

## مشخصات مقاله

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

## نویسندگان :

امیر لکزبان دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فردوسی مشهد

Amir Lakzian, Associative professor of Soil Science, Agricultural College, Ferdowsi university of Masshad. E-mail: alakzian@yahoo.com

اکرم حلاج نیا، کارشناس ارشد آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی ، دانشگاه فردوسی مشهد

Akram Halajnia, Master of Soil Science, Agricultural College, Ferdowsi University of Masshad

حدیثه رحمانی دانشجوی کارشناسی رشته علوم خاک

Hadiseh Rahmani. Student of First degree in Soil Science, Agricultural College, Ferdowsi University of Masshad

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

امیر لکزیان، اکرم حلاج نیا و حدیثه رحمانی  
گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

### چکیده

چرخه های خشک و مرطوب شدن خاک جزء تنشهای محیطی هستند که خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک را تحت تاثیر قرار می دهند. همه این اثرات در نهایت بر روی چرخه عناصر غذایی در خاک تاثیر گذار است. بررسی تاثیر 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 تاثیر ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ 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 نیترات و نیتريت و آمونیوم در دو نمونه خاک آلی سول در قالب طرح پایه کاملا 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 آمونیوم در محلول خاک نسبت به تیمار دائما 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 ۳ و ۴ چرخه خشک و مرطوب شدن در خاک ۱ و ۲ کاهش پیدا کرد و سپس در تیمار ۵ چرخه خشک و مرطوب شدن به بیشترین مقدار رسید.

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

### مقدمه

خشک و مرطوب شدن از جمله مهمترین فرآیندهای فیزیکی خاک است که در اغلب زمین های زراعی، مخصوصا 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 تاثیر قرار می دهد، بنابراین درک چگونگی تاثیر 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 تاثیر قرار گیرد مقدار کربن آلی محلول<sup>۱</sup> (DOC) در خاک است که از 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، سوبسترای اصلی برای ریز جانداران خاک بوده و تغییرات آن در خاک بر اساس میزان فعالیت زیست

<sup>1</sup> Dissolved organic carbon

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 تاثیر گذار است (۱۰، ۱۱ و ۲۸). منشا اصلی DOC در خاک مواد آلی محلول<sup>۲</sup> (DOM) می باشد که در حقیقت شامل مولکول هایی با اندازه و ساختار های 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 لیگنوسولونز بوده که پس از عبور از فیلتر 0.45 $\mu$ 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 تاثیر قرار گیرد، نیتروژن آلی محلول<sup>۳</sup> (DON) و نیتروژن معدنی محلول<sup>۴</sup> (DIN) بوده که در زیست فراهمی و قابلیت دسترسی به نیتروژن در خاک بسیار حائز اهمیت است. منابع نیتروژن آلی محلول هنوز به درستی شناخته شده نیستند. بخش شناخته شده این ترکیبات عمدتاً شامل پلی مرهایی با وزن مولکولی بالا و پپتید ها می باشد (۲۶). برخی مطالعات نشان می دهد که معدنی شدن C و N در چرخه های خشک و مرطوب شدن خاک افزایش می یابد (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 می شود (۲۴). گوردن و همکاران (۱۴) نشان دادند که چرخه های خشک و مرطوب شدن در خاک های فاقد پوشش علفزار که دارای جمعیت میکروبی و نسبت قارچ به باکتری کمتری در مقایسه با خاک های دارای این پوشش هستند، به میزان بیشتری منجر به از دست رفتن عناصر خصوصاً نیتروژن آلی محلول می شود.

مقدار و توزیع فسفر آلی و معدنی محلول در خاک نیز تحت تاثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن قرار می گیرد. 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 بخش های گوناگون خاک متاثر از ساختمان خاک و جمعیت میکروبی می باشد. آن ها بین مقدار فسفر محلول در خاکهای معدنی با رطوبت خاک رابطه منفی مشاهده کردند. آن ها همچنین کاهشی را در تعداد قارچ ها و باکتری های گرم منفی مشاهده کرده و گزارش کردند که گونه های خاصی از ریز جانداران نسبت به چرخه های خشک و مرطوب شدن حساسند. مجید و نیلسن (۱۸) همچنین گزارش کردند که مرطوب شدن مجدد خاک در چرخه های خشک و مرطوب شدن سبب تغییرات سریع در فراهمی عناصر می شود.

---

<sup>2</sup> Dissolved organic matter

<sup>3</sup> Dissolved organic nitrogen

<sup>4</sup> Dissolved inorganic nitrogen

هدف از این تحقیق، بررسی تاثیر چرخه های متناوب خشک و مرطوب شدن (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 زمین های کشاورزی شمال ایران بود.

## مواد و روشها

دو نمونه خاک آلفی سول با طبقه بندی مالیک هاپل زرال<sup>۵</sup> از منطقه گیلان انتخاب و نمونه برداری از عمق شخم (۲۵-۰ 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 فشالم 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. نمونه های خاک به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک کردن و حذف بقایای گیاهی از الک ۲ میلی متری عبور داده شدند. جهت بررسی تاثیر 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 کاملا 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 هوا خشک) و نمونه خاک های دائما خشک و دائما مرطوب با سه تکرار در شرایط آزمایشگاهی در دمای اتاق انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری داده ها برای هر خاک به صورت جداگانه انجام شد. برای تهیه تیمار های آزمایش نمونه های 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 نمونه ها در طی آزمایش با روش وزنی در حد ظرفیت مزرعه تنظیم شد. برای عصاره گیری از نمونه ها، 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 نمونه ها با سرعت ۹۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شدند. در پایان بمنظور اندازه گیری کربن آلی محلول و نیتروژن و فسفر آلی و معدنی عصاره ها از فیلتر ۰/۴۵ میکرون عبور داده شدند. کربن آلی محلول در عصاره ها به وسیله دستگاه تجزیه کربن آلی مدل TOC-V CPH Shimatzu اندازه گیری شد. مجموع نیتريت و نترات و آمونیوم در عصاره ها به روش کندی و نلسون (۱۶) و با استفاده از دستگاه کج لدا ل تعیین گردید. برای هضم فسفر آلی محلول (DOP)<sup>۶</sup> ۲ میلی لیتر از عصاره ها با ۲ میلی لیتر از محلول  $K_2S_2O_8$  (pH=12) مخلوط و سپس نمونه ها به مدت نیم ساعت اتوکلاو شدند. مقدار فسفر در عصاره ها 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.

<sup>5</sup> Mollic haploxeralfs

<sup>6</sup> Dissolved organic phosphorus

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

## نتایج و بحث

برخی از ویژه گیهای فیزیکی و شیمیایی اندازه گیری شده در خاکهای مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از تجزیه نمونه های 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 تاثیر تیمارهای آزمایش بر کربن آلی محلول (نمودار ۱)، بیشترین مقدار DOC در خاک ۱ در تیمار های دائماً مرطوب و دائماً خشک و در خاک ۲ در تیمار دائماً مرطوب اندازه گیری شد. در خاک ۱ اعمال چرخه های خشک و مرطوب کردن موجب کاهش معنی دار DOC نسبت به تیمار های دائماً خشک و مرطوب شد. کاهش DOC در تیمار های دو، سه، چهار و پنج چرخه از لحاظ آماری معنی دار نبود. در خاک ۲ مقدار DOC در تیمار دائماً خشک کاهش معنی داری را نسبت به تیمار دائماً مرطوب نشان داد. در این خاک میزان DOC در تیمار یکبار خشک و مرطوب شدن نسبت به تیمار دائماً خشک افزایش پیدا کرد ولی با افزایش تعداد چرخه های خشک و مرطوب شدن مقدار DOC نسبت به هر دو تیمار دائماً خشک و دائماً مرطوب کاهش یافت. کاهش DOC در تیمار های سه، چهار و پنج چرخه از لحاظ آماری معنی دار نبود.

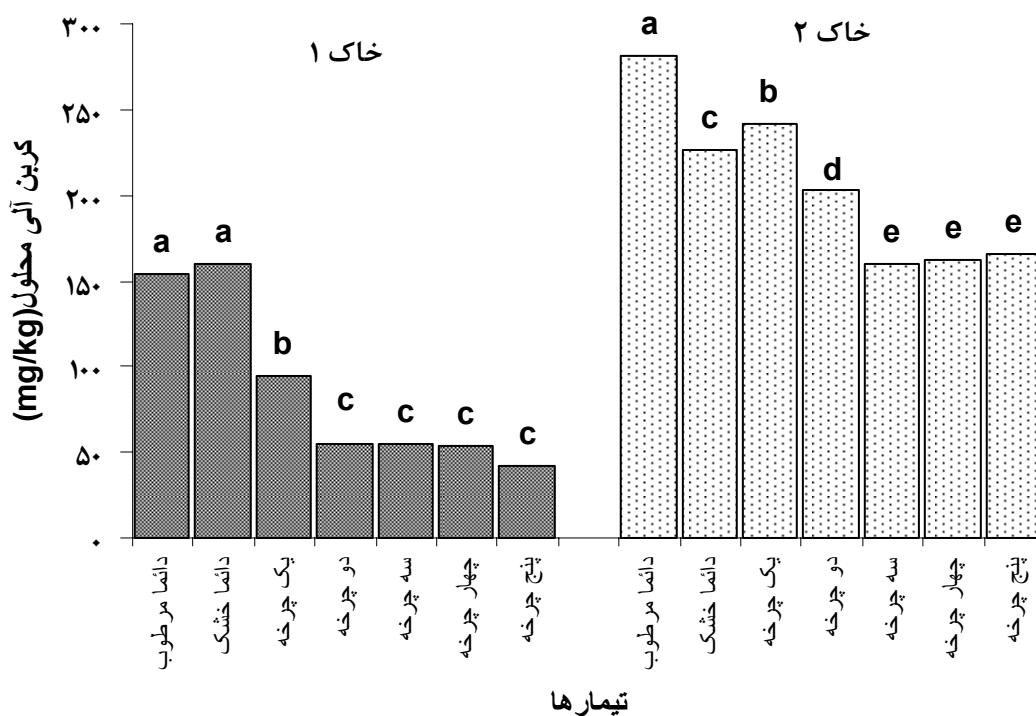
به طور میانگین در هر دو خاک اعمال چرخه های خشک و مرطوب شدن باعث کاهش مقدار کربن آلی محلول در مقایسه با خاک دائماً مرطوب گردید که این کاهش می تواند ناشی از افزایش معدنی شدن کربن آلی باشد. در تحقیقات مختلف نیز گزارشهایی مبنی بر افزایش معدنی شدن کربن آلی در نتیجه خشک و مرطوب کردن متناوب خاک ارائه شده است (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 می تواند 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).

جدول ۱: برخی ویژگی های اندازه گیری شده در دو خاک مورد آزمایش

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

بوتری و همکاران (۷) در مطالعه ای که بر روی خاک های واقع در استرالیا ی جنوبی داشتند گزارش کردند که خشک کردن خاک سبب کاهش زیست توده میکروبی می شود و مرطوب شدن مجدد خاک نمی تواند سبب افزایش سریع آن شود و این امر کاهش میزان تولید DOC را طی چرخه های خشک و مرطوب شدن به دنبال دارد. تحقیقات توشیوکی و همکاران (۲۷) در دانشگاه توکیو نیز کاهش میزان DOC را طی چرخه های خشک و مرطوب شدن تایید کردند. البته نوع خاک تاثیر بسیار زیادی بر روی تغییرات DOC دارد. در این مورد می توان به آزمایشی که توسط فیئرر 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 CO<sub>2</sub> بعد از هر چرخه خشک و مرطوب شدن افزایش یافت. برخی بررسی های دیگر نیز نشان می دهد که چرخه های خشک و مرطوب شدن متناوب خاک، موجب افزایش معدنی شدن کربن می گردد (۱۹). زیانگ و همکاران (۳۲) معتقدند که چرخه های متناوب خشک و مرطوب شدن موجب اعتدال فعالیت و جمعیت میکروبی سطح خاک شده و گاه ممکن است تاثیری را بر آن نداشته باشند.

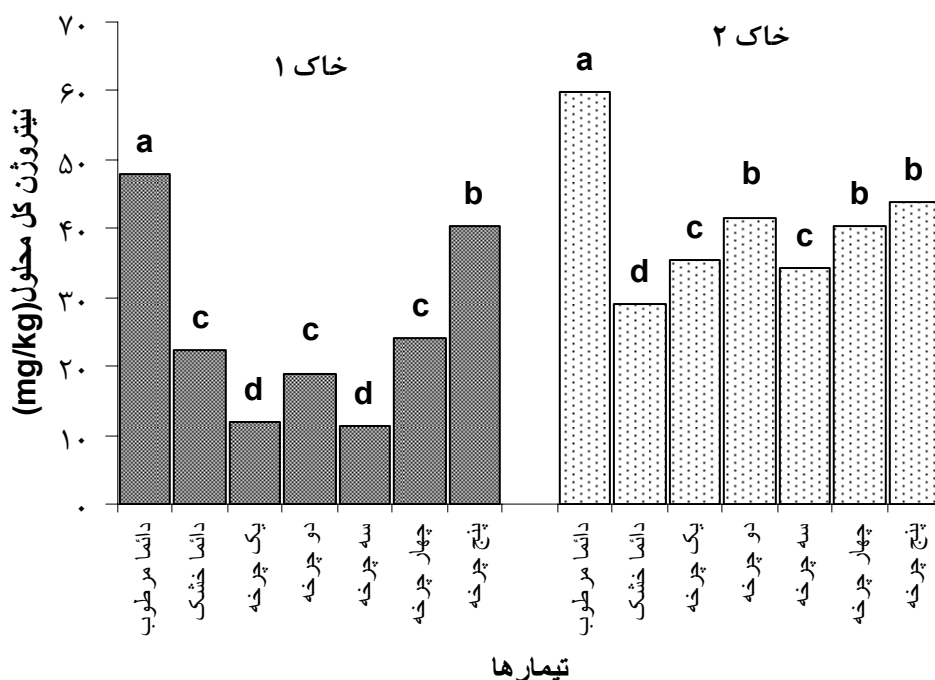


نمودار ۱: تاثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن بر میانگین کربن آلی محلول نمودارهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشند.

در هر دو خاک بین مقدار نیتروژن آلی محلول در تیمارهای دائما خشک و دائما مرطوب اختلاف معنی داری وجود نداشت. همچنین در هر دو خاک بعد از اعمال چرخه های خشک و مرطوب شدن مقدار DON در مقایسه با تیمار دائما خشک و دائما مرطوب در ابتدا روند کاهشی و در خاک ۱ از چرخه چهارم و در خاک ۲ از چرخه پنجم به بعد روند افزایشی داشت (نمودار ۲). بیشترین مقدار DON در هر دو خاک پس از اعمال چرخه های خشک و مرطوب شدن در تیمار با ۵ چرخه خشک و مرطوب شدن مشاهده شد. کمترین مقدار آن در خاک ۱، در تیمار با سه چرخه و در خاک ۲ در تیمار ۴ چرخه مشاهده گردید. هر چند اختلاف معنی داری به لحاظ آماری بین چرخه های سوم و چهارم وجود نداشت. در خاک ۲ در تمامی تیمارهای خشک و مرطوب شدن، مقدار DON همواره کمتر از تیمارهای دائما خشک و دائما مرطوب بود. در حالی که در خاک ۱ در تیمار ۵ 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 ۴ در خاک ۱ و تا چرخه ۵ در خاک ۲ نسبت به تیمارهای دائما خشک و مرطوب می تواند ناشی از افزایش معدنی شدن نیتروژن با افزایش تعداد چرخه های خشک و مرطوب شدن در این خاک ها باشد. نتایج مشابه در مطالعات مختلف نیز گزارش شده است (۳۰ و ۳۲). اگرچه به طور کلی اعمال دوره های خشکی موجب کاهش فعالیت ریز جانداران و از جمله نیتریفیکاتورها می گردد ولی برخی مطالعات (۱۲)

نشان می دهد که این ریز جانداران قادرند در طی دوره های 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 در طی دوره های خشک و مرطوب کردن می گردد. با این توضیح کاهش مقدار نیتروژن آلی محلول تا چرخه ۴ در هر دو خاک نسبت به تیمار دائما مرطوب از یک طرف و افزایش تناوبی نیترات و نیتريت (نمودار ۳) می تواند ناشی از افزایش معدنی شدن نیتروژن آلی محلول در نتیجه افزایش فعالیت نیتریفیکاتورها باشد. از طرف دیگر افزایش فعالیت نیتریفیکاتورها را می توان یکی از دلایل افزایش مصرف آمونیوم و در نتیجه کاهش غلظت آن بیان کرد (نمودار ۴).

از چرخه ۴ به بعد در خاک ۱ و در چرخه پنج در خاک ۲ DON افزایش پیدا کرد. فیبر و اسچیمیل (۱۲) گزارش کردند که سابقه خشک و مرطوب شدن خاک در بلند مدت می تواند میزان معدنی شدن نیتروژن را با تاخیر مواجهه 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 فرایندهای معدنی شدن، مطالعه دراز مدت بر روی فعالیت انواع ریز جانداران در خاکهای زیر تاثیر پدیده خشک و مرطوب شدن ضروری به نظر می رسد.

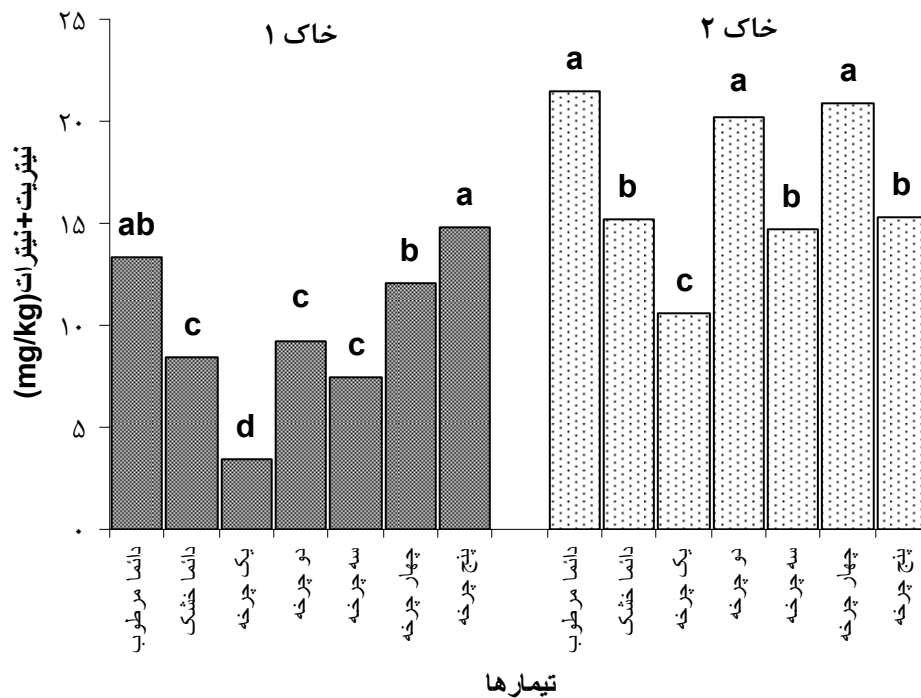


نمودار ۲: تاثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن بر میانگین نیتروژن آلی محلول نمودارهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشند.



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 تعدا چرخه ها مقدار نیترات و نیتريت افزایش پیدا کرد در حالی که در خاک ۲ مقدار نیترات و نیتريت در چرخه های مختلف کاهش و افزایش متوالی را نشان داد. بیشترین میزان نیتريت و نیترات در خاک ۱ در تیمار های دائما مرطوب و پنج چرخه خشک و مرطوب شدن و در خاک ۲ در تیمار های دائما مرطوب و دو و چهار چرخه خشک و مرطوب شدن مشاهده گردید (نمودار ۳). بین تیمار های 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 (نمودار ۲) و افزایش تناوبی مجموع نیترات و نیتريت می تواند نشان دهنده افزایش معدنی شدن نیتروژن آلی باشد. فیرر و اسپیمبل (۱۲) گزارش کردند که اگرچه افزایش جمعیت نیتريفیکاتورها می تواند 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 می تواند موجب افزایش مصرف نیترات تولید شده گردد بنابراین افزایش و کاهش متاوب در مقدار نیترات و نیتريت می تواند 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 بوسیله زیانگ و همکاران (۳۲) بر روی خاک های تحت پوشش علفزار های کالیفرنیا انجام گرفت، بیشترین مقدار نیتروژن معدنی در بالاترین تعداد چرخه های خشک و مرطوب شدن اندازه گیری شد و شکل عمده نیتروژن معدنی نیترات بود. این در حالی است که در مطالعاتی که توسط پالمن و تیمتا (۲۳) بر روی خاک جنگل های مخروطی شکل صورت گرفت بیان شد که میزان نیتريفیکاسیون پس از اعمال چرخه های خشک و مرطوب شدن در این خاک ها افزایشی را نشان نداد و کمترین میزان نیترات در این خاک ها در بیشترین تعداد چرخه های اعمالی مشاهده شد. بالدوین و میشل (۴) در بررسی تاثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن بر تغییرات نیتروژن آلی و معدنی در خاک دشت های سیلابی، نوسانات مشاهده شده در چرخه ها را ناشی از تفاوت بین شدت معدنی شدن و دنیتريفیکاسیون و برتری یکی بر دیگری در دوره های 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 می تواند ناشی از تاثیر خشک و مرطوب شدن بر از هم گسیختگی خاکدانه ها باشد. در این حالت سطوح جدیدی از مواد آلی در معرض تجزیه میکروبی قرار می گیرند. که در نهایت موجب افزایش شکل‌های فراهم عناصر در محلول خاک می گردد. از طرف دیگر مرگ سلول در اثر پدیده خشک شدن خود می تواند موجب رها شدن عناصر غذایی شیره سلولی به محلول خاک گردد (۲۹). در مطالعه گوردونا و همکاران (۱۴) نیز نشان داه شد که تاثیر تنش ناشی از خشک و مرطوب شدن خاک بر

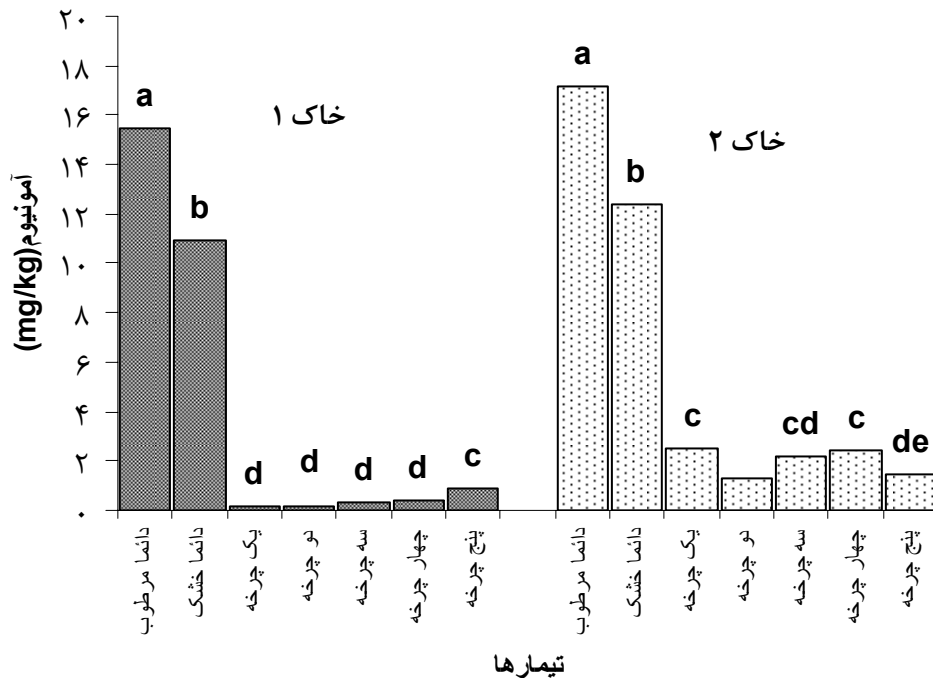
جمعیت میکروبی در نهایت منجر به افزایش کربن و نیتروژن آلی و نیتروژن معدنی محلول گردید. ونترینک و همکاران (۳۰) در مطالعه خود نشان دادند که خشک و مرطوب شدن خاک منجر به افزایش معدنی شدن نیتروژن گردید.



نمودار ۳: تاثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن بر میانگین نیتريت و نترات محلول نمودارهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشند.

مرطوب نگاه داشتن خاکها سبب افزایش معنی دار آمونیوم در مقایسه با تیمار های دائما خشک گردید به طوری که در هر دو خاک شماره ۱ و ۲ بیشترین مقدار آمونیوم در تیمار دائما مرطوب اندازه گیری شد (نمودار ۴). در هر دو خاک اعمال چرخه های خشک و مرطوب شدن موجب کاهش معنی دار آمونیوم نسبت به تیمارهای دائما خشک و دائما مرطوب گردید. مقدار آمونیوم در تیمارهای ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ چرخه در هر دو خاک تفاوت قابل ملاحظه ای نداشت. مطالعات ونترینک و همکاران (۳۰) که بر روی تعدادی از زمین های مرطوب صورت گرفت، کاهش قابل ملاحظه ای در مقدار آمونیوم پس از اعمال چرخه های خشک و مرطوب شدن در مقایسه با تیمار دائما 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 می گردد. علت افزایش تثبیت آمونیوم را در چرخه های خشک و مرطوب شدن می توان به غلیظ شدن محلول حاوی آمونیوم و بنابر این تمایل به تثبیت

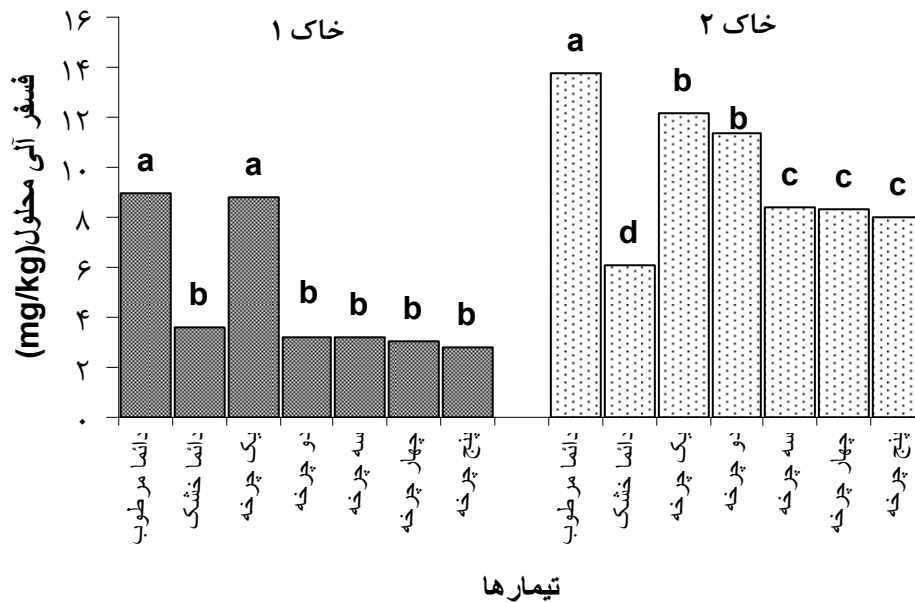
بیشتر نسبت داد (۱). همانطور که قبلا نیز توضیح داده شد افزایش فرآیند نیتریفیکاسیون در نتیجه خشک و مرطوب کردن خاک می تواند از جمله دلایل کاهش آمونیم نیز باشد.



نمودار ۴: تاثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن بر میانگین آمونیم محلول نمودارهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشند.

مرطوب نگاه داشتن خاک موجب افزایش معنی دار فسفر آلی محلول در تیمار دائما مرطوب نسبت به تیمار دائما خشک گردید (نمودار ۵). بیشترین مقدار فسفر آلی محلول در خاک ۱ در تیمار دائما 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 دائما مرطوب و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار دائما خشک بود. در این خاک با افزایش تعداد چرخه های 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 ۵ چرخه متناوب خشک و مرطوب شدن نشان دهنده افزایش معدنی شدن فسفر آلی در نتیجه خشک و مرطوب کردن خاک می باشد. با این حال چگونگی تاثیر خشک و مرطوب شدن خاک بر فراهمی فسفر آلی و معدنی محلول خاک کاملا مشخص نیست و در مطالعات مختلف نتایج متفاوتی مشاهده می شود. در مطالعه ای که توسط بالدوین و میشل (۴) انجام شد، نتایج حاصله نشان داد که چرخه های متناوب خشک و مرطوب شدن خاک فراهمی فسفر را کاهش داد. در مطالعه چک و نی و همکاران (۹) در مطالعه ای بر روی یک خاک اسیدی، تحت تاثیر چرخه های 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 چرخه های خشک و مرطوب شدن آزاد شدن فسفر را چندان تحت تاثیر قرار نمی دهند.

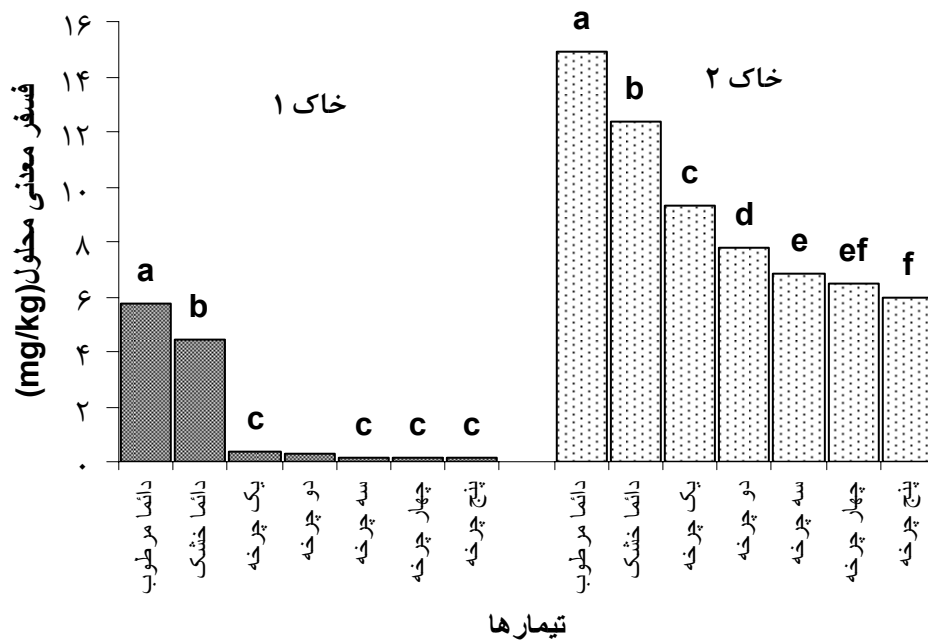


نمودار ۵: تاثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن بر میانگین فسفر آلی محلول نمودارهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشند.

در همه تیمارهای آزمایش مقادیر فسفر آلی و معدنی محلول در خاک ۲ نسبت به خاک ۱ به علت ماده آلی بیشتر بالاتر بود. در هر دو خاک افزایش معنی دار فسفر معدنی محلول در تیمار دائمی مرطوب نسبت به تیمار دائمی مشاهده گردید (نمودار ۶). افزایش فراهمی فسفر در اثر مرطوب کردن خاک در طی زمان بوسیله لیوسکی و لمپ (۱۷) نیز گزارش شده است. در هر دو خاک با اعمال تیمارهای خشک و مرطوب شدن مقدار فسفر معدنی محلول<sup>۷</sup> (DIP) نسبت به هر دو تیمار دائمی خشک و دائمی مرطوب کاهش یافت (نمودار ۶). به طوریکه در هر دو خاک بیشترین مقدار DIP در چرخه اول و کمترین مقدار آن در چرخه پنجم اندازه گیری شد. هرچند در خاک ۱ به لحاظ آماری اختلاف معنی داری بین چرخه های اول تا پنجم وجود نداشت. اگرچه برخی تحقیقات نشان می دهد که چرخه های متناوب خشک و مرطوب شدن معدنی شدن فسفر را تحریک می کنند (۹)، در این تحقیق فسفر معدنی محلول در هر دو خاک مورد مطالعه تحت تاثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن کاهش پیدا کرد. از آنجایی که فسفر جزء ترکیباتی است که به سرعت در خاک تثبیت می شود شاید بتوان علت کاهش DIN را تثبیت فسفر توسط ترکیبات خاک دانست. در مطالعه ای که توسط بیرچ (۵) صورت گرفت به تثبیت فسفر همزمان با معدنی

<sup>7</sup> Dissolved inorganic phosphorus

شدن آن اشاره شده است. از طرفی، ونترینک و همکاران (۳۹) معتقدند که خشک شدن خاک زمین های مرطوب، آزاد شدن فسفر را تحت تاثیر قرار نمی دهد اما مرطوب شدن آن میزان فسفر، خصوصا فسفر قابل دسترس را افزایش می دهد. از سوی دیگر در مطالعه بوترلی (۷) عنوان گردید که افزایش فسفر پس از مرطوب کردن مجدد خاک خشک گذرا بوده و بعد از آن غیرمتحرک شدن فسفر توسط ریز جانداران به سرعت اتفاق می افتد که ممکن است فراهمی آن را برای گیاهان کاهش دهد.



نمودار ۶: تاثیر چرخه های خشک و مرطوب شدن بر میانگین فسفر معدنی محلول نمودارهای دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد می باشند.

### 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 می تواند شیمی محلول خاک و فراهمی عناصر را در هر بار مرطوب کردن مجدد خاک تحت تاثیر قرار دهد. در هر دو خاک با افزایش تعداد چرخه های خشک و مرطوب شدن، مقدار کربن آلی و فسفر آلی و معدنی محلول نسبت به تیمار دائما مرطوب کاهش پیدا کرد. کاهش کربن و فسفر آلی محلول می تواند نشان دهنده افزایش معدنی شدن این اجزا در محلول خاک باشد. مقدار نیتروژن آلی محلول در ابتدا کاهش و سپس افزایش پیدا کرد به طوری که بیشترین مقدار نیتروژن آلی محلول در تیمار با ۵ 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 ۴ 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 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 میرسد 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.

## منابع

- [۱] سالاردینی، ع.ا.، ۱۳۸۵. حاصلخیزی خاک. چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران، ۴۳۴ صفحه.
- [۲] مصدقی، م.، ۱۳۸۷. تاثیر آهک و کودهای نیتروژن بر کربن و نیتروژن آلی محلول در دو خاک آلی 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, 18<sup>th</sup> World Congress of Soil Science.
- [8] Buttery, 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] Pulleman, 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 dissolved organic carbon, organic and inorganic phosphorus and nitrogen**

Soil drying and wetting (DRW) cycles are environmental stress that affected physical, chemical and biological properties of soil and nutrient cycles. The study of soil drying and wetting effects on plant nutrition and soil fertility is important. It is also worth to look at their environmental effects. In this study, the effects of 1, 2, 3, 4 and 5 drying and wetting 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 compare to control treatments (samples were kept in wet condition). Reduction in DOC and DOP can be due to the higher mineralization of organic carbon and phosphorus. Dissolved organic nitrogen decreased significantly after three and four drying and wetting cycles in soil 1 and soil 2 respectively and then the highest amount of dissolved organic nitrogen was measured in five drying and wetting cycles treatment.

**Key words:** Drying and wetting, Dissolved organic carbon, phosphorus and nitrogen.