شده بودند به‌خاطر دسترسی جامعه میکروبی به اکسیژن زیادتر، بیشتر بود (Li et al., 2013).

تأثیر اندازه بقایای گیاهی بر میزان هدررفت کربن و نیتروژن آلی و ثابت سرعت تجزیه

اندازه بقایای گیاهی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر میزان هدررفت کربن و نیتروژن آلی و ثابت سرعت تجزیه آن‌ها داشت (جدول ۳). مقدار هدررفت کربن و نیتروژن آلی برای اندازه‌های ریز، متوسط و بزرگ به‌ترتیب ۵۴/۱، ۵۱/۴ و ۵۰/۶ – ۳۸/۱، ۳۶/۷ و ۳۵/۱ درصد بود (شکل‌های ۹ و ۱۰). همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار ثابت سرعت تجزیه کربن و نیتروژن آلی به‌ترتیب به میزان ۰/۰۱۲۱ و ۰/۰۰۷۲ ($روز/^{1}$) در اندازه ریز و کمترین مقدار ثابت سرعت تجزیه کربن و نیتروژن آلی به‌ترتیب به میزان ۰/۰۱۰۷ و ۰/۰۰۶۴ ($روز/^{1}$) در اندازه بزرگ مشاهده شد (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). طرفدار و همکاران (Tarafdar et al., 2001) بیان کردند که با کاهش اندازه بقایا، تماس خاک با بقایا زیاد شده و تعداد ذرات بقایا در واحد حجم خاک افزایش می‌یابد که این امر منجر به توزیع بهتر مکان‌های تجزیه در خاک و دسترسی بیشتر جامعه میکروبی به بقایا می‌شود که در نهایت، تجزیه بیشتر بقایای گیاهی را به‌همراه دارد

(Tarafdar et al., 2001). نتایج پژوهش دیگری نیز نشان داد که در کوتاه مدت سرعت تجزیه بقایا در ذرات کوچک‌تر (۰/۰۲ سانتی‌متری) نسبت به ذرات بزرگ‌تر (۵ سانتی‌متری) بیشتر بود، اما در دراز مدت (۳۰۱ روز) تفاوتی بین سرعت تجزیه بقایای با اندازه مختلف مشاهده نگردید (Iqbal et al., 2011). محققان نشان دادند که در خاک شنی، تولید گاز دی‌اکسیدکربن با کاهش اندازه‌ی بقایای گیاهی افزایش یافت اما در خاک رسی، تولید آن در بقایای گیاهی با قطر کمتر از ۰/۲۵ میلی‌متر نسبت به اندازه‌های دیگر کمتر بود که دلیل آن را تثبیت بقایای گیاهی با کلوئیدهای خاک بیان کردند (Sims et al., 1970).

اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه عمق جایگذاری، اندازه بقایا و مدت زمان خوابانیدن بر میزان هدررفت کربن و نیتروژن آلی و ثابت سرعت تجزیه آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳).

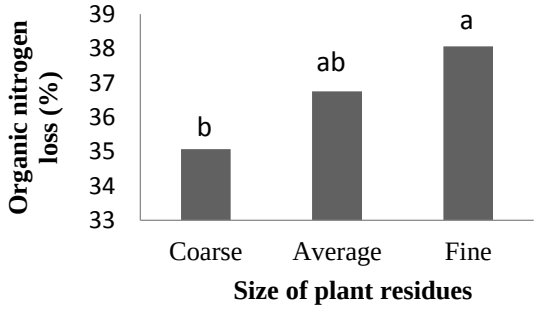


شکل ۹ - اثر اندازه ذرات بقایای گیاهی بر میزان هدررفت کربن آلی

Fig. 9- Effects of size of plant residues on organic carbon loss (Fine= 0.2-0.5 cm; Average= 1-2 cm; Coarse= 5-10 cm)

میانگین‌های دارای حرف مشترک در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 5% level of probability based on Duncans test.

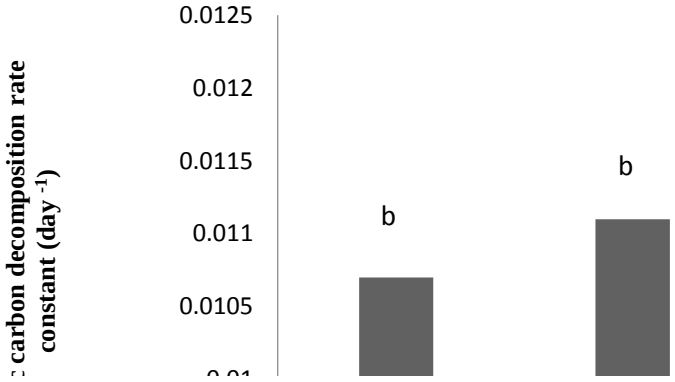


شکل ۱۰- اثر اندازه ذرات بقایا بر میزان هدر رفت نیتروژن آلی

Fig. 10- Effects of size of plant residues on organic nitrogen loss (Fine= 0.2-0.5 cm; Average= 1-2 cm; Coarse= 5-10 cm)

میانگین‌های دارای حرف مشترک در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 5% level of probability based on Duncans test.

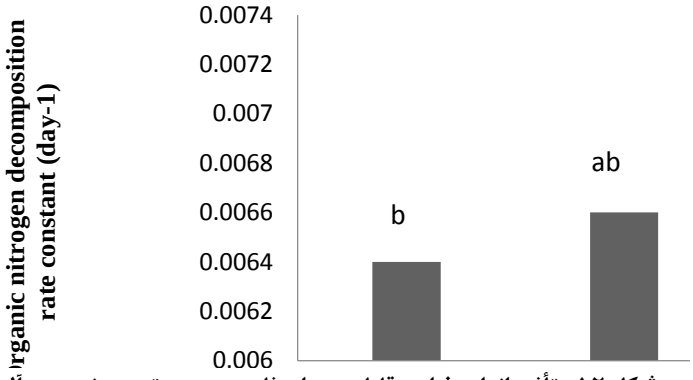


شکل ۱۱- اثر اندازه ذرات بقایا بر میزان ثابت سرعت تجزیه کربن آلی

Fig. 11- Effects of size of plant residues on organic carbon decomposition rate constant (Fine= 0.2-0.5 cm; Average= 1-2 cm; Coarse= 5-10 cm)

میانگین‌های دارای حرف مشترک در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 5% level of probability based on Duncans test.



شکل ۱۲- تأثیر اندازه ذرات بقایا بر میزان ثابت سرعت تجزیه نیتروژن آلی

Fig. 12- Effects of size of plant residues on organic nitrogen decomposition rate constant (Fine= 0.2-0.5 cm; Average= 1-2 cm; Coarse= 5-10 cm)

میانگین‌های دارای حرف مشترک در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at 5% level of probability based on Duncans test.

نتیجه‌گیری

با گذشت زمان مقدار هدررفت کربن و نیتروژن آلی افزایش و همچنین با ریزتر شدن اندازه بقایای گیاهی سرعت تجزیه بقایا افزایش یافت. جایگذاری بقایای گیاهی در عمق مناسب (۳۰ سانتی-متری) از طریق تأمین رطوبت و اکسیژن مورد نیاز جامعه‌میکروبی خاک سرعت تجزیه بقایا را افزایش داد، ولی سرعت تجزیه در اعماق بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر احتمالاً به‌دلیل محدود شدن تهویه و در اعماق کمتر از ۳۰ سانتی‌متر به‌دلیل کاهش میزان رطوبت قابل دسترس کاهش یافت.

منابع

Abiven, S., and Recous, S. 2007. Mineralisation of crop residues on the soil surface or incorporated in the soil under controlled conditions. Biology and Fertility of Soils 43(6): 849-852.

Berg, B., and MacClaughtery, C. 2008. Plant Litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. Springer-Verlag. New York.

AOAC: Official Methods of analysis, Method 978.04.

Angers, D.A., and Recous, S. 1997. Decomposition of wheat straw and rye residues as affected by particle size. Plant and Soil 189(2): 197-203.

Austin, A.T., and Vivanco, L. 2006. Plant litter decomposition in a semi-arid ecosystem controlled by photodegradation. Nature 442: 555- 558.

Berg, B., Johansson, M.B., and Meentemeyer, V. 2000. Litter decomposition in a transect of Norway spruce forests: substrate quality and climate control. Canadian Journal of Forest Research 30(7): 1136-1147.

Berg, B., and McClaugherty, C. 2003. Plant Litter: Decomposition, Humus Formation and Carbon Sequestration. Springer: Berlin, Gemany 311 pp.

Blume, H.P., Brümmer, G.W., Fleige, H., Horn, R., Kandeler, A.E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., and Wilke, B.M. 2015. Scheffer/Schachtschabel soil science. Springer. Germany p. 420.

Fog, K. 1988. The effect of added nitrogen on the rate of decomposition of organic matter. Biological Reviews 63(3): 433-462.

Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis, p. 383-411. In: Klute, A. (Ed), Methods of soil analysis, part 1: Physical and mineralogical methods. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.

Giacomini, S., Recous, S., Mary, B., and Aita, C. 2007. Simulating the effects of N availability, straw particle size and location in soil on C and N mineralization. Plant and Soil 301(1-2): 289-301.

Guntinas, M., Leiros, M., Trasar, C., and Gil, F. 2012. Effects of moisture and temperature on net soil nitrogen mineralization: a laboratory study. European Journal of Soil Biology 48: 73-80.

Hesse, P.R. 1971. A Text Book of Soil Chemical Analysis. John Murray. London. United Kingdom p. 520.

Iqbal, A., Garnier, P., Lashermes, G., and Recous, S. 2014. A new equation to simulate the contact between soil and maize residues of different sizes during their decomposition. Biology and Fertility of Soils 50(4): 645-655.

Kisselle, K.W., Garrett, C.J., Fu, S., Hendrix, P.F., Crossley Jr, D.A., Coleman, D.C., and Potter, R.L. 2001. Budgets for root-derived C and litter-derived C: comparison between conventional tillage and no tillage soils. Soil Biology and Biochemistry 33(7-8): 1067-1075.

Li, L.J., Han, X.Z., You, M.Y., Yuan, Y.R., Ding, X.L., and Qiao, Y.F. 2013. Carbon and nitrogen mineralization patterns of two contrasting crop residues in a Mollisol: Effects of residue type and placement in soils. European Journal of Soil Biology 54: 1-6

Murungu, F., Chiduza, C., Muchaonyerwa, P., and Mnkeni, P. 2011. Decomposition, nitrogen and phosphorus mineralization from winter-grown cover crop residues and suitability for a smallholder farming system in South Africa. Nutrient Cycling in Agroecosystems 89: 115-123.

Nelson, D.W., and Sommer, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter, p. 595- 624. In: A.L. Page (Eds.). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. Madison, W.I.

Olson, J.S. 1963. Energy storage and balance of producers and decomposition in ecological systems. Ecology Society of America 44(2): 322- 331

Oades, J.M. 1993. The role of biology on the formation, stabilization and degradation of soil structure. Geoderma 56: 377-400.

Puget, P., a nd Drinkwater, L. 2001. Short-term dynamics of root-and shoot-derived carbon from a leguminous green manure. Soil Science Society of America Journal 65(3): 771-779.

Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electerical conductivity and total dissolved soils, p. 417-435. In: Sparks, D.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical methods. Soil Science Society of America. Madison, WI.

Rovira, P., and Vallejo, V. 1997. Organic carbon and nitrogen mineralization under Mediterranean climatic conditions: the effects of incubation depth. Soil Biology and Biochemistry 29(9): 1509-1520.

Sims, J.L., and Frederick, L. R. 1970. Nitrogen immobilization and decomposition of corn residue in soil and sand as affected by residue particle size. European Journal of Soil Science 109(6): 355-361.

Shafiei, S., Golchin, A., and Delavar, M.A. 2016. Effect of residue nitrogen concentration and time duration on carbon mineralization rate of alfalfa residues in regions with different climatic conditions. Journal of Agroecology 8(3):

397-416. (In Persian with English Summary)

Song, C., Liu, D., Yang, G., Song, Y., and Mao, R. 2011. Effect of nitrogen addition on decomposition of Calamagrostis angustifolia litters from freshwater marshes of Northeast China. Ecological Engineering 37(10): 1578-1582.

Tate, III. R. L. 2000; Soil Microbiology. 2nd Edition. John Wiley and Sons. NY.

Tarafdar, J.C., Meena, S.C., and Kathju, S. 2001. Influence of straw size on activity and biomass of soil microorganisms during decomposition. European Journal of Soil Biology 37(3): 157-160.

Thomas, G.W. 1996. Soil pH soil acidity, P 475-490. In: Sparks D.L. (Ed.), Methods of soil analysis. Part 3, Chemical methods. ASA, Madison, WI.

Zibilske, L., and Bradford, J. 2007. Oxygen effects on carbon, polyphenols, and nitrogen mineralization potential in soil. Soil Science Society of America Journal 71(1): 133-139

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.3, Fall 2018, p. 719-732

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۷۳۲-۷۱۹

Effects of Size and Placement Depth of Plant Residues on Organic Carbon and Nitrogen Dynamics

V. Safi[1], A. Golchin [2] and S. Shafiei[3*]

Submitted: 24-10-2016
Accepted: 12-06-2017

Safi, V., Golchin, A., and Shafiei, S. 2018. Effects of size and placement depth of plant residues on organic carbon and nitrogen dynamics. Journal of Agroecology. 10(3):719-732.

Introduction

Prediction of mineralization rate of organic carbon and nitrogen amounts of plant residues is important due to plant nutrient management, carbon dioxide production and environmental issues. Plant residues characteristics such as total nitrogen content (N), carbon: nitrogen (C/N), lignin content and particle size, Soil characteristics (texture, structure, pH and the microbial population) and Climate (temperature and moisture) are the most important factors affecting plant residues decomposition. Decomposition process of plant residues is influenced by substrate quality, decomposer community and environmental factors. Within a given climatic region, litter chemistry is the main determinant of litter decomposition. Litter decay and nutrient release are controlled by the litter quality, including the nitrogen (N) concentration of the litter, the carbon to nitrogen (C/N) ratio, as well as other chemical properties.

Materials and methods

To investigate the effects of size and placement depth of plant residues on organic carbon and nitrogen dynamics, a split – split plot layout based on a randomized complete block design and three replications was conducted using litter bag method. The factors were depths of incubation periods of plant residues (1, 2, 3 and 4 months), placement of plant residues (5, 15, 30 and 45 cm) and sizes of plant residues (0.2 - 0.5, 1 - 2 and 5 - 10 cm) which were located in main, sub and sub-sub plots respectively. At the end of the incubation period, the litter bags were pulled out of the pots; after the weights of the remaining plant residues in the bags were measured, the residue organic carbon was measured via the dry combustion method at 450°C for 5 h and the total nitrogen via the kjeldahl method. We analyzed the collected data during desert-lab studies by SAS/STAT software release 9.1. Statistical differences among size and placement depth of plant residues and time duration were determined using a generalized linear model (Proc GLM), $P \leq 0.05$ and LSMEANS, which allows mean comparisons even when data points are missing.

Results and discussion

Results of data variance decomposition indicated that size and placement depth of plant residues had a significant effect on carbon and nitrogen loss at the probable level of 1% .The highest organic carbon and nitrogen loss were measured after four month of incubation and when the size and the depth of placement of plant residues were 0.2 - 0.5 and 30 cm, respectively. The lowest organic carbon and nitrogen loss were also obtained after the first month of incubation and when the size and the depth of placement of plant residues were 5 - 10 and 5 cm, respectively. After four months of incubation 49.73 and 54.07% of organic carbon and 34.48 and 39.78 of organic nitrogen of plant residues mineralized when the depths of placement of plant residues were 5 and 30cm respectively. Aridity, soil hilling and availability to nutrients are determining factors of the carbon cycle in the decomposition process. Conceptually and analytically advanced models from diverse studies suggest three factors affecting decomposition in arid ecosystems: quality and quantity of the organic matter under decomposition, the physical environment (including temperature, precipitation and soil type) and the nature and entity of the decomposing organs in the soil.

Conclusion

From the results it was concluded that when the soil moisture level is a limiting factor for plant residue

۱ 1, 2 and 3- MSc. Student, Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan and Assistant professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: saeid55@gmail.com)
DOI: 10.22067/jag.v10i3.56880

mineralization, increasing the depth of placement of plant residues enhances the rate of mineralization of organic carbon by providing sufficient moisture for plant residues decomposition. The results also showed that reducing plant residues particle size with increases the surface area and plant residues contact with the soil, enhances the rate of decomposition of plant residues.

Keywords: Incubation periods, Residue decomposition rate constant, Wheat residue