

تأثیر چرخه های متناوب خشک و مرطوب شدن خاک بر کربن آلی، فسفر و نیتروژن آلی و معدنی محلول

امیر لکزیان^{۱*} - اکرم حلاج نیا^۲ - حدیثه رحمانی^۳

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۶

تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۳

چکیده

چرخه های خشک و مرطوب شدن خاک جزء تنشهای محیطی هستند که خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک را تحت تأثیر قرار می دهند. همه این اثرات در نهایت بر روی چرخه عناصر غذایی در خاک تأثیر گذار است. بررسی تأثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن خاک بر چرخه عناصر غذایی، از یک طرف از جنبه تغذیه گیاه و حاصلخیزی خاک و از طرف دیگر از جنبه مسائل زیست محیطی حائز اهمیت می باشد. در این تحقیق تأثیر یک، دو، سه، چهار و پنج چرخه خشک و مرطوب شدن طی ۲۵ روز، بر مقدار کربن آلی محلول (DOC)، فسفر آلی محلول (DOP) و شکل های فراهم نیتروژن در خاک شامل مجموع نترات و نیتريت و آمونیوم، در دو نمونه خاک آلی سول در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی برای هر خاک، با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش تعداد چرخه های خشک و مرطوب شدن، در هر دو خاک مقدار کربن آلی، فسفر آلی و معدنی و همچنین آمونیوم در محلول خاک، نسبت به تیمار دائماً مرطوب کاهش پیدا کرد. کاهش مقدار کربن و فسفر آلی محلول نشان دهنده افزایش معدنی شدن کربن و فسفر آلی محلول است. مقدار نیتروژن آلی محلول پس از سه و چهار چرخه خشک و مرطوب شدن، در خاک ۱ و ۲ کاهش پیدا کرد و سپس در تیمار پنج چرخه خشک و مرطوب شدن به بیشترین مقدار رسید.

واژه های کلیدی: خشک و مرطوب شدن، نیتروژن، کربن و فسفر آلی محلول

مقدمه

مولفه های مهم در توازن کربن زیست بوم ها در مقیاس های محدود می باشد. حرکت کربن آلی محلول در خاک یک فرآیند مهم در انتقال کربن، انرژی و عناصر غذایی از زیست بوم های خشکی به زیست بوم های آبی به شمار می رود (۲۲). کربن آلی خاک، سوسترای اصلی برای ریز جانداران خاک بوده و تغییرات آن در خاک بر اساس میزان فعالیت زیست توده میکروبی تعیین می شود (۴). کربن آلی محلول از طریق کمپلکس های محلولی که با فلزات تشکیل می دهد در حرکت، انتقال و فراهمی آن ها تأثیر گذار است (۱۰، ۱۱ و ۲۸). منشا اصلی DOC در خاک، مواد آلی محلول^۵ (DOM) می باشد که در حقیقت شامل مولکول هایی با اندازه و ساختارهای شیمیایی متفاوت شامل مولکول هایی با وزن مولکولی اندک مانند کربوهیدرات های ساده و آمینواسیدها و ترکیباتی با وزن مولکولی زیاد، حاصل متابولیسم میکروبی و تجزیه لیگنین و لیگنو سلولز بوده که پس از عبور از فیلتر $0.45 \mu\text{m}$ با نام DOC شناخته می شوند (۶ و ۲۵). از ترکیبات مهم دیگر در محلول خاک که می تواند توسط چرخه های خشک و مرطوب شدن تحت تأثیر قرار گیرد، نیتروژن آلی محلول^۶ (DON) و نیتروژن

خشک و مرطوب شدن از جمله مهمترین فرآیندهای فیزیکی خاک است که در اغلب زمین های زراعی، مخصوصاً در آب و هوای مدیترانه ای رخ می دهد (۷). تا کنون اثرات کوتاه مدت و یا طولانی مدت چرخه های خشک و مرطوب شدن بر روی فرآیندهای میکروبی خاک به خوبی شناخته نشده اند. از آنجایی که این چرخه ها روند خاکدانه سازی (۲۵)، تجزیه هوموس (۵)، تنفس خاک (۱۳)، تغییرات جمعیت میکروبی (۷) و چرخه عناصر غذایی خاک را تحت تأثیر قرار می دهند، بنابراین درک چگونگی تأثیر این چرخه ها بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک بسیار حائز اهمیت است.

از جمله ترکیباتی که می تواند به شدت توسط این چرخه ها تحت تأثیر قرار گیرد، مقدار کربن آلی محلول^۴ (DOC) در خاک است که از

۱ و ۳ - به ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

* - نویسنده مسئول: (Email: alakzian@yahoo.com)

۲ - کارشناس ارشد آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

5- Dissolved organic matter
6- Dissolved organic nitrogen

4- Dissolved organic carbon

سانتیمتری) هر دو خاک انجام شد. خاک شماره ۱ از ایستگاه فجر مرکز تحقیقات چای لاهیجان (طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ۱' ۵۰ و ۱۱' ۳۷) با ارتفاع ۲۰ متر بالاتر از سطح دریا و ۰/۵ درصد شیب شرقی به غربی تهیه شد. خاک شماره ۲ از ایستگاه فشمالم مرکز تحقیقات چای فومن (طول و عرض جغرافیایی ۲۵' ۴۹ و ۲۵' ۳۷) با ارتفاع ۳ متر پائین تر از سطح دریا و ۲ درصد شیب شمالی به جنوبی تهیه گردید. نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل و پس از هواخشک کردن و حذف بقایای گیاهی از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. جهت بررسی تأثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن خاک بر کربن آلی، فسفر آلی و معدنی محلول، و نیز نیتروژن آلی محلول و مجموع نیتريت و نترات و آمونیوم (از اشکال نیتروژن معدنی)، آزمایشی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی برای هر خاک، شامل تیمارهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ چرخه خشک و مرطوب کردن (۲ روز در رطوبت ظرفیت مزرعه و ۳ روز در حالت هواخشک) و نمونه خاک‌های دائماً خشک و دائماً مرطوب با سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی در دمای اتاق انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها برای هر خاک به صورت جداگانه انجام شد. برای تهیه تیمارهای آزمایش نمونه‌های ۶۰ گرمی از هر دو خاک مورد آزمایش به طور مجزا به ظروف پلی اتیلنی با قطر ۶/۵ سانتیمتر و ارتفاع ۵ سانتیمتر منتقل شدند. رطوبت نمونه‌ها در طی آزمایش با روش وزنی در حد ظرفیت مزرعه تنظیم شد. برای عصاره گیری از نمونه‌ها، بعد از مخلوط کردن کامل خاک هر ظرف مقدار ۴۰ گرم از هر نمونه توزین و سپس ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر (نسبت ۲/۵ : ۱) به آن افزوده گردید. سوسپانسیون حاصل به مدت ۴ ساعت در شیکر دورانی با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه تکان داده شد. سپس نمونه‌ها با سرعت ۹۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شدند. در پایان به منظور اندازه گیری کربن آلی محلول و نیتروژن و فسفر آلی و معدنی عصاره‌ها از فیلتر ۰/۴۵ میکرون عبور داده شدند. کربن آلی محلول در عصاره‌ها به وسیله دستگاه تجزیه کربن آلی مدل TOC-V CPH Shimdzu اندازه گیری شد. مجموع نیتريت و نترات و آمونیوم در عصاره‌ها به روش کندی و نلسون (۱۶) و با استفاده از دستگاه کج‌لدال تعیین گردید. برای هضم فسفر آلی محلول (DOP)^۳ ۲ میلی لیتر از عصاره‌ها با ۲ میلی لیتر از محلول K₂S₂O₈، (pH=12) مخلوط و سپس نمونه‌ها به مدت نیم ساعت اتوکلاو شدند. مقدار فسفر در عصاره‌ها قبل و بعد از عمل هضم قلیایی به روش مورفی و ریلی (۲۱) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل S2000UV/Vis WPA اندازه گیری شد.

نتایج حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC آنالیز و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد مقایسه گردیدند.

معدنی محلول (DIN)^۱ بوده که در زیست فراهمی و قابلیت دسترسی به نیتروژن در خاک بسیار حائز اهمیت است. منابع نیتروژن آلی محلول هنوز به درستی شناخته نشده اند. بخش شناخته شده این ترکیبات عمدتاً شامل پلی مرهایی با وزن مولکولی بالا و پپتیدها می‌باشد (۲۶). برخی مطالعات نشان می‌دهند که معدنی شدن C و N، در چرخه‌های خشک و مرطوب شدن خاک افزایش می‌یابد (۶). هرچند منشا این تغییرات کاملاً مشخص نیست ولی احتمالاً افزایش معدنی شدن نیتروژن از سهولت در دسترس قرار گرفتن ترکیبات قابل تجزیه و نیز مواد میکروبی ناشی می‌شود (۲۴). گوردن و همکاران (۱۴) نشان دادند که چرخه‌های خشک و مرطوب شدن در خاک‌های فاقد پوشش علفزار که دارای جمعیت میکروبی و نسبت قارچ به باکتری کمتری در مقایسه با خاک‌های دارای این پوشش هستند، به میزان بیشتری منجر به از دست رفتن عناصر خصوصاً نیتروژن آلی محلول می‌شود.

مقدار و توزیع فسفر آلی و معدنی محلول در خاک نیز تحت تأثیر چرخه‌های خشک و مرطوب شدن قرار می‌گیرد. به دلیل اهمیتی که هر دو شکل آلی و معدنی فسفر محلول خاک بر رشد گیاهان دارند، مطالعات بسیاری در مورد این ترکیبات صورت گرفته است، اگرچه پویایی اشکال آلی فسفر در خاک هنوز به درستی شناخته نشده است (۸). مجید و نیلسن (۱۸) گزارش کردند که مقدار فسفر معدنی در بخش‌های گوناگون خاک متأثر از ساختمان خاک و جمعیت میکروبی می‌باشد. آن‌ها بین مقدار فسفر محلول در خاکهای معدنی با رطوبت خاک رابطه منفی مشاهده کردند. آن‌ها همچنین کاهشی را در تعداد قارچ‌ها و باکتری‌های گرم منفی مشاهده کرده و گزارش کردند که گونه‌های خاصی از ریز جانداران نسبت به چرخه‌های خشک و مرطوب شدن حساسند. مجید و نیلسن (۱۸) همچنین گزارش کردند که مرطوب شدن مجدد خاک در چرخه‌های خشک و مرطوب شدن سبب تغییرات سریع در فراهمی عناصر می‌شود.

هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر چرخه‌های متناوب خشک و مرطوب شدن خاک (خشک شدن آهسته و مرطوب کردن سریع دوباره) بر روی کربن آلی محلول، فسفر آلی و معدنی محلول، نیتروژن آلی محلول و مجموع نیتريت و نترات و آمونیوم از اشکال معدنی نیتروژن، در محلول دو خاک آلفی سول نمونه برداری شده از زمین‌های کشاورزی شمال ایران بود.

مواد و روش‌ها

دو نمونه خاک آلفی سول با طبقه‌بندی مالیک هاپل زرالفا^۲ از منطقه گیلان انتخاب و نمونه‌برداری از عمق شخم (۲۵-۰

1- Dissolved inorganic nitrogen
2- Mollic haploxeralfs

3- Dissolved organic phosphorus

نتایج و بحث

(جدول ۱).

بوتری و همکاران (۷) در مطالعه ای که بر روی خاک‌های واقع در استرالیا ی جنوبی داشتند گزارش کردند که خشک کردن خاک سبب کاهش زیست توده میکروبی می‌شود و مرطوب شدن مجدد خاک نمی‌تواند سبب افزایش سریع آن شود و این امر کاهش میزان تولید DOC را طی چرخه‌های خشک و مرطوب شدن به دنبال دارد. تحقیقات توشیوکی و همکاران (۲۷) در دانشگاه توکیو نیز کاهش میزان DOC را طی چرخه‌های خشک و مرطوب شدن تایید کردند. البته نوع خاک تأثیر بسیار زیادی بر روی تغییرات DOC دارد. در این مورد می‌توان به آزمایشی که توسط فیبر و اسپچیمیل (۱۲) انجام شد اشاره نمود. آنان طی ۲ ماه آزمایش خود بر روی دو نوع خاک (زیر پوشش جنگلی بلوط و علفزار) نشان دادند که فقط در خاکهای زیر پوشش جنگلی بلوط مقدار تلفات CO₂ بعد از هر چرخه خشک و مرطوب شدن افزایش یافت. برخی بررسی‌های دیگر نیز نشان می‌دهد که چرخه‌های خشک و مرطوب شدن متناوب خاک، موجب افزایش معدنی شدن کربن می‌گردد (۱۹). زیانگ و همکاران (۳۲) معتقدند که چرخه‌های متناوب خشک و مرطوب شدن موجب اعتدال فعالیت و جمعیت میکروبی سطح خاک شده و گاه ممکن است تأثیری را بر آن نداشته باشند.

در هر دو خاک بین مقدار نیتروژن آلی محلول در تیمارهای دائمی خشک و دائمی مرطوب اختلاف معنی داری وجود نداشت. همچنین در هر دو خاک بعد از اعمال چرخه‌های خشک و مرطوب شدن مقدار DON در مقایسه با تیمار دائمی خشک و دائمی مرطوب در ابتدا روند کاهشی و در خاک ۱ از چرخه چهار و در خاک ۲ از چرخه پنج به بعد روند افزایشی داشت (شکل ۲). بیشترین مقدار DON در هر دو خاک پس از اعمال چرخه‌های خشک و مرطوب شدن در تیمار با پنج چرخه خشک و مرطوب شدن مشاهده شد. کمترین مقدار آن در خاک ۱، در تیمار با سه چرخه و در خاک ۲ در تیمار چهار چرخه مشاهده گردید. هر چند اختلاف معنی داری به لحاظ آماری بین چرخه‌های سوم و چهارم وجود نداشت. در خاک ۲ در تمامی تیمارهای خشک و مرطوب شدن، مقدار DON همواره کمتر از تیمارهای دائمی خشک و دائمی مرطوب بود.

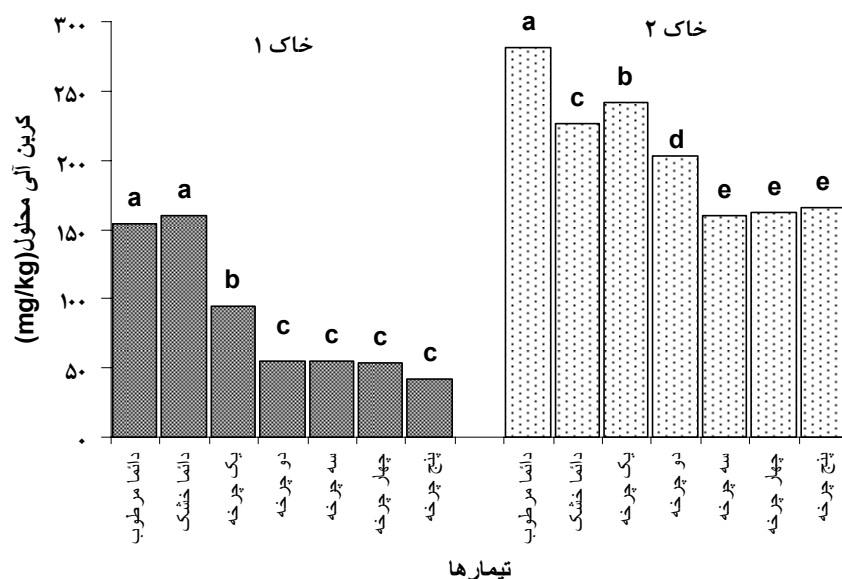
برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در خاکهای مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌های خاک نشان داد که مقدار رس در خاک ۱ تقریباً دو برابر خاک ۲ بود. دو خاک از نظر pH در حدود یک واحد با هم اختلاف داشتند و میزان مواد آلی خاک ۲ بیشتر از خاک ۱ بود. در بررسی تأثیر تیمارهای آزمایش بر کربن آلی محلول (شکل ۱)، بیشترین مقدار DOC در خاک ۱ در تیمارهای دائمی مرطوب و دائمی خشک و در خاک ۲ در تیمار دائمی مرطوب اندازه‌گیری شد. در خاک ۱ اعمال چرخه‌های خشک و مرطوب کردن موجب کاهش معنی دار DOC نسبت به تیمارهای دائمی خشک و مرطوب شد. کاهش DOC در تیمارهای دو، سه، چهار و پنج چرخه از لحاظ آماری معنی دار نبود. در خاک ۲ مقدار DOC در تیمار دائمی خشک کاهش معنی داری را نسبت به تیمار دائمی مرطوب نشان داد. در این خاک میزان DOC در تیمار یکبار خشک و مرطوب شدن نسبت به تیمار دائمی خشک افزایش پیدا کرد ولی با افزایش تعداد چرخه‌های خشک و مرطوب شدن مقدار DOC نسبت به هر دو تیمار دائمی خشک و دائمی مرطوب کاهش یافت. کاهش DOC در تیمارهای سه، چهار و پنج چرخه از لحاظ آماری معنی دار نبود.

به طور میانگین در هر دو خاک، اعمال چرخه‌های خشک و مرطوب شدن خاک باعث کاهش مقدار کربن آلی محلول در مقایسه با خاک دائمی مرطوب گردید که این کاهش می‌تواند ناشی از افزایش معدنی شدن کربن آلی باشد. در تحقیقات مختلف نیز گزارش‌هایی مبنی بر افزایش معدنی شدن کربن آلی در نتیجه خشک و مرطوب کردن متناوب خاک ارائه شده است (۱۲ و ۳۱). در این مطالعات افزایش تنفس میکروبی، به عنوان شاخصی از فعالیت ریز جانداران خاک و میزان معدنی شدن کربن آلی، بعد از دوباره مرطوب شدن خاک معرفی شده است. افزایش فعالیت مجدد ریز جانداران خاک می‌تواند منجر به افزایش مصرف منابع کربنی بویژه منابع فراهم تر کربن از قبیل کربن آلی محلول خاک گردد.

در تمامی تیمارهای آزمایش، مقادیر بالاتر کربن آلی محلول در خاک ۲ به سبب وجود ماده آلی بیشتر این خاک نسبت به خاک ۱ بود

(جدول ۱) - برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در دو خاک مورد آزمایش

بافت	Clay (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)	CaCO ₃ (%)	CEC (Cmolckg ⁻¹)	OC (%)	N معدنی (mg kg ⁻¹)	N کل
خاک ۱	۴۲	۶	۰/۴۱۹	۱/۵۱	۵۰	۳/۱۲	۱۶۸	۲۵۲۰
خاک ۲	۲۴	۵/۱	۰/۶۲۵	۰/۶۴	۳۰/۸	۵/۲۳	۵۶	۸۶۸۰



(شکل ۱) - تأثیر چرخه‌های خشک و مرطوب شدن بر میانگین کربن آلی محلول

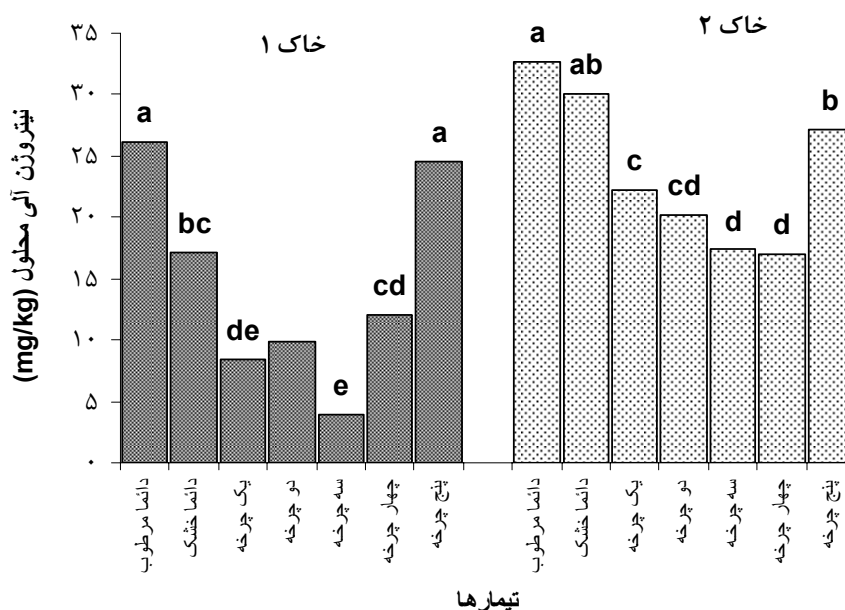
شکل‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند.

سابقه خشک و مرطوب شدن خاک در بلند مدت می‌تواند میزان معدنی شدن نیتروژن را با تاخیر مواجه کند، به طوری که خاک‌های دارای سابقه خشک و مرطوب شدن‌های متوالی، در نهایت دارای تنفس کمتری نسبت به خاک‌های شاهد بودند. وو و بروکس (۳۱) نیز گزارش کردند که اگرچه بعد از هر مرطوب کردن خاک خشک، تنفس میکروبی افزایش پیدا کرد ولی در مجموع اعمال تنش خشک و مرطوب شدن موجب کاهش زیست توده میکروبی خاک گردید. بنابراین برای درک بهتر فرآیندهای معدنی شدن، مطالعه دراز مدت بر روی فعالیت انواع ریز جانداران در خاک‌های زیر تأثیر پدیده خشک و مرطوب شدن ضروری به نظر می‌رسد.

در هر دو خاک مورد آزمایش مقدار نیترات و نیتريت در تیمار دائما خشک نسبت به تیمار دائما مرطوب کاهش معنی داری نشان داد. همچنین در هر دو خاک کمترین مقدار نیترات و نیتريت در تیمار با یک چرخه خشک و مرطوب شدن مشاهده گردید. در خاک ۱ با افزایش تعداد چرخه‌ها مقدار نیترات و نیتريت افزایش پیدا کرد در حالی که در خاک ۲ مقدار نیترات و نیتريت در چرخه‌های مختلف، کاهش و افزایش متوالی را نشان داد. بیشترین میزان نیتريت و نیترات در خاک ۱ در تیمارهای دائما مرطوب و پنج چرخه خشک و مرطوب شدن و در خاک ۲ در تیمارهای دائما مرطوب، دو و چهار چرخه خشک و مرطوب شدن مشاهده گردید (شکل ۳).

در حالی که در خاک ۱ در تیمار پنج چرخه خشک و مرطوب شدن مقدار DON افزایش معنی داری نسبت به هر دو تیمار دائما خشک و دائما مرطوب نشان داد. کاهش میزان DON از اولین چرخه خشک و مرطوب شدن خاک تا چرخه چهارم در خاک ۱ و تا چرخه پنج در خاک ۲ نسبت به تیمارهای دائما خشک و مرطوب می‌تواند ناشی از افزایش معدنی شدن نیتروژن با افزایش تعداد چرخه‌های خشک و مرطوب شدن در این خاک‌ها باشد. نتایج مشابه در مطالعات مختلف نیز گزارش شده است (۳۰ و ۳۲). اگرچه به طور کلی اعمال دوره‌های خشکی موجب کاهش فعالیت ریز جانداران و از جمله نیتریفیکاتورها می‌گردد، ولی برخی مطالعات (۱۲) نشان می‌دهد که این ریز جانداران قادرند در طی دوره‌های خشکی زنده مانده و فعالیت آنها با مرطوب کردن مجدد خاک از سر گرفته شود که در مجموع فعالیت دوره ای آنها موجب افزایش جمعیت این ریز جانداران طی دوره‌های خشک و مرطوب کردن می‌گردد. با این توضیح، کاهش مقدار نیتروژن آلی محلول تا چرخه چهارم در هر دو خاک نسبت به تیمار دائما مرطوب از یک طرف و افزایش تناوبی نیترات و نیتريت (شکل ۳) می‌تواند ناشی از افزایش معدنی شدن نیتروژن آلی محلول در نتیجه افزایش فعالیت نیتریفیکاتورها باشد. از طرف دیگر افزایش فعالیت نیتریفیکاتورها را می‌توان یکی از دلایل افزایش مصرف آمونیوم و در نتیجه کاهش غلظت آن بیان کرد (شکل ۴).

از چرخه چهارم به بعد در خاک ۱ و در چرخه پنج در خاک ۲ DON افزایش پیدا کرد. فیروز و اسپچیمیل (۱۲) گزارش کردند که

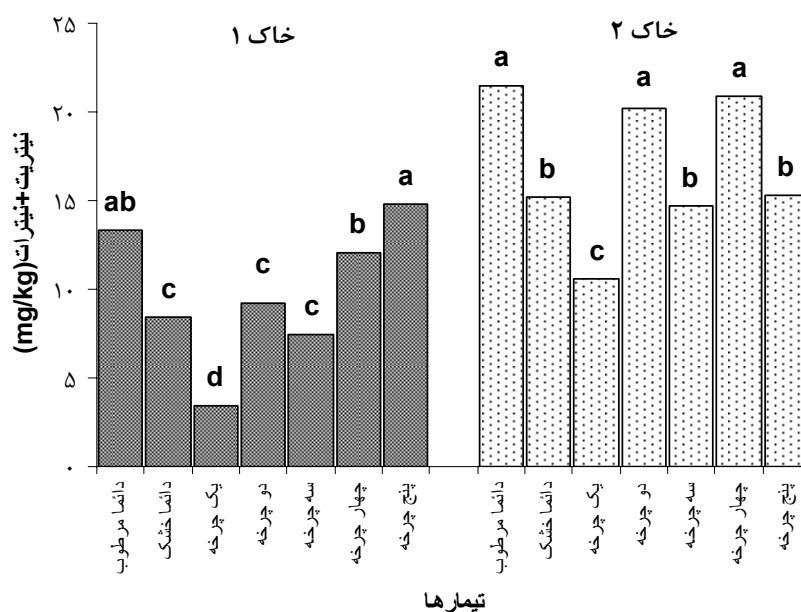


(شکل ۲) - تأثیر چرخه‌های خشک و مرطوب شدن بر میانگین نیتروژن آلی محلول

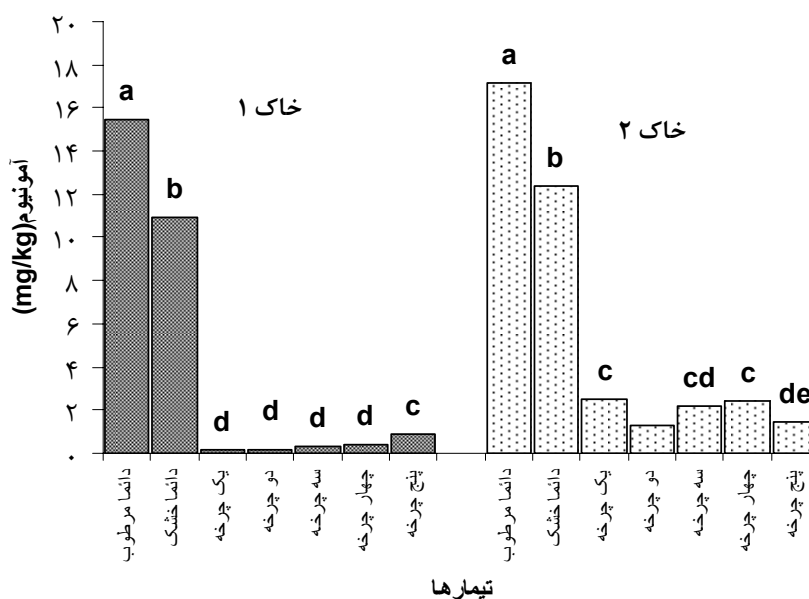
شکل‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند.

در این خاک‌ها افزایشی را نشان نداده و کمترین میزان نیترات در این خاک‌ها در بیشترین تعداد چرخه‌های اعمالی مشاهده شد. بالدین و میشل (۴) در بررسی تأثیر چرخه‌های خشک و مرطوب شدن بر تغییرات نیتروژن آلی و معدنی در خاک دشت‌های سیلابی، نوسانات مشاهده شده در چرخه‌ها را ناشی از تفاوت بین شدت معدنی شدن و دنیتریفیکاسیون و برتری یکی بر دیگری در دوره‌های مختلف خشک و مرطوب شدن عنوان کردند. در مطالعه میلر و همکاران (۲۰) خشک و مرطوب کردن خاک موجب افزایش غلظت نیتروژن، کربن و فسفر معدنی در محلول خاک گردید. این نتیجه خود می‌تواند ناشی از تأثیر خشک و مرطوب شدن بر از هم گسیختگی خاکدانه‌ها باشد. در این حالت، سطوح جدیدی از مواد آلی در معرض تجزیه میکروبی قرار می‌گیرند که در نهایت موجب افزایش شکل‌های فراهم عناصر در محلول خاک می‌گردد. از طرف دیگر مرگ سلول در اثر پدیده خشک شدن، خود می‌تواند موجب رها شدن عناصر غذایی شیره سلولی به محلول خاک گردد (۲۹). در مطالعه گوردونا و همکاران (۱۴) نیز نشان داده شد که تأثیر تنش ناشی از خشک و مرطوب شدن خاک بر جمعیت میکروبی در نهایت منجر به افزایش کربن و نیتروژن آلی و نیتروژن معدنی محلول گردید. ونترینک و همکاران (۳۰) در مطالعه خود نشان دادند که خشک و مرطوب شدن خاک منجر به افزایش معدنی شدن نیتروژن گردید.

بین تیمارهای یاد شده در هر خاک، به لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت. کاهش مقدار نیتروژن آلی محلول در تیمارهای یک، دو، سه و چهار چرخه خشک و مرطوب شدن (شکل ۲) و افزایش تناوبی مجموع نیترات و نیتريت می‌تواند نشان دهنده افزایش معدنی شدن نیتروژن آلی باشد. فیبر و اسجیمل (۱۲) گزارش کردند که اگرچه افزایش جمعیت نیتریفیکاتورها می‌تواند دلیل افزایش نیترات در هر بار مرطوب کردن خاک خشک باشد، با این حال افزایش فعالیت مجدد سایر ریز جانداران خاک بعد از یک دوره تنش خشکی می‌تواند موجب افزایش مصرف نیترات تولید شده گردد بنابراین افزایش و کاهش متناوب در مقدار نیترات و نیتريت می‌تواند برآیندی از میزان تولید و مصرف و برتری یکی بر دیگری باشد. با این حال، دلایل دیگری نیز در خصوص تغییرات شکل‌های فراهم نیتروژن در نتیجه خشک و مرطوب کردن خاک توسط محققین مختلف گزارش شده است. از آن جمله در آزمایشی که بوسيله زیانگ و همکاران (۳۲) بر روی خاک‌های تحت پوشش علفزارهای کالیفرنیا انجام گرفت، بیشترین مقدار نیتروژن معدنی در بالاترین تعداد چرخه‌های خشک و مرطوب شدن اندازه‌گیری شد و شکل عمده نیتروژن معدنی نیترات بود. این در حالی است که در مطالعاتی که توسط پالمن و تیمتا (۲۳) بر روی خاک جنگل‌های مخروطی شکل صورت گرفت، بیان شد که میزان نیتریفیکاسیون پس از اعمال چرخه‌های خشک و مرطوب شدن



(شکل ۳) - تأثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن بر میانگین نیتریت و نیترات محلول شکلهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشد.



(شکل ۴) - تأثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن بر میانگین آمونیوم محلول شکلهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشد.

مرطوب شدن موجب کاهش معنی دار آمونیوم نسبت به تیمارهای دائم خشک و دائم مرطوب گردید. مقدار آمونیوم در تیمارهای یک، دو، سه، چهار و پنج چرخه در هر دو خاک، تفاوت قابل ملاحظه ای نداشت. مطالعات ونترینک و همکاران (۳۰) که بر روی تعدادی از

مرطوب نگاه داشتن خاکها سبب افزایش معنی دار آمونیوم در مقایسه با تیمارهای دائم خشک گردید به طوری که در هر دو خاک شماره ۱ و ۲، بیشترین مقدار آمونیوم در تیمار دائم مرطوب اندازه گیری شد (شکل ۴). در هر دو خاک، اعمال چرخه های خشک و

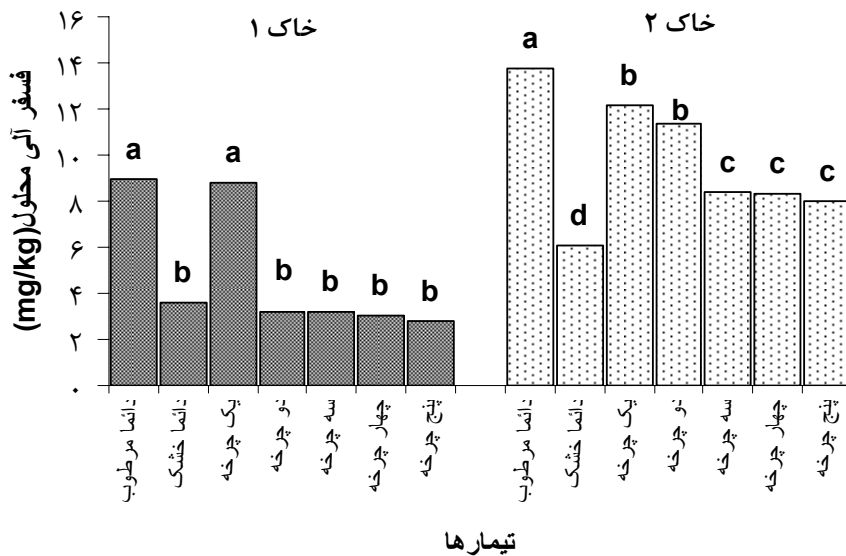
خشک و مرطوب شدن خاک بر فراهمی فسفر آلی و معدنی محلول خاک کاملاً مشخص نیست و در مطالعات مختلف نتایج متفاوتی مشاهده می‌شود. در مطالعه ای که توسط بالدوین و میشل (۴) انجام شد، نتایج حاصله نشان داد که چرخه‌های متناوب خشک و مرطوب شدن خاک فراهمی فسفر را کاهش داد. چک ونی و همکاران (۹) در مطالعه ای بر روی یک خاک اسیدی، تحت تأثیر چرخه‌های متناوب خشک و مرطوب شدن، نشان دادند که معدنی شدن فسفر و در نتیجه فراهمی آن برای گیاه افزایش پیدا کرد. در حالی که ونترینک و همکاران (۳۰) در مطالعات خود بیان داشتند که چرخه‌های خشک و مرطوب شدن، آزاد شدن فسفر را چندان تحت تأثیر قرار نمی‌دهند.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که خشک و مرطوب کردن خاک بر توزیع اجزای معدنی و آلی عناصر کربن، نیتروژن و فسفر موثر بوده و بنابراین می‌تواند شیمی محلول خاک و فراهمی عناصر را در هر بار مرطوب کردن مجدد خاک تحت تأثیر قرار دهد. در هر دو خاک با افزایش تعداد چرخه‌های خشک و مرطوب شدن، مقدار کربن آلی و فسفر آلی و معدنی محلول نسبت به تیمار دائماً مرطوب کاهش پیدا کرد. کاهش کربن و فسفر آلی محلول می‌تواند نشان دهنده افزایش معدنی شدن این اجزا در محلول خاک باشد.

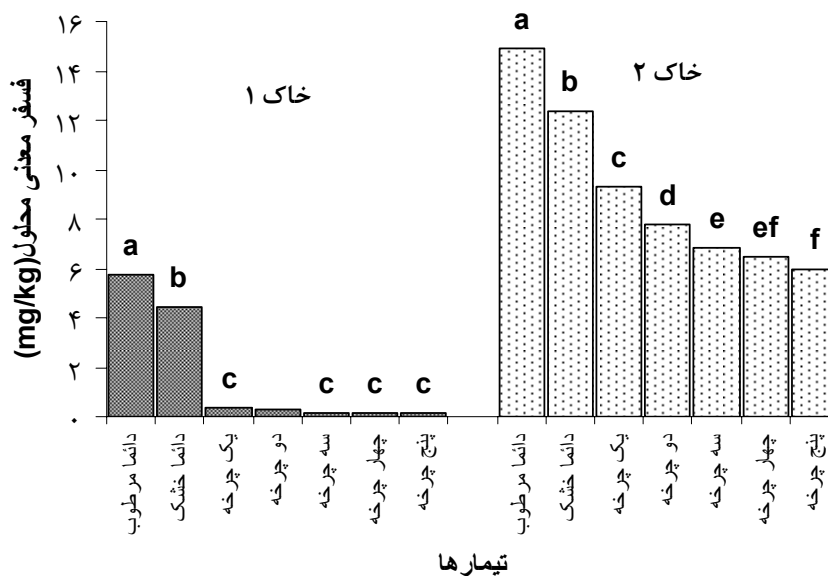
زمین‌های مرطوب صورت گرفت، کاهش قابل ملاحظه ای را در مقدار آمونیوم، پس از اعمال چرخه‌های خشک و مرطوب شدن در مقایسه با تیمار دائماً مرطوب مشاهده شد. مقدار تثبیت آمونیوم در خاکهای مرطوب بسیار ناچیز است. اما خشک و مرطوب کردن خاک موجب افزایش سرعت و مقدار تثبیت آمونیوم می‌گردد. علت افزایش تثبیت آمونیوم را در چرخه های خشک و مرطوب شدن می‌توان به غلیظ شدن محلول حاوی آمونیوم و بنابر این تمایل به تثبیت بیشتر نسبت داد (۱). همانطور که قبلاً نیز توضیح داده شد، افزایش فرآیند نیتریفیکاسیون در نتیجه خشک و مرطوب کردن خاک می‌تواند از جمله دلایل کاهش آمونیم نیز باشد.

مرطوب نگاه داشتن خاک موجب افزایش معنی دار فسفر آلی محلول در تیمار دائماً مرطوب نسبت به تیمار دائماً خشک گردید (شکل ۵). بیشترین مقدار فسفر آلی محلول در خاک ۱ در تیمار دائماً مرطوب و اعمال یک چرخه خشک و مرطوب شدن مشاهده شد. در سایر تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده نشد. در خاک ۲ بیشترین مقدار فسفر آلی محلول مربوط به تیمار دائماً مرطوب و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار دائماً خشک بود. در این خاک، با افزایش تعداد چرخه‌های خشک و مرطوب شدن، مقدار فسفر آلی محلول کاهش پیدا کرد که در تیمارهای سه تا پنج چرخه این اختلاف معنی دار نبود. روند کاهشی فسفر آلی محلول در طی پنج چرخه متناوب خشک و مرطوب شدن نشان دهنده افزایش معدنی شدن فسفر آلی در نتیجه خشک و مرطوب کردن خاک می‌باشد. با این حال چگونگی تأثیر



(شکل ۵) - تأثیر چرخه‌های خشک و مرطوب شدن بر میانگین فسفر آلی محلول

شکل‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند.



(شکل ۶) - تأثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن بر میانگین فسفر معدنی محلول
 شکلهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشند.

افزایش تناوبی مجموع نیترات و نیتريت می تواند نشان دهنده افزایش معدنی شدن نیتروژن آلی محلول باشد. در هر دو خاک، مقدار آمونیوم با خشک و مرطوب کردن، کاهش معنی داری را نسبت به تیمارهای دائما خشک و دائما مرطوب نشان داد. از آنجایی که به نظر می رسد بخش عمده این تغییرات ناشی از تغییر در فعالیت و جمعیت میکروبی خاک باشد، مطالعه بر روی تعداد و تنوع میکروارگانیسمهای خاک اعم از باکتریها و قارچها بعد از هر بار خشک و مرطوب شدن خاک می تواند در جهت روشن شدن بهتر فرآیندها موثر باشد.

مقدار نیتروژن آلی محلول در ابتدا کاهش و سپس افزایش پیدا کرد به طوری که بیشترین مقدار نیتروژن آلی محلول در تیمار با پنج چرخه خشک و مرطوب شدن مشاهده شد و کمترین مقدار آن در خاک ۱ در تیمار با سه چرخه و در خاک ۲ در تیمار با چهار چرخه اندازه گیری شد. کمترین مقدار نیترات و نیتريت در هر دو خاک در تیمار با یک چرخه خشک و مرطوب کردن مشاهده شد که با افزایش تعداد چرخه ها افزایش یافت. کاهش مقدار نیتروژن آلی محلول در تیمارهای یک، دو، سه و چهار چرخه خشک و مرطوب شدن و

منابع

۱- سالاردینی ع.ا. ۱۳۸۵. حاصلخیزی خاک. چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران، ۴۳۴ صفحه.
 ۲- مصدقی م. ۱۳۸۷. تأثیر آهک و کودهای نیتروژن بر کربن و نیتروژن آلی محلول در دو خاک آلفی سول، پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه فردوسی مشهد.
 3- Agarwal A.S., Singh B.R. and Kanehiro Y. 1971. Soil nitrogen and carbon mineralization as affected by drying-wetting cycles, Soil Science Society of America, 35:96-100.
 4- Baldwin D.S. and Mitchell A.M. 2000. The effects of drying and re-flooding on the sediment and soil nutrient dynamics of lowland river-floodplain systems: a synthesis, Regulated Rivers: Research and Management, 16:457-467.
 5- Birch H.F. 1958. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability, Plant and Soil 10: 9-31.
 6- Bowen S. 2006. Biologically-relevant characteristics of dissolved organic carbon (DOC) from soil, Submitted for the degree of Doctor of Philosophy.
 7- Butterly C.R., Marschner P. and Baldock J. 2006. Drying and wetting cycles and phosphorus dynamics, 18th World Congress of Soil Science.
 8- Butterly C.R. 2008. Drying/wetting cycles in southern Australian agricultural soils: effects on turnover of soil phosphorus, carbon and the microbial biomass, Adelaide research and Scholarship.

- 9- Chepkwony C.K., Haynes R.J., Swift R.S. and Harrison R. 2001. Mineralization of soil organic P induced by drying and wetting as a source of plant-available P in limed and unlimed samples of an acid soil, *Plant and Soil*, 234:83-90.
- 10- Cole J.J., Carpenter S.R., Pace M.L., Van de Bogert M.C., Kitchell J.L. and Hodgson J.R. 2006. Differential support of lake food webs by three types of terrestrial organic carbon, *Ecology Letters*, 9:558-568.
- 11- Dowell W.H.M. 1985. Kinetics and mechanisms of dissolved organic carbon retention in a headwater stream, *Biogeochemistry*, 1:329-352.
- 12- Fierer N. and Schimel J.P. 2001. Effects of drying-wetting frequency on soil carbon and nitrogen transformations, *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 777-787.
- 13- Franzluebbers A., Haney C., Schomberg H. and Hons F. 2000. Flush of carbon dioxide following wetting of dried soil relates to active organic pools, *Soil Science Society of America*, 64: 613-623.
- 14- Gordon H., Haygarth P.M. and Bardgett R.D. 2007. Drying and wetting effects on soil microbial community composition and nutrient leaching, *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 302-311.
- 15- Haney R.L., Franzluebbers A.J., Porter E.B., Hons F.M. and Zuberer D.A. 2004. Soil Carbon and Nitrogen Mineralization Influence of Drying Temperature. *Soil Science Society of American Journal*, 68:489-492.
- 16- Kennedy J., Billett M.F., Duthie D., Fraser A.R. and Harrison A.F. 1996. Organic matter retention in an upland humic podzol; The effects of pH and solute type. *European Journal of Soil Science*, 47: 615-625.
- 17- Laboski C.A.M., and Lamb J.A., 2003. Changes in soil test phosphorus concentration after application of manure or fertilizer: *Soil Science Society American Journal*, 67: 544-554.
- 18- Magid J. and Nielsen N.E. 1992. Seasonal variation in organic and inorganic phosphorus fractions of temperate-climate sandy soils, *Plant and Soil*, 144: 155-165.
- 19- Merckx R., Brans K. and Smolders E. 2001. Decomposition of dissolved organic carbon after soil drying and wetting as an indicator of metal toxicity in soils, *Soil Biology and Biochemistry*, 33:235-240.
- 20- Miller A.E., Schimel J.P., Meixner T., Sickman J.O., and Melack J.M. 2005. Episodic wetting enhances carbon and nitrogen release from chaparral soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 37: 2195-22049.
- 21- Murphy J. and Riley J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters, *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- 22- Neff J.C. and Asner G.P. 2001. Dissolved organic carbon in terrestrial ecosystems: Synthesis and a Model, *Ecosystems*, 4:29-48.
- 23- Puleman M. and Tietema A. 1998. Microbial C and N transformations during drying and wetting of coniferous forest floor material, *Soil Biology and Biochemistry*, 31:275-285.
- 24- Saetre P. and Stark J.M. 2005. Microbial dynamics and carbon and nitrogen cycling following wetting of soils beneath two semi-arid plant species, *Oecologia*, 142:247-260.
- 25- Six J., Elliott E.T. Paustian K. 2000. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture, *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 2099-2103.
- 26- Stepanauskas R., Edling H. and Tranvik I.J. 1999. Differential dissolved organic nitrogen availability and bacterial aminopeptidase activity in limnic and marine waters, *Microbial Ecology*, 38:264-272.
- 27- Toshiyuki T., Akira S. and Masayuki S. 2001. Effect of air-drying and wetting on microbial biomass and microaggregate of a forest or an arable soil, *Man and Environment*, 27:106-114.
- 28- Tranvik L.J. 1992. Allochthonous dissolved organic matter as an energy source for pelagic bacteria and the concept of the microbial loop, *Hidrobiologia*, 229:107-114.
- 29- Turner B.L. Driessen J.P., Haygarth P.M. and McKelvie I.D. 2003. Potential contribution of lysed bacterial cells to phosphorus solubilisation in two rewetted Australian pasture soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 187-189.
- 30- Venterink H.O., Davidsson T.E., Kiehl K. and Leonardson L. 2002. Impact of drying and re-wetting on N, P and K dynamics in a wetland soil, *Plant and Soil*, 243:119-130.
- 31- Wu J., and Brookes P.C. 2005. The proportional mineralisation of microbial biomass and organic matter caused by air-drying and rewetting of a grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 37:507-515.
- 32- Xiang S.R., Doyle A., Holden P.A. and Schimel J.P. 2008. Drying and wetting effects on C and N mineralization and microbial activity in surface and subsurface California grassland soils, *Soil Biology and Biochemistry*, 40:2281-2289.



The Effect of Soil Drying and Rewetting on Dissolve Organic Carbon, Organic and Inorganic Phosphorus and Nitrogen

A. Lakzian^{1*} - A. Halajnia² - H. Rahmani³

Abstract

Soil drying and rewetting (DRW) cycles are considered as environmental stress that would affect the physical, chemical and biological properties of soil and nutrient cycles. The study of soil drying and rewetting effects on plant nutrition and soil fertility is very important and crucial specially their environmental effects. In this study, the effects of 1, 2, 3, 4 and 5 drying and rewetting cycles on dissolved organic carbon (DOC) and phosphorus (DOP) and available forms of nitrogen (nitrite, nitrate and ammonium) in two Alfisols in a completely randomized design with three replications were investigated. The results showed that with increasing DRW cycles dissolved organic carbon, organic and inorganic phosphorus and ammonium decreased significantly in soil solution compared to control (samples were kept in wet condition). Reduction in DOC and DOP could be due to the higher mineralization of organic carbon and phosphorus. Dissolved organic nitrogen decreased significantly after three and four drying and rewetting cycles in soil 1 and soil 2 respectively. The highest amount of dissolved organic nitrogen was obtained in five drying and wetting cycles treatment.

Keywords: Drying and rewetting, Dissolved organic carbon, Phosphorus and nitrogen

1,3- Associate Professor and Master of Soil Science, Respectively, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad

(* - Corresponding author E-mail: alakzian@yahoo.com)

2- MSc Student in Soil Science, Agricultural College, Ferdowsi University of Mashhad