نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹، ص. ۲۶-۱۹

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 1, Spring 2010, p. 19-26

تأثیر دی‌اکسیدکربن و نیتروژن بر تجزیه بقایای گندم (*Triticum aestivum* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.) در دو خاک آهکی و غیرآهکی

سلماز رضوی دربار[1*]، امیر لکزیان[2]، اکرم حلاج‌نیا[3] و غلامحسین حق‌نیا[4]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۷
تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۲۲

چکیده

استفاده از بقایای گیاهی درسیستم‌های کشاورزی پایدار به منظور حفظ حاصلخیزی خاک اهمیت زیادی دارد. کیفیت مواد آلی، غلظت دی-اکسیدکربن و میزان نیتروژن خاک از جمله عواملی هستند که بر تجزیه بقایای گیاهی تأثیر بسزایی دارند. در این مطالعه تأثیر دو سطح دی‌اکسیدکربن (۳۶۰ و۷۰۰ پی پی ام) و دو سطح کود نیتروژن (صفر و ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار خاک) ، در شش زمان (صفر، ۱۰، ۲۰ ، ۴۰، ۶۰ و ۹۰ روز) با دو تکرار با آرایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی بر تجزیه بقایای گندم (*Triticum aestivum* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.) در دو خاک با درصد آهک متفاوت (۳۲/۶۶ و ۳/۴ درصد آهک) در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. رطوبت نمونه‌های خاک (۷۰ درصد ظرفیت زراعی) در طول آزمایش ثابت نگه داشته شد. میزان تجزیه بقایای گیاهی به عنوان شاخص ماده آلی خاک انتخاب گردید. نتایج نشان داد که میزان تجزیه بقایای گیاهی در هر دو خاک آهکی و غیرآهکی با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد افزایش میزان نیتروژن در خاک سبب افزایش میزان تجزیه بقایای گندم و یونجه گردید. در تمام تیمارها میزان تجزیه بقایای گندم و یونجه در خاک آهکی بیشتر از خاک غیرآهکی بود.

واژه‌های کلیدی: غنی سازی دی اکسید کربن، کربنات کلسیم، کود نیتروژن، معدنی شدن بقایای گیاهی

مقدمه

مواد آلی خاک شامل بقایای گیاهی و جانوری است که در مراحل مختلف تجزیه میکروبی قرار گرفته‌اند. با وجود اینکه مواد آلی سهم ناچیزی از ذرات جامد خاک را تشکیل می‌دهند (۱ تا ۵ درصد) اما دارای اثرات موثر و قابل توجهی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و زیستی خاک بوده و بعنوان بخش بسیار مهم و فعال خاک محسوب می‌گردند. ماده آلی منبع (۹۵ –۹۰ درصد) نیتروژن موجود در خاک می‌باشد و همچنین بخشی از مولیبدن، بر و حدود ۶۰ درصد فسفر و ۸۰ درصد گوگرد خاک را نیز تأمین می‌نماید. ماده آلی در تشکیل خاکدانه ها و پایداری آنها بسیار موثر است، میزان فرسایش خاک را کاهش می‌دهد و موجب حاصلخیزی بیشتر و تهویه بهتر خاک می گردد (Tisdall, 1994).

حاصلخیزی خاک یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر تولید گیاهان زراعی به شمار می‌رود. مدیریت صحیح بقایای گیاهی اضافه شده به خاک برای حداکثر بهره‌وری از سیستم‌های زراعی لازم و ضروری است. از این رو به منظور مدیریت صحیح اکوسیستم‌های خاکی و بهبود حاصلخیزی خاک‌ها، بررسی تاثیر عواملی که بر کمیت و سرعت تجزیه بقایای گیاهی تاثیر گذار هستند اهمیت ویژه ای پیدا کرده اند. غلظت دی‌اکسیدکربن ، کاربرد کود نیتروژن و نوع بقایای گیاهی اضافه شده به خاک از جمله عواملی هستند که می‌توانند تاثیر بسیار زیادی بر تجزیه بقایای گیاهی در خاک داشته باشند.

از سوی دیگر رشد جمعیت کره زمین همراه با مصرف سوخت‌های فسیلی در مقیاس گسترده، جنگل زدایی در مناطق گرمسیری، سوزاندن بقایای گیاهی، فعالیت‌های شیمیایی و کشاورزی سبب افزایش قابل توجهی در غلظت گاز دی‌اکسید کربن اتمسفر شده است (Wang et al., 2002). غلظت دی‌اکسیدکربن در حال حاضر حدود ۳۸۰ پی‌پی‌ام است و دانشمندان پیش‌بینی کرده‌اند که غلظت آن تا اواخر قرن حاضر به حدود ۹۰۰–۵۰۰ پی‌پی‌ام خواهد رسید (Joos et al., 1999) و تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم فراوانی بر اکوسیستم‌های خاکی خواهد داشت (Hoosbek et al., 2007).

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، کارشناس ارشد و استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: Email: razavisolmaz@gmail.com)

بنابراین پژوهش‌های فراوانی در زمینه تاثیر افزایش دی‌اکسیدکربن بر فتوسنتز، تبخیر و تعرق، تجمع زیست توده و تنفس میکروبی انجام شده است (Norby et al., 2000; Six et al., 2001; William et al., 2004)، در حالیکه گزارش های اندکی در خصوص تأثیر آن بر روی روند تجزیه بقایای گیاهی در دست می‌باشد (Cheng & Johnson 1998; Hu et al., 2001). هوسبک و همکاران (Hoosbek et al., 2007) نشان دادند که افزایش غلظت دی-اکسیدکربن موجب افزایش کربن آلی کل در تمام تیمارها در عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری خاک گردید. همچنین سرعت تجزیه مواد آلی افزایش چشمگیری را نشان داد. ابرسبرگر و همکاران (Ebersberger et al., 2003) نیز بیان داشتند که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر بر چرخه عناصر غذائی مختلف به ویژه چرخه کربن و نیتروژن تأثیرگذار است و از اثرات احتمالی آن به افزایش ورود کربن به خاک از طریق ریزوسفر، ایجاد تغییر و بهبود غلظت عناصر در بقایای گیاهی و تغییر رطوبت خاک اشاره کردند.

همچنین در یافته‌های زیادی نشان داده شده است که فراهمی نیتروژن از عوامل بسیار تاثیرگذار بر تجزیه بقایای گیاهی می‌باشد و کمبود نیتروژن در مراحل اولیه، سرعت تجزیه بقایای گیاهی را کاهش می‌دهد (Sitaulaet al., 2004). هنریکسون و برلند (Henrikson & Breland, 1999) در مطالعه‌ای روی بقایای گندم نشان دادندکه در اثر کمبود نیتروژن سرعت تجزیه بقایا کاهش یافت و افزایش فراهمی نیتروژن به صورت معنی‌داری سرعت معدنی شدن کربن را در خاک های حاوی بقایای گندم افزایش داد که دلیل اصلی آن افزایش معنی-دار زیست توده میکروبی، تولید سلولاز و همچنین افزایش تشکیل کلونی باکتریایی بیان شده است. فری و همکاران (Fery et al., 2003) دریافتند که افزایش فراهمی نیتروژن و غلظت دی‌اکسیدکربن جمعیت میکروبی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

تا کنون در کشور ما مطالعه‌ای در ارتباط با تاثیر غلظت دی اکسید کربن و نیتروژن بر تجزیه بقایای گیاهی انجام نشده است. بنابراین با توجه به گرایش کشاورزی به سمت سیستم‌های پایدار و تاکید بر استفاده از بقایای گیاهی به منظور حفظ حاصلخیزی خاک انتخاب چند عامل مهم دی‌اکسیدکربن، نیتروژن و نوع بقایای گیاهی که از جمله عوامل موثر بر سرعت تجزیه مواد در خاک می باشند و همچنین مقایسه تأثیرات این عوامل در دو نوع خاک متفاوت از نقطه نظر میزان آهک که خاص خاک‌های ایران است ضرورت این تحقیق را نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو سطح دی اکسید کربن ۳۵۰ و ۷۶۰ پی پی ام، دو سطح کود اوره صفر و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار خاک، دو نوع ماده آلی شامل بقایای گندم و یونجه به مقدار ۲/۵ درصد، در شش زمان (صفر ، ۱۰ ، ۲۰ ، ۴۰ ، ۶۰ و ۹۰ روز) با دو تکرار در دو خاک مختلف از نظر میزان آهک (۳۳/۶۶ و ۳/۴ درصد) به صورت مجزا طراحی و انجام شد.

دو نمونه خاک از منطقه خراسان رضوی انتخاب و نمونه برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر هر دو خاک به صورت مرکب انجام شد. خاک آهکی از ایستگاه سد کارده و خاک غیر آهکی از منطقه ساغروان تهیه شدند. نمونه‌های خاک به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل گردید و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. مقداری از نمونه‌های خاک برای انجام آزمایشاتی نظیر بافت خاک (به روش هیدرومتری)، تعیین درصد رطوبت (به روش وزنی)، pH نمونه‌های خاک (در گل اشباع) و مقدار آهک (به روش خنثی سازی با اسید) استفاده شد (جدول ۱).

بقایای گیاهی گندم ویونجه تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. بقایا پس از هوا خشک شدن، آسیاب شدند و از بین الک ۱ و ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. برخی از خصوصیات بقایای گیاهی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (جدول ۲).

برای تهیه تیمارهای آزمایش، ابتدا نمونه‌های ۱۵۰ گرمی از هر خاک به ظروف پلاستیکی با قطر ۸/۵ و عمق ۴ سانتی‌متر منتقل و تیمارهای بقایای گیاهی بطور جداگانه در هر ظرف اعمال شد. سپس تیمارهای نیتروژن (بصورت کود اوره محلول) به نمونه‌ها اضافه شد. به منظور اعمال سطوح مختلف دی‌اکسیدکربن بخش اول نمونه‌ها در اتاقک‌های کنترل شده زیر تأثیر دی‌اکسیدکربن (۷۶۰ پی‌پی‌ام) قرار داده شدند و به جهت یکسان‌سازی شرایط بخش دوم نمونه‌ها در اتاقک‌های مشابه فاقد فشار دی‌اکسیدکربن (۳۵۰ پی‌پی‌ام) قرار داده شدند.

سپس رطوبت کلیه نمونه‌ها در طول آزمایش با آب مقطر در حد ۷۰ درصد ظرفیت زراعی به روش توزین حفظ شدند. تیمارها به مدت ۹۰ روز در اتاقک‌ها نگهداری شدند و در فواصل زمانی صفر، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۹۰ روز به صورت حذفی مورد بررسی قرار گرفتند.

تعیین مقدار تجزیه بقایای گیاهی در خاک بر اساس سنجش مواد آلی در نمونه‌های خاک با استفاده از روش کوره انجام گرفت (Reddy, 1998). در این روش به منظور اندازه‌گیری میزان مواد آلی موجود در نمونه‌های خاک ۵ گرم از هر یک از نمونه‌های هوا خشک شده به درون کروزه‌ای با وزن مشخص منتقل شد. کروزه‌ها به مدت ۱۲ ساعت درون کوره با دمای ۴۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از طی مدت زمان ذکر شده مجدداً کروزه‌ها به همراه نمونه‌های درون آنها توزین شدند و با استفاده از فرمول‌های زیر مقدار مواد آلی هر یک از نمونه‌ها مشخص گردید.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی دو خاک مورد مطالعه
Table 1- Physical and chemical properties of soil samples

ویژگی Properties	واحد Measurement unit	خاک آهکی Calcareous soil	خاک غیر آهکی Non calcareous soil
Texture	-	Loam	Loam
Clay	(٪)	18	25
Silt	(٪)	34	30
Sand	(٪)	46	43
pH	-	8.02	6.8
EC	$dS.\ m^{-1}$	3.53	2.3
$CaCO_3$	(٪)	32.66	3.4
OC	(٪)	1.45	0.8
TN	(٪)	0.111	0.098

جدول۲- ویژگی‌های شیمیایی بقایای گیاهی مورد مطالعه
Table 2- Chemical properties of plant residue samples

ویژگی Properties	واحد Measurement unit	بقایای یونجه Alfalfa residues	کاه گندم Wheat Straws
OC	(٪)	31	43.5
TN	(٪)	2.97	1.48
C/N	-	10.43	29.40

$M_O=M_D-M_A$

$\%\ OM= (M_O / M_D) \times 100$

M_D =وزن نمونه خاک

M_A= وزن نمونه خاک پس از کوره

M_O = وزن ماده آلی موجود در خاک

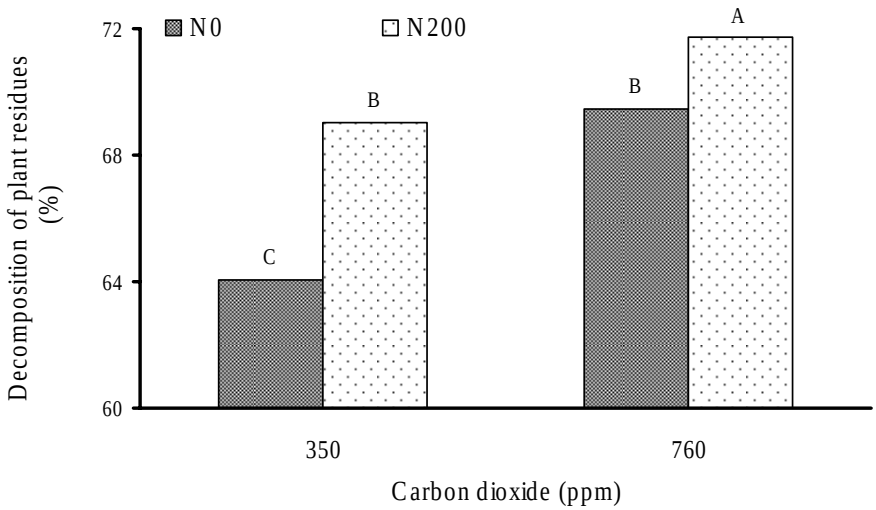
در مرحله آخر نتایج بدست آمده برای هر خاک بطور مجزا با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT- C در قالب طرح فاکتوریل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سپس برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون مقایسه‌ای دانکن در سطح میانگین ۵ درصد استفاده شد .

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که در هر دو خاک افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن از ۳۵۰ به ۷۶۰ پی پی ام سبب افزایش میزان تجزیه بقایای گیاهی در هر دو تیمار نیتروژن گردید. همچنین با کاربرد کود نیتروژن میزان تجزیه بقایای گیاهی افزایش پیدا کرد. بیشترین تأثیر کاربرد کود نیتروژن در تیمار ۳۵۰ پی‌پی‌ام دی-اکسیدکربن و کمترین تاثیر آن در تیمار ۷۶۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسیدکربن در خاک آهکی و غیرآهکی مشاهده شد. شکل ۱ نشان می‌دهد که افزایش غلظت دی اکسید کربن در تیمار کود نیتروژن سبب افزایش ۲/۷ درصدی تجزیه بقایای گیاهی در خاک آهکی گردید حال آنکه در تیمار بدون کود افزایش غلظت دی‌اکسید کربن میزان تجزیه بقایای گیاهی را ۵/۴ درصد افزایش داد. در خاک غیرآهکی نیز الگوی تغییرات مشابه خاک آهکی بود و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در تیمار کود نیتروژن و بدون کود نیتروژن به ترتیب سبب افزایش میزان تجزیه بقایای گیاهی به مقدار ۶/۶ و ۱۰ درصد گردید (شکل ۲). همانطور که مشاهده می‌شود افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و کاربرد کود نیتروژن هر دو تاثیر مثبتی بر میزان تجزیه بقایای گیاهی داشته‌اند.

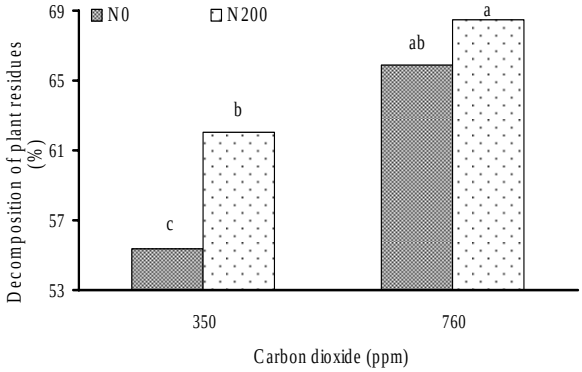
بنظر می‌رسد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و نیتروژن از طریق افزایش کربن فراهم برای ریزجانداران و تامین عناصر غذائی مورد نیاز آنها منجر به افزایش میزان تجزیه بقایای گیاهی گردیده‌اند. پژوهش‌های متعدد نشان داده است که افزایش غلظت دی-اکسیدکربن با تحریک مسیرهای تجزیه قارچی سبب افزایش میزان تجزیه مواد آلی در خاکها می‌گردد (Rillige et al., 2000; Phillips et al., 2002; Klamer et al., 2002).

ویلیام و همکاران (William et al., 2004) در پژوهشی با کاربرد افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و نیتروژن و تأثیر آن بر فعالیت‌های زیستی خاک پس از گذشت ۸ سال نتیجه‌گیری کردند که غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن با تحریک فعالیت‌های تجزیه‌ای ریزجانداران خاک در کاهش کربن خاک و افزایش تجزیه بقایای گیاهی نقش دارند.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل دی‌اکسیدکربن (ppm) و نیتروژن (kg) بر درصد تجزیه بقایای گیاهی در خاک آهکی

Fig. 1- Interaction effects of CO_2 ppm and N fertilizer kg (Urea) on decomposition of plant residues in calcareous soil



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل دی‌اکسیدکربن و نیتروژن بر درصد تجزیه بقایای گیاهی در خاک غیرآهکی

Fig. 2- Interaction between CO_2 and N fertilizer (Urea) on decomposition of plant residues in non calcareous soil

جدول ۳- تاثیر نوع بقایای گیاهی بر درصد تجزیه بقایای گیاهی

Table 3- The effect of kind of plant residues on rate of decomposition

Time	Calcareous soil		Non calcareous soil	
	Alfalfa residues	Wheat straws	Alfalfa residues	Wheat straws
0	0.25	0.12	0.88	0.06
10	80.13	28.84	59.00	20.72
20	92.47	56.00	77.21	42.34
40	96.57	84.91	91.68	69.50
60	97.45	92.50	93.07	81.94
90	99.51	98.70	93.85	96.12

همچنین در خاک آهکی بطور میانگین و در طی ۹۰ روز، درصد تجزیه بقایای گیاهی در تمامی تیمارها بیشتر از خاک غیر آهکی بود. باتوجه به میزان مواد آلی لولیه فراوانتر، آهک بیشتر و همچنین pH بالاتر نسبت به خاک غیرآهکی به نظر می‌رسد که در خاک آهکی فعالیت های تجزیه‌ای بیشتری نسبت به خاک غیرآهکی بر روی بقایای گیاهی افزوده شده به خاک انجام گرفته است.

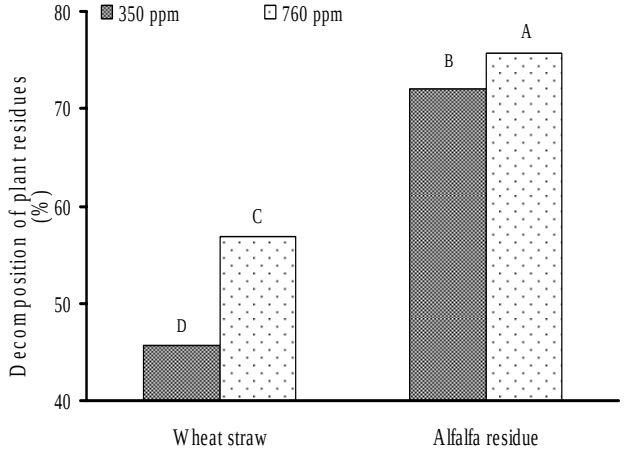
نتایج به دست آمده از تأثیر نوع بقایای گیاهی بر میزان تجزیه نشان داد که درصد تجزیه در بقایای گندم و یونجه متفاوت بود و نوع بقایای گیاهی تأثیر معنی‌داری بر میزان تجزیه بقایای گیاهی داشت. در هر دو خاک آهکی و غیرآهکی بقایای یونجه بیشتر از بقایای گندم

در کل دوره آزمایش تجزیه شدند. میزان تجزیه بقایای یونجه در خاک آهکی و غیرآهکی به ترتیب ۱/۳ و ۱/۴ برابر میزان تجزیه بقایای گندم بود و با سرعت بیشتر مورد تجزیه میکروبی قرار گرفت (جدول۳). علت اصلی بروز تفاوت در میزان تجزیه بقایای گندم و یونجه به ترکیب شیمیایی این بقایا و عمدتاً به نسبت کربن به نیتروژن آنها باز می‌گردد(جدول ۲) و با افزایش نسبت کربن به نیتروژن در بقایای گیاهی سرعت تجزیه آنها در خاک کاهش می‌یابد (Taylor et al., 1991).

همانطور که در شکل ۳ و ۴ مشاهده می‌شود در هر دو خاک آهکی و غیرآهکی با افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن میزان تجزیه بقایای گیاهی یونجه و گندم بطور معنی‌داری افزایش یافت اگرچه این افزایش در مورد تجزیه بقایای یونجه در خاک غیرآهکی از نظر آماری معنی‌داری نبود. در خاک آهکی با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن از ۳۵۰ به ۷۶۰ پی‌پی‌ام میزان تجزیه بقایای گندم و یونجه به ترتیب ۱۸ و ۵ درصد افزایش یافت (شکل ۳). در خاک غیرآهکی با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن از ۳۵۰ به ۷۶۰ پی‌پی‌ام میزان تجزیه بقایای گندم و یونجه به ترتیب ۱۲ و ۴ درصد افزایش یافت (شکل ۴).

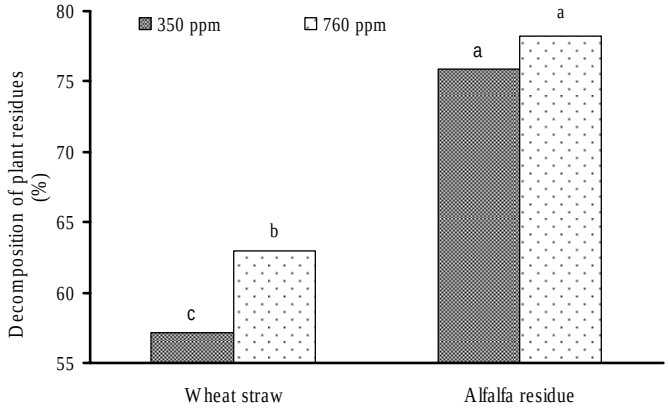
بنظر می‌رسد که افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن با تحریک فعالیت‌های میکروبی و رها سازی بیشتر کربن‌آلی محلول در خاک منجر به افزایش میزان تجزیه بقایای گندم و یونجه گردیده است.

نکته جالب توجه در این تحقیق این است که بقایای گیاهی مختلف پاسخ متفاوتی به غلظت دی‌اکسیدکربن نشان دادند و تأثیر دی‌اکسیدکربن بر افزایش تجزیه بقایای گندم بسیار بیشتر از تأثیر آن بر بقایای یونجه بود.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل دی‌اکسیدکربن (ppm) و نوع بقایای گیاهی بر درصد تجزیه بقایای گیاهی در خاک آهکی

Fig. 3- Interaction between CO_2 (ppm) and kind of residues on decomposition of plant residues (%) in calcareous soil



شکل ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل دی‌اکسیدکربن (ppm) و نوع بقایای گیاهی بر درصد تجزیه بقایای گیاهی در خاک غیرآهکی

Fig. 4- Interaction between CO_2 (ppm) and kind of residues on decomposition of plant residues (%) in non calcareous soil

بسیاری از پژوهشگران بر این باورند که افزایش غلظت دی-اکسیدکربن مسیرهای تجزیه‌ای خاص را تحریک می‌کند که به صورت اختصاصی بیشترین تأثیر را بر بقایای گیاهی که حاوی نسبت کربن به نیتروژن بالا هستند می‌گذارد و جمعیت‌های قارچی که مسئول تجزیه بقایا با نسبت بالای کربن به نیتروژن هستند بیشتر از سایر ریزجانداران تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Klameret al., 2002).

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تغییرات میزان تجزیه بقایای گیاهی با زمان در هر دو خاک روند افزایشی داشت (شکل ۵). شیب نمودارها نشان می‌دهد که در هر دو خاک میزان تجزیه بقایای گیاهی در زمان شروع آزمایش بسیار سریع بوده و با گذشت زمان از سرعت تجزیه کاسته شد و در زمان‌های پایانی آزمایش تجزیه بقایای گیاهی با سرعت بسیار کندی صورت گرفت. دلیل این امر شاید ورود ناگهانی حجم زیادی از بقایای گیاهی به خاک باشد که سبب تحریک فعالیت تجزیه‌ای ریزجاندارن خاک گردیده است و جمعیت میکروبی خاک به شدت افزایش یافته است. با گذشت زمان و مصرف عناصر غذائی حاصل از تجزیه جمعیت و فعالیت ریزجانداران به تعادل رسیده و تجزیه با شدت کمتری ادامه یافته است. بالا بودن سرعت تجزیه در زمان‌های اولیه پس از افزودن بقایای گیاهی در خاک و روند کاهشی سرعت تجزیه پس از آن در مطالعات مختلفی مشاهده شده است et (Arnone al., 2000). در هر دو خاک آهکی و غیرآهکی تیمار ۷۶۰ پی پی ام دی‌اکسیدکربن در مقایسه با تیمار ۳۵۰ پی پی ام دی-اکسیدکربن درصد تجزیه بیشتری از بقایای گیاهی را نشان داد. پس از گذشت ۲۰ روز از شروع آزمایش در تیمار ۷۶۰ پی پی ام خاک آهکی ۷۶ درصد از بقایای گیاهی مورد تجزیه قرار گرفت حال آنکه در تیمار ۳۵۰ پی پی ام همان خاک تنها ۵۸ درصد از بقایای گیاهی تجزیه شد. در خاک غیرآهکی نیز در تیمار ۷۶۰ پی پی ام ۷۲ درصد و در تیمار ۳۵۰ پی پی ام ۵۳ درصد از بقایای اضافه شده به خاک تجزیه شد (شکل ۵).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که با اضافه شدن بقایای گیاهی یونجه و گندم به خاک فعالیت ریزجانداران خاک و در نتیجه تجزیه بقایای اضافه شده به خاک بطور معنی‌داری افزایش یافته است (شکل۶). همانطور که مشاهده می‌شود مقدار تجزیه بقایای گندم در خاک آهکی و غیرآهکی در مدت زمان ۲۰ روز پس از شروع آزمایش به ترتیب ۵۶/۹ و ۴۲/۱۳ درصد بود. در حالی که در تیمار بقایای یونجه در خاک آهکی و غیر آهکی میزان تجزیه به ترتیب به ۹۲/۴۷ و ۷۷/۵۴ درصد رسید. همچنین با گذشت زمان سرعت تجزیه و مقدار تجزیه بقایای گندم به مقدار تجزیه بقایای یونجه نزدیک شد به طوری که پس از گذشت ۹۰ روز از شروع آزمایش درصد تجزیه بقایای گندم با بقایای یونجه یکسان شد، اگرچه در شروع آزمایش درصد تجزیه بقایای یونجه بیشتر از گندم بود ولی با گذشت زمان تجزیه در یونجه سریعتر کاهش یافت که سریعتر تجزیه شدن آن می‌تواند به دلیل سهولت تجزیه بافت‌های یونجه نسبت به گندم و C/N پایین‌تر آن باشد.

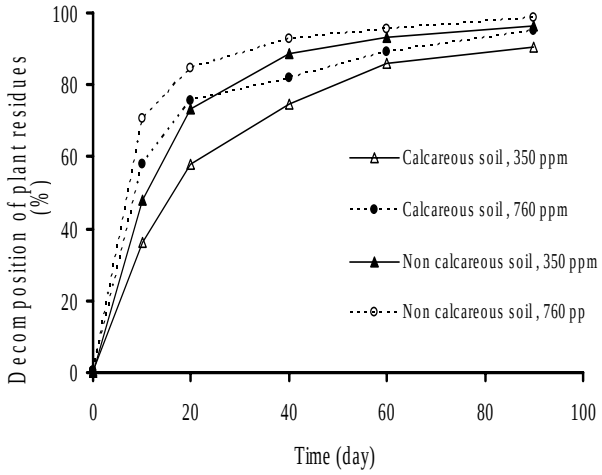
نکته قابل توجه این است که در تمام تیمارها در طول آزمایش میزان تجزیه در خاک آهکی بیش از خاک غیرآهکی بوده است. با اضافه شدن بقایای گیاهی به هر دو خاک فعالیت ریزجانداران خاک افزایش یافته است چنین به نظر می‌رسد که در خاک آهکی به دلیل وجود کربن آلی اولیه بیشتر، همچنین اسیدیته و آهک بالاتر شرایط برای فعالیت‌های میکروبی مساعدتر بوده است. اگرچه بافت در این دو خاک یکسان بود اما خاک آهکی میزان رس کمتر و شن بیشتری را دارا بود که این امر می‌تواند به بهبود شرایط تهویه در خاک آهکی نسبت به خاک غیر آهکی کمک کند و نیاز به اکسیژن ریزجانداران در خاک و تبادلات گازی با سهولت بیشتری انجام پذیرد.

نتیجه‌گیری

بنابراین با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت که افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش میزان تجزیه بقایای گیاهی اضافه شده به خاک می‌گردد و بقایای گیاهی مختلف حتی در غلظت‌های یکسان دی‌اکسیدکربن و نیتروژن با الگوهای متفاوتی تجزیه می‌شوند و این موضوع قطعاً به کیفیت بقایای گیاهی مربوط می‌باشد. نکته قابل توجه دیگر این است که میزان تجزیه بقایای گیاهی گندم و یونجه در خاک آهکی و غیر آهکی متفاوت بود.

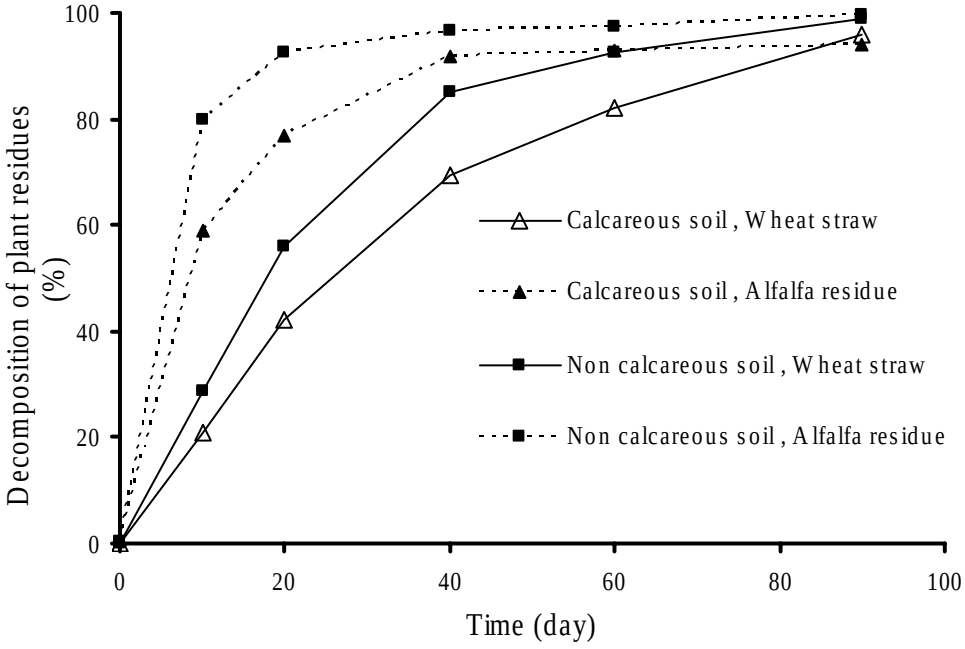
سپاسگزاری

بدینوسیله از پرسنل آزمایشگاه خاکشناسی و آزمایشگاه گیاهشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی که در تجزیه نمونه‌ها کمک فراوان کردند تشکر و قدردانی می‌نماییم.



شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل دی‌اکسیدکربن (ppm) و زمان (روز) بر درصد تجزیه بقایای گیاهی در خاک آهکی و غیرآهکی

Fig. 5- Interaction effects of CO_2 (ppm) and time (day) on decomposition of plant residues (%) in calcareous and non calcareous soils



شکل ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع بقایای گیاهی و زمان (روز) بر درصد تجزیه بقایای گیاهی در خاک آهکی و غیر آهکی

Fig. 6- Interaction between kind of residues and time (day) on decomposition of plant residues (%) in calcareous and non calcareous soils

منابع

1- Arnone, J.A., Zaller, J.G., Spehn, E.M., Niklaus, P.A., Well, C.S., and Korner, C. 2000. Dynamics of root systems in native grasslands: effects of elevated CO_2. New Phytologist 147: 73-85.

2- Cheng, W., and Johnson, D.W. 1998. Elevated CO_2, rhizosphere processes, and soil organic matter decomposition. Plant and soil 202: 167-174.

3- Ebersberger, D., Niklaus, P.A., and Kandeler, E. 2003. Long term CO_2 enrichment stimulates N-mineralization and enzyme activities in calcareous grassland. Soil Biology and Biochemistry 35: 965-972.

4- Fery, S.D., Six, J., and Elliott, E.T. 2003. Reciprocal transfer of carbon and nitrogen by decomposer fungi at the

soil-litter interface. Soil Biology and Biochemistry 35:1005-1004.
5- Henrikson, T.M., and Breland, T.A. 1999. Evaluation of criteria for describing crop residue degradability in a model of carbon and nitrogen turnover in soil. Soil Biology and Biochemistry 31: 1135-1149.
6- Hoosbek, M.R., Vos, J.M., Meinders, M.B.J., Velthorst, E.J., and Scarascia-Mugnozza, G.E. 2007. Free atmospheric CO_2 enrichment (FACE) increased respiration and humification in the mineral soil of a poplar plantation. Geoderma 138:204-212.
7- Hu, S.J., Chapin, F.S., Firestone, M.K., Field, C.B., and Chiariello, N.R. 2001. Nitrogen Limitation of microbial decomposition in a grassland under elevated CO_2. Nature 409: 188-191.
8- Joos, F., Plattner, G.K., Stocker, T.F., Marchal, O., and Schmittner, A. 1999. The response of microbial systems to elevated CO_2. Science 248: 464-467.
9- Klamer, M., Roberts, M.S., Levine, L.H., Drake, B.G., and Garland, J.L. 2002. Influence of elevated CO_2 on the fungal community in a coastal scrub oak forest soil investigated with terminal-restriction fragment length polymorphism analysis. Applied and Environmental Microbiology 68: 4370-4376.
10- Norby, R.J., Long, T.M., Hartz-Rubin, J.S., and Oneill, E.G. 2000. Nitrogen resorption in senescing tree leaves in a warmer, CO_2-enriched atmosphere. Plant and Soil 2224: 15-29.
11- Phillips, R.L., Zak, D.R., Holmes, W.E., and White, D.C. 2002. Microbial community composition and function beneath temperature trees exposed to elevated atmospheric carbon dioxide and ozone. Oecologia 131: 236-244.
12- Reddy, K., 1998. Methods of Measuring Soil Organic Matter. University of Illinois, Chicago Press. Pp. 52-60.
13- Rillige, M.C., Hernandez, G.Y., and Newton, P.C.D. 2000. Arbuscular mycorrhizae respond to elevated atmospheric carbon dioxide after long term exposure. Ecology Letters 3: 475-478.
14- Sitaula, B.K., Bajracharya, R.M., Singh, B.R., and Solberg, B. 2004. Factors affecting organic dynamics in soil of Nepal/Himalayan region; a review and analysis. Nutrient Cycling in Agroecosystems 70: 215-229.
15- Six, J., Carpentier, A., Van Kessel, C., Merckx, R., Harris, D., Horwath, W.R., and Luscher, A. 2001. Impact of elevated CO_2 on soil organic matter dynamics are related to changes in aggregate turnover and residue quality. Plant and Soil 234: 27-36.
16- Taylor, B.R., Prescott, C.E., Parsons, W.F.J., and Parkinson, D. 1991. Substrate control of litter decomposition in four Rocky Mountain coniferous forests. Canadian Jornal of Botany 69: 2242-250.
17- Tisdall, J.M. 1994. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. Plant and Soil 159:115-121.
18- Wang, H., Curtin, D., Jame, Y.W., McConkey, B.G., and Zhou, H.F. 2002. Stimulation of soil carbon dioxide flux during plant residue decomposition. Soil Science Society of America Journal 66: 1304-1310.
19- William, M.A., Rice, C.W., and Omay, A. 2004. Carbon and nitrogen pools in a tall grass prairie soil under elevated carbon dioxide. Soil Science Society of American Journal 68: 148-153.