Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص ۱۲۵۹-۱۲۴۱

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1241-1259

روند تغییرات کربن آلی و عناصر غذایی خاک و عملکرد نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در تناوب‌های زراعی

فروتن بهادری بیرگانی[1*]، جهانفر دانشیان[2]، سید علیرضا ولدآبادی[3]، سعید سیف‌زاده[4] و اسماعیل حدیدی ماسوله[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۰

بهادری بیرگانی، ف.، دانشیان، ج.، ولد آبادی س.ع.، سیف‌زاده، س. و حدیدی ماسوله، ا. ۱۳۹۸. روند تغییرات کربن آلی و عناصر غذایی خاک و عملکرد نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در تناوب‌های زراعی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱ (۴):۱۲۵۹-۱۲۴۱.

چکیده

به‌منظور ارزیابی روند تغییرات میزان کربن و ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک و عملکرد نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در شرایط تناوب‌های زراعی مختلف، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌مدت سه سال متوالی در مزرعه تحقیقاتی کشت‌وصنعت نیشکر امیرکبیر اهواز طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۳ اجرا شد. ده تناوب رایج زراعی شامل ۱) گندم- شبدر- نیشکر، ۲) کلزا- شبدر- نیشکر، ۳) جو- شبدر- نیشکر، ۴) سورگوم- شبدر- نیشکر، ۵) شبدر- ماش- نیشکر، ۶) شبدر- شبدر- نیشکر، ۷) شبدر- شبدر چین سوم- نیشکر، ۸) شبدر- سویا- نیشکر، ۹) شبدر- ذرت- نیشکر و ۱۰) شاهد- شاهد- نیشکر به‌عنوان تیمار مدنظر قرار گرفتند. نیتروژن خاک، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و کربن آلی مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان داد اگرچه روند تغییرات فسفر در سه سال اجرای آزمایش در هر دو عمق خاک تفاوت معنی‌داری نداشت، امّا میزان پتاسیم و کربن آلی خاک در سال سوم آزمایش کاهش یافت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان فسفر، نیتروژن و کربن آلی در هر دو عمق خاک ۳۰-۰ سانتی‌متر در تناوب‌های زراعی تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. هم‌چنین پتاسیم در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و نسبت کربن به نیتروژن در عمق۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر در تناوب زراعی متفاوت بود. بیش‌ترین میزان باقی‌مانده نیتروژن، فسفر و نسبت کربن به نیتروژن به‌ترتیب در تناوب‌های زراعی شبدر- شبدر- نیشکر، آیش- آیش- نیشکر و سورگوم- شبدر – نیشکر به‌ترتیب با ۱۲۴ و ۱۲۱ تن در هکتار بوده است. بیش‌ترین عملکرد نیشکر مربوط به تناوب زراعی شبدر- ماش- نیشکر و کم‌ترین آن در تناوب آیش- آیش- نیشکر به‌دست آمد. به‌طور کلی، نتایج عملکرد نشان داد که انتخاب بقولات در تناوب با نیشکر، مقدار نیتروژن خاک و عملکرد نیشکر را افزایش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: بقولات، شبدر، فسفر، ماده آلی، نیتروژن

مقدمه

استان خوزستان یکی از تولیدکنندگان اصلی نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) بوده که بیش از ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی استان زیر کشت این محصول می‌باشد (Abbasi et al., 2016). اگرچه در سرتاسر دنیا تک‌کشتی نیشکر مرسوم است، ولی اجرای این سیستم به‌تدریج موجب کاهش عملکرد و کم شدن حاصلخیزی خاک شود (Garside & Bell, 2011; Shoko et al., 2009). نظام‌های تک‌کشتی با ایجاد شرایط نامطلوب بیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی در خاک باعث کاهش میزان کربن آلی و عناصر غذایی موجود در خاک شود (Eck & Stewart, 1998)، امّا در یک بوم‌نظام زراعی، انتخاب تناوب زراعی مناسب، مدیریت مناسب

۱- دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان
۲- استاد سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
۳ و ۴- دانشیار و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: forootanb@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.74186

www.SID.ir

Archive of SID

عملیات زراعی به‌خصوص شخم، کاربرد مناسب کودهای شیمیایی و آلی، حفظ پوشش گیاهی و مدیریت صحیح بقایای گیاهی نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان و پویایی عناصر معدنی و آلی داشته است (Balyan, 1997). یکی از فاکتورهای کیفیت بقایا غلظت نیتروژن می‌باشد. چرخه نیتروژن زمینی شامل مخازن خاک، گیاه و حیوانات است که این مخازن در برگیرنده مقدار نسبتاً کمی از نیتروژن فعال در مقایسه با مخازن بزرگی از نیتروژن که در لیتوسفر و اتمسفر است را شامل می‌شوند و با وجود مقدار کم امّا تأثیر اساسی بر دینامیک چرخه بیوشیمیایی نیتروژن جهانی دارد (Mc Neill & Unkovich, 2007). اکثر ورودی نیتروژن در چرخه زمینی به‌طور طبیعی از طریق تثبیت بیولوژیکی زنده و ته‌نشت‌های تر و خشک صورت می‌گیرد (Galloway at al., 1995). جذب نیتروژن توسط گیاه باعث بالا رفتن غلظت نیتروژن در بقایای گیاهی می‌شود و فراهمی نیتروژن در بیوسفر می‌تواند مشکلات زیست محیطی متعددی را ایجاد کند (Vitousek et al., 1997). مطالعات مختلف نشان داد که تناوب زراعی به‌ویژه با کودهای سبز منجر به شکستن چرخه پاتوژن و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله مواد آلی خاک شود (Carolini et al., 2013; Boddey et al., 2010; Calegari et al., 2008).

به‌دلیل مشکلاتی که در نتیجه تغییرات اقلیمی در سیستم های کشاورزی به‌وجود خواهد آمد (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2006)، لزوم مقابله با شرایط تغییر اقلیم و افزایش دی‌اکسیدکربن و نیز سازگاری سیستم‌های کشاورزی به این شرایط به‌شدت احساس شود. راهکارهایی که در این رابطه مطرح می باشد، در قالب کاهش تولید دی‌اکسیدکربن و یا حذف آن از اتمسفر است. حذف کربن از اتمسفر از راه ذخیره آن به‌شکل زیست‌توده در اندام‌های گیاهی و یا استفاده از خاک به‌عنوان بزرگ‌ترین منبع کربن خشکی و وارد کردن کربن آلی به درون خاک در قالب بقایای گیاهی و استفاده از کودهای آلی در سیستم های کشاورزی است که از آن تحت عنوان ترسیب کربن یاد می‌شود (Chen et al., 2007; Lal, 2002; Parshotam et al., 2001).

اهمیت خاک‌های دنیا در چرخه جهانی کربن و نقش کربن آلی خاک در گرم شدن کره زمین مورد توجه بسیاری از خاک‌شناسان و اکولوژیست‌ها در سرتاسر جهان قرار گرفته است. فعالیت‌های انسان برای تولید غذا و انرژی و از بین بردن جنگل‌ها و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی سبب افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در هوا به‌عنوان مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای و در نتیجه بر هم خوردن چرخه کربن شده است (Lal, 2007). به همین دلیل دانشمندان و برنامه‌ریزان محیط زیست علاقمند به دانستن پتانسیل خاک‌های دنیا به‌عنوان مخزنی برای کربن اتمسفری هستند (Lal et al., 1999). خاک به‌عنوان منبع یا مخزنی برای کربن اتمسفری می‌تواند با مهار تولید دی‌اکسیدکربن از پدیده گلخانه‌ای شدن کره زمین جلوگیری کند (Lal et al., 1998). مدیریت خاک و مخصوصاً مدیریت بقایای گیاهی بر تغییر کمّی و کیفی ماده آلی در خاک نقش بسزایی دارد و به‌طور کلی فرآیند تنفس و هدررفت کربن خاک تحت تأثیر عواملی از قبیل: سطح آب زیرزمینی (Sanchez et al., 2003)، درجه حرارت خاک‌ها (Von Arnold et al., 2005)، رطوبت خاک (Rochette et al., 2000)، میزان کربن آلی محلول (Rochette et al., 2000)، زیست‌توده میکروبی (Rochette et al., 2000)، خصوصیات فیزیکی خاک (Lal, 2004)، تابش خورشید، بارندگی (Mielnick et al., 2000)، درجه حرارت هوا (Frank et al., 2002)، نوع خاک‌ها (Maljanen et al., 2004)، نوع گیاهان در حال رشد و میزان بقایای گیاهی وارد شده به خاک (Maljanen et al., 2004)، تنفس ریشه و ترشحات ریشه (Binkley et al., 2004) می‌باشند.

مصرف کود شیمیایی در تولید نیشکر بسیار زیاد است، به‌طوری‌که میزان مصرف کود نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. کاشت لگوم‌ها در تناوب زراعی قبل از کشت مجدد نیشکر نه تنها موجب افزایش تنوع زیستی و کاهش موجودات مضر خاک شود (Pankhurst et al., 2003, 2005; Shoko & Zhou, 2009)، بلکه باعث فراهم آوردن نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی شود (Shoko & Tawira, 2007). در همین راستا شوکو و همکاران (Shoko et al., 2009) به این نتیجه رسیدند که کشت سویا همراه با مصرف ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن عملکرد نی بیش‌تری تولید کرد و موجب صرفه ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شد. در مطالعه‌ای دیگر، کشت سویا (*Glycine max* L.) در تناوب با نیشکر ۳۰۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به نیتروژن ذخیره‌شده خاک افزوده است (Park et al., 2010). کشت لگوم‌ها به‌عنوان کود سبز قبل از کاشت نیشکر، حداقل در دو دوره رشد نیشکر موجب افزایش عملکرد شکر می‌شود (Ambrosano et al., 2005).

با توجه به اینکه سطح زیادی از اراضی خوزستان زیر کشت

www.SID.ir

Archive of SID

نیشکر می‌باشد و کشت مداوم نیشکر، علاوه بر افزایش مصرف کودهای شیمیایی باعث کاهش تنوع زیستی و کمبود عناصر غذایی خاک شده است. از این‌رو، انتخاب مناسب‌ترین تناوب زراعی با هدف بهبود حاصلخیزی خاک زراعی در درازمدت و افزایش انعطاف‌پذیری سیستم به‌نحوی‌که قابلیت پذیرش گیاهان جدید مطابق شرایط کشت نیشکر باشد، ضروری می‌باشد. در نتیجه این مطالعه با هدف ارزیابی شرایط عناصر غذایی باقی‌مانده در خاک در تناوب‌های زراعی و تأثیر آن‌ها بر عملکرد نیشکر در طی دوره سه‌ساله در شرایط آب‌وهوایی گرم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با هدف ارزیابی تغییرات میزان کربن و مواد آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم باقی‌مانده در خاک در شرایط تناوب‌های زراعی مختلف، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۳ به‌مدت سه سال متوالی در مزرعه تحقیقاتی کشت‌وصنعت نیشکر امیرکبیر اجرا شد. ده تناوب زراعی شامل: ۱) گندم (*Triticum astivum* L.)- شبدر (*Trifolium pretense* L.)- نیشکر(*Saccharum officinarum* L.)، ۲) کلزا(*Brassica napus* L.)- شبدر- نیشکر، ۳) جو (*Hordeum vulgare* L.)- شبدر- نیشکر، ۴) سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)- شبدر- نیشکر، ۵) شبدر- ماش(*Vigna radiata* L.)- نیشکر، ۶) شبدر- شبدر- نیشکر، ۷) شبدر- شبدر چین سوم- نیشکر، ۸) شبدر- سویا (*Glycine max* L.)- نیشکر، ۹) شبدر- ذرت (*Zea mays* L.)- نیشکر و ۱۰) شاهد- شاهد- نیشکر به‌عنوان تیمار مدنظر قرار گرفتند.

برای اجرای آزمایش، مزرعه‌ای در نظر گرفته شد که در آن نیشکر برای آخرین رویش مجدد برداشت شده بود. قبل از اجرای آزمایش به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از اعماق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری انجام گرفت و نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه اعم از درجه حرارت، رطوبت نسبی و تبخیر در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در دو عمق متفاوت

Table 1- Physical and chemical charactristics of soil in two depths

عمق Depth (cm)	pH	Na^+ ($me.l^{-1}$)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر قابل دسترس Available P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس Available K ($mg.kg^{-1}$)
0-30	8.5	2.75	1.27	0.11	0.70	6.2	155
30-60	8.3	3.95	1.45	0.42	0.61	5.98	142

جدول ۲- میزان بارندگی، درجه حرارت، رطوبت نسبی و تبخیر در طی سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۳

Table 2- Precipitation, temperature, relative humidity and evaporation during growing seasons of 2014-2016

سال Year	درجه حرارت Temperature (°C)			رطوبت نسبی Relative humidity (%)			تبخیر Evaporation (mm)	بارندگی Precipitation (mm)
	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean		
2014	16.76	32.32	25.06	27.08	70.17	68.47	3145.57	95.40
2015	16.69	33.03	24.98	29.25	72.83	68.58	2535.80	186.20
2016	15.82	31.15	24.26	25.33	69.42	90.08	2650.50	69.40

عملیات آماده‌سازی زمین شامل دو بار دیسک سنگین، شخم با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار به عمق ۳۰ سانتی‌متر و عملیات تکمیلی شامل دیسک و ماله انجام شد و برای هر محصول عملیات تهیه زمین مخصوص آن صورت گرفت. عرض کرت پنج متر و طول هر کرت ۱۰ متر در نظر گرفته شد. منابع کودی برای نیتروژن از کود اوره، فسفر از سوپر فسفات تریپل و پتاسیم از سولفات پتاسیم که به‌ترتیب به‌میزان ۳۵۰، ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در ابتدای کشت به همراه کودهای سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم با خاک مخلوط و ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره به‌صورت سرک در دو مرحله ابتدای ساقه‌دهی و گل‌دهی گیاه

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف شد.

نحوه مدیریت و زمان کاشت گیاهان پیش کاشت در جدول ۳ نشان داده شده است. عملیات کاشت، داشت و برداشت کلیه محصولات مطابق مرسوم منطقه و توصیه مدیریت تحقیقات کشاورزی استان صورت گرفت. در محصولات دانه‌ای تابستانه مانند ذرت، سویای دانه‌ای و ماش، تنها بذر از مزرعه خارج شد و کلیه بقایای آن‌ها در مزرعه باقی ماند. در محصولاتی که به‌عنوان کود سبز کاشته شدند، در ابتدای دوره پر شدن دانه، بعد از چاپر کردن، اندام‌های هوایی آن‌ها توسط دیسک با خاک مخلوط شد. در تیمار هفتم پس از برداشت دو چین شبدر، چین سوم به‌عنوان کود سبز با خاک مخلوط شد. ارقام مورد استفاده شامل گندم رقم چمران، کلزا رقم هایولا ۴۰۱، جو رقم کارون، سورگوم رقم پگاه، شبدر از نوع شبدر برسیم، سویا رقم ۵۰۴، ذرت رقم سینگل گراس ۷۰۴ و ماش رقم پرتو بود.

جدول ۳- تاریخ کاشت و نحوه مدیریت زراعی گیاهان پیش کاشت

Table 3- Planting date and crop management methods for pre-planting crops

گیاه زراعی Crop	رقم Cultivar	تاریخ کاشت Planting date	نیتروژن، پتاسیم و فسفر مصرفی NKP	تراکم کاشت Plant density	بذر مصرفی Seed application ($kg.ha^{-1}$)	نحوه کاشت Planting method
گندم Wheat	چمران Chamran	20 آبان 11 Nov.	100-50-100	450	200	خطی Linear
کلزا Canola	هایولا۴۰۱ Hyola 401	30 مهر 22 Oct.	100-75-80	80	3.5	ردیفی Row
جو Barely	کارون Karun	1 آذر 23 Oct.	100-50-100	250	170	خطی Linear
سورگوم Sorgum	پگاه Pegah	20 خرداد 10 Jun.	100-150-100	20	22	جوی پشته Farover
شبدر Clover	شبدربرسیم Berseem	25 مهر 17 Oct.	100-200-0	200	30	خطی Linear
سویا Soybean	504 504	1 تیر 22 Jun.	50-150-0	35	20	ردیفی Row
ذرت Corn	سینگل کراس۷۰۴ Single cross 704	20 تیر 11 Jul.	400-300-0	9	25	جوی پشته Farover
ماش Mung bean	پرتو Perto	10 خرداد 31 May.	80-100-70	80	30	جوی پشته Farover

نمونه‌برداری از خاک توسط اوگر پس از برداشت هر محصول در هر سال از دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر از کرت‌های آزمایش انجام و برای هر تیمار به‌طور جداگانه نمونه‌های مرکب از پنج نمونه تصادفی تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. در این آزمایش، نیتروژن خاک به‌روش هضم تر با استفاده از کجلدال (Bremner, 1996)، فسفر قابل جذب به‌روش اولسن (Westerm, 1990)، پتاسیم قابل جذب به‌روش عصاره‌گیری با استات آمونیم (Jackson, 1975)، کربن آلی به‌روش والکلی و بلک (Walkley & Black, 1934) و بافت خاک به‌روش هیدرومتری تعیین شدند. به‌منظور محاسبه مقدار ماده آلی خاک درصد کربن آلی خاک در عدد ۱/۷۲۴ ضرب شد (Polidori et al., 2008).

داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS (SAS Institute, 2001) با استفاده از دستور PROC GLM آنالیز شدند. بعد از تعیین همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌ها، تجزیه مرکب انجام شد Burr & (Foster, 1972; Shapiro & Wilk, 1965). مقایسه میانگین نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد (SAS Institute, 2001).

نتایج و بحث

روند تغییرات فسفر خاک

فسفر از جمله فاکتورهایی است که در حاصلخیزی خاک نقش عمده‌ای داشته و از عناصر پرمصرف ضروری برای رشد گیاه به‌حساب می‌آید. در خاک‌های آهکی ایران که در اقلیم خشک و نیمه‌خشک واقع هستند، وجود pH بالا، درصد زیاد کربنات کلسیم، کمی مواد آلی

www.SID.ir

Archive of SID

و خشکی خاک باعث شده‌اند که مقدار قابل جذب فسفر کم‌تر از مقدار لازم برای تأمین رشد بهینه اکثر محصولات کشاورزی باشد (Salimpour et al., 2010). نتایج این مطالعه نشان داد که روند تغییرات میزان فسفر در سه سال اجرای طرح بر اساس تجزیه واریانس، در عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، دارای تفاوت معنی‌داری نبوده است و مقدار فسفر تقریباً ثابت باقی مانده است (جدول ۴). هم‌چنین طی این سه سال میزان فسفر خاک سطحی دارای تغییرات محدود بوده است به‌گونه‌ای که پس از افزایش در سال دوم، در سال سوم دچار کاهش شده است؛ خاک عمقی نیز روندی مشابه خاک سطحی داشته و پس از افزایش در سال دوم، در سال سوم دچار کاهش شده است، امّا تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۱) نبوده است (جدول ۵). عدم تغییر معنی‌دار در میزان فسفر را می‌توان به استفاده از کود سوپرفسفات تریپل نسبت داد. هم‌چنین فسفر به‌دلیل تحرک کم در عمق‌های پایین ثابت می‌باشد که نتایج این مطالعه گویای این مطلب است. نتایج پژوهش زارع فیض آبادی و نوری حسینی (Zare Feizabadi & Nouri Hosseini, 2014) مشخص نمود که میزان فسفر در پایان دوره تناوب زراعی به مقدار معنی‌داری افزایش داشته است. ایشان علت افزایش فسفر در پایان پنج دوره تناوب زراعی را مصرف کود سالانه، عدم تحرک‌پذیری فسفر در خاک و هم‌چنین تراکم سیستم ریشه‌ای بیان کردند که منجر به عدم جذب کامل فسفر خاک شده است. علت تفاوت در نتایج را می‌توان به متغیر بودن گیاهان استفاده شده در تناوب زراعی، تفاوت سیستم ریشه‌ای گیاهان و نوع خاک نسبت داد.

در بررسی تیمارهایی که تحت تأثیر تناوب زراعی بوده‌اند، اختلاف معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) در میزان فسفر در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری مشاهده شد (جدول ۴). زارع فیض آبادی و نوری حسینی (Zare Feizabadi & Nouri Hosseini, 2014) نیز در کرت‌های تحت تناوب زراعی مختلف، اختلاف معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۵) در مقادیر فسفر خاک مشاهده کردند.

در بین تناوب‌های زراعی مختلف در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری بیش‌ترین میزان فسفر مربوط به تناوب آیش- آیش- نیشکر بوده است و کم‌ترین میزان فسفر مربوط به تناوب شبدر- سویا- نیشکر می‌باشد (جدول ۵). علاوه بر جذب تدریجی فسفر به‌صورت ترکیبات نامحلول در خاک، از آن‌جا که نیشکر گیاهی با نیاز غذایی بالا می‌باشد، لذا وجود کشت‌های قبل از آن منجر به برداشت فسفر خاک شده و در طی سه سال، علی‌رغم استفاده از کود، اندوخته فسفر خاک تخلیه شده است، امّا در شرایط آیش میزان فسفر خاک کم‌تر دچار تغییر شده است. استفاده از کودهای شیمیایی حاوی فسفر بالاخص سوپرفسفات‌ها که یکی از شیوه‌های رایج جبران کمبود این عنصر غذایی در خاک به شمار می‌رود، در خاک‌های آهکی و قلیایی چندان کارآمد نیست، زیرا قسمت اعظم فسفر موجود در کود، پس از ورود به خاک به‌تدریج به ترکیبات نامحلول تبدیل شده و به‌صورت غیرقابل استفاده گیاه در خاک ذخیره می‌شود، به‌طوری که بازده کودهای فسفری در خاک‌های آهکی و قلیایی از ۲۰ درصد تجاوز نمی‌کند (Isdale et al., 1993). وجود تناوب آیش در بین کشت‌های مختلف می‌تواند منجر به حفظ فسفر قابل دسترس خاک شده و فسفر مورد نیاز کشت بعد را تا حدی تأمین کند. تناوب زراعی کلزا- شبدر چین سوم- نیشکر نیز بیانگر این مسأله بود که کود سبز حاصل از برگردانیدن شبدر چین سوم، توانایی بازگرداندن فسفر از دست رفته به خاک را نداشته است. بهرامی و همکاران (Bahrami et al., 2012) در بررسی درصد فسفر اندام هوایی گندم، ذرت، نیشکر، یونجه *medicago sativa*، لوبیا و ماش تفاوت معنی‌داری مشاهده نکردند. با توجه به عدم متحرک بودن فسفر در خاک و جذب آن توسط ترکیبات نامحلول، میزان فسفر در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری به مراتب کم‌تر از خاک سطحی بوده است. در این عمق نیز بیش‌ترین میزان فسفر متعلق به تناوب زراعی آیش- آیش- نیشکر بود. هم‌چنین کم‌ترین میزان فسفر مربوط به شبدر- شبدر چین سوم- نیشکر بود (جدول ۵).

روند تغییرات نیتروژن خاک

نیتروژن یکی از سه عنصر پرمصرف اصلی است که فعالیت‌های متعددی در گیاه انجام می‌دهد و مقدار آن به‌صورت قابل جذب در طبیعت بسیار ناچیز بوده و باید به‌صورت کود به خاک اضافه شود. نقش نیتروژن در گیاه شامل رشد رویشی، تشکیل بافت‌های گیاهی، مشارکت در ساختار پروتئین‌ها و کلروفیل و افزایش مقاومت گیاه به بیماری‌ها می‌باشد (Zehtabian et al., 2015). پویایی نیتروژن بسته به ویژگی‌های خاک نظیر بافت و میزان رطوبت، محل قرارگیری بقایا (اختلاط بقایا با خاک یا قرارگیری سطحی) و ماهیت بقایای گیاهی به‌ویژه نسبت کربن به نیتروژن بقایا بسیار متفاوت است (Azam et al., 2005; Zaccheo et al., 2002; Mary et al., 1996).

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج این بررسی نشان داد که روند تغییرات نیتروژن در سه سال اجرای مطالعه، در عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک، دارای تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بوده و مقدار نیتروژن تغییر کرده است (جدول ۴). میزان تغییرات نیتروژن خاک سطحی نیز دارای تغییرات معنی‌داری بوده است به‌گونه‌ای‌که پس از افزایش در سال دوم، در سال سوم دچار کاهش شده است. در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در سال دوم تغییری در میزان نیتروژن رخ نداده است، امّا در سال سوم میزان آن دچار کاهش شده است و تفاوت میانگین‌ها معنی‌دار بود (جدول ۵). این نتایج با یافته‌های عدالت و همکاران (Edalat et al., 2006) نیز منطبق می‌باشد. افزایش جزئی میزان نیتروژن در سال دوم را می‌توان به‌علت اضافه کردن کود اوره به خاک در نظر گرفت، امّا در سال آخر به‌دلیل کشت نیشکر که گیاهی پر نیاز است مقدار نیتروژن در سطح معنی‌داری کاهش یافته است.

در بررسی تیمارهایی که تحت تأثیر تناوب زراعی بوده‌اند، اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) در میزان نیتروژن در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک مشاهده شد (جدول ۴). در بین تناوب‌های زراعی مختلف در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری بیش‌ترین میزان نیتروژن مربوط به تناوب شبدر- شبدر- نیشکر و کم‌ترین میزان نیتروژن مربوط به تناوب سورگوم- شبدر- نیشکر بود (جدول ۵). گیاهان پوششی لگومینوز به‌دلیل توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بسیار مورد توجه هستند. از نظر بیولوژیکی نیتروژن تثبیت‌شده از طریق ریشه‌ها در خاک انتقال داده می‌شود و بعداً در طول فرایند تجزیه بقایا بعد از مخلوط شدن در خاک به‌طور تدریجی آزاد می‌شود. بنابراین گیاهان پوششی لگومینوز توانایی افزایش حاصلخیزی خاک را دارند و نیتروژن را برای گیاهان بعدی فراهم می‌کنند (Shamsalddin Saied et al., 2017). از آن‌جاکه شبدر از لگومینوزها می‌باشند و به‌دلیل تثبیت نیتروژن توسط باکتری ریزوبیوم در ریشه شبدر، میزان نیتروژن پس از دو کشت پیاپی شبدر بالاتر از سایر تناوب‌های زراعی بوده و علی‌رغم برداشت بالای نیتروژن توسط نیشکر، همچنان میزان نیتروژن بالا باقی‌مانده است. همونگ و همکاران (Hemwong et al., 2009) گزارش نمودند که عملکرد نیشکر به‌طور مثبتی تحت تأثیر بقایای نیشکر قرار می‌گیرند و بقایای لگومینوزهایی چون بادام‌زمینی (*Arachis hpogaea* L.) و سویا، باعث افزایش جوانه‌زنی نیشکر و عملکرد نی خواهند شد. در بین تناوب‌های زراعی مختلف در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری نیز بیش‌ترین میزان نیتروژن مربوط به تناوب زراعی شبدر- شبدر- نیشکر بوده است و کم‌ترین میزان نیتروژن مربوط به تناوب سورگوم- شبدر- نیشکر می‌باشد. ویدنفلد (Wiedenfeld, 1998) در بررسی تأثیر گیاهان قبلی (شامل سورگوم، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، ذرت و سویا)) در تناوب کشت نیشکر و تأثیر کود نیتروژن بر آن، مشخص کرد که سورگوم و ذرت نسبت به پنبه و سویا مقدار زیست-توده بیش‌تری به خاک باز می‌گردانند.

در دهه‌های اخیر، فعالیت‌های کشاورزی، مصرف سوخت‌های فسیلی و دیگر فعالیت‌های انسانی محتوای نیتروژن را در اکوسیستم‌های مرطوب افزایش داده است (Vitousek et al., 1997). علاوه‌بر آن، پیش بینی می شود گرم شدن جهانی کره زمین موجب تسریع تجزیه مواد آلی و بهبود وضعیت نیتروژن در عرض های جغرافیایی متوسط و بالا شود (Rustad et al., 2001; Aerts et al., 2006). گستره دمایی بهینه موجودات تجزیه‌کننده خاک بسیار متفاوت بوده (صفر تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد) (Paul & Clark, 1996) و در اغلب موارد تجزیه بقایا با افزایش دما همبستگی مثبتی نشان می‌دهد (Swift et al., 1979). بلی-تدلا و همکاران (Belay-Tedla et al., 2009) اظهار داشتند که درجه حرارت می‌تواند سبب افزایش فعالیت ریزجانداران خاک و در نتیجه افزایش سرعت و مقدار تجزیه بقایا شود. یانگ و همکاران (Yang et al., 2007) نیز اظهار داشتند که درجه حرارت مهم‌ترین عامل محیطی است که می‌تواند بر فعالیت جامعه میکروبی خاک و در نتیجه تجزیه ماده آلی تأثیرگذار باشد. نتایج کوتیوکس و همکاران (Couteautx et al., 1995) نشان داد که درجه حرارت‌های بالاتر در مناطق جنوبی ایالات متحده، سبب تسریع تجزیه بقایا و مواد آلی مقاوم‌تر شد.

وجود ترکیبات کربنی که به‌راحتی توسط میکروارگانیسم‌ها قابل دسترس هستند، میزان معدنی شدن نیتروژن آلی را افزایش می‌دهد، درحالی‌که بقایای گیاهی پایدارتر که از میزان لیگنین بالاتری برخوردارند به‌دلیل دارا بودن اثرات حفاظتی، نیتروژن کم‌تری آزاد می-سازند (Zaccheo et al., 2002). گزارش شده است که در طی تجزیه، نیتروژن بقایای گیاهی غنی از نیتروژن آزاد شده و در خاک تجمع می‌یابد (Azam et al., 1993; Soon & Arshad; 2002). هم‌چنین اختلاط بقایای غیربقولات که در مرحله سبز بودن برداشت شده باشند و نسبت کربن به نیتروژن آن‌ها کم‌تر از ۲۵ باشد نیز می-

www.SID.ir

Archive of SID

تواند سبب آزادسازی بخش قابل توجهی از نیتروژن آن ها در طی تجزیه شود (Azam et al., 1993; Ibewiro et al., 2000). مندهام و همکاران (Mendham et al., 2004) با بررسی لگوم‌های پوششی و آبیون و همکاران (Abiven et al., 2005) با مطالعه معدنی شدن نیتروژن حاصل از بقایای بخش‌های مختلف گیاه اظهار داشتند که بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن کم در طی دوره تجزیه در خاک سبب معدنی شدن خالص نیتروژن شود.

از آن‌جاکه تجزیه بقایا معمولاً در اثر قابلیت دسترسی به نیتروژن محدود شود (Melillo et al., 1982)، افزایش محتوای نیتروژن ممکن است باعث افزایش کیفیت بقایای گیاهی و تحریک فعالیت‌های میکروبی شده و از این‌رو، تجزیه بقایا در نواحی مرطوب افزایش یابد. به هرحال، تحقیقات روی اثر افزایش نیتروژن بر سرعت تجزیه بقایا نتایج کاملاً متفاوتی را نشان داد و این اثر هنوز نامشخص مانده است (Knorr et al., 2005; Aerts et al., 2006). بنابراین، درک بهتری از پاسخ تجزیه بقایا به افزایش نیتروژن در اراضی مرطوب، برای توسعه دقیق ذخایر کربن و ارزیابی عملکرد مواد حاوی کربن در شرایط افزایش نیتروژن قابل دسترس ضروری است (Song et al., 2011). یافته‌های پژوهش سونگ و همکاران (Song et al., 2011) همانند نتایج ویوانکو و آستین (Vivanco & Austin, 2010) حاکی از آن هستند که افزایش نیتروژن باعث تحریک فعالیت میکروبی شده و در نتیجه تجزیه افزایش می‌یابد. به هر حال، برخی از گزارش‌ها حاکی از اثر منفی (Aerts & Caluwe, 1997) یا بی‌اثر بودن (Hobbie & Vitousek, 2000) افزایش نیتروژن بر تجزیه بقایا است. چنین نتایج متضادی در مورد اثر نیتروژن بر تجزیه بقایا ممکن است توسط تفاوت در میزان افزایش نیتروژن، شرایط مکانی محل افزودن نیتروژن و کیفیت بقایای گیاهی قابل توجیه باشد (Knorr et al., 2005). در مجموع، افزایش نیتروژن با بهبود کیفیت بقایا و تحریک فعالیت‌های میکروبی موجب تسریع تجزیه بقایا در شرایط اقلیمی مورد مطالعه شود. بر این اساس، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش نیتروژن به اراضی و بالا رفتن غلظت نیتروژن در بقایای گیاهی می تواند اثر کلیدی در فرآیند چرخه کربن و تغییرات اقلیمی در مقیاس محلی تا جهانی داشته باشد.

گزارش شده است که در طی تجزیه، نیتروژن بقایای گیاهی غنی از نیتروژن آزاد شده و در خاک تجمع می‌یابد (Azam et al., 1993; Soon & Arshad; 2002). هم‌چنین اختلاط بقایای غیربقولات که در مرحله سبز بودن برداشت شده باشند و نسبت کربن به نیتروژن آن‌ها کم‌تر از ۲۵ باشد نیز می‌تواند سبب آزادسازی بخش قابل توجهی از نیتروژن آن‌ها در طی تجزیه شود (Azam et al., 1993; Ibewiro et al., 2000). مندهام و همکاران (Mendham et al., 2004) با بررسی لگوم‌های پوششی و آبیون و همکاران (Abiven et al., 2005) با مطالعه معدنی شدن نیتروژن حاصل از بقایای بخش های مختلف گیاه اظهار داشتند که بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن کم در طی دوره تجزیه در خاک سبب معدنی شدن خالص نیتروژن شود.

نتایج آزمایش رئیسی (Raeisi, 2006) نشان داد که میزان نیتروژن معدنی در خاک‌های دارای بقایای مختلف تفاوت معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که مقدار نیتروژن معدنی در خاک شاهد نسبت به خاک دارای بقایای گندم بیش‌تر بود که این امر حاکی از غیرمتحرک شدن نیتروژن به‌دلیل نسبت بالای کربن به نیتروژن بقایای گندم می‌باشد. در مقابل میزان نیتروژن معدنی در خاک یونجه بیش از شاهد بود که نشان‌دهنده معدنی شدن خالص نیتروژن به‌دلیل کیفیت نسبتاً بالای بقایای یونجه بود. کارا (Kara, 2000) با بررسی تأثیر کیفیت بقایای گیاهی مختلف بر معدنی شدن نیتروژن مشاهده نمود که نیتروژن معدنی خاک در ۱۰ روز اول آزمایش به‌دلیل فعالیت بیولوژیکی بالاتر غیرمتحرک شد، امّا با ادامه انکوباسیون میزان نیتروژن معدنی در تمامی تیمارها افزایش یافت. فرانسلوبرز و همکاران (Franzlubbers et al., 1994) نیز گزارش کردند که معدنی شدن خالص نیتروژن در بخش‌های مختلف بقایای لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L. Walp.) متفاوت بود؛ به‌نحوی‌که پس از ۶۸ روز بالاترین میزان معدنی شدن (۷۱/۸ درصد) در گره‌ها (با نسبت کربن به نیتروژن ۶/۵۱) و کم ترین آن (۲۴/۴ درصد) در ریشه و ساقه (به‌ترتیب با نسبت کربن به نیتروژن ۲۴/۶ و ۲۶/۳) مشاهده شد. هنریکسن و برلند (Henriksen & Breland, 1999) اظهار داشتند که معدنی شدن یا غیرمتحرک شدن نیتروژن تفاوت معنی‌داری بین بقایای گیاهی اضافه شده به خاک نشان داد. در آزمایش ایشان حداکثر غیرمتحرک شدن خالص (۲۱/۶ میلی‌گرم بر گرم کربن اضافه شده) در ساقه کلزا و حداکثر معدنی شدن خالص (۵۱/۳ میلی‌گرم نیتروژن بر گرم کربن اضافه شده) در بقایای شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) مشاهده شد.

اعظم و همکاران (Azam et al., 2005) نیز با بررسی روند

www.SID.ir

Archive of SID

آزادسازی نیتروژن معدنی در طی تجزیه بقایای گیاهی اظهار داشتند که در تیمارهای دارای بقایای گیاهی، میزان نیتروژن معدنی خاک در طی دو هفته اول آزمایش کاهش و سپس افزایش یافت. میزان غیرمتحرک شدن برای بقایای سسبانیا (*Sesbania* sp.) با پائین‌ترین نسبت کربن به نیتروژن، کم‌تر از گندم و ذرت بود. ساکالا و همکاران (Sakala et al., 2000) با مطالعه آزادسازی نیتروژن در خاک‌های دارای بقایای عدس (*Lens culinaris* L.)، ذرت و مخلوط ذرت و دال عدس بیان داشتند که در چهار هفته اول در تمامی تیمارها غیرمتحرک شدن نیتروژن اتفاق افتاد. پس از گذشت چهار هفته در خاک‌های دارای بقایای دال عدس (*Cajanus cajan* L.)، معدنی شدن مجدد نیتروژن مشاهده شد هر چند که هنوز نسبت به خاک شاهد غیرمتحرک شدن خالص نیتروژن وجود داشت. در مقابل در خاک‌های دارای بقایای ذرت و مخلوط ذرت و دال عدس، تا ۱۱۰ تا ۱۳۰ روز غیرمتحرک شدن نیتروژن ادامه یافت و پس از این مدت معدنی شدن مجدد نیتروژن در تیمار مخلوط مشاهده شد.

غیرمتحرک شدن نیتروژن معدنی از فعالیت زیست‌توده میکروبی در طی تجزیه بقایا ناشی می‌شود. زمانی‌که بقایای گیاهی به خاک افزوده شود، میزان زیست‌توده میکروبی خاک افزایش یافته که این افزایش با مصرف نیتروژن معدنی خاک که به‌راحتی برای میکروارگانیسم‌ها قابل دسترس است، همراه می‌باشد. در بقایائی که از نسبت کربن به نیتروژن پائین‌تری برخوردارند، در حین تجزیه بقایا نیتروژن معدنی شده و به خاک اضافه می‌شود، ولی در بقایای با نسبت کربن به نیتروژن بالا، نیتروژن معدنی آزاد شده از بقایا توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف شده و غیرمتحرک شدن ادامه می‌یابد. در ادامه با گذشت زمان و تجزیه بخش‌های با تجزیه‌پذیری بالا، بخشی از زیست‌توده میکروبی از بین رفته که این امر سبب بازچرخش نیتروژن موجود در پیکره آن‌ها و افزایش نیتروژن معدنی خاک می‌شود.

هموونگ و همکاران (Hemwong et al., 2008) گزارش کردند که کاهش نیتروژن معدنی خاک در تیمار اختلاط بقایا در روز ۱۴ که همزمان با افزایش نیتروژن زیست‌توده میکروبی خاک بود نشان می‌دهد که تجزیه بقایای گیاهی به‌دلیل بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن از نظر نیتروژن دچار محدودیت‌هایی شد. پس از آن معدنی شدن بالای خالص نیتروژن با کاهش نیتروژن زیست‌توده میکروبی همراه بود که نشان می‌دهد نیتروژن معدنی شده از بازچرخش نیتروژن میکروبی حاصل شده است (Ambus & Jensen, 2001). فرانسلوبرز و همکاران (Franzlubbers et al., 1994) گزارش کردند که نیتروژن معدنی شده تجمعی با اندازه زیست‌توده میکروبی فعال همبستگی منفی نشان داد و حداقل نیتروژن معدنی همزمان با حداکثر اندازه زیست‌توده میکروبی فعال مشاهده شد که به عقیده پژوهشگران ناشی از غیرمتحرک شدن نیتروژن توسط زیست‌توده میکروبی جدید بوده است.

روند تغییرات مواد آلی، کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن خاک

ماده آلی خاک تجمعی از بقایای تا حدی پوسیده و تا حدی سنتز شده حیوانات و گیاهان بوده (Strawn et al., 2015) و یکی از منابع اصلی کربن، نیتروژن، فسفر و گوگرد خاک است (Ajwa & Tabatabai, 1994) و بخش عمده‌ای از ارزش مواد آلی به میزان رهاسازی نیتروژن توسط آن‌ها مربوط شود (Zaccheo et al., 2002). افق آلی خاک به‌عنوان مؤثرترین عامل پایداری اکوسیستم‌های مرتعی و جنگلی، لایه محافظ خاک در برابر فرسایش، تنظیم‌کننده درجه حرارت، فراهم‌کننده رویشگاه و مواد غذایی برای موجودات خاکزی، مکان اصلی معدنی شدن عناصر غذایی (Neary et al., 1999) ذخیره‌گاه عناصر غذایی و تنظیم‌کننده تبادل آن‌ها بین گیاه و میکروارگانیسم‌ها، پایداری ساختمان خاک و تشکیل خاکدانه می‌باشد (Verma & Jaykumar, 2012). نتایج این بررسی نشان داد که روند تغییرات مواد آلی و کربن آلی خاک در سه سال اجرای طرح بر اساس تجزیه واریانس، در عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، دارای تفاوت معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) بوده است (جدول ۴). روند تغییرات ماده آلی و کربن آلی خاک سطحی نیز دارای تغییرات معنی‌داری در سال سوم بوده است (جدول ۵)؛ در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری نیز در سال دوم تغییری در میزان کربن آلی و مواد آلی خاک رخ نداده است، امّا در سال سوم میزان آن دچار کاهش شده است و تفاوت میانگین‌ها معنی‌دار بوده‌اند. زارع فیض آبادی و نوری حسینی (Zare Feizabadi & Nouri Hosseini, 2014) نیز پس از دو دوره تناوب زراعی در سال سوم مشاهده کردند که میزان کربن آلی خاک به‌میزان معنی‌داری کاهش داشته است. علی‌رغم استفاده از کود آلی، میزان کربن آلی خاک در سال سوم کاهش معنی‌دار داشت که علت آن را می‌توان به تولید بالای محصولات و عدم بازگشت

www.SID.ir

Archive of SID

کامل بقایای گیاهی به خاک نسبت داد.

تجزیه یک فرایند حیاتی در چرخه کربن در خشکی، تشکیل خاک و قابلیت دسترسی گیاهان به عناصر غذایی است (Berg & McClaugherty, 2008). ارتباط آشکار قوی میان تجزیه و اقلیم منجر به این عقیده شده که تغییرات اقلیمی می‌تواند موجب افزایش سرعت تجزیه در مقیاس جهانی شده و یک نتیجه مثبت در افزایش گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر داشته است (Cao & Woodward, 1998). به هر حال، در مورد ارتباط تغییرات اقلیمی با تغییرات کوتاه‌مدت ذخیره کربن، اتفاق آراء وجود ندارد (Aerts, 2006; Kirschbaum, 2006). در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک، توجیه سرعت تجزیه بر اساس داده‌های اقلیمی دشوار است، به‌گونه‌ای که سرعت تجزیه به درجه حرارت و رطوبت قابل دسترس مرتبط به نظر می‌رسد (Throop & Archer, 2009; Vanderbilt et al., 2008) و هم‌چنین آستین و وی‌وانو (Austin & Vivanco, 2006) در اقلیم‌های نیمه‌خشک در روی سطح زمین گزارش کردند که نور می‌تواند ۳۳ تا ۶۰ درصد سبب تجزیه بقایای گیاهی شود.

چنین تصور می‌شود که افزایش درجه حرارت می‌تواند موجب تسریع تجزیه کربن آلی موجود در خاک‌های معدنی جنگلی شده و بنابراین، پدیده گرم شدن جهانی بایستی سبب افزایش آزادسازی کربن آلی خاک به درون اتمسفر شود (Schimel et al., 1994; Jenkinson et al., 1991). بالعکس این نتایج، گیاردینا و ریان (Giardina & Ryan, 2000) گزارش کردند سرعت تجزیه کربن آلی خاک در خاک‌های جنگلی تحت کنترل محدودیت‌های حرارتی برای فعالیت‌های میکروبی نیست و افزایش حرارت به‌تنهایی موجب تسریع تجزیه کربن مشتق از جنگل‌ها در خاک‌های معدنی نمی‌شود. برگ و لاوسکووسکی (Berg & Laskowski, 2006) در مناطق مطالعاتی خود تحت گرادیان رطوبتی دریافتند که همبستگی معنی‌داری بین میزان رطوبت و سرعت کاهش جرم بقایا وجود ندارد. بالعکس این نتایج، آموندسون و همکاران (Amundson et al., 1989) در منطقه خشک تا نیمه‌خشک در ایالت نوادا، گزارش کردند که تفاوت‌هایی در فعالیت‌های میکروبی و تجزیه بقایای تحت گرادیان رطوبت دیده می‌شود. میزان رطوبت قابل دسترس اثر شدیدی بر فعالیت‌های میکروبی خاک داشته و رطوبت‌های پایین در خاک احتمالاً باعث کاهش جمعیت میکروبی می‌شوند (Paul & Clark, 1996). بنابراین، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، فقدان رطوبت و همین‌طور میزان بسیار بالای دمای خاک سبب ایجاد پیچیدگی‌هایی در الگوی تجزیه بقایا می‌شوند (Murphy et al., 1998).

در بررسی تیمارهایی که تحت تأثیر تناوب زراعی بوده‌اند، اختلاف معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۱) در میزان کربن آلی در دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری مشاهده شد، امّا در مورد مواد آلی در بین تیمارهای مختلف، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). در تناوب‌های زراعی مختلف در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری بیش‌ترین میزان کربن آلی مربوط به تناوب آیش- آیش- نیشکر بوده است و کم‌ترین میزان کربن آلی مربوط به تناوب شبدر- شبدر سه چین- نیشکر می‌باشد (جدول ۵). در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری نیز بیش‌ترین میزان کربن آلی مربوط به تناوب شبدر- ذرت- نیشکر بوده و کم‌ترین میزان کربن آلی مربوط به شبدر- شبدر- نیشکر بوده است (جدول ۵). میزان ماده آلی خاک در تناوب‌های زراعی مختلف در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در تناوب گندم- شبدر- نیشکر بیش‌ترین و در تناوب شبدر- شبدر سه چین- نیشکر کم‌ترین میزان بوده است. در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری نیز بیش‌ترین میزان ماده آلی مربوط به تناوب آیش- آیش- نیشکر بوده و کم‌ترین میزان کربن آلی مربوط به شبدر- شبدر- نیشکر بوده است.

لال و کیمبل (Lal & Kimble, 1997) اظهار داشتند که بقایای گیاهی منبع اصلی ورود کربن به بوم‌نظام بوده و لذا افزایش تولید بقایا از طریق عملیات مدیریتی می‌تواند میزان کربن آلی خاک را افزایش دهد. دو (Dou, 2005) بیان کرد که در صورت یکسان بودن شرایط، خاک‌هایی که ماده آلی ورودی بیش‌تری دارند از کربن آلی بالاتری نیز برخوردار خواهند بود. هم‌چنین مطالعه لارسون و همکاران (Larson et al., 1972) نشان داد که میزان کربن آلی خاک در بوم‌نظام‌های زراعی همبستگی مثبتی با میزان کربن وارد شده به خاک داشت. نوع گونه گیاهی بر میزان ذخیره کربن آلی خاک تأثیر داشته و محصولاتی که زیست‌توده بیش‌تری تولید می‌کنند، کربن بیش‌تری نیز به خاک اضافه می‌نمایند. از طرف دیگر، میزان بقایایی که از طریق ریشه به خاک بازگردانده شود در میزان کربن خاک تأثیر زیادی دارد. ورما و همکاران (Verma et al., 2005) گزارش کردند که ذرت و سویا از تولید کربن متفاوتی برخوردار بوده و برآورد نمودند که تولید خالص بوم‌نظام (تفاوت مقدار دی‌اکسیدکربن تثبیت شده در ترکیبات آلی با تنفس بوم‌نظام) در محصول ذرت نسبت به سویا بسیار بالاتر بود. پاستین و همکاران (Paustian et al., 1997) گزارش

www.SID.ir

Archive of SID

کردند که مقدار کربن وارد شده به خاک از طریق ذرت ۱/۵ تا ۱/۸ برابر سویا بود. بویانوسکی و وانگر (Buyanovsky & Wagner, 1986) نیز گزارش کردند که میزان کربن وارد شده به خاک از طریق ریشه ذرت سه برابر سویا بود. دو (Dou, 2005) گزارش کرد که خاک‌های زیر کشت گندم نسبت به خاک‌های دارای کشت سویا کربن بیش‌تری ترسیب نمودند که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که روند تغییرات نسبت کربن به نیتروژن خاک در سه سال اجرای طرح بر اساس تجزیه واریانس، در عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، دارای تفاوت معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) بوده است (جدول ۴). امّا روند تغییرات نسبت کربن به نیتروژن خاک سطحی دارای تغییرات معنی‌داری در سال سوم نسبت به سال اول نبوده است. در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در سال سوم نسبت به سال اول تفاوت میانگین‌ها معنی‌دار بوده‌اند (جدول ۵). علت کاهش میزان کربن آلی خاک را می‌توان به افزودن کود نیتروژن و در نتیجه کاهش نسبت کربن به نیتروژن خاک در سال دوم دانست که در نتیجه آن فعالیت ریزجانداران افزایش یافته و کربن آلی بیش‌تری مصرف شده است، امّا در سال سوم علی‌رغم کاهش نیتروژن و کربن آلی خاک، مواد آلی تغییری نداشته و نسبت کربن به نیتروژن افزایش نیز داشته است. کاه‌وکلش غلات و هم‌چنین نیشکر از جمله بقایای آلی مهمی هستند که عمدتاً دارای نسبت کربن به نیتروژن بزرگ‌تر از ۳۰ هستند، در این حالت میزان تثبیت نیتروژن توسط توده میکروبی بیش‌تر از معدنی شدن آن است و باعث کمبود نیتروژن در گیاه کشت شده خواهد بود (Foth, 1990; Bahrami et al., 2012).

روند تغییرات پتاسیم خاک

پتاسیم از فاکتورهای اصلاحی خاک می‌باشد که در حاصلخیزی آن نقش دارد. یکی از راه‌های برگرداندن پتاسیم به طبیعت آتش زدن بقایای گیاهی زراعی می‌باشد که در برخی نقاط کشور صورت می‌گیرد. در مجموع مقدار پتاسیم در خاک‌های ایران دچار کمبود فاحشی نمی‌باشد، امّا به‌دلیل برداشت بی‌رویه ممکن است اختلافاتی در اراضی ایجاد شود (Zehtabian et al., 2015). تجزیه آماری میزان پتاسیم خاک نشان داد که روند تغییرات پتاسیم خاک در سه سال اجرای طرح بر اساس تجزیه واریانس، در عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری، دارای تفاوت معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) بوده است (جدول ۴).

روند تغییرات پتاسیم به‌گونه‌ای بوده است که در سال سوم مقدار آن به‌طرز چشم‌گیری کاهش داشته است. علت کاهش پتاسیم در سال سوم را می‌توان به نیاز بالای نیشکر به پتاسیم و تثبیت پتاسیم در خاک نسبت داد. روند تغییرات پتاسیم در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری دارای تغییرات معنی‌داری در سال سوم بوده است، امّا در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری تغییرات معنی‌دار نبوده است (جدول ۵). در بررسی تناوب‌های زراعی مختلف مشخص شد که مقادیر پتاسیم باقی‌مانده تحت تناوب‌های زراعی متفاوت در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، اختلاف معنی‌داری ($P\leq$۰/۰۱) با یکدیگر داشته‌اند، امّا در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری تغییرات معنی‌دار نبوده‌اند. در تناوب‌های زراعی مختلف در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری بیش‌ترین میزان پتاسیم مربوط به تناوب کلزا- شبدر- نیشکر بوده است و کم‌ترین میزان پتاسیم مربوط به تناوب سورگوم- شبدر- نیشکر می‌باشد. در عمق ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری نیز بیش‌ترین میزان پتاسیم مربوط به تناوب کلزا- شبدر- نیشکر بوده و کم‌ترین میزان پتاسیم مربوط به سورگوم- شبدر- نیشکر بوده است (جدول ۵).

عملکرد نیشکر

اعمال تناوب زراعی در کشت نیشکر در طول سه سال منجر به ایجاد اختلاف معنی‌دار در عملکرد نیشکر شده است (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد به‌ترتیب مربوط به تناوب‌های زراعی شبدر- ماش- نیشکر و شبدر- شبدر سه چین- نیشکر به‌ترتیب با ۱۲۴ و ۱۲۱ تن در هکتار بوده است. هم‌چنین کم‌ترین میزان عملکرد نیز مربوط به تناوب‌های زراعی آیش- آیش- نیشکر و شبدر- ذرت- نیشکر به‌ترتیب با ۹۵ و ۹۸ تن در هکتار بوده است (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تناوب زراعی بر ویژگی خاک در طی دوره سه ساله زراعت نیشکر

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of crop rotation on soil characteristics during three years of sugar cane cultivation

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	فسفر P		پتاسیم K		نیتروژن N		کربن آلی Organic carbon		نسبت کربن به نیتروژن C:N ratio		ماده آلی Organic matter	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
سال Year (Y)	2	0.67^{ns}	0.62^{ns}	5175.7^{**}	3841.9^{**}	0.001^{**}	0.001^{**}	0.03^{**}	0.01^{**}	5.08^{**}	12.62^{**}	0.11^{**}	0.023^{**}
تکرار Replication	6	0.11	0.27	20.26	313.1	0.0001	0.0001	0.01	0.001	1.19	0.06	0.02	0.015
تناوب زراعی Crop rotation (R)	9	5.41^{**}	0.74^{**}	1285.1^{**}	363.2^{ns}	0.0007^{**}	0.0001^{**}	0.02^{**}	0.004^{**}	24.86^{ns}	6.29^{**}	0.01^{ns}	0.006^{ns}
Y×R	18	1.62^{ns}	0.19^{ns}	559.4^{**}	320.2^{ns}	0.0001^{**}	0.00001^{ns}	0.002^{ns}	0.001^{ns}	4.2^{ns}	0.70^{ns}	0.02^{ns}	0.01
خطا Error	54	0.25	0.25	89.18	256.4	0.0001	0.00001	0.002	0.001	0.49	1.00	0.01^{ns}	0.004^{ns}
ضریب تغییرات CV (%)	-	7.22	8.25	5.97	10.15	4.89	7.29	5.85	5.06	6.46	8.43	7.81	5.43

ns و *، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار می‌باشند.

**, * and ns: are significant at 1 and 5% probability levels and non significant, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تناوب‌های زراعی مختلف بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

Table 5- Mean comparisons for the effect of different crop rotations on soil chemical characteristics

گیاه تناوبی / Crop rotation	فسفر P (mg.kg^{-1})		پتاسیم K (mg.kg^{-1})		نیتروژن Nitrogen (%)		کربن آلی Organic carbon (%)		نسبت کربن به نیتروژن C:N ratio		مواد آلی Organic matter (%)	
عمق Depth	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
WCS	7.32^{b*}	6.40^{ab}	162.00^{bc}	162.22^{a}	0.077^{e}	0.060^{bcd}	0.92^{ab}	0.74^{ac}	1.52^{a}	1.27^{a}	12.04^{c}	12.46^{ab}
RCS	7.09^{bc}	6.08^{ac}	178.00^{a}	168.00^{a}	0.085^{c}	0.060^{bcd}	0.83^{c}	0.72^{bc}	1.47^{a}	1.25^{a}	9.87^{e}	12.04^{abc}
BCS	6.72^{cd}	6.16^{ac}	151.44^{cd}	149.33^{a}	0.076^{e}	0.058^{cd}	0.87^{abc}	0.75^{ab}	1.49^{a}	1.27^{a}	11.64^{d}	12.95^{a}
S_1CS	7.29^{b}	6.14^{ac}	139.33^{d}	148.78^{a}	0.061^{f}	0.056^{d}	0.84^{c}	0.70^{cd}	1.44^{a}	1.25^{a}	13.72^{a}	12.70^{a}
CMS	6.44^{d}	5.80^{ac}	149.00^{cd}	154.56^{a}	0.090^{b}	0.066^{ab}	0.82^{c}	0.71^{bc}	1.47^{a}	1.26^{a}	9.13^{f}	10.86^{cd}
CCS	6.54^{d}	5.86^{ac}	165.33^{b}	164.56^{a}	0.092^{a}	0.067^{a}	0.83^{c}	0.69^{d}	1.44^{a}	1.21^{a}	8.93^{f}	10.45^{d}
CC_3S	6.59^{cd}	5.76^{bc}	171.67^{ab}	161.78^{a}	0.083^{c}	0.064^{ac}	0.80^{c}	0.71^{bc}	1.40^{a}	1.22^{a}	9.69^{e}	11.10^{bd}
CS_2S	6.26^{d}	5.62^{c}	164.22^{b}	156.00^{a}	0.090^{b}	0.061^{abcd}	0.86^{bc}	0.71^{bc}	1.45^{a}	1.25^{a}	9.65^{e}	11.69^{abcd}
CZS	6.65^{cd}	5.90^{ac}	150.67^{cd}	158.00^{a}	0.075^{e}	0.062^{abcd}	0.92^{ab}	0.76^{a}	1.50^{a}	1.25^{a}	12.66^{b}	12.49^{ab}
FFS	8.95^{a}	6.51^{a}	150.00^{cd}	154.44^{a}	0.079^{d}	0.063^{abcd}	0.94^{a}	0.74^{ac}	1.51^{a}	1.29^{a}	11.83^{cd}	11.87^{abcd}
سال Year												
اول First	7.05^{a}	6.10^{a}	165.70^{a}	164.40^{a}	0.082^{b}	0.064^{a}	0.88^{a}	0.74^{a}	1.50^{a}	1.26^{a}	11.07^{a}	11.45^{b}
دوم Second	7.09^{a}	6.11^{a}	165.80^{a}	164.20^{a}	0.085^{a}	0.064^{a}	0.87^{a}	0.73^{a}	1.50^{a}	1.26^{a}	10.45^{b}	11.49^{b}
سوم Third	6.81^{a}	5.85^{a}	143.00^{b}	144.70^{a}	0.075^{c}	0.056^{b}	0.82^{b}	0.69^{b}	1.39^{b}	1.21^{b}	11.23^{a}	12.64^{a}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) in each column and each component have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

W= گندم، C= شبدر، S= نیشکر، R= کلزا، B= جو، S_1= سورگوم، M= ماش، C_3= شبدر چین سوم، S_2= سویا، Z= ذرت و F= آیش

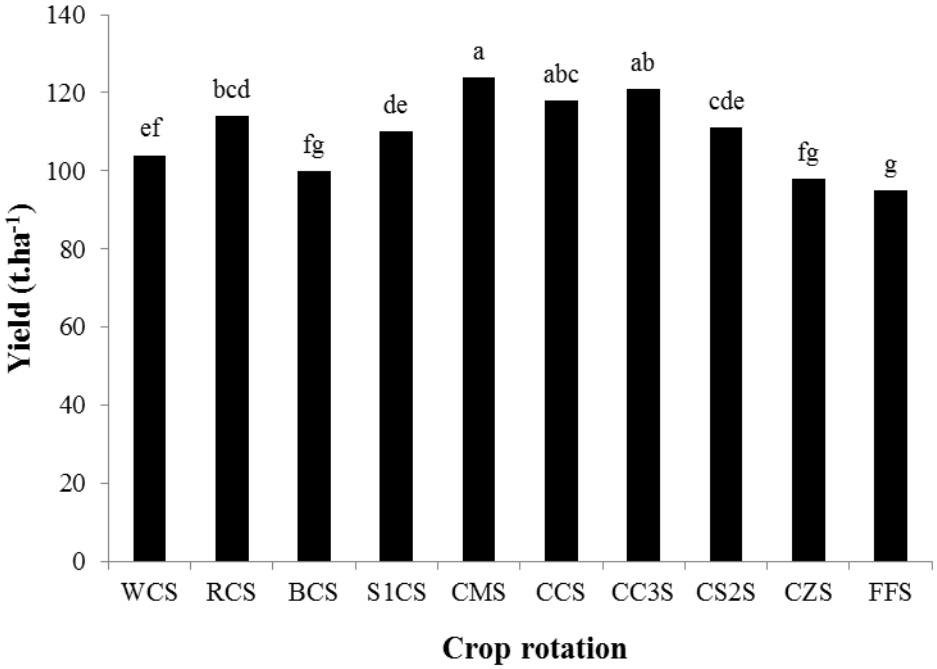
W: wheat, C: clover, S: sugarcane, R: canola, B: canola, S_1: sorghum, M: mung bean, C: clover at the third harvest, S_2: soybean, Z: corn and F: fallow

نتایج هم‌چنین نشان داد که نوع گیاه کاشته شده قبل از نیشکر تفاوت معنی‌داری در میزان عملکرد نیشکر خواهد داشت. تأثیر لگومینوزها در عملکرد بالای نیشکر در این پژوهش به‌خوبی مشخص شد و از طرفی، مشخص شد که اگر زمین در شرایط آیش باقی بماند

www.SID.ir

Archive of SID

و یا اینکه محصول پرنیازی همچون ذرت قبل از آن کشت شود، تأثیری منفی بر عملکرد نیشکر خواهد داشت. ویدنفلد (Wiedenfeld, 1998) بیان کرد کیفیت و عملکرد نیشکر در محصول تازه کشت وراتون اول به‌طورعمده‌ای تحت تأثیر گیاه قبلی قرار می‌گیرد، امّا در راتون دوم این‌گونه نیست.



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد نیشکر در تناوب‌های زراعی مختلف طی سه سال

Fig. 1- Mean comparisons for sugarcane yield at different crop rotations during three years

W= گندم، C= شبدر، S= نیشکر، R= کلزا، B= جو، S_1= سورگوم، M= ماش، C_3= شبدر چین سوم، S_2= سویا، Z= ذرت و F= آیش

W: wheat, C: clover, S: sugarcane, R: canola, B: canola, S_1: sorghum, M: mung bean, C: clover at the third harvest, S_2: soybean, Z: corn and F: fallow

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه روی اثر تناوب‌های مختلف زراعی طی سه سال روی محتوی عناصر و عملکرد نیشکر نشان داد در طی دوره آزمایش، فسفر موجود در خاک تغییر محسوسی نداشت، امّا میزان پتاسیم، کربن آلی و مواد آلی خاک در سال اول و دوم ثابت ولی در سال سوم کاهش یافت. هم‌چنین اجرای تناوب زراعی مختلف بر عناصر غذایی خاک تأثیرگذار بود. بیش‌ترین میزان باقی‌مانده نیتروژن، فسفر و نسبت کربن به نیتروژن به‌ترتیب در تناوب‌های زراعی شبدر- شبدر- نیشکر، آیش- آیش- نیشکر و سورگوم- شبدر- نیشکر مشاهده شد. تأثیر تناوب زراعی بر عملکرد نیشکر نیز نشان داد کشت گیاهان لگوم شبدر و ماش قبل از نیشکر تأثیر زیادی در افزایش عملکرد نیشکر دارد. با توجه به اینکه در واحدهای نیشکر پس از برداشت نیشکر در راتون پنج، مزارع زیر کشت گیاه دیگر یا تحت آیش قرار می‌گیرد که نتایج این بررسی مؤیّد این نتیجه می‌باشد که استفاده از گیاه شبدر و ماش می‌تواند تأثیر زیادی در بهبود عملکرد نیشکر داشته باشد.

References

Abbasi, F., Shini Dashtagi, A., and Salamati, N., 2016. Improving sugarcane water and fertilizer use efficiency in furrow fertigation. Journal of Water and Soil 29(4): 933-942. (In Persian with English Summary)

Abiven, S., Recous, S., Reyes, V., and Oliver, V., 2005. Mineralisation of C and N from root, stem and leaf residues in soil and role of their biochemical quality. Biology and Fertility of Soils 42: 119–128.

www.SID.ir

Archive of SID

Aerts, R., 2006. The freezer defrosting: global warming and litter decomposition rate in cold biomes. Journal of Ecology 94: 713-724.

Aerts, R., and Caluwe, H., 1997. Nutritional and plant –mediated controls on leaf litter decomposition of *Carex* species. Ecology 78: 244-260.

Aerts, R., Logtestijn, R.S.P., and Karlsson, P.S., 2006. Nitrogen supply differentially affects litter decomposition rates and nitrogen dynamics of sub-arctic bog species. Oecologia 146: 652-658.

Ajwa, H.A., and Tabatabai, M.A., 1994. Decomposition of different organic materials in soils. Biology and Fertility of Soils 18: 175–182.

Ambrosano, E. J., Trivelin, P.C.O., Cantarella, H., Ambrosano, G.M.B., Schammass, E.A., Guirado, N., Rossi, F., Mendes, P.C.D., and Muraoka, T., 2005. Utilization of nitrogen from green manure and mineral fertilizer by sugarcane. Scientia Agricola 62: 534-542.

Ambus, P., and Jensen, E.S., 2001. Crop residue management strategies to reduce N losses-interaction with crop N supply. Communications in Soil Science and Plant Analysis 32: 981–996.

Amundson, R.G., Chadwick, O.A., and Sowers, J.M., 1989. A comparison of soil climate and biological activity along an elevational gradient in the eastern Mojave desert. Oecologia 80: 395-400.

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

Azam, F., Sajjad, M.H., Lodhi, A., and Qureshi, R.M., 2005. Changes in forms of N during decomposition of leguminous/non-leguminous plant residues in soil and fate of ^{15}N-labelled fertilizer applied to wheat (*Triticum aestivum* L.). Asian Journal of Plant Sciences 4: 392-400.

Azam, F., Simmons, F.W., and Mulvaney, R.L., 1993. Mineralization of N from plant residues and its interaction with native soil N. Soil Biology and Biochemistry 25: 1787-1792.

Bahrami, N., Ayenehband, A., and Lorzadeh, S., 2012. Effect of crop residues on growth and absorption of mineral elements of soil by sugarcane. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) (96): 67-74. (In Persian with English Summary)

Balyan, J.S., 1997. Production potential and nitrogen uptake by succeeding wheat under different cropping sequences. Indian Journal of Agronomy 42: 250-252.

Belay-Tedla, A., Zhou, X., Su, B., Shiqiang Wan, S., and Luo, Y., 2009. Labile, recalcitrant, and microbial carbon and nitrogen pools of a tallgrass prairie soil in the US Great Plains subjected to experimental warming and clipping. Soil Biology and Biochemistry 41: 110–116.

Berg, B., and Mac Claughtery, C., 2008. Plant litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration. Springer-Verlag. New York.

Berg, B., and Laskowski, R., 2006. Litter decomposition: A guide to carbon and nutrient turnover. Advances in Ecological Research. Elsevier, Amsterdam, pp. 421.

Binkley, D., Kaye, J., Barry, M., and Ryan, M.J., 2004. First-rotation changes in soil carbon and nitrogen in a *Eucalyptus* plantation in Hawaii. Soil Science Society of American Journal 68: 1713-1719.

Boddey, R.M., Jantalia, C.P., Conceicão, P.C., Zanatta, J.A., Bayer, C., Mielniczuk, J., Dieckow, J., Dos Santos, H.P., Denardin, J.E., Aita, C., Giacomini, S.J., Alves, B.J.R., U., and rquiaga, S., 2010. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. Global Change Biology 16: 784–795.

Bremner, J.M. 1996. Total Nitrogen. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. SSSA Inc. WI.

Buyanovsky, G.A., and Wagner, G.H., 1986. Post-harvest residue input to cropland. Plant and Soil 93: 57-65.

Calegari, A., Hargrove, W.L., Rheinheimer, D.D.S., Ralisch, R., Tessier, D., Tourdonnet, S., and Guimarães, M.F., 2008. Impact of long-term no-tillage and cropping system management on soil organic carbon in an Oxisol: A model for sustainability. Agronomy Journal 100: 1013–1019.

Cao, M., and Woodward, F.I., 1998. Dynamic responses of terrestrial ecosystem carbon cycling to global climate change. Nature 393: 249-252.

Carolini Souza, R., Egídio Cantão, M., Vasconcelos, A.T.R., Nogueira, M.A., and Hungria, M., 2013. Soil metagenomics reveals differences under conventional and no-tillage with crop rotation or succession. Applied Soil Ecology 72: 49–61.

Chen, H., Billen, N., Stahr, K., and Kuzyakov, Y., 2007. Effects of nitrogen and intensive mixing on decomposition of ^{14}C-labelled maize (*Zea mays* L.) residue in soils of different land use types. Soil and Tillage Research 96: 114–123.

Couteautx, M., Bottner, P., and Berg, B., 1995. Litter decomposition, climate and litter quality. Trends in Ecology and Evolution 10: 63-66.

Dou, F., 2005. Long-term tillage, cropping sequence, and nitrogen fertilization effects on soil carbon and nitrogen dynamics. PhD thesis. Texas A & M University.

Eck, H.V., and Stewart, B.A., 1998. Effects of long-term cropping on chemical aspect of soil quality. Journal of

www.SID.ir

Archive of SID

Sustainable Agriculture 12: 5-19.
Edalat, M., Ghadiri, H., Kamgar Haghighi, A.A., Emam, Y., Ronaghi, A.M., and Assad, M.T., 2006. Interactions of two crop rotations and nitrogen levels on grain yield and its components of two bread wheat cultivars under dryland conditions in Shiraz. Iranian Journal of Crop Sciences 8(2): 106-120. (In Persian with English Summary)
Foth, H.D. 1990. Fundamentals of Soil Science. New York Wiley 360 pp.
Frank, A.B., Liebig, M.A., and Hanson, J.D., 2002. Soil carbon dioxide fluxes in northern semiarid grasslands. Soil Biology and Biochemistry 34: 1235-1241.
Franzlubbers, K., Weaver, R.W., Juo, A.S.R., and Franzluebbers, A.J., 1994. Carbon and nitrogen mineralization from cowpea plants part decomposing in moist and in repeatedly dried and wetted soil. Soil Biology and Biochemistry 26: 1379–1387.
Galloway, J.N., Schlesinger, W., Levy, I.I.H., Michaels, A., and Schnoor, J., 1995. Nitrogen fixation: anthropogenic enhancement- environmental response. Global Biogeochemical Cycle 9: 235-252
Garside, A.L., and Bell, M.J., 2011. Growth and yield responses to amendments to the sugarcane monoculture: effect of crop, pasture and bare fallow breaks and soil fumigation on plant and ratoon crops. Crop and Pasture Science 62: 396-412.
Hemwong, S., Cadisch, G., Toomsan, B., Limpinuntana, V., Vityakon, P., and Patanothai, A., 2008. Dynamics of residue decomposition and N_2 fixation of grain legumes upon sugarcane residue retention as an alternative to burning. Soil and Tillage Research 99: 84–97.
Hemwong, S., Toomsan, B., Gadisch, G., Limpinuntana, V., Vityakon, P., and Patanothali, A., 2009. Sugarcane residue management and grain legume crop effect on N dynamics, N losses and growth of sugarcane. Nutrient Cycling in Agroecosystems 83: 135.
Henriksen, 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.
Hobbie, S.E., and Vitousek, P.M. 2000. Nutrient limitation of decomposition in Hawaiian forests. Ecology 81: 1867-1877.
Ibewiro, B., Sanginga, N., Vanlauwe, B., and Merckx, R., 2000. Nitrogen contributions from decomposing cover crop residues to maize in a tropical derived savanna. Nutrient Cycling in Agroecosystems 57: 131-140.
Jackson, M.L. 1975. Soil chemical analysis– advanced. Course. University of Wisconsin, College of Agriculture, Department of Soil, Madison, WI.
Jenkinson, D.S., Adams, D.E., and Wild, A., 1991. Model estimates of CO_2 emissions from soil in response to global warming. Nature 351: 304-306.
Kara, E.E., 2000. Effects of some plant residues on nitrogen mineralization and biological activity in soils. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 24: 457-460.
Kirschbaum, M.F., 2006. The temperature dependence of organic matter decomposition still a topic of debate. Soil Biology and Biochemistry 38: 2510-2518.
Knorr, M., Frey, S.D., and Curtis P.S., 2005. Nitrogen additions and litter decomposition: a meta- analysis. Ecology 86: 3252- 3257.
Lal, R., 2002. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. Environmental Pollution 116: 353–362.
Lal, R., 2007. Soil science and the carbon cavitations. Soil Science Society of American Journal, 71: 1425-1437.
Lal, R., and Kimble, J.M., 1997. Conservation tillage for carbon sequestration. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49: 243-253.
Lal, R., Follett, R.F., Kimble, J.M., and Cole, V.R., 1999. Managing US cropland to sequester carbon in soil. Journal of Soil and Water Conservation 54: 374- 381.
Lal, R., Kimble, J.M., Follet, R.F., and Cole, V.R. 1998. The potential of U.S cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Sleeping Bear Press, Ann Arbor, MI, 128p.
Larson, W.E., Clapp, C.E., Pierre, W.H., and Morachan, Y.B., 1972. Effects of increasing amounts of organic residues on continuous corn: II. Organic carbon, nitrogen, phosphorus and sulfur. Agronomy Journal 64: 204-208.
Maljanen, M., Komulainen, V.M., Hytonen, J.T., Martikainen, P.J., and Laine, J., 2004. Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics. Soil Biology and Biochemistry 36: 1801-1808.
Mary, B., Recous, S., Darwis D., and Robin, D., 1996. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. Plant and Soil 181: 71-82.
Mc Nill, A., and Unkovich, M. 2007. The Nitrogen Cycle in Terrestrial Ecosystems. Pp. 37-64. In: Marshner, P., and Rengel, Z. (Eds.). Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems. Springer- Verlag Berlin Heidelberg.
Melillo, J.M., Aber, J.D., and Muratore, J.F., 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. Ecology 63: 621-626.

www.SID.ir

Archive of SID

Mendham, D.S., Kumaraswamy, S., Balasundaran, M., Sankaran, K.V., Corbeels, M., Grove, T.S., O'Connell, A.M., and Rance, S.J., 2004. Legume cover cropping effects on early growth and soil nitrogen supply in eucalypt plantations in south-western India. Biology and Fertility of Soils 39: 375–382.

Murphy, K.L., Klopatek, J.M., and Klopatek, C.C., 1998. The effects of litter quality and climate on decomposition along an elevational gradient. Ecological Application 8(4): 1061-1071.

Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A., 2006. Analysis of agroclimatic indices of Iran under future climate change scenarios. Iranian Journal of Field Crops Research 4: 169-182. (In Persian with English Summary)

Neary, D.G., Klopatek, C.C., DeBano, L.F., and Fgolliott, P.F., 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. Forest Ecology and Management 122: 51–71.

Pankhurst, C.E., Magarey, R.C., Stirling, G.R., Blair, B.L., Bell, M.J., and Garside, A.L., 2003. Management practices to improve soil health and reduce the effects of detrimental soil biota associated with yield decline of sugarcane in Queensland, Australia. Soil and Tillage Research 72: 125–137.

Park, S.E., Webster, T.J., Horan, H.L., James, A.T., and Thorburn, P.J., 2010. A legume rotation crop lessens the need for nitrogen fertiliser throughout the sugarcane cropping cycle. Field Crops Research 119: 331–341.

Parshotam, A., Saggar, S., Tate, K., and Parfitt, R., 2001. Modelling organic matter dynamics in New Zealand soils. Environment International 27: 111–119.

Paul, E., and Clark, F. 1996. Soil Microbiology and biochemistry, Academic, New York. USA.

Paul, E.A., and Clark, F.E. 1996. Soil microbiology and biochemistry. Academic Press, San Diego.

Paustian, K., Collins, H.P., and Paul, E.A. 1997. Management controls on soil carbon. In: Paul, E.A., Paustian, K., Elliot, E.T., Cole, C.V. (Eds.) Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Polidori, A., Turpin, B.J., Davidson, C.I., Rodenburg, L.A., and Maimone, F., 2008. Organic PM 2.5: fractionation by polarity, FTIR spectroscopy, and OM/OC ratio for the pittsburgh aerosol. Aerosol Science and Technology 42: 233–246.

Raiesi, F., 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment 112: 13–20.

Rochette, P., Angers, D.A., and Cote, D., 2000. Soil carbon and nitrogen dynamics following application of pig Slurry for the 19th consecutive year: Carbon dioxide fluxes and microbial biomass carbon. Soil Science Society of American Journal 64:1389-1395.

Rustad, L.E., Campbell, J.L., Marion, G.M., Norby, R.J., Mitchell, M.J., Hartley, A.E., Cornelissen, J.H.C., and Gurevitch, J., 2001. A meta- analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming. Oecologia 126: 543-562.

Sakala, W.D., Cadisch, G., and Giller, K.E., 2000. Interactions between residues of maize and pigeonpea and mineral N fertilizers during decomposition and N mineralization. Soil Biology and Biochemistry 32: 679-688.

Salimpour, S., Khavazi, K., Nadian, H.A., and Besharati, H., 2010. Effect of rock phosphate along with sulfur and microorganisms on yield and chemical composition of canola. Iranian Journal of Soil Research 24(1): 9-19. (In Persian with English Summary)

Sanchez, M.L., Ozores, M.I., Lopez, M.J., Colle, R., De Torre, M.A., and Perez, G.I., 2003. Soil CO_2 fluxes beneath barley on the central Spanish plateau. Agricultural and Forest Meteorology 118: 85-95.

Schimel, D.S., Braswell, B.H., Holland, E., McKeown, R., Ojima, D.S., Painter, T.H., Parton, W.J., and Townsend, A.R., 1994. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. Global Biogeochemical Cycles 8: 279-293.

Shamsalddin Saied, M., Ghanbari, A., Ramroudi, M., and Khezri, A., 2017. Effects of green manure management and fertilization treatments on the chemical and physical properties and fertility of soil. Journal of Water and Soil Science 21(1): 37-49. (In Persian with English Summary)

Shoko, M.D., and Tawira, F., 2007. Benefits of soy beans as a break crop in sugarcane production systems in the South Eastern Lowveld of Zimbabwe. Sugar Journal 70: 18–22.

Shoko, M.D., and Zhou, M., 2009. Nematode diversity in a soybean–sugarcane production system in a semi-arid region of Zimbabwe. Journal of Entomology and Nematology 1: 25–28.

Shoko, M.D., Pieterse, P.J., and Zhou, M., 2009. Effect of soybean (*Glycine max*) as a breakcrop on the cane and sugar yield of sugarcane. Sugar Technology 11(3): 252-257.

Song, C., Liu, D., Yang, G., Song, Y., and Mao, R., 2011. Effect of nitrogen addition on decomposition of *Calamagrostis angustifolia* litters from fresh water marshes of Northeast China. Ecological Engineering 37: 1578-582.

Soon, Y.K., and Abboud, S., 2002. Comparision of the decomposition and N and P mineralization of canola, pea and wheat residues. Biology and Fertility of Soils 36: 1017-1026.

www.SID.ir

Archive of SID

Strawn, D.G., Bohn, H.L., and O'Connor, G.A. 2015. Soil Chemistry. 4th Edition. Wiley-Blackwell, 390 pp.

Swift, M.J., Heal, O.W., and Anderson, J.M. 1979. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Blackwell, Oxford.

Throop, H.L., and Archer, S.R. 2009. Resolving the dry land decomposition conundrum: some new perspective on potential drivers. Pp. 171-194. In: Luttge, U., Beyschlag, W., Budel, B., and Francis, D. (Eds.). Progress in Botany. Vol. 70. Springer-Verlag. Berlin.

Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., and Havlin, J.L., 1993. Soil Fertility and Fertilizers. 5th Ed. Mc Millan Publishing Co., New York.

Vanderbilt, K.L., White, C.S., Hopkins, O., and Craig, J.A., 2008. Aboveground decomposition in arid environments: results of long- term study in central New Mexico. Journal of Arid Environment 72: 275-709.

Verma, S., and Jaykumar, S., 2012. Impact of forest on physical, chemical and biological properties of soil. International Academy of Ecology and Environmental Sciences 2: 168-176.

Verma, S.B., Dobermann, A., Cassman, K.G., Walters, D.T., Knops, J.M., Arkebauer, T.J., Suyker, A.E., Burba, G.G., Amos, B., Yang, H., Ginting, D., Hubbard, K.G., Gitelson, A.A., and Walter-Shea, E.A., 2005. Annual carbon dioxide exchange in irrigated and rainfed-based agroecosystems. Agriculture and Forest Meteorology 131: 77-96.

Vitousek, P., Aber, J., Howarth, R., Likens, G., Matson, P., Schindler, D., Schlesinger, W., and Tilman, D., 1997. Human alterations of the global nitrogen cycle: sources and consequences. Ecological Application 7: 737-750.

Vivanco, L., and Austin, A.T., 2010. Nitrogen addition stimulates forest litter decomposition and disrupts species interactions in Patagonia, Argentina. Global Change Biology 10: 1363-1974.

Von Arnold, K., Nilsson, M., Hanell, B., Weslien, P., and Klemedtsson, L., 2005. Fluxes of CO_2, CH_4 and N_2O from drained organic soils in deciduous forests. Soil Biology and Biochemistry 37:1059-1071.

Walkley, A., and Black, I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29.

Westerm, R.L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. SSSA. Madison Wisconsin, USA.

Wiedenfeld, R.P., 1998. Previous-crop effect on sugarcane response on nitrogen fertilization. Agronomy Journal 90(2): 161-165.

Yang, L., Pan, J., Shao, Y., Chen, J.M., Ju, W.M., Shi, X., and Yuan, S., 2007. Soil organic carbon decomposition and carbon pools in temperate and sub-tropical forests in China. Journal of Environmental Management 85: 690–695.

Zaccheo, P., Cabassia, G., Riccab, G., and Crippaa, L., 2002. Decomposition of organic residues in soil: experimental technique and spectroscopic approach. Organic Geochemistry 33: 327–345.

Zare Feizabadi, A., and Nouri Hosseini, M., 2014. Study on the variations of organic carbon and some nutrients in soil in wheat based rotations. Iranian Journal of Soil Research 27(4): 629-643. (In Persian with English Summary)

Zehtabian, G.R., Amiri, B., and Souri, M., 2015. The comparison of soil nutrients among agricultural lands and rangelands with emphasis on N, P, K (Case study: Khodabande, Zanjan). Pajouhesh and Sazandegi 68: 9-19. (In Persian with English Summary)

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.4, Winter 2020, p. 1241-1259

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص ۱۲۵۹-۱۲۴۱

Study of the Variations of Soil Organic Carbon and Nutrients and Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Yield in Crop Rotations

F. Behadori Birgani[1*], J. Daneshian[2], A.R. Valed Abadi[3], S. Sifzade[4] and E. Hadidi Masole[4]

Submitted: 17-07-2018
Accepted: 01-09-2018

Behadori Birgani, F., Daneshian, J., Valed Abadi, A., Sifzade, S., and Hadidi Masole, E. 2020. Study of the variations of soil organic carbon and nutrients and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) yield in crop rotations. Journal of Agroecology. 11(4):1241-1259.

Introduction
Khuzestan province is one of the important regions for sugarcane production with more than 100,000 hectares under sugarcane cultivation. Sugarcane monoculture is common all over the world and continuing this system gradually reduces the yield and soil fertility. Monoculture systems, by creating unfavorable biological and physicochemical conditions in the soil, reduce the amount of organic carbon and nutrients in the soil. However, in an agricultural system, suitable agronomic selection, proper management of agronomic operation specially plowing, proper use of chemical and organic fertilizers, preservation of vegetation and proper management of plant residue have a decisive role in the amount and dynamics of mineral and organic elements. Various studies showed that rotation, particularly with green fertilizers, have led to breaking the pathogenic cycle and improving the physical and chemical properties of soil, including soil organic matter.

Materials and Methods
In order to evaluate the changes in the amount of carbon and organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium residue in soil under different crop rotation conditions, this study was performed in a randomized complete block design with three replications during 2014-2016 for three consecutive years in the field of Amirkabir sugarcane Agro-Industry. The experiment treatments consisted of ten alternatives: 1) wheat-clover-sugarcane; 2) rapeseed-clover-sugarcane; 3) barley-clover-sugarcane; 4) sorghum-clover-sugarcane; 5) clover-vetch-sugarcane; 6) clover- clover- sugarcane, 7) clover- clover (third aftermath)- sugarcane, 8) clover- soybean- sugarcane, 9) clover- corn - sugarcane, and 10) fallow-fallow- sugarcane. The results showed that there was no significant difference between the changes in phosphorus in three years of experiment at both soil depths, but the amount of potassium and organic carbon was decreased during the third year of experiment. Analysis of variance showed that the amount of P, N and organic carbon content were significantly different in both soil depths under crop rotations. Also, under crop rotation, potassium and C/N ratio were different in 0-30 cm and 30-60 cm soil depths, respectively. The highest amount of nitrogen, phosphorus and carbon to nitrogen ratio were observed in clover-clover- sugarcane, fallow-fallow-sugarcane and sorghum-clover-sugarcane.

Results and Discussion
The results showed that the changes in the phosphorus content during three years of implementation of the project based on variance analysis even at 0-30 C depth, or at a depth of 60 to 30 cm, did not have a significant difference and the amount of phosphorus was remained almost constant.

Nitrogen
The results showed that the process of nitrogen changes during three years of experiment was based on analysis of variance at 0-30 and 30-60 cm of soil depths has significant difference and the amount of nitrogen has changed.

1- Ph.D. student, Department of Agronomy, College of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Ghazvin, Iran.
2- Professor of Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Extension and Educatio, Karaj,
3 and 4- Associate and assistant professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Ghazvin, Iran
(*- Corresponding Author Email: forootanb@gmail.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i4.74186

www.SID.ir

Archive of SID

Organic matter, Organic carbon and C:N

Organic matters of the soil is as the most effective factor in the sustainability of pasture and forest ecosystems, soil protection layer against erosion, temperature regulator, habitat and food supply for soil organisms and the main place of mineral nutrition.

Potassium

Potassium plays an important role in soil fertility. The statistical analysis of soil potassium showed that the amount of potassium had significant differences in two studied soil layers during three years of project implementation.

Sugarcane yield

The results showed that the highest yields were related to the crop rotation of clover-mung bean-sugarcane and clover-clover (third aftermath)-sugarcane rotations with 124 and 121 $t.ha^{-1}$, respectively. Also, the lowest yield was related to the varieties of fallow-fallow-sugarcane and clover-corn-Sugarcane, with 95 and 98 $t.ha^{-1}$, respectively.

Conclusion

The results showed that phosphorus in the soil did not change significantly during the experiment, but the amount of potassium, organic carbon and soil organic matter during the first and the second years remained constant but it decreased during the third year. Also, the implementation of different crop rotation affected soil nutrient elements. The highest amount of nitrogen, phosphorus and carbon to nitrogen ratios were observed in clover-clover- sugarcane, fallow-fallow-sugarcane and sorghum-clover-sugarcane. The impact of crop rotation on sugarcane yield also showed that cultivating legumes of clover and mung bean before sugarcane has a great influence on sugarcane yield.

Keywords: Clover, Fabaceae, Organic matter, Phosphorus

www.SID.ir