تاثیراندازه و عمق جایگذاری بقایای گیاهی بر معدنی شدن کربن آلی

وحیده صفی [۱]، احمد گلچین [۲]، سعید شفعیی [۳]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه زنجان، ۲- استاد گروه علوم خاک دانشگاه زنجان، ۳-دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشگاه زنجان

چکیده
پیش‌بینی سرعت تجزیه و معدنی شدن کربن آلی بقایای گیاهی به‌لحاظ مدیریت موادغذایی خاک، تولید گاز دی‌اکسیدکربن و از نظر زیست محیطی حائز اهمیت فراوان است. به‌منظور بررسی تاثیر اندازه و عمق جایگذاری بقایای گیاهی بر دینامیک کربن آلی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت- اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی در مزرعه روی بقایای نخودفرنگی در سه تکرار و به روش کیف کلش اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل عمق جایگذاری بقایا در چهار سطح (۵، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر)، اندازه بقایا در سه سطح (۲/۰ تا ۵/۰، ۱ تا ۲ و ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر) و مدت زمان خوابانیدن بقایا در چهار سطح (۱، ۲، ۳ و ۴ ماه) بودند که به‌ترتیب در کرت‌های فرعی-فرعی، فرعی و اصلی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار هدر رفت کربن آلی در عمق ۳۰ سانتی‌متری و بازه زمانی اول برای بقایای گیاهی با اندازه ۲/۰ تا ۵/۰ سانتی‌متر (ریز) و کمترین مقدار هدر رفت کربن در عمق ۵ سانتی‌متری و بازه زمانی چهارم برای بقایای گیاهی با اندازه ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر (بزرگ) اندازه‌گیری شد. در این آزمایش ۵/۶۵ تا ۵/۶۹ درصد از کربن آلی بقایای نخودفرنگی در یک دوره چهار ماهه وقتی بقایا به‌ترتیب در عمق ۵ و ۳۰ سانتی‌متری خاک جایگذاری شد تلف گردید. از نتایج چنین استنباط می‌شود زمانی‌که کمبود رطوبت خاک عامل محدود کننده برای تجزیه بقایای گیاهی می‌باشد افزایش عمق جایگذاری بقایا از طریق تامین رطوبت لازم برای تجزیه باعث افزایش سرعت معدنی شدن کربن آلی می‌شود.

کلمات کلیدی: اندازه بقایای گیاهی، عمق جایگذاری بقایای گیاهی، دینامیک کربن آلی، نخودفرنگی

مقدمه
ماده آلی خاک، شامل بیوماس و متابولیت‌های میکروبی، بقایای گیاهی و جانوری، نیمه تجزیه شده و کاملا پوسیده است. که نقش اساسی در تامین مواد معدنی و انرژی مورد نیاز گیاهان و موجودات خاك دارد و با کلاته کردن عناصر غذایی، آن‌ها را به شکل قابل جذب گیاه در خاك نگه می‌دارد، ماده آلی خاکدانه‌سازی و توسعه ریشه را افزایش داده و نفوذپذیری خاك و راندمان آب مصرفی را افزایش می‌دهد و ماده آلی خصوصیات فیزیکی خاك را بهبود بخشیده و عملیات کشاورزی را تسهیل می کند (Allison, ۱۹۷۳).به‌همین دلیل ماده آلی در چند دهه اخیر در اکوسیستم‌های کشاورزی مورد توجه زیاد قرار گرفته است (Puget and Drinkwater, ۲۰۰۱).دینامیک کربن و سرعت تجزیه 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 (Zibilske and Bradford, ۲۰۰۷;.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., ۲۰۰۱). به‌همین دلیل جایگذاری بقایا در اعماق مختلف خاک می‌تواند بر دینامیک آن‌ها موثر باشد، با تغییر اندازه‌ی بقایای گیاهی سطح تماس آن‌ها با خاک تغییر کرده که این امر نیز می‌تواند بر سرعت تجزیه آن‌ها تاثیرگذار باشد. بنابراین با تغییر اندازه بقایای گیاهی و تنظیم عمق جایگذاری آن‌ها 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., ۲۰۰۷) نتایج تحقیقات نشان دادند تجزیه بقایای گیاهی خرد شده نسبت به بقایای درشت و دست نخورده سریع‌تر بوده (Angers and Recous, ۱۹۹۷). با این حال جایگذاری خیلی عمیق بقایا نیز با محدود کردن تهویه از سرعت تجزیه آن‌ها می‌کاهد و بقایای گیاهی خیلی ریز با مواد معدنی پوشیده شده، و از تجزیه میکروبی در امان می‌ماند. به‌همین دلیل تاثیر عمق جایگذاری بقایا و اندازه آن‌ها بر سرعت معدنی شدن کربن آلی کاملا" مشخص نیست و لازم است تحقیقات بیشتری در این زمینه انجام شود (Li et al., ۲۰۱۳; Tarafdar et al., ۲۰۰۱). لذا این تحقیق به منظور بررسی تاثیر عمق جایگذاری و اندازه بقایا بر دینامیک کربن آلی در شرایط آب و هوای سرد و خشک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مرداد ماه ۱۳۹۳ به مدت چهار ماه در محوطه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان واقع در عرض شمالی ۴۱/۳۶ درجه، طول شرقی ۲۹/۴۸ درجه و ارتفاع ۱۶۶۳ متر از سطح دریا در شرایط آب و هوایی سرد و خشک به‌صورت یک آزمایش اسپلیت- اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کاملا" تصادفی در مزرعه روی بقایای گیاهی نخودفرنگی در سه تکرار و به روش کیف‌کلش اجرا گردید. مدت زمان 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 (۲/۰ تا ۵/۰، ۱ تا ۲ و ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر به‌ترتیب ریز، متوسط و بزرگ) در کرت فرعی- فرعی قرار داده شدند.

نمونه‌برداری و تجزیه خاک:

برای انجام این تحقیق از عمق صفر تا ۴۵ سانتی‌متری محل آزمایش یک نمونه مرکب تهیه و به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. بافت خاک به روش هیدرومتر، pH در عصاره گل اشباع به کمک دستگاه pH متر، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع به کمک دستگاه هدایت‌سنج، نیتروژن کل، به روش کجلدال (Hesse, ۱۹۷۱)، و میزان کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (Nelson and Samers, ۱۹۹۶) اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیای محل آزمایش

واکنش خاک	هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیتروژن کل	بافت خاک		رس	سیلت	شن
	dS/m	درصد				درصد		
۹۰/۷	۷۶/۰	۱۲/۱	۱۱/۰	لوم رسی	۴۶	۳۰	۲۴	

نمونه‌برداری و تجزیه بقایای گیاهی:

بقایای گیاه نخودفرنگی (شامل ساقه و برگ) بعد از انتقال به آزمایشگاه در اندازه‌های مختلف خرد و در آون با دمای ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. مقداری از این بقایا برای تعیین ویژگی‌های شیمیایی انتخاب و آسیاب شد. کربن آلی در این نمونه به روش اکسیداسیون تر و نیتروژن کل به روش کجلدال اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه بقایای نخودفرنگی در جدول ۲ گزارش شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیای بقایای گیاه نخودفرنگی

کربن آلی	نیتروژن کل	C/N
درصد		
۵۴/۳۹	۴/۱	۲۴/۲۸

تهیه کیف‌های کلش:

ابتدا یک توری پلاستیکی با قطر منافذ ۵/۰ میلی‌متر انتخاب سپس کیف‌هایی با ابعاد ۲۰×۱۵ سانتی‌متر از آن تهیه گردید. پس از قرار دادن وزن مشخصی (۲۰ گرم) از بقایا با اندازه مختلف در کیف‌ها، آن کیف‌ها در اعماق مختلف خاک طبق طرح آزمایشی مورد استفاده در آزمایش دفن شدند. نمونه‌ها بعد از دفن شدن در خاک به کمک سیستم آبیاری قطره‌ای آبیاری شدند.

زمان نمونه‌برداری و نحوه آماده سازی بقایای گیاهی:

از بقایای گیاهی دفن شده در خاک در فواصل زمانی مختلف (۱، ۲، ۳ و ۴ ماه) نمونه‌برداری انجام و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند بقایای گیاهی داخل کیف‌های کلش پس از خشک شدن در آون در دمای ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد جهت تجزیه‌های بعدی آسیاب شدند(Austin and Vivanco, ۲۰۰۶). در بقایای گیاهی کربن آلی به روش خاکستر کردن در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت (Murungu et al., ۲۰۱۰). و هدر رفت کربن از کسر کربن باقیمانده در هر بازه زمانی از کربن باقیمانده در بازه زمانی قبل محاسبه گردید. داده‌های حاصل از آزمایش به کمک نرم افزار SAS تجزیه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

تاثیر عمق جایگذاری بقایای گیاهی بر هدر رفت کربن آلی

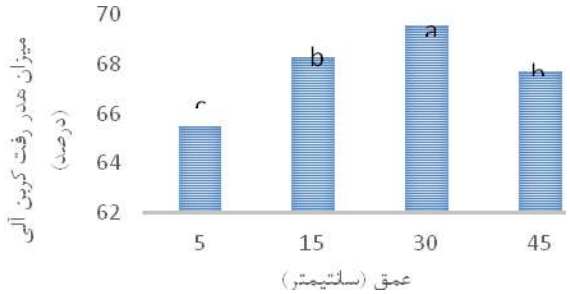
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عمق جایگذاری بقایا تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر میزان هدر رفت کربن آلی داشت (جدول ۳).

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس تاثیر زمان خوابانیدن و عمق جایگذاری و اندازه بقایا بر دینامیک کربن آلی بقایای نخودفرنگی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		هدررفت کربن	کربن باقی‌مانده
		درصد	
مدت زمان خوابانیدن	۳	۹۱۴۰۶۲/۱۴۴۳**	۹۱۴۰۶۲/۱۴۴۳**
اشتباه اصلی	۸	۷۳۱۹۳۸/۱۳	۷۳۱۹۳۸/۱۳
عمق جایگذاری بقایا	۳	۰۷۳۷۳۱/۹۳**	۰۷۳۷۳۱/۹۳**
عمق جایگذاری × مدت زمان خوابانیدن	۹	۱۹۶۶۶۳/۱۳*	۱۹۶۶۶۳/۱۳*
اشتباه فرعی	۲۴	۹۵۴۸۲۶/۶	۹۵۴۸۲۶/۶
اندازه بقایا	۲	۹۹۶۳۷۰/۲۷**	۹۹۶۳۷۰/۲۷**
اندازه بقایا× مدت زمان خوابانیدن	۶	۵۰۶۰۴۳/۱۲ns	۵۰۶۰۴۳/۱۲ns
عمق جایگذاری× اندازه بقایا	۶	۵۸۹۲۸۱/۴ns	۵۸۹۲۸۱/۴ns
عمق جایگذاری × اندازه بقایا × زمان خوابانیدن	۱۸	۳۱۰۳۰۲/۷ns	۳۱۰۳۰۲/۷ns
اشتباه فرعی- فرعی	۶۴	۰۷۵۸۹۲/۶	۰۷۵۸۹۲/۶
ضریب تغییرات (CV)		۶۳/۳	۶۵/۷

**** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک، پنج درصد و ns غیر معنی‌دار می‌باشد**

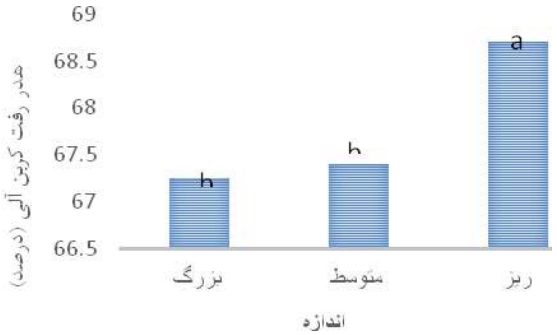
نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین مقدار هدر رفت کربن آلی به میزان ۵۸/۶۹ درصد در عمق ۳۰ سانتی‌متری و کمترین مقدار هدر رفت کربن آلی به میزان ۵۱/۶۵ درصد در عمق ۵ سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد (شکل ۱) که علت آن را می‌توان وجود شرایط مطلوب برای تجزیه بقایای گیاهی (رطوبت، دما و تهویه) در این عمق دانست. تابش مستقیم آفتاب منجر به کاهش میزان رطوبت خاک، در لایه‌های سطحی خاک (عمق ۵ و ۱۵ سانتی‌متری) می‌شود و این لایه‌های سطحی نسبت به لایه‌های زیرین (عمق ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متری) دارای رطوبت کمتری هستند که می‌تواند دلیل احتمالی سرعت کمتر تجزیه بقایا در لایه‌های سطحی نسبت به لایه‌های زیرین خاک باشد. علت هدر رفت کمتر کربن آلی در عمق ۴۵ سانتی‌متری نسبت به عمق ۳۰ سانتی‌متری احتمالا" کمبود تهویه است. نتایج تحقیقی که در رابطه با اثر عمق بر معدنی شدن کربن و نیتروژن آلی در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای انجام شد نشان داد که جایگذاری عمیق بقایا (عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری) نسبت به جایگذاری سطحی بقایا (عمق ۵ سانتی‌متری) برای تجزیه و معدنی شدن کربن آلی به دلیل تامین رطوبت، بهتر بود (Rovira and Vallejo, ۱۹۹۷).که با یافته‌های ما مطابقت داشت. در مقابل بعضی از محققان اختلاف معنی‌داری بین بقایای گیاهی که با خاک مخلوط شده بود و همان بقایای که در سطح خاک قرار داشت از لحاظ معدنی شدن کربن آلی مشاهده نکردند (Abiven and Recous, ۲۰۰۷) . بعضی از محققان دیگر نیز بر خلاف نتایج ما گزارش کردند که معدنی شدن کربن در دو نوع بقایای گیاهی (سویا و ذرت) که در سطح خاک قرار داشتند نسبت به همان نوع بقایای که با خاک مخلوط شده بودند به خاطردسترسی جامعه میکروبی به اکسیژن بیشتر، سریع‌تر بود ((Li et al., ۲۰۱۳.



شکل۱ -اثر عمق جایگذاری بقایا بر میزان هدر رفت کربن آلی بقایای نخودفرنگی

تاثیر اندازه‌ی بقایای گیاهی بر میزان هدر رفت کربن آلی

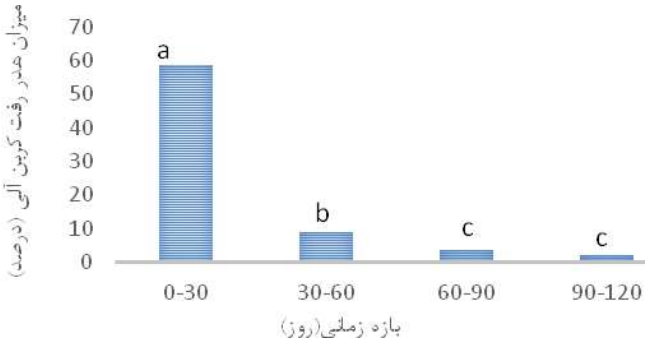
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اندازه‌های بقایای گیاهی تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر میزان هدر رفت کربن آلی داشت (جدول ۳). مقدار هدر رفت کربن برای اندازه‌های ریز، متوسط و بزرگ بقایا به ترتیب ۷۰/۶۸، ۴۰/۶۷و ۲۵/۶۷ درصد بود (شکل ۲). محققین قبلی نیز بیان کردند که با کاهش اندازه بقایا، تماس خاک با بقایا زیاد شده و تعداد ذرات بقایا در واحد حجم خاک افزایش می‌یابد که این امر منجر به توزیع مکان‌های تجزیه در خاک و دسترسی بیشتر جامعه میکروبی به بقایا می‌شود که در نهایت تجزیه بیشتر بقایای گیاهی را به همراه دارد(Tarafdar et al., ۲۰۰۱). محققان همچنین نشان دادند که در کوتاه مدت سرعت تجزیه در ذرات کوچکتر (۰۲/۰ سانتی‌متری) نسبت به ذرات بزرگتر (۵سانتی‌متری) بیشتر بود. اما در دراز مدت (۳۰۱ روز) هیچ تفاوتی در بین سرعت تجزیه بقایای با اندازه مختلف مشاهده نکردند (Iqbal et al., ۲۰۱۴).



شکل ۲- تاثیر اندازه ذرات بقایا بر هدر رفت کربن آلی بقایای نخودفرنگی

تاثیر بازه‌های زمانی خوابانیدن بر هدر رفت کربن آلی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بازه‌های زمانی خوابانیدن بقایا تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر هدر رفت کربن داشت. بیشترین مقدار هدر رفت کربن در بازه زمانی اول(صفر تا ۳۰ روز)، به میزان ۷۷/۵۸ درصد و کمترین مقدار هدر رفت کربن در بازه زمانی چهارم (۹۰ تا ۱۲۰ روز) به میزان ۹۱/۱ درصد بدست آمد (شکل ۳). فرایند زمانی تجزیه مواد آلی، بر میزان دسترسی گیاهان به عناصر غذایی موجود در خاک تاثیر گذار است .(Berg and Mcclaugherty, ۲۰۰۸) تجزیه بقایای گیاهی شامل سه مرحله است که در مرحله اول 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 تقریبا ثابت می‌ماند. در مرحله سوم سرعت تجزیه بقایا نزدیک به صفر است و کاهش وزن تجمعی بقایا به حد نهایی خود می‌رسد(Fog, ۱۹۸۸).



شکل ۳- تاثیر بازه‌های زمانی خوابانیدن بر هدر رفت کربن آلی

نتیجه گیری کلی

جایگذاری بقایای گیاهی در عمق مناسب (۳۰ سانتی‌متری) از طریق تامین رطوبت و اکسیژن مورد نیاز جامعه‌میکروبی خاک سرعت تجزیه را افزایش داد. سرعت تجزیه در اعماق بیشتر بدلیل محدودیت تهویه و در اعماق کمتر بدلیل محدودیت رطوبت کاهش یافت. بیشترین مقدار هدر رفت کربن در یک ماهه اول خوابانیدن اتفاق افتاد و با ریزتر شدن اندازه بقایا سرعت تجزیه افزایش یافت.

منابع

Allison F. E. ۱۹۷۳. Soil organic matter and its role in crop production. Development in Soil Science ۳, Elsevier Science Publishing Company. New York

Abiven S. and Recous S. ۲۰۰۷.Mineralisation of crop residues on the soil surface or incorporated in the soil under controlled conditions. Biology and Fertility of Soils, ۴۳(۶): ۸۴۹-۸۵۲.

Fog K. ۱۹۸۸. The effect of added nitrogen on the rate of decomposition of organic matter. Biological Reviews, ۶۳(۳): ۴۳۳-۴۶۲.

Giacomini S., Recous S., Mary B. and Aita C. ۲۰۰۷.Simulating the effects of N availability, straw particle size and location in soil on C and N mineralization. Plant and Soil,۳۰۱(۱-۲): ۲۸۹-۳۰۱.

Guntinas M., Leiros M., Trasar C. and Gil F. ۲۰۱۲. Effects of moisture and temperature on net soil nitrogen mineralization : a laboratory study. European Journal of Soil Biology, ۴۸: ۷۳-۸۰.

Hesse P.R. ۱۹۷۱.A text book of soil chemical analysis. John Murray, London.

Iqbal A., Garnier P., Lashermes G. and Recous S. ۲۰۱۴.A new equation to simulate the contact between soil and maize residues of different sizes during their decomposition. Biology and Fertility of Soils, ۵۰(۴): ۶۴۵-۶۵۵.

Kisselle K., Garrett C.Fu.S. Hendrix P., Crossley Jr. D., Coleman D. and Potter R. ۲۰۰۱. Budgets for root-derived C and litter-derived C : comparison between conventional tillage and no tillage soils. Soil Biology and Biochemistry, ۳۳(۷): ۱۰۶۷-۱۰۷۵.

Li L.J., Han X.Z., You M.Y., Yuan Y.R., Ding X.L. and Qiao Y.F. ۲۰۱۳. 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, ۵۴: ۱-۶.

Nelson D.W. and Sommer L.E. ۱۹۸۲.Total carbon, organic carbon, and organic matter.Pp. ۵۹۵- ۶۲۴. In: A. L. Page (eds.). Methods of soil analysis.Part ۲.Chemical and Microbiological Properties.American Society of Agronomy, Madison.W I.

Puget P. and Drinkwater L. ۲۰۰۱.Short-term dynamics of root-and shoot-derived carbon from a leguminous green manure. Soil Science Society of America Journal, ۶۵(۳): ۷۷۱-۷۷۹.

RoviraP.and Vallejo V. ۱۹۹۷. Organic carbon and nitrogen mineralization under Mediterranean climatic conditions : the effects of incubation depth. Soil Biology and Biochemistry, ۲۹(۹): ۱۵۰۹-۱۵۲۰.

Tarafdar J.C., Meena S.C. and Kathju S. ۲۰۰۱. Influence of straw size on activity and biomass of soil microorganisms during decomposition. European Journal of Soil Biolog, ۳۷(۳): ۱۵۷-۱۶۰.

Yavitt J.B. and Fahey T.J. ۱۹۸۶. Litter decay and leaching from the forest floor in Pinuscontorta (lodgepole pine) ecosystems. The Journal of Ecolog, ۵۲۵-۵۴۵.

Zibilske, L. and Bradford, J. ۲۰۰۷. Oxygen effects on carbon, polyphenols, and nitrogen mineralization potential in soil. Soil Science Society of America Journa, ۷۱(۱): ۱۳۳-۱۳۹.

Abstract

Pridiction of mineraligation rate of organic carbon of plant residues is inportant with respect to plant nutrient management, carbon dioxide production and environmental issues.To investigate The effects of size and depth of placement of plant residues on organic carbon dynamics, a split - split plot exprement with randomized complete block design and three replications was conducted using litter bag method. The factors examined were sizes of plant residues (۰.۲-۰.۵, ۱-۲ and ۵-۱۰), depths of placement of plant residues (۵, ۱۵, ۳۰ and ۴۵ cm) and incubation periods of plant residues (۱,۲,۳ and ۴ months) which were located in sub - sub, sub and main plots respectively. The highest organic carbon loss was measured for the first month of incubation and when the size and the depth of placement of plant residues were ۰.۲-۰.۵cm and ۳۰cm respectively. The lowest organic carbon loss was also

obtained for the fourth month of incubation and when the size and the depth of placement of plant residues were ۵-۱۰cm and ۵cm respectively.After four months of incubaion ۶۵.۵ and ۶۹.۵% of organic carbon of plant residues mineraliged when the depths of placement of plant residues were ۵ and ۳۰cm respectively. From the results it was concluded that when the soil moisture level is a limiting factor for plant residue mineraligatian, increasing the depth of placement of plant residues enhances the rate of mineraligation of organic carbonby providing for plant residuse decomposition sufficient moisture.