نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۴۷-۳۹

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 39-47

تأثیر دما و دی اکسید کربن بر شکل‌های نیتروژن محلول در یک خاک آهکی

اکرم حلاج نیا[1*] - غلامحسین حق نیا[2] - امیر لکزیان[3] - عاطفه رمضانیان[4]

تاریخ دریافت: ۸۷/۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۱۷

چکیده

افزایش غلظت دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه ای در سال‌های اخیر و در نتیجه آن افزایش دمای کره زمین ممکن است بر چرخه های بیوشیمیای عناصر در خاک تأثیر گذار باشد. به منظور بررسی تأثیر دما و غلظت گاز دی اکسید کربن و اثر متقابل آنها بر شکل‌های نیتروژن محلول خاک آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل با دو سطح دمایی ۲۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد و دو سطح غلظت گاز دی اکسید کربن به مقدار ۳۵۰ و ۷۵۰ میلیگرم در لیتر بر روی یک خاک آهکی با یک درصد کود گاوی پوسیده به همراه ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره انجام شد. تغییرات غلظت شکل‌های نیتروژن محلول خاک شامل نیتروژن محلول کل، نیتروژن معدنی محلول ، نیتروژن آلی محلول، مجموع نیترات و نیتریت و آمونیوم در طی ۶۰ روز بررسی شد. نتایج نشان داد که تأثیر افزایش غلظت دی اکسید کربن در دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد بر غلظت شکل‌های مختلف نیتروژن محلول خاک متفاوت بود. در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد افزایش غلظت دی اکسید کربن موجب افزایش نیتروژن آلی محلول و کاهش نیتروژن معدنی محلول و مجموع نیتریت و نیترات گردید و بر مقدار نیتروژن محلول کل تأثیر معنی داری نداشت. در حالی که در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد افزایش غلظت دی اکسید کربن از ۳۵۰ به ۷۵۰ میلیگرم در لیتر غلظت نیتروژن محلول کل، نیتروژن معدنی محلول و مجموع نیتریت و نیترات را افزایش داد و بر مقدار نیتروژن آلی محلول تأثیر معنی داری نداشت. افزایش غلظت دی اکسید کربن در دماهای بالاتر موجب افزایش تجزیه فرم‌های آلی نیتروژن گردید. در بررسی روند تغییرات غلظت شکل‌های نیتروژن محلول در طی زمان نشان داده شد که تغییرات نیتروژن آلی محلول نسبت به سایر شکل‌ها در طی زمان زیادتر بود. افزایش غلظت دی اکسید کربن در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد موجب وقوع زود هنگام حداکثر و حداقل غلظت نیتروژن آلی محلول نسبت به سایر تیمارها در طی زمان گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش دما به همراه افزایش دی اکسید کربن موجب تحریک و افزایش سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی نیتروژن در خاک گردید.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن محلول کل، نیتروژن آلی کل، نیتریت و نیترات، دی اکسید کربن، دما

مقدمه

افزایش دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه ای در اتمسفر که در نتیجه استفاده از سوختهای فسیلی و تغییر کاربری اراضی اتفاق افتاده است، ممکن است باعث افزایش قابل توجه دمای کره زمین در دهه‌های آینده گردد (۶). این پدیده محیطی با افزایش درجه حرارت می‌تواند تجزیه ماده آلی خاک و معدنی شدن عناصر غذایی را در خاک تحت تأثیر قرار دهد. تغییر در میزان معدنی شدن نیتروژن به همراه افزایش دی اکسید کربن هوا بر رشد اولیه خالص گیاهان تأثیر می‌گذارد. از سوی دیگر، اگر سرعت معدنی شدن نیتروژن از سرعت آلی شدن (توقف) آن توسط میکروارگانیزم‌ها بیشتر گردد، نیتروژن ممکن است با آبشویی به آبهای زیرزمینی یا رودخانه ها وارد شود و باعث غنی سازی اکوسیستم‌های آبی به عناصر غذایی گردد. فیلیپس و همکاران (۱۲) نشان دادند که با افزایش دی اکسید کربن تجزیه مواد آلی افزایش یافت. در حالی که در بررسی سه ساله تأثیر افزایش دی اکسید کربن در یک خاک چمنزار آهکی گزارش شد که تغییرات کربن در زیست توده میکروبی، تجزیه کربن آلی و نیتروژن تحت تأثیر افزایش دی اکسید کربن قرار نگرفت. در آن گزارش آورده شده است که نیتروژن خاک در اثر افزایش دی اکسید کربن می‌تواند در بین اکوسیستم‌های مختلف و حتی داخل یک اکوسیستم، متغیر باشد (۸). اوچیل و همکاران (۱۱) گزارش کردند که پاسخ اکوسیستم‌های طبیعی به افزایش دی اکسید کربن ممکن است همیشه مثبت نباشد. بیلینگز و همکاران (۲) فرایندهای چرخه نیتروژن را در خاک‌های صحرایی

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

که در معرض دی اکسید کربن افزایش یافته قرار داده شده بود بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که در مناطق خشک تصعید آمونیاک جزء مهمی از گازهای نیتروژنی منتشره را تشکیل می‌دهد و دمای پایین خاک فعالیت‌های میکروبی را محدود می‌کند. تأثیر افزایش دی اکسید کربن بر فعالیت میکروبی خاک در تمام فصل‌ها یکسان نبود. بنابراین بنظر می‌رسد که دما می‌تواند بر چگونگی تأثیر دی اکسید کربن بر چرخه نیتروژن در خاک موثر باشد. از این رو هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر تغییرات شکل‌های نیتروژن محلول در یک خاک آهکی بود.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر شکل‌های مختلف نیتروژن محلول خاک در طول زمان آزمایشی با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی شامل دو سطح دمایی ۲۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد و دو غلظت دی اکسید کربن ۳۵۰ (غلظت محیط) و ۷۵۰ میلیگرم بر لیتر در ۵ زمان صفر، ۵، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روز در سه تکرار انجام شد. برخی از خصوصیات شیمیائی نمونه خاک مورد مطالعه که مطابق روش‌های معمول آزمایشگاهی اندازه گیری شد در جدول ۱ آورده شده است. برای اجرای آزمایش ۴ واحد آزمایشی مجزا به صورت جعبه هایی با حجم ۰/۳ متر مکعب با اسکلت آلومنیومی و پوشش نایلونی طراحی گردید. جهت اعمال دما، هیترها و سرد کننده‌ای مجهز به ترموستات و کلید قطع و وصل در جعبه ها تعبیه شد. جهت اعمال غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن از کپسول حاوی گاز دی اکسید کربن و سنسور حساس و کلید قطع و وصل استفاده شد. به منظور آماده سازی تیمارهای آزمایش نمونه های ۲۰۰ گرمی از خاک مورد آزمایش در ظروف پلی اتیلنی تهیه شدند. خاک مورد مطالعه ابتدا با یک درصد کود گاوی پوسیده و سپس با کود اوره به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار تیمار شدند. رطوبت کلیه نمونه ها در طول آزمایش در حد ظرفیت زراعی به روش توزین حفظ گردید. برای عصاره گیری از تیمارها، ۴۰ گرم از خاک کاملا همگن شده به ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر (نسبت ۱:۲/۵) افزوده گردید و سپس سوسپانسیون حاصل به مدت ۴ ساعت در شیکر دورانی با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه تکان داده شد. عصاره ها بعد از سانتریفوژ با دور ۵۰۰۰ دور در دقیقه از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شدند. مقدار نیتروژن کل محلول[1] (TDN) عصاره ها به روش کابررا و بیر (۳) و مقدار نیتروژن معدنی محلول[2] (DIN) و آمونیوم محلول به روش کینی و نلسون (۹) و با استفاده از دستگاه کجلدال تعیین گردید. برای تعیین مجموع شکل‌های نیترات و نیتریت، مقدار آمونیوم محلول از مقدار DIN کسر گردید و مجموع نیتریت و نیترات محاسبه شد. همچنین مقدار نیتروژن آلی محلول[3] (DON) از کسر DIN از TDN محاسبه گردید. نتایج حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC آنالیز و میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه گردیدند.

(جدول ۱)- برخی از خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه

پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	نیتروژن کل (ppm)	$CaCO_3$ (%)	pH	EC (dSm^{-1})
۱۵۶/۸	۵/۵	۴۷۰	۱۱/۱	۷/۶۲	۲/۱۴

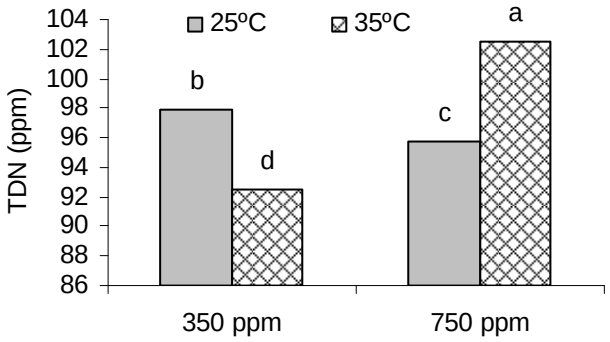
نتایج و بحث

نتایج حاصل از تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر مقدار نیتروژن محلول کل (TDN) (شکل ۱) نشان داد که در غلظت ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر دی اکسید کربن، افزایش درجه حرارت از ۲۵ به ۳۵ درجه سانتیگراد موجب کاهش TDN گردید در حالی که در غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن این تأثیر متفاوت بود و با افزایش درجه حرارت، TDN افزایش پیدا کرد. در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد افزایش غلظت دی اکسید کربن از ۳۵۰ به ۷۵۰ میلیگرم در لیتر تأثیر معنی داری بر غلظت TDN نداشت. در حالی که در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد افزایش غلظت دی اکسید کربن مقدار TDN را بطور معنی داری افزایش داد.

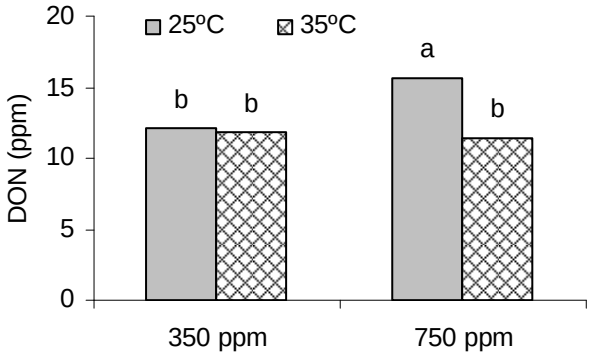
در بررسی تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر غلظت اجزای TDN یعنی نیتروژن آلی محلول (DON) و نیتروژن معدنی محلول (DIN) که نتایج آن در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است، نشان داده شد که در غلظت ۳۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن افزایش دما از ۲۵ به ۳۵ تأثیر معنی داری بر غلظت DON نداشت در حالی که در غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر تأثیر افزایش دما بر غلظت DON معنی دار بود و موجب کاهش DON گردید (شکل ۲). دردمای ۲۵ درجه سانتیگراد افزایش غلظت دی اکسید کربن موجب افزایش DON گردید در حالی که در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد تأثیر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر غلظت DON معنی دار نبود.

در غلظت ۳۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن افزایش دما از ۲۵ به ۳۵ درجه سانتیگراد موجب کاهش معنی دار DIN گردید در حالی که افزایش دما در غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن DIN را به طور معنی داری افزایش داد (شکل ۳). افزایش غلظت دی اکسید کربن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد موجب کاهش و در دمای ۳۵ درجه موجب افزایش DIN گردید. روند تأثیر دما و غلظت دی‌اکسید کربن بر نیتروژن معدنی محلول (DIN) مشابه تأثیر این عوامل بر TDN بود (شکل ۱).

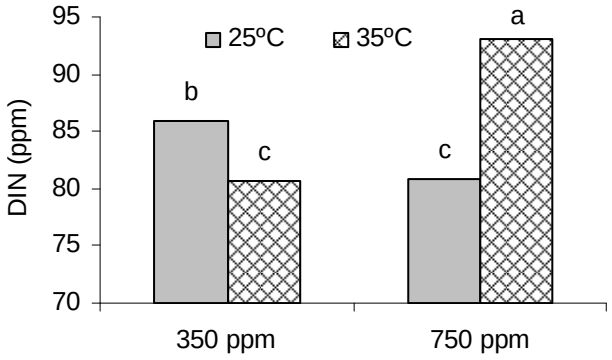
1- Total Dissolved Nitrogen
2- Dissolved inorganic Nitrogen
3- Dissolved Organic Nitrogen



(شکل ۱)- میانگین تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر مقدار کل نیتروژن محلول (TDN) در طول دوره آزمایش



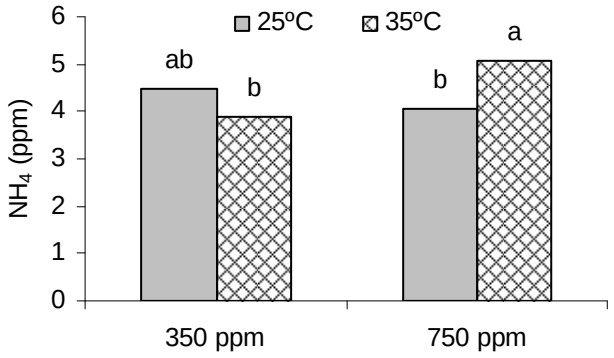
(شکل ۲)- میانگین تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر نیتروژن آلی محلول (DON) در طول دوره آزمایش



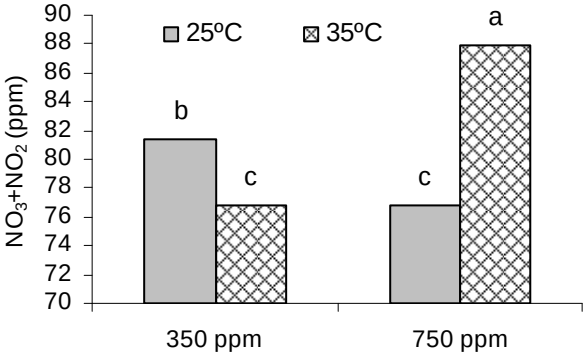
(شکل ۳)- میانگین تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر نیتروژن معدنی محلول (DIN) در طول دوره آزمایش

بنابراین می‌توان گفت که با توجه به سهم قابل توجه DIN از TDN عمدتا تغییرات TDN ناشی از تأثیر این عوامل بر DIN بوده است. بدین جهت تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر غلظت اجزای اصلی DIN یعنی مجموع نیترات و نیتریت (NO_3+NO_2) و آمونیوم (NH_4) نیز بررسی شد. نتایج این بررسی‌ها که در شکل‌های ۴ و ۵ آورده شده است نشان داد که میانگین سهم NH_4 از DIN فقط ۵/۱ درصد بود. علاوه بر این سطوح دما و دی اکسید کربن تأثیر چندانی بر NH_4 نداشتند (شکل ۴). بنابراین عمده تغییرات DIN و در نتیجه TDN خود ناشی از تأثیر دما و دی اکسید کربن بر غلظت NO_3+NO_2 بود. در مطالعه تأثیر افزایش غلظت دی اکسید کربن بر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، معدنی شدن و تجزیه کربن و نیتروژن در یک خاک شالیزاری تفاوت معنی داری بین مقادیر NH_4 در غلظت‌های مختلف دی اکسید کربن مشاهده نشد در حالی که مقدار معدنی شدن نیتروژن در اثر افزایش دی اکسید کربن افزایش پیدا کرد

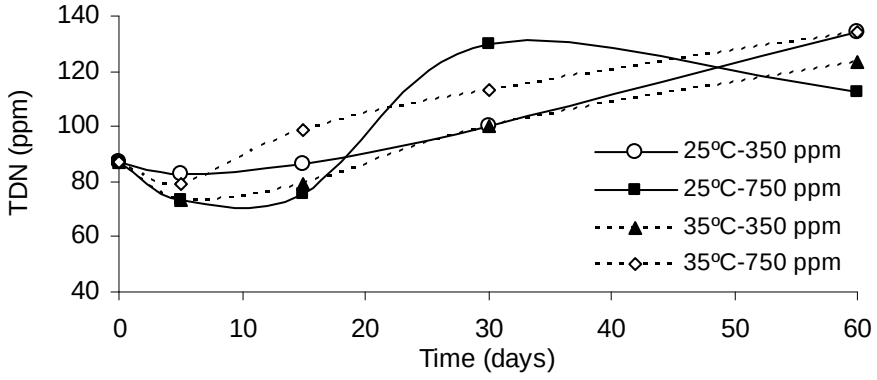
(۴).



(شکل ٤)- میانگین تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر غلظت آمونیوم (NH_4) در طول دوره آزمایش



(شکل ٥)- میانگین تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر غلظت مجموع نیترات و نیتریت (NO_3+NO_2) در طول دوره آزمایش



(شکل ٦)- تغییرات غلظت TDN بر حسب میلیگرم در لیتر در طی ٦٠ روز در تیمارهای مورد مطالعه

مطابق شکل ۵ افزایش درجه حرارت از ۲۵ به ۳۵ درجه سانتیگراد در غلظت ۳۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن موجب کاهش غلظت NO_3+NO_2 در محلول خاک گردید در حالی که در غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر افزایش درجه حرارت افزایش معنی داری را در غلظت NO_3+NO_2 ایجاد کرد. به همین ترتیب مشابه آنچه که در مورد TDN و DIN دیده شد افزایش غلظت دی اکسید کربن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد موجب کاهش و در دمای ۳۵ درجه موجب افزایش غلظت NO_3+NO_2 گردید. نکته قابل توجه این که مقدار نیتروژن آلی در پایان دوره آزمایش (۶۰ روز) تنها در تیمار ۳۵ درجه سانتی گراد و غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن کاهش

معنی داری نسبت به سایر تیمارها نشان داد (داده ها نشان داده نشده است) که می‌تواند نشان دهنده افزایش معدنی شدن نیتروژن آلی در این شرایط باشد. به طوری که در شکل ۵ نشان داده شده است این تیمار دارای بیشترین مقدار نیتروژن معدنی بود. در مطالعه لاگومارسینو و همکاران (۱۰) افزایش دی اکسید کربن بر نیترات سازی تأثیر منفی داشت و موجب کاهش نیترات در خاک گردید. آنها نتیجه گرفتند که آلی شدن میکروبی نیتروژن با افزایش غلظت دی اکسید کربن تحریک می‌گردد که این امر موجب کاهش فراهمی نیتروژن می‌گردد. آنها افزایش معنی دار در فعالیتهای آنزیمی خاک، در شرایط افزایش دی اکسید کربن را منعکس کننده افزایش فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها برای بدست آوردن عناصر غذایی دانستند. از سوی دیگر افزایش فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها خود می‌تواند موجب تجزیه بیشتر مواد آلی گردد. به طوری که در مطالعه فیلیپس و همکاران (۱۲) افزایش دی اکسید کربن منجر به افزایش فعالیت قارچها و باکتریها گردید که به دنبال آن تجزیه مواد آلی افزایش پیدا کرد. نتایج تحقیقات مختلف بر روی تأثیر دی اکسید کربن بر فراهمی عناصر غذایی بویژه نیتروژن در خاک متفاوت است و با وجود انجام تحقیقات زیاد هنوز تأثیر بلند مدت و کوتاه مدت افزایش دی اکسید کربن بر دینامیک نیتروژن در خاک مشخص نیست. برخی مطالعات نشان می‌دهند که افزایش غلظت دی اکسید کربن در نهایت موجب افزایش فراهمی نیتروژن می‌گردد (۷ و ۱۶). برخی دیگر از مطالعات حاکی از کاهش فراهمی نیتروژن با افزایش دی اکسید کربن می‌باشد (۱ و ۵). کاهش فراهمی می‌تواند در نتیجه آلی شدن نیتروژن در جهت کاهش نسبت کربن به نیتروژن در پاسخ به مقدار بالای کربن در محلول خاک باشد. از طرف دیگر در برخی مطالعات افزایش دی اکسید کربن تأثیری بر فراهمی نیتروژن در خاک نداشته است (۱۳). تفاوت در نتایج بدست آمده از تحقیقات مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت در شرایط اکوسیستم‌های مختلف طبیعی بویژه در مطالعات بلند مدت و یا در شرایط آزمایشگاهی باشد. شرایط آزمایش بویژه دما می‌تواند بر چگونگی تأثیر دی اکسید کربن بر فراهمی نیتروژن موثر باشد. همانطور که در این تحقیق نشان داده شد تأثیر دی اکسید کربن در دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد بر شکل‌های نیتروژن محلول متفاوت بود.

جهت بررسی چگونگی تأثیر دما و غلظت گاز دی اکسید کربن بر غلظت شکل‌های نیتروژن محلول خاک در طول ۶۰ روز خوابانیدن، غلظت اجزای نیتروژن محلول در زمانهای صفر، ۵، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روز اندازه گیری شد.

تغییرات غلظت TDN در طی ۶۰ روز در تیمارهای مورد آزمایش در شکل ۶ آورده شده است. روند کلی تغییرات TDN با زمان افزایشی بود. به طوری که حداکثر TDN در همه تیمارهای مورد آزمایش بجز تیمار ۲۵ درجه سانتیگراد و غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر دی اکسید کربن، در زمان ۶۰ روز مشاهده شد. در این تیمار حداکثر TDN در زمان ۳۰ روز بدست آمد. با توجه به افزودن یک درصد ماده آلی و مقداری معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره به خاک مورد آزمایش افزایش TDN به دنبال افزایش تجزیه میکروبی و معدنی شدن نیتروژن آلی دور از انتظار نبود. از آنجایی که تفاوت بین تیمارهای آزمایش در غلظت TDN در طی زمان ناشی از تغییرات اجزای آن در محلول می‌باشد به همین دلیل تغییرات اجزای TDN با زمان در این مطالعه بررسی شد.

همانطور که در شکل‌های ۷ و ۸ مشاهده می‌گردد بر خلاف تغییرات DIN که دارای یک روند افزایشی در کلیه تیمارها در طول زمان بود (شکل ۸) غلظت DON در دوره های زمانی مورد آزمایش تغییرات زیادی داشت (شکل ۷). مطابق شکل ۷ روند عمومی در تیمارهای مورد آزمایش در طی زمان به صورت کاهش، افزایش و سپس کاهش در غلظت DON بود. تغییر دما و غلظت دی اکسید کربن موجب اختلاف زمانی در این روند در تیمارهای مختلف گردید. با شروع آزمایش تا روز ۵، DON در همه تیمارها کاهش پیدا کرد. مرطوب کردن خاک خشک در شروع آزمایش می‌تواند یکی از دلایل بالاتر بودن مقدار DON نسبت به زمان ۵ روز باشد. در زمان ۵ روز حداکثر و حداقل DON در تیمارهای ۲۵ درجه سانتیگراد و به ترتیب در غلظتهای ۳۵۰ و ۷۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن مشاهده گردید. مقدار DON در تیمارهای ۳۵ درجه سانتیگراد بین این دو حد قرار داشت. در این زمان تأثیر غلظت دی اکسید کربن در تیمارهای ۳۵ درجه عکس آن چیزی بود که در دمای ۲۵ درجه مشاهده گردید. به طوری که در این دما غلظت DON در تیمار ۷۵۰ نسبت به تیمار ۳۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن بیشتر بود.

روند کاهشی DON در تیمار ۲۵ درجه سانتیگراد و غلظت ۳۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن تا روز ۱۵ ادامه داشت در حالی که در سایر تیمارها از زمان ۵ روز تا ۱۵ مقدار DON افزایش پیدا کرد. حداکثر DON که می‌تواند نشان دهنده حداکثر تجزیه فاز جامد مواد آلی خاک باشد در تیمار ۳۵ درجه و غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن در زمان ۱۵ روز مشاهده گردید. که می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که احتمالا افزایش غلظت دی اکسید کربن در دماهای بالاتر تجزیه مواد آلی خاک را در نتیجه افزایش فعالیت‌های میکروبی سرعت می‌بخشد. سیکل تغییرات DON در این تیمار نسبت به سایر تیمارها دارای تقدم بود. حداکثر غلظت DON در سایر تیمارها در زمان ۳۰ روز مشاهده گردید. در این زمان افزایش غلظت دی اکسید کربن از ۳۵۰ به ۷۵۰ میلیگرم در لیتر در تیمار ۲۵ درجه سانتیگراد موجب افزایش معنی دار غلظت DON گردید به طوری که بالاترین غلظت DON در زمان ۳۰ روز مربوط به این تیمار بود.

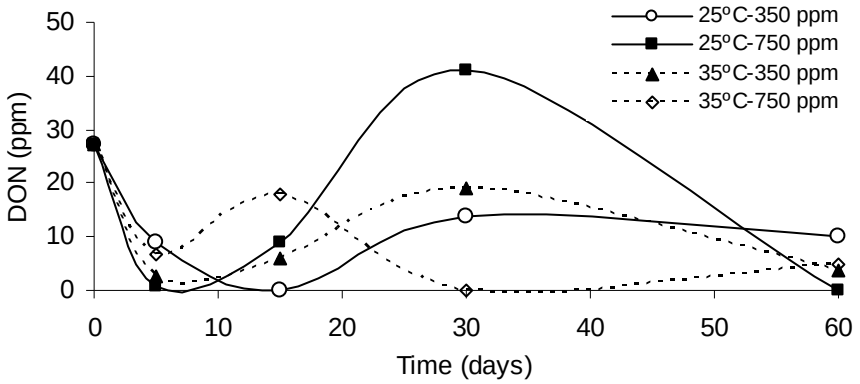
به طور کلی افزایش غلظت دی اکسید کربن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد تغییرات زیادتری را در غلظت DON نسبت به سایر تیمارها

موجب شد. به طوری که تغییرات متفاوت TDN در این تیمار ناشی از تغییرات این شکل نیتروژن بود. تأثیر در روند تغییرات DON در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد نیز در غلظت بالاتر دی اکسید کربن قابل ملاحظه بود. وقوع حداکثر و حداقل DON در این تیمار قبل از سایر تیمارها به ترتیب در زمانهای ۱۵ و ۳۰ روز نشان دهنده تأثیر متفاوت افزایش غلظت دی اکسید کربن در دماهای بالاتر است.

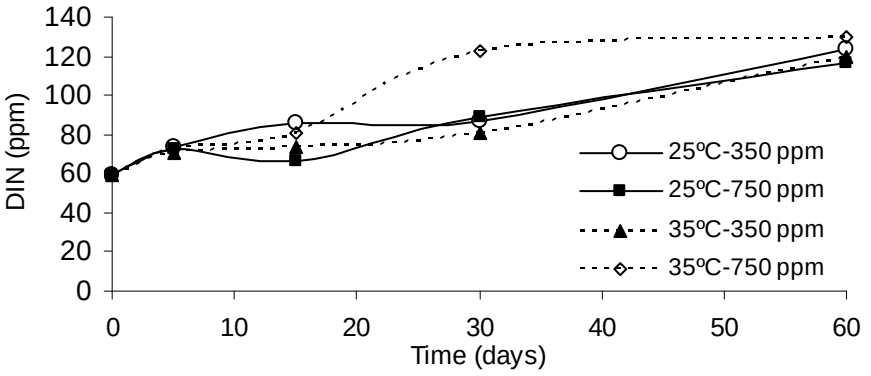
در زمان ۶۰ روز حداکثر و حداقل DON در تیمارهای ۲۵ درجه سانتیگراد و به ترتیب غلظت‌های ۳۵۰ و ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر دی اکسید کربن مشاهده شد. تیمارهای ۳۵ درجه سانتیگراد در غلظت‌های مختلف دی‌اکسید کربن اختلاف معنی داری با هم نداشتند.

همانطور که قبلا نیز اشاره شد روند تغییرات DIN در تیمارهای مختلف در طول زمان افزایشی بود. از آنجایی که سهم NH_4 از DIN نسبت به NO_3+NO_2 ناچیز بود انتظار می‌رفت که تغییرات DIN در طول زمان مشابه تغییرات NO_3+NO_2 باشد که این مطلب به خوبی در مقایسه دو شکل ۸ و ۹ مشاهده می‌گردد.

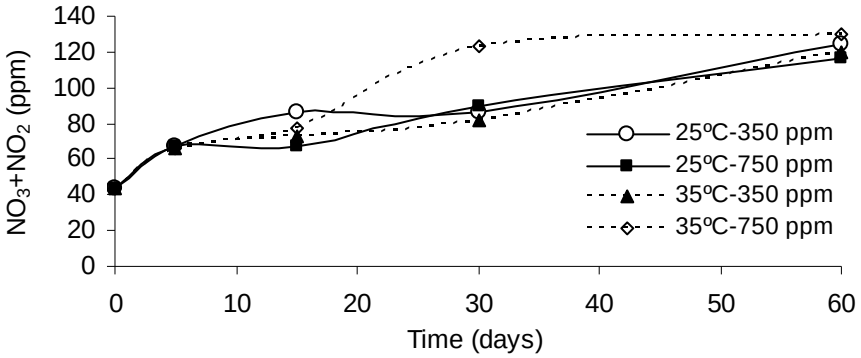
با توجه به شکل ۹ اختلاف معنی داری بین تیمارهای مورد آزمایش از نظر غلظت NO_3+NO_2 در روزهای صفر و ۵ وجود نداشت. در زمان ۱۵ روز حداکثر مقدار NO_3+NO_2 در تیمار ۲۵ درجه سانتیگراد و غلظت ۳۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن مشاهده گردید. با توجه به شکل ۷ در زمان ۱۵ روز مقدار DON در این تیمار حداقل بود. در زمان ۳۰ روز حداکثر مقدار NO_3+NO_2 در تیمار ۳۵ درجه سانتیگراد و غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن اندازه گیری شد که در همین زمان غلظت DON در این تیمار حداقل مقدار را داشت. به عبارت دیگر حداقل مقدار DON که می‌تواند ناشی از حداکثر مقدار معدنی شدن نیتروژن باشد منجر به حداکثر مقدار NO_3+NO_2 در این تیمارها گردیده است. در مطالعه تأثیر درجه حرارت و دی اکسید کربن بر دینامیک نیتروژن در یک اکوسیستم علفزار نشان داده شد که در حالت افزایش دی اکسید کربن همه متغیرهای میکروبی فعالیت بالاتری را در دمای بالاتر نشان دادند (۱۵). در مطالعه روز و همکاران (۱۴) نیز در تیمارهای با درجه حرارت بالاتر و تحت تأثیر دی اکسید کربن نسبت کربن به ازت در زیست توده میکروبی و پتانسیل تجزیه بقایای گیاهی افزایش یافت.



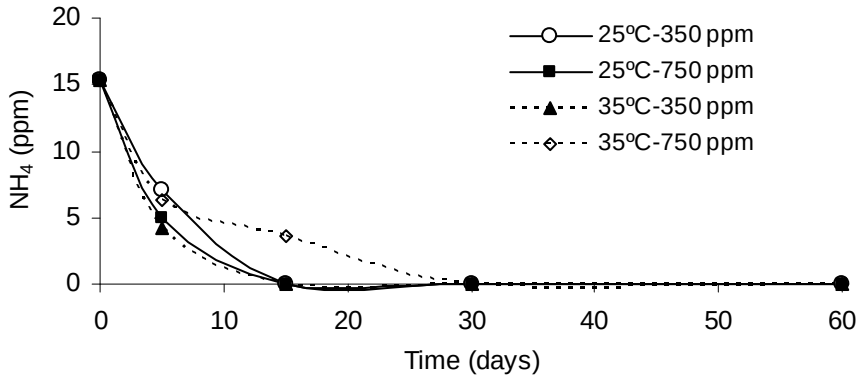
(شکل ۷)- تغییرات غلظت DON بر حسب میلی‌گرم در لیتر در طی ۶۰ روز در تیمارهای مورد مطالعه



(شکل ۸)- تغییرات غلظت DIN بر حسب میلی‌گرم در لیتر در طی ۶۰ روز در تیمارهای مورد مطالعه



(شکل ۹)- تغییرات غلظت NO_3+NO_2 بر حسب میلی‌گرم در لیتر در طی ۶۰ روز در تیمارهای مورد مطالعه



(شکل ۱۰)- تغییرات غلظت NH_4 بر حسب میلی‌گرم در لیتر در طی ۶۰ روز در تیمارهای مورد مطالعه

تغییرات NH_4 در طول زمان در شکل ۱۰ نشان داده شده است. در شروع آزمایش در زمان صفر در همه تیمارها حداکثر مقدار NH_4 در محلول خاک اندازه گیری شد با توجه به اضافه کردن کود اوره به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به خاک مورد مطالعه این نتیجه دور از انتظار نبود. به علت جذب سطحی NH_4 بر روی سطوح تبادلی خاک از یک طرف و ورود آن به واکنشهای نیتریفیکاسیون از طرف دیگر، با گذشت زمان مقدار NH_4 در محلول خاک کاهش پیدا کرد به طوری که در همه تیمارها در زمان‌های ۳۰ و ۶۰ روز NH_4 در محلول قابل اندازه گیری نبود. در زمان ۱۵ روز نیز فقط در تیمار ۳۵ درجه سانتیگراد و غلظت ۶۷۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن غلظت آن به مقدار ۳/۷ میلی‌گرم در لیتر اندازه گیری شد. در مطالعه چنج و همکاران (۴) نیز کاهش مقدار NH_4 با گذشت زمان در هر دو تیمار شاهد و تیمار تحت تأثیر دی اکسید کربن مشاهده شد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تأثیر افزایش دی اکسید کربن بر شکل‌های نیتروژن محلول خاک در دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتیگراد متفاوت بود. افزایش غلظت دی اکسید کربن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد تأثیر معنی داری بر غلظت TDN نداشت در حالی که در دمای ۳۵ درجه غلظت TDN افزایش پیدا کرد. در بررسی تأثیر دما و غلظت دی اکسید کربن بر اجزای TDN نشان داده شد که عمده تغییرات DIN ناشی از تغییرات غلظت NO_3+NO_2 بود و از این لحاظ NH_4 سهم ناچیزی از DIN را شامل می‌شد. با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن از ۳۵۰ به ۷۵۰ میلیگرم در لیتر غلظت NO_3+NO_2 در دمای ۲۵ درجه کاهش و در دمای ۳۵ درجه افزایش پیدا کرد. افزایش دما به همراه افزایش غلظت دی اکسید کربن موجب افزایش فرآیند تولید نیترات گردید به طوری که در غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن افزایش دما از ۲۵ به ۳۵ درجه افزایش غلظت NO_3+NO_2 را موجب شد. افزایش دما در غلظت ۳۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن تأثیری بر غلظت NO_3+NO_2 نداشت. در این تحقیق تأثیر افزایش دما و غلظت دی اکسید کربن بر تغییرات DON در کوتاه مدت بسیار قابل توجه بود. به طوری که طی ۶۰ روز خوابانیدن نمونه ها بررسی تغییرات DON نشان داه شد که با افزایش غلظت دی اکسید کربن در دمای ۳۵ درجه سانتیگراد سیکل تغییرات

DON با زمان سریعتر از سایر تیمارها اتفاق افتاد از آنجایی که DON ترکیب حدواسط در روند تجزیه ترکیبات آلی جامد به اشکال معدنی محلول محسوب می‌گردد می‌تواند نشان دهنده افزایش سرعت واکنش‌های بیوشیمیایی در این شرایط باشد. حداکثر غلظت DON در زمان ۳۰ روز در دمای ۲۵ درجه و غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن مشاهده شد. این در حالی بود که در این زمان در دمای ۳۵ درجه و غلظت ۷۵۰ میلیگرم در لیتر دی اکسید کربن حداقل مقدار DON اندازه گیری شد. در زمان ۶۰ روز اختلاف تیمارها در غلظت DON مشابه زمان ۵ روز بود این موضوع نشان داد که عمده تغییرات DON در فاصله زمانی ۵ تا ۶۰ روز اتفاق افتاده است. از این جهت باید بر این نکته تاکید کرد که علاوه بر مطالعه بلند مدت تأثیر افزایش غلظت دی اکسید کربن و دما بر چرخه عناصر در خاک، بررسی تغییرات کوتاه مدت نیز می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش غلظت دی اکسید کربن به همراه افزایش دما موجب تحریک و افزایش معدنی شدن نیتروژن گردید.

منابع

1- Bernston G.M., and Bazzaz F.A. 1996. Belowground positive and negative feedbacks on CO_2 and growth enhancement, Plant Soil, 187:119–134.

2- Billings S.A., Schaeffer S.M., and Evans R.D. 2002. Trace N gas losses and N mineralization in Mojave desert soils exposed to elevated CO_2, Soil Biol. Biochem, 34:1777-1784.

3- Cabrera M.L., and Beare M.H. 1993. Alkaline persulfate oxidation for determining total nitrogen in microbial biomass extracts, Soil Sci. Soc. Am. J, 57:1007-1012.

4- Cheng W., Inubushi K., Yagi Y., Sakai H., and Kobayashi K. 2001. Effects of elevated carbon dioxide concentration on biological nitrogen fixation, nitrogen mineralization and carbon decomposition in submerged rice soil, Biol. Fertil. Soils, 34:7–13.

5- Cotrufo M.F., Ineson P., and Rowland A.P. 1994. Decomposition of tree leaf litters grown under elevated CO_2: Effect of litter quality, Plant Soil, 163:121–130.

6- Houghton J.T., Meira Filho L.G., Bruce J., Hoesung L., Callander B.A., Haits E., Harris N., and Maskell K. 1995. Climate change. Cambridge University Press, Cambridge,UK.

7- Hungate B.A., Holland E.A., Jackson R.B., Chapin F.S., Field C.B. and Mooney H.A. 1997. The fate of carbon in grasslands under carbon dioxide enrichment, Nature, 388:576–579.

8- Hungate B.A., Canadell J., and Chapin F.S. 1996. Plant species mediate change in soil microbial N in response to elavated CO_2, Ecology, 77:2505-2515.

9- Keeney D.R., and Nelson D.W. 1982. Steam distillation methods for exchangeable Ammonium, Nitrate, and Nitrite. In: Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed Agronomy 9(1). ASA. SSSA. Madison publisher, Wisconsin, USA:649-654.

10- Lagomarsino A., Moscatelli M.C., Hoosbeek M.R., Angelis P., and Grego S. 2008. Assessment of soil nitrogen and phosphorous availability under elevated CO_2 and N-fertilization in a short rotation poplar plantation, Plant Soil, 308:131-147.

11- Oechel W.C., Cowles S., Grulke N., Hastings S.J., Lawrence B., Prudhomme T., Riechers G., Strain B., Tissue D., and Vourlitis G. 1994. Transient Nature of CO_2 fertilization in Arctic tundra, Nature, 371:500-503.

12- Phillips R.L., Zak D.R., Holmes W.E., and White D.C. 2002. Microbial community composition and function beneath temperate trees exposed to elevated atmospheric carbon dioxide and ozone, Oecologia, 131:236–244.

13- Randlett D.L., Zak D.R., Pregitzer K.S., and Curtis P.S. 1996. Elevated atmospheric carbon dioxide and leaf litter chemistry: Influences on microbial respiration and net nitrogen mineralization, Soil Sci. Soc. Am. J, 60:1571–1577.

14- Ross D.J., Tate K.R., and Newton P.C.D. 1995. Elevated CO_2 and temperature effects on soil carbon and nitrogen cycling in ryegrass/white clover turves of an Endoaquept soil, Plant Soil, 176:37-49.

15- Tscherko D., Kandelera E., and Jones T.H. 2001. Effect of temperature on below-ground N-dynamics in a weedy model ecosystem at ambient and elevated atmospheric CO2 levels, Soil Bio. Biochem, 33:491-501.

16- Zak D.R., Pregitzer K.S., Curtis P.S., Teeri J.A., Fogel R., and Randlett D.L. 1993. Elevated atmospheric CO_2 and feedback between carbon and nitrogen cycles, Plant Soil, 151:105–117.

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 39-47

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۴۷-۳۹

The effect of temperature and carbon dioxide on dissolved nitrogen forms in a calcareous soil

A. Halajnia[1*] - G.H. Haghnia[2] - A. Lakzian[3] - A. Ramezanian[4]

Abstract

Elevated atmospheric carbon dioxide and other green house gases have increased the Earth temperature in recent century, which it affects all biochemistry cycles in soils. To examine the effect of atmospheric CO_2 concentration and temperature on N forms in soil solution in a calcareous soil, an experiment was conducted in a completely randomized design with factorial arrangement in the laboratory conditions. Initially, soil was treated with one percentage of cattle manure compost and 200 kg ha^{-1} of urea, then changes in forms of soil nitrogen (total dissolved nitrogen, dissolved inorganic nitrogen, dissolved organic nitrogen, sum of nitrate and nitrite and ammonium) were evaluated in two levels of temperature (25 and 35 ^oC) and two different carbon dioxide concentrations (350 and 700 ppm) during 60 days of incubation with three replications. The results showed that the effect of carbon dioxide on nitrogen forms was different at 25 and 35 ^oC. Carbon dioxide increased dissolved organic nitrogen but dissolved inorganic nitrogen and nitrate and nitrite decreased at 25^oC treatment. While total dissolved nitrogen, dissolved inorganic nitrogen and NO_2 + NO_3 increased at 750 ppm of carbon dioxide treatment, it had no effect on dissolved organic nitrogen. Changes in dissolved organic nitrogen were higher than other forms of nitrogen during the experiment. The maximum and minimum dissolved organic nitrogen were occurred faster than other nitrogen forms at 35 ^oC treatment. The results of this experiment showed that elevated carbon dioxide with increasing temperature increased the rate of nitrogen biochemical reactions in soil.

Key words: Total dissolved nitrogen, Dissolved organic nitrogen, Nitrate and nitrite, Carbon dioxide, Temperature

1, 2, 3, 4 –MSc, Professor, Associate Prof and MSc Student, Respectively, Soil Science Dep. Agricaltural College, Ferdowsi University of Mashhad
(* - Corresponding author Email: halajnia@yahoo.com)