تاثیر میزان رطوبت خاک بر دینامیک کربن آلی

زهرا نجفی [۱]، احمد گلچین [۲]، سعید شفیعی [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
میزان کربن آلی خاک توسط دو فاکتور اساسی شامل میزان کربن ورودی به خاک و سرعت تجزیه‌ی آن کنترل می‌شود. به منظور بررسی تاثیر میزان رطوبت خاک بر دینامیک کربن آلی یک آزمایش اسپلیت اسپلیت پلات با سه تکرار و با استفاده از کیف کلش به اجرا در آمد. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش شامل دو نوع بقایای گیاهی (جو و یونجه)، سطوح رطوبتی خاک در پنج سطح (۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد رطوبت اشباع) و مدت زمان خوابانیدن بقایا در چهار سطح (۱، ۲، ۳ و ۴ ماه) بودند که به ترتیب در کرت‌های اصلی، فرعی و فرعی- فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان دادند که مقدار هدررفت کربن در رطوبت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد رطوبت اشباع برای بقایای یونجه به ترتیب ۰۵/۱۲، ۲۱/۵۴، ۵۹/۷۰، ۵۲/۶۶ و ۴۲/۶۲ و برای بقایای جو به ترتیب ۳۶/۱۰، ۳۷/۴۸، ۶۳/۶۰، ۳۸/۵۹ و ۲۹/۵۵ درصد کربن اولیه بود. نتایج همچنین نشان دادند که کمبود رطوبت خاک در مقایسه با کمبود تهویه عامل محدود کننده‌تری برای تجزیه‌ی بقایای گیاهی بود.

واژه های کلیدی: رطوبت خاک، کربن آلی، تجزیه، کلش

مقدمه
یکی از مهم‌ترین عوامل در توسعه کشاورزی و تأمین غذای بشر، حفظ باروری خاك است. با توسعه و پیشرفت صنعت کشاورزی، استفاده از کودها و سموم شیمیایی به طور چشمگیری افزایش یافته است. استفاده‌ی بی‌رویه از کودهای شیمیایی در چهار الی پنج دهه‌ی اخیر منجر به کاهش استفاده از بقایای گیاهی و کودهای آلی گردیده است. در سال‌های گذشته پیامدهای ناشی از سوء مدیریت بر تعادل و چرخه انرژی و مواد و نهایتا باروری خاک شناخته شده نبود اما افزایش آگاهی نسبت به جنبه‌های زیست محیطی کیفیت خاک و تولیدات گیاهی منجر به افزایش تمایل زارعین نسبت به استفاده از بقایای گیاهی، کودهای سبز و دیگر کودهای آلی در خاک شده است (Kumar and Goh, ۲۰۰۰).

در حال حاضر مدیریت بقایای گیاهی به دلیل اثرات گوناگون آن بر روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک توجهات زیادی را به خود جلب نموده است. افزودن مواد آلی (OM) به خاک از طریق بقایای گیاهی منجر به بهبود ساختمان خاک، افزایش نفوذ آب و هوا به داخل خاک، کنترل دما و کاهش میزان رواناب و فرسایش خاک می‌شود و انجام عملیات خاکورزی را تسهیل می‌نماید. مقدار مواد غذایی که توسط بقایای گیاهی به خاک اضافه می‌شود، قابل ملاحظه است. بنابراین تعیین اندازه مخازن و سرعت بازگشت بقایای گیاهی مختلف به‌منظور افزایش بهره‌وری از مواد مغذی موجود در بقایای گیاهی و کاهش میزان هدررفت آن‌ها، افزایش کیفیت خاک و بهبود رشد گیاهان امری مهم و ضروری است (Kumar and Goh, ۲۰۰۰).

میزان کربن آلی خاک توسط دو فاکتور اساسی شامل میزان کربن ورودی به خاک (کمیت و کیفیت بقایای گیاهی) و سرعت تجزیه آن کنترل می‌شود (Lutzow et al, ۲۰۰۶).

ترکیبی از فاکتورهای محیطی و بیولوژیکی در معدنی شدن کربن آلی در خاک نقش دارند و میکروب‌ها عامل اصلی در تجزیه کلش و بقایای گیاهی هستند. فاکتورهای غیر زنده شامل دما، نوع خاک، چگالی ظاهری، رطوبت خاک و کیفیت آب آبیاری نیز از طریق تاثیرگذاری بر فعالیت‌های میکروبی بر معدنی شدن کربن آلی موثرند (Silveira et al, ۲۰۱۱). سرعت معدنی شدن کربن آلی در مناطقی با دما و رطوبت بالا نسبت به مناطق سرد و خشک بیشتر است (Moorhead et al, ۱۹۹۹). با توجه به رابطه‌ی معکوس بین رطوبت خاک و میزان تهویه هدف این آزمایش بررسی تاثیر سطوح مختلف رطوبت خاک بر دینامیک بقایای گیاهی یونجه و جو بود.

مواد و روش‌ها
به‌منظور مطالعه تاثیر رطوبت خاک بر دینامیک بقایای یونجه و جو یک آزمایش اسپلیت اسپلیت پلات با سه تکرار و با استفاده از کیف کلش به اجرا در آمد. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش شامل دو نوع بقایای گیاهی (جو و یونجه)، سطوح رطوبتی خاک در پنج سطح (۱۰،۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد رطوبت اشباع) و زمان نمونه‌برداری در چهار سطح (۱، ۲، ۳ و ۴ ماه) بودند که به ترتیب در کرت‌های اصلی، فرعی و فرعی- فرعی قرار داده شدند. در این آزمایش کیف‌های حاوی کلش در عمق پنج سانتی‌متری خاک گلدان‌هایی که رطوبت‌های آن‌ها در حد مشخصی تنظیم گردیدند جایگذاری شدند. طرح آزمایشی مورد استفاده در این آزمایش طرح کاملا تصادفی بود.

نمونه‌برداری و تجزیه‌ی خاک

برای انجام این پژوهش حدود ۲۵۰ کیلوگرم خاک زراعی از لایه‌ی سطحی (عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری) تهیه و به گلخانه منتقل گردید. پس از همگن نمودن نمونه‌ی تهیه شده و هوا خشک کردن و عبور دادن آن از الک دو میلیمتری به‌صورت نمونه‌های فرعی دو کیلویی درگلدان‌های پلاستیکی توزیع گردید. کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر در مجاورت بی‌کرومات پتاسیم و اسید سولفوریک غلیظ (Nelson and Sommer, ۱۹۸۲)، نیتروژن کل با استفاده از روش کلدال (Bremnerand Mulvaney, ۱۹۸۲)، بافت خاک به روش هیدرومتر،هدایت الکتریکی (ECe) در عصاره‌ی اشباع و pH در گل اشباع و با روش‌های معمول در موسسه‌ی تحقیقات خاک و آب (علی احیائی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۲)تعیین گردیدند. برخی از ویژگی‌های مهم خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

کربن آلی	نیتروژن کل	شن	سیلت	رس	بافت	pH	ECe
		درصد					(dSm^{-1})
۱۵/۱	۱۰۵/۰	۴۱	۲۶	۳۳	CL	۸۸/۷	۵۷۸/۰

نمونه‌برداری و تجزیه بقایای گیاهی

تمامی نمونه‌های گیاهی یونجه و جو از بخش‌های هوایی تهیه گردید. نمونه‌ها پس از خرد شدن در ابعاد یک سانتي‌متر در آون، در دمای ۶۰-۵۵ درجه‌ی سانتي‌گراد خشک گردیدند. سپس از بقایای گیاهی، نمونه‌ای همگن تهیه گردید و مورد استفاده قرار گرفت. کربن آلی گیاهان به روش اکسیداسیون تر در مجاورت بي‌کرومات پتاسیم و اسید سولفوریک غلیظ (Nelson and Sommer, ۱۹۸۲) و نیتروژن کل با استفاده از روش کلدال (Bremnerand Mulvaney, ۱۹۸۲) تعیین گردید. برخی از ویژگی‌های مهم بقایای گیاهی مورد استفاده در آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های بقایای گیاهی مورد استفاده در آزمایش

نوع بقایا	کربن آلی	نیتروژن کل	نسبت C/N
	درصد		
یونجه	۴۰	۹۸/۱	۲۸/۲۲
جو	۴۵	۳۳/۱	۴۵/۳۱

تهیه‌ی کیف‌های کلش

برای تهیه‌ی کیف‌های کلش یک توری پلاستیکی با قطر منافذ ۵/۰ میلي‌متر انتخاب و پس از برش آن کیف‌هایی با ابعاد ۱۵×۱۵ سانتي‌متر تهیه گردیدند. در کیف‌های کلش مقدار ۱۵ گرم بقایای گیاهی قرار داده شد و سپس درب کیف‌ها منگنه شدند وکیف‌ها در گلدان‌هایی که دارای رطوبت متفاوت بودند در عمق پنج سانتي‌متری خاک جایگذاری شدند.

زمان نمونه‌برداری و آماده سازی نمونه‌ها

بقایای گیاهی قرار داده شده در گلدان‌ها در فواصل زمانی ۳۰ روزه و طی چهار دوره‌ی زمانی از گلدان‌های آزمایشی خارج و برای انجام تجزیه‌های شیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردیدند. نمونه‌های گیاهی برداشت شده در هر دوره‌ی زمانی ابتدا تمیز و سپس در آون در دمای ۶۰-۵۵ درجه‌ی سانتي‌گراد خشک و به دقت توزین گردیدند. پس از به دست آوردن وزن دقیق بقایای گیاهی باقی‌مانده در هر بازه‌ی زمانی، بقایا برای انجام آزمایشات بعدی آسیابو در آن‌ها کربن آلی به‌روش خاکستر کردن در دمای ۴۵۰ درجه‌ی سانتي‌گراد به مدت پنج ساعت، اندازه‌گیری شد (Austin and Vivanco,۲۰۰۶; Murungu et al, ۲۰۱۱).
هدررفت کربن از کسر میزان کربن باقیمانده در هر بازه زمانی از میزان کربن باقیمانده در بازه‌ی زمانی قبل محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SASانجام و برای مقایسه‌ی میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح پنج درصداستفاده گردید. ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCELصورت گرفت.

نتایج و بحث

تاثیر رطوبت خاک بر دینامیک کربن آلی

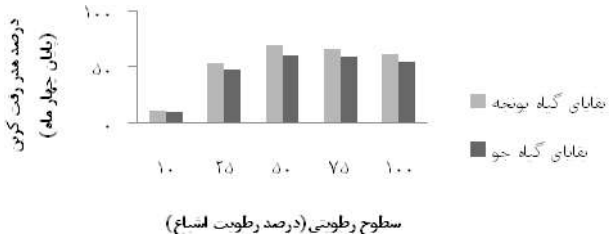
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که رطوبت خاک تاثیر معني‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر میزان هدررفت کربن داشت (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تاثیر نوع بقایا، میزان رطوبت خاک و مدت زمان خوابانیدن بر دینامیک کربن آلی

منبع تغییرات	درجه‌ی ازادی	میانگین مربعات درصد هدررفت کربن ماهانه
نوع بقایا	۱	۹۰۹۳۲/۱۲۰۵*
اشتباه اصلی	۴	۰۰۹۳۸/۲۶ ns
رطوبت خاک	۴	۲۳۰۶۸/۱۰۶۲۵*
نوع بقایا× رطوبت خاک	۴	۹۲۰۶۲/۶۷ ns
اشتباه فرعی	۱۶	۴۵۷۵۲/۵۵ns
مدت زمان خوابانیدن	۳	۹۶۱۹۵/۱۲۱۹*
نوع بقایا×مدت زمان خوابانیدن	۳	ns۸۵۶۴۹/۰
رطوبت خاک× مدتزمان خوابانیدن	۱۲	۴۳۸۹۳/۲۲ns
نوع بقایا×رطوبت خاک× مدتزمان خوابانیدن	۱۲	۸۷۰۱۱/۱۳ ns
اشتباه کل	۱۱۹	
ضریب تغییرات (CV)		۹۴۲۸۶/۱۵

.غیر معنی‌دار بودنو*معني‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد را بیان مي‌کند"

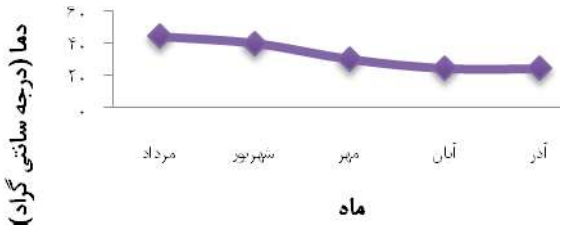
بیشترین مقدار هدررفت کربن برای بقایای گیاهی یونجه و جودر رطوبت ۵۰ درصد رطوبت اشباع اتفاق افتاد که به ترتیب برابر با ۵۹/۷۰ و ۶۳/۶۰ درصد بود. کمترین مقدار هدررفت کربنمربوط بهسطح رطوبتی ۱۰ درصد رطوبت اشباع که به ترتیب برابر با ۰۵/۱۲ و ۳۶/۱۰درصد کربن اولیه بود. مقدار هدررفت کربن در سطوح رطوبتی ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد رطوبت اشباع برای بقایای گیاه یونجه به ترتیب ۰۵/۱۲، ۲۱/۵۴، ۵۹/۷۰، ۵۲/۶۶ و ۴۲/۶۲ درصد و برای بقایای گیاه جو به ترتیب ۳۶/۱۰، ۳۷/۴۸، ۶۳/۶۰، ۳۸/۵۹ و ۲۹/۵۵ درصد کربن اولیه بود (شکل ۱).



شکل ۱- تاثیر سطوح رطوبت خاکبر هدررفت کربن آلی در بقایای گیاهی یونجه و جو

ترکیبی از فاکتورهای محیطی و بیولوژیکی در معدنی شدن کربن آلی نقش دارند و میکروب‌ها عامل اصلی در تجزیه کلش و بقایای گیاهی هستند. فاکتورهای غیر زنده شامل دما، رطوبت، کیفیت آب آبیاری، نوع خاک و چگالی ظاهری، نیز از طریق تاثیرگذاری بر فعالیت‌های میکروبی بر معدنی شدن کربن آلی موثرند (Silveira et al, ۲۰۱۱). با افزایش دما و رطوبت تا حد مشخص، سرعت تجزیه مواد آلیافزایش مي‌یابد. زیرا افزایش دما و رطوبت منجر به افزایش فعالیت میکروبی شده و از این طریق سرعت تجزیه مواد آلی افزایش مي‌یابد(Leiros et al,۱۹۹۹) .

در این آزمایش طی بازه‌های زمانی خوابانیدن، دمای هوا جهت انجام فعالیت میکروبی مناسب بود (شکل ۲). بنابراین تجزیه‌ی بقایای گیاهی بسته به شرایط رطوبتی خاک با سرعت متفاوتی انجام شده است.

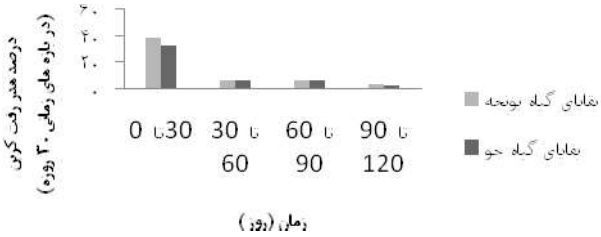


شکل ۲- تغییرات دما طی بازه‌های زمانی خوابانیدن بقایای گیاهی

نتایج نشان داد که مناسب‌ترین رطوبت برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه تجزیه‌ی کلش ۵۰ درصد رطوبت اشباع می‌باشد. دلیل این امر را می‌توان این‌گونه بیان داشت که در سطوح رطوبتی کمتر از این رطوبت میکروارگانیسم‌ها برای انجام فعالیت‌های خود با کمبود رطوبت و در سطوح رطوبتی بالاتر میکروارگانیسم‌ها با کمبود اکسیژن برای تجزیه مواجه می‌گردند. اما نکته‌ی حائز اهمیت در این آزمایش آن است کمبود رطوبت نسبت به کمبود تهویه عامل محدود کننده‌تری برای تجزیه‌ی بقایا می‌باشد. چون بر خلاف انتظار در رطوبت‌های اشباع و نزدیک به آن درصد هدررفت کربن قابل ملاحظه و نسبت به سطوح رطوبتی کمتر از ۵۰ درصد اشباع بیشتر بود. بنابراین اگر رطوبت فراهم باشد میکروارگانیسم‌ها حتی در شرایط اشباع نیز قادر به تجزیه‌ی بقایای گیاهی با سرعت نسبتا زیاد می‌باشند و آن‌چه برای فعالیت آن‌ها بازدارنده می‌باشد کمبود رطوبت خاک است (شکل ۱).

تاثیر بازه‌های زمانی خوابانیدن بر دینامیک کربن آلی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بازه‌های زمانی خوابانیدن تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر هدررفت کربن داشت (جدول ۳). بیشترین مقدار هدررفت کربن در هر دو نوع بقایا مربوط به بازه‌ی زمانی صفر تا ۳۰ روز و کمترین مقدار هدررفت در هر دو نوع بقایا مربوط به بازه‌ی زمانی ۹۰-۱۲۰ روز بود.میزان هدررفت کربن در بازه‌های زمانی صفر-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ و ۹۰-۱۲۰ روز برای بقایای گیاه یونجه به ترتیب ۷۶/۳۸، ۸۱/۵، ۹۹/۵ و ۵۸/۲ درصد و برای بقایای گیاه جو به ترتیب ۳۷/۳۲، ۳۰/۶، ۸۴/۵ و ۲۷/۲درصد بود. (شکل ۳). این نتایج نشان می‌دهد که مواد سهل التجزیه‌ی بقایای گیاهی شامل قندهای ساده، اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها در ماه‌های اولیه‌ی خوابانیدن بقایای گیاهی در خاک با سرعت تجزیه و از بین می‌روند و پس از آن مواد مقاوم به تجزیه با سرعت کمتریتجزیه شده و برای مدت طولانی‌تری در خاک باقی می‌مانند (Vaieretti et al, ۲۰۰۵).



شکل ۳-تاثیر بازه‌های زمانی خوابانیدن بر هدررفت کربن آلیاز بقایای گیاه یونجه و جو

این موضوع که فرآیند تجزیه از نظر سرعت شامل دو مرحله‌ی کلی است، مورد پذیرش اغلب محققین است. در مرحله‌ی اول که سرعت تجزیه بالا است، تجزیه‌ی ترکیبات ناپایدار غالب می‌باشد و در مرحله‌ی دوم که با سرعتی پایین‌تر اتفاق می‌افتد ترکیبات مقاوم‌تر مورد تجزیه قرار می‌گیرند (Vaieretti et al, ۲۰۰۵).

نتیجه‌گیری

برای تجزیه‌ی بقایای گیاهی کمبود رطوبت نسبت به بیش‌بود آن عامل محدود کننده‌تری بود و مقدار هدررفت کربن از بقایا در رطوبت ۵۰ درصد اشباع ۶۰ تا ۷۰ درصد برای یک دوره‌ی چهار ماهه اندازه‌گیری گردید که در یک ماهه‌ی اول خوابانیدن نسبت به بازه‌های زمانی بعدی بیشتر بود.

منابع

مریم علی احیائی و علی اصغر بهبهانی زاده، ۱۳۷۲، شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک، جلد اول، نشریه شماره ۸۹۳.

Austin, A. T. and Vivanco, L. ۲۰۰۶. Plant litter decomposition in a semi-arid ecosystem controlled by photodegradation.Nature.۴۴۲: ۵۵۵- ۵۵۸.

Bremner, J. M. and Mulvaney, C. S. ۱۹۸۲.Nitrogen total.pp. ۵۹۵- ۶۲۴. In: A. L. Page., R. H. Miller. And D. R. Keeney (eds.). Methods of soil analysis.Part ۲.Chemical analysis.American Society of Agronomy Inc. and Soil Science Society of American Inc. Madison, W I.

Kumar, K. and Goh, K. M. ۲۰۰۰. Crop residues andmanagement practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamic, crop yield, and nitrogen recovery. Advances in Agronomy.۶۸: ۱۹۷-۳۱۹

Leiros, M. C., Trasar- Cepeda, C., Seoane, S. and Gil-Sotres, F. ۱۹۹۹.Dependence of mineralization of soil organic matter on temperature and moisture.Soil Biology and Biochemistry. ۳۱: ۳۲۷-۳۳۵.

Lutzow, M. V., Kogel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B. and Flessa, H. ۲۰۰۶. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions: a review. European Journal of Soil Science. ۵۷: ۴۲۶-۴۴۵.

Moorhead, D. L., Currie, W. S., Rastetter, E. B., Parton, W. j. and Harmon, M. E. ۱۹۹۹.Climate and litter quality controls on decomposition: An analysis of modeling approaches. Global Biochemical Cycles. ۱۳(۲): ۵۷۵-۵۸۹.

Murungu. F. S.,Chiduza, C.,Muchaonyerwa.P. and Mnkeni, P. N. S. ۲۰۱۱.Decomposition, nitrogen and phosphorus mineralizationfrom winter-grown cover crop residues and suitabilityfor a smallholder farming system in South Africa.NutrCyclAgroecosyst. ۸۹:۱۱۵-۱۲۳.

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.

Silveira, M. L., Reddy, K. R. and Comerford, N. B. ۲۰۱۱. Litter decomposition and soluble carbon, nitrogen, and phosphorus release in a forest ecosystem. Open Journal of Soil Science. ۱: ۸۶-۹۶.

Vaieretti, M. V.,Pé rez, H. N.andGurvich, D. E. ۲۰۰۵.Decomposition dynamics and physico-chemical leaf quality of abundant species in montane woodland in central Argentina. Plant and Soil. ۲۱: ۲۰۵-۲۷۸.

Abstract

The organic carbon contents of soils are controlled by the amount of organic carbon input into soils by the net production and the rate of organic carbon decomposition. This experiment was performed to evaluate the effects of soil moisture on organic carbon dynamics. For this purpose, a split - split plot experiment with three replications was conducted using litter bag method. Factors examined were types of plant residue (barley and alfalfa), soil moisture levels (۱۰, ۲۵, ۵۰, ۷۵ and۱۰۰% saturation) and incubation time intervals (۱, ۲, ۳ and ۴ months). The results showed that the amounts of organic carbon lost after ۴ months were ۱۲.۰۵, ۵۴.۲۱, ۷۰.۵۹, ۶۶.۵۲ and ۶۲.۰۴% for alfalfa residue and ۱۰.۳۶, ۴۸.۳۷, ۶۰.۶۳, ۵۹.۳۸ and ۵۵.۲۹% for barley residue when soil moisture levels were adjusted at ۱۰, ۲۵, ۵۰, ۷۵ and ۱۰۰% of saturation percentage (sp) respectively. The results also showed that soil moisture deficit is a stronger limiting factor for plant residue decomposition than aeration.