نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد نهم، شماره سوم، ۱۳۹۸
۱۵۳-۱۶۹
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2020.16174.1865

نقش کربن آلی در معدنی‌شدن نیتروژن، کربن و غلظت برخی عناصر غذایی در یک خاک شور

*صلاح‌الدین مرادی[۱]، میرحسن رسولی صدقیانی[۲]، ابراهیم سپهر[۳]، حبیب خداوردی‌لو[۳] و محسن برین[۴]
[۱]دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه و مربی گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، [۲]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه،
[۳]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه، [۴]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۳

چکیده

سابقه و هدف: خاک‌های تحت‌تأثیر نمک، توزیع گسترده‌ای در نواحی خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران دارند. در خاک‌های تحت‌تأثیر نمک، تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و نیز پائین بودن مقدار مواد آلی در نتیجه رشد ضعیف گیاه، سبب کمبود عناصر غذایی مانند نیتروژن و سمیت یونی (سدیم و کلر) می‌شود. ناچیز بودن پوشش گیاهی در نواحی خشک و شور سبب می‌شود که بقایای گیاهی کم‌تری وارد خاک شده و با کاهش مقدار مواد آلی خاک، کمبود نیتروژن و دیگر عناصر غذایی رخ دهد. یکی از راه‌های تأمین و افزایش کارائی عناصر برای گیاه در شرایط شور، استفاده از ترکیبات با منشأ آلی است. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر سطوح کربن آلی و شوری بر معدنی‌شدن نیتروژن، کربن و غلظت عناصر غذایی در خاک بود.

مواد و روش‌ها: آزمایشی برای بررسی اثر سطوح کربن آلی از منبع کود گاوی بر معدنی‌شدن کربن و نیتروژن و غلظت عناصر غذایی در شرایط شوری خاک در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) به‌صورت فاکتوریل با سه تکرار انجام گرفت. فاکتور کود دامی جهت ایجاد سطوح کربن آلی شامل (سطح بدون کربن آلی، سطح ۱/۵ و سطح ۳ درصد کربن آلی) و فاکتور شوری شامل (شوری ۱/۵، ٤/۵ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) بود. جهت ایجاد سطوح شوری ترکیبی از نمک‌های $MgSO_4.7H_2O$، $NaCl$، Na_2SO_4 و $CaCl_2$ به‌ترتیب به نسبت‌های ٤۱/۸۲، ۰/۹۱، ۲۰/۳٦، ۳٦/۹۱ مورد استفاده قرار گرفت. مخلوط حاصل برای هر تیمار جداگانه به ظروف پلی‌اتیلنی انتقال یافته و در یک دوره ۷۰ روزه، تحت دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه انکوباسیون گردید. در زمان‌های ۰، ۲، ٤، ٦، ۸ و ۱۰ هفته پس از شروع انکوباسیون (به‌منظور پی بردن به‌میزان نیترات‌سازی با زمان) از هر کدام از تیمارهای آزمایشی نمونه‌برداری‌شده و مقدار آمونیوم و نیترات نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. برای بررسی معدنی‌شدن کربن، از شروع آزمایش هر هفته مقدار تنفس پایه برآورد گردید. در پایان آزمایش مقدار عناصر پر مصرف و کم‌مصرف اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر شوری بر غلظت پتاسیم، سدیم و کلر محلول، غلظت کلسیم، منیزیم و آهن (قابل‌جذب)، نیترات، آمونیوم و تنفس پایه ($P<۰/۰۰۱$) معنی‌دار بود. اثر کربن آلی بر غلظت کربن آلی و نیتروژن کل

* مسئول مکاتبه: 6341ms@gmail.com

خاک، غلظت پتاسیم، سدیم و کلر محلول، آهن قابل‌جذب، نیترات، آمونیوم و تنفس پایه (P<۰/۰۰۱) معنی‌دار بود. اعمال شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر تنفس پایه، تولید آمونیم و نیترات را به‌ترتیب ٤٧، ٢٧ و ٧٦ درصد کاهش داد. اما افزودن ۳ درصد کربن آلی به خاک پارامترهای فوق را به‌ترتیب ٢٤، ١٠ و ٣٧ درصد افزایش داد. اثرات متقابل کربن آلی و شوری بر غلظت سدیم و کلر محلول و آهن قابل‌جذب (P<۰/۰۵)، غلظت پتاسیم محلول و تنفس پایه (P<۰/۰۱) و غلظت نیترات و آمونیوم (P<۰/۰۰۱) معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری: شوری پیامدی منفی بر فرایند معدنی‌شدن کربن و نیتروژن داشت. کاربرد ترکیبات آلی توانست با ایجاد تعادل در وضعیت عناصر غذایی شرایط مناسب‌تری را برای فرایندهای معدنی‌شدن کربن و نیتروژن ایجاد کند. ترکیبات آلی ممکن است یک منبع آسان کربن داشته باشند که در صورت قرارگیری در خاک، سبب تحریک و افزایش فعالیت میکروبی شده و تا حدودی معدنی‌شدن کربن و نیتروژن را افزایش دهند.

واژه‌های کلیدی: شوری، عناصر غذایی، کربن، نیتروژن

مقدمه

شوری یک تنش غیرزیستی عمده می‌باشد که بر رشد و عملکرد گیاهان تأثیر می‌نهد. تنش شوری یکی از مشکلات اصلی کشاورزی و محیط‌زیست در سراسر جهان می‌باشد و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۵۰ درصد زمین‌های قابل‌کشت با مشکل جدی شوری روبرو شوند (۲۲). توزیع و پراکندگی اراضی شور در سطح جهان یکنواخت نیست، به‌گونه‌ای که قاره استرالیا با حدود ۹٦۳ میلیون هکتار و قاره آسیا با حدود ۹۲۳ میلیون هکتار اراضی شور بیش‌ترین سطح اراضی شور را دارند (١٤).

شوری بر نیتراتسازی در خاک تأثیر می‌نهد، بنابراین پیامدهای زیان‌بار ناشی از تنش شوری بر رشد گیاه ممکن است مرتبط با جذب و متابولیسم نیتروژن باشد، زیرا نیتروژن یکی از عناصر غذایی حیاتی برای رشد و نمو گیاه می‌باشد (۲۲). اختر و همکاران (۲۰۱۲) در یک آزمایش انکوباسیون اثر سطوح مختلف شوری (شاهد، متوسط (۹ دسی‌زیمنس بر متر)، زیاد (۱۷ دسی‌زیمنس بر متر) و خیلی‌زیاد (۲۷ دسی‌زیمنس بر متر)) را بر فرآیند نیتراتسازی در خاک بررسی نمودند (۲). یافته‌های آن‌ها نشان داد که شوری متوسط تا زیاد، با جلوگیری از پیشرفت مرحله دوم نیتراتسازی (تبدیل نیتریت به نیترات) سبب تجمع نیتریت در خاک شد و شدت این جلوگیری با افزایش شوری افزایش یافت. هم‌چنین در شوری‌های خیلی زیاد حتی مرحله اول تبدیل آمونیوم به نیترات نیز بازداشته شد و سبب تجمع آمونیوم در خاک گردید (۲).

دینامیک و رفتار عناصر در خاک‌های شور و غیرشور یکسان نیست. در خاک‌های شور و آهکی معمولاً کمبود برخی از عناصر کم‌مصرف مانند روی و آهن رخ می‌دهد (۳۳). احمد و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که استفاده از ترکیبات آلی مختلف در خاک‌های شور منجر به افزایش فراهمی برخی عناصر کم‌مصرف مانند روی شده است (۱). در اثر معدنی‌شدن کود دامی، دسترسی به برخی از عناصر کم‌مصرف مانند آهن و روی افزایش می‌یابد. در این شرایط آهن و روی موجود در خاک با مولکول‌های آلی موجود در کود دامی، کمپلکس‌هایی تشکیل داده و از رسوب این عناصر جلوگیری می‌نماید و فراهمی

آن‌ها در خاک بیش‌تر می‌شود (۳۱). کودهای دامی و بهسازهای آلی مختلف از جمله بیوچار (۳۳) از یک طرف با افزایش دسترسی به عناصر غذایی در خاک و از طرف دیگر با بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک مانند گنجایش تبادل کاتیونی و جمعیت میکروبی و بهبود حاصلخیزی خاک به رشد گیاه کمک می‌کنند. گنجایش تبادل کاتیونی و سطح ویژه بالای این ترکیبات به جذب املاح و عناصر غذایی کمک کرده و در خاک‌های شور تا اندازه زیادی می‌تواند پیامدهای منفی شوری را بکاهد.

غلظت‌های بالای نمک در خاک‌های شور پیامدی منفی بر فعالیت میکروبی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گذاشته و سبب کاهش باروری خاک می‌گردد. کاهش رشد گیاهان در اثر سمیت یونی و پتانسیل اسمزی بالا در خاک‌های شور منجر به کاهش ورود بقایای گیاهی به خاک گشته و بهبودی در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک حاصل نمی‌شود. بنابراین در این خاک‌ها در درازمدت کاهش ذخیره کربن رخ می‌دهد. کاربرد ترکیبات آلی مانند کودهای دامی و کمپوست می‌تواند افزون بر افزایش محتوی کربن آلی خاک به افزایش غلظت عناصر غذایی و بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک‌ها بیانجامد (٤). اطلاع از روند معدنی‌شدن کربن آلی و مقدار نیتروژن و سایر عناصر فراهم‌شده در طول زمان به واسطه معدنی‌شدن مواد آلی در خاک‌های شور، در کارائی کودهای مصرفی و کاهش خطرات آلودگی منابع آبی و اتمسفر اهمیت زیادی دارد. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی نقش کود گاوی بر معدنی‌شدن کربن و نیتروژن و غلظت عناصر غذایی در شرایط شوری خاک انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی نیترات‌سازی، معدنی‌شدن کربن و تغییرات غلظت عناصر غذایی در خاک‌ها با قابلیت هدایت الکتریکی (EC) مختلف یک آزمایش انکوباسیون در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) به‌صورت فاکتوریل با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام گرفت. در این آزمایش فاکتور اول شامل سه سطح کربن آلی (سطح بدون اضافه کردن کربن آلی به خاک، سطح افزودن ۱/۵ درصد کربن آلی از منبع کود گاوی و سطح افزودن ۳ درصد کربن آلی از منبع کود گاوی به خاک) از منبع کود گاوی پوسیده شده و یکنواخت و فاکتور دوم شامل سه سطح شوری خاک (سطوح شوری کم، متوسط و زیاد: شوری ۱/۵، ٤/۵ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) بود. جهت ایجاد سطوح مختلف شوری، محلول‌هائی از ترکیب نمک‌های $MgSO_4.7H_2O$، NaCl، Na_2SO_4 و $CaCl_2$ به‌ترتیب به نسبت‌های ٤١/٨٢، ۰/۹۱، ۲۰/۳٦، ۳٦/۹۱ تهیه شد. دلیل استفاده از این نسبت‌ها مشابهت آن با ترکیب یونی غالب در خاک‌های منطقه ارومیه بود (٦). محلول‌های مختلفی با استفاده از ترکیب فوق با سطوح متفاوت هدایت الکتریکی به جرم‌های معینی از خاک موردنظر افزوده شد. سپس خاک اشباع گردید و پس از یک شب هدایت الکتریکی عصاره اشباع تعیین شد. رابطه رگرسیونی بین حجم محلول‌های افزوده با هدایت الکتریکی عصاره اشباع به‌دست آمده و با توجه به آن حجم مورد نیاز از محلول‌های تهیه شده برای رساندن هدایت الکتریکی عصاره اشباع به مقادیر موردنظر (۱/۵، ٤/۵ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) تعیین گشته و خاک با آن آبیاری شد (۲۵). برای انجام آزمایش خاک‌های موردنظر (دارای مقادیر کم نیتروژن و شوری پائین) به مقدار کافی از افق سطحی (صفر تا ۲۰ سانتی‌متری) جمع‌آوری‌شده و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مثل بافت به روش هیدرومتری (۱۵)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با هدایت‌سنج الکتریکی (۳۲)، فسفر قابل‌استفاده با

روش واتناب و اولسن (٤٨)، واکنش خاک (pH) در خمیر اشباع به‌وسیله الکترود شیشه‌ای (٤١)، غلظت عناصر کم‌مصرف کاتیونی مثل آهن، روی، مس و منگنز با عصاره‌گیر دی‌تی‌پی‌آ (١٩)، ماده آلی به روش اکسیداسیون با اسید کرومیک و سپس تیتره کردن با فروس آمونیوم سولفات (٢٧)، نیتروژن کل به روش کجلدال (١٠) و پتاسیم قابل‌جذب به روش فلیم فتومتری به کمک استات آمونیوم نرمال با واکنش برابر ٧، تعیین گردید (جدول ١).

جدول ١- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و کود گاوی مورد استفاده.

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the used soil and cow manure.

ویژگی Characteristic	مقدار Value	ویژگی Characteristic	مقدار Value
شن (٪) Sand (%)	55	پتاسیم قابل‌جذب Available K (mg kg^{-1})	367.85
سیلت (٪) Silt (%)	26	پتاسیم محلول Solution K (mg kg^{-1})	14.57
رس (٪) Clay (%)	19	Ca (meq lit^{-1})	13.22
بافت Texture	Sandy Loam	Mg (meq lit^{-1})	22.25
pH	7.15	Na (meq lit^{-1})	17.29
EC_e ($dS.m^{-1}$)	0.58	Cl (meq lit^{-1})	6.5
کربنات کلسیم معادل (٪) CCE (%)	15	Fe (DTPA, mg kg^{-1})	7.23
کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	0.48	Mn (DTPA, mg kg^{-1})	6.83
نیتروژن کل (٪) Total N (%)	0.035	Zn (DTPA, mg kg^{-1})	0.34
Available P (Olsen, $mg.kg^{-1}$)	8.6	Cu (DTPA, mg kg^{-1})	0.8
pH (کود گاوی) pH (Cow Manure)	7.4	کربن آلی (٪) (کود گاوی) Organic carbon (%)(Cow Manure)	64
EC (کود گاوی) EC ($dS.m^{-1}$) (Cow Manure)	6.3	نیتروژن کل (٪) (کود گاوی) Total N (%)(Cow Manure)	1.9

پس از توزین یک کیلوگرم نمونه‌های خاک مورد نیاز از خاک‌های هوا- خشک با ویژگی‌های مختلف، تیمارهای کربن آلی به‌صورت یکنواخت با آن‌ها مخلوط شدند. برخی ویژگی‌های کود گاوی مورد استفاده برای ایجاد سطوح کربن آلی (جدول ١) تعیین شد. با توجه به مقدار کربن آلی موجود در ترکیب کود گاوی و خاک اولیه و هم‌چنین براساس وزن خاک استفاده شده در گلدان‌ها، مقدار کود گاوی لازم برای افزایش سطح کربن آلی خاک از مقدار اولیه به سطوح موردنظر به‌صورت وزنی محاسبه و پس از افزودن به خاک، کاملاً یکنواخت گردید. مخلوط حاصل برای هر تیمار جداگانه به ظروف پلی‌اتیلنی انتقال یافته و در یک دوره ٧٠ روزه، تحت دمای ٢٥ درجه و رطوبت ٧٠ درصد ظرفیت مزرعه انکوباسیون

گردید. دهانه ظروف به‌وسیله ورقه‌های نایلونی دارای تعداد منافذ ریز مساوی، پوشانده شد تا از تبخیر شدید رطوبت از نمونه‌ها در طول مدت انکوباسیون جلوگیری شود.

در طول زمان انکوباسیون در زمان‌های ۰، ۲، ٤، ٦، ۸ و ۱۰ هفته پس از شروع انکوباسیون (به‌منظور پی‌بردن به نرخ نیترات‌سازی با زمان) از هر کدام از تیمارهای آزمایشی نمونه‌برداری شده و سپس با سولفات پتاسیم (با نسبت ۱ به ۵) عصاره‌گیری شد. پس از صاف کردن عصاره‌ها مقدار آمونیوم و نیترات نمونه‌ها به روش رنگ‌سنجی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (۳، ۱٦، ۳۲ و ۳۹). میزان نیترات‌سازی (Rn) به‌صورت زیر محاسبه شد (۱۱ و ۲۹):

$$Rn\ (mg\ N\ kg^{-1}\ soil\ day^{-1}) = (NO_3\text{-}N_{t2} - NO_3\text{-}N_{t1})/\ (D_{t2} - D_{t1}) \quad (1)$$

که در آن، $NO_3\text{-}N_{t2}$ مقدار نیترات در خاک در زمان ۲، $NO_3\text{-}N_{t1}$ مقدار نیترات در خاک در زمان ۱، D_{t2} تعداد روزها از شروع آزمایش تا زمان t_2، D_{t1} تعداد روزها از شروع آزمایش تا زمان t_1 می‌باشد.

جهت اندازه‌گیری میزان معدنی‌شدن کربن از شروع آزمایش هر پنج روز مقدار تنفس خاک به روش اندرسون (۱۹۸۲) تعیین شد (۵). برای انجام این کار ۱۰ میلی‌لیتر سود یک نرمال در وایل پلاستیکی ۲۰ میلی‌لیتری ریخته و روی سطح خاک درون ظرف قرار داده شد. مقدار معدنی‌شدن کربن آلی با اندازه‌گیری مقدار سود باقی‌مانده از طریق مقدار تیتراسیون برگشتی با اسید کلریدریک ۰/۲۵ نرمال اندازه‌گیری شد. پیش از تیتراسیون، ۵ میلی‌لیتر کلرید باریم ۱۵ درصد افزوده شد تا کربنات به‌صورت کربنات باریم رسوب کند و سود باقی‌مانده با اسید ۰/۲۵ نرمال تیتر شد. ظرف‌های بدون خاک حاوی سود به‌عنوان شاهد لحاظ شدند. در نهایت مقدار دی‌اکسیدکربن متصاعد شده ناشی از تنفس میکروبی به‌عنوان کربن معدنی‌شده به‌صورت زیر محاسبه گردید.

$$mg\ CO_2 - C = (B - S) \times N \times E \quad (2)$$

که در آن، B حجم اسید مصرفی برای شاهد، S حجم اسید مصرفی برای نمونه، N نرمالیته اسید مصرفی و E وزن اکی‌والان (۲۲ در مورد CO_2 و ٦ در مورد C) است.

در پایان آزمایش، نیتروژن با استفاده از دستگاه کجلدال، پتاسیم قابل‌جذب گیاه به کمک استات آمونیوم نرمال واکنش برابر با ۷ و قرائت توسط دستگاه فلیم‌فتومتری، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن و واتناب، کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره و مقادیر آهن، مس، منگنز و روی قابل‌جذب گیاه از طریق عصاره‌گیری با دی‌تی‌پی‌آ و قرائت با دستگاه جذب اتمی‌اندازه‌گیری شد. داده‌های جمع‌آوری‌شده با توجه به طرح آماری مورد استفاده توسط نرم‌افزار SAS (Statistical Analysis System, version 9.1 SAS Institute, Cary, NC, USA) تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری بر غلظت پتاسیم محلول، غلظت کلسیم، منیزیم و آهن (قابل‌جذب)، سدیم، کلر، نیترات، آمونیوم و

تنفس پایه (P<۰/۰۰۱) معنی‌دار بود. اثر کربن آلی بر غلظت کربن آلی و نیتروژن کل خاک، غلظت پتاسیم محلول، غلظت سدیم و کلر، آهن، نیترات، آمونیوم و تنفس پایه (P<۰/۰۰۱) معنی‌دار بود. اثر متقابل سطوح کربن آلی و شوری بر غلظت پتاسیم محلول خاک (در سطح احتمال یک درصد) و غلظت آهن قابل‌جذب، سدیم و کلر (در سطح احتمال پنج درصد) نیترات، آمونیوم و تنفس پایه (در سطح احتمال یک درصد) معنی‌دار بود.

اثر سطوح شوری: افزایش شوری خاک منجر به افزایش غلظت عناصر کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر در عصاره اشباع شد (جدول ۲). منابعی نمکی که برای ایجاد شوری‌های موردنظر در خاک استفاده شده بودند دارای ترکیبات، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر بودند و همین امر می‌تواند دلیلی برای افزایش غلظت این عناصر در اثر افزایش شوری خاک باشد. ماتیجویک و همکاران (۲۰۱۲) در یک آزمایش گلخانه‌ای به بررسی تأثیر شوری بر غلظت عناصر در خاک تحت کشت باقلا پرداختند. سطوح شوری صفر، ۳۵، ۵۰ و ٦٥ میلی‌مولار کلرید سدیم جهت اعمال تنش شوری مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش شوری سبب افزایش غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در عصاره اشباع خاک شد (۲۱).

شوری سبب کاهش غلظت آهن قابل‌جذب در خاک شد (جدول ۲). فعل و انفعالات و اکسیداسیون و احیای آهن تحت‌تأثیر فعالیت میکروبی بوده و فعالیت میکروبی هم در اثر افزایش شوری خاک کاهش می‌یابد. از طرفی با افزایش شوری تجزیه مواد آلی خاک هم کاهش یافته و این عوامل می‌تواند دلیلی برای کاهش محتوی آهن قابل استخراج خاک در اثر افزایش شوری باشد (۳٤). شوری خاک و تجمع آنیون‌ها و کاتیون‌ها در محلول خاک می‌تواند بر تعادل یون‌ها اثر منفی داشته باشد. گزارش شده است که افزایش شوری خاک به‌ویژه شوری ایجاد شده توسط کلرید سدیم سبب کاهش غلظت آهن خاک در شرایط انکوباسیون می‌گردد (۳٤).

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) بر غلظت پتاسیم، سدیم و کلر محلول و کلسیم، منیزیم و آهن قابل‌جذب.

Table 2. Effect of salinity levels (dS m^{-1}) on K, Na, Cl (solution) and Ca, Mg, Fe (available).

سطوح شوری Salinity levels	K ($mg\ kg^{-1}$)	Ca ($meq\ lit^{-1}$)	Mg ($meq\ lit^{-1}$)	Na ($meq\ lit^{-1}$)	Cl ($meq\ lit^{-1}$)	Fe ($mg\ kg^{-1}$)
1.5	29.91^{b}	17.7^{c}	22^{c}	70^{c}	23.1^{c}	12.08^{a}
4.5	31.54^{b}	30.3^{b}	43.9^{b}	100.8^{b}	32.7^{b}	9.01^{b}
9	38.23^{a}	50^{a}	83.85^{a}	131.5^{a}	39.6^{a}	4.32^{c}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) نمی‌باشند.

* Values within a column followed by the same letter are not significantly different at Duncan test P≤0.05.

غلظت نمک و شوری خاک تأثیر منفی بر تنفس پایه داشت (جدول ۳). در زمان‌های مختلف با افزایش سطح شوری خاک، تنفس پایه کاهش یافت. همچنین در تمام سطوح شوری خاک با گذشت زمان میزان تنفس پایه کاهش یافت. در شرایط شوری گونه‌های حساس خاک آسیب‌دیده و میزان تنفس میکروبی کاهش می‌یابد. در مقیاس سلولی، استرس اسمزی ناشی از تنش شوری با تخریب یکپارچگی غشاء سلولی و ایجاد اختلال در فرایندهای متابولیک، منجر به کاهش تنفس میکروبی می‌شود (۱۲). ستیا و همکاران (۲۰۱۰) کاهش تنفس پایه را در سطوح بالای شوری خاک در شرایط انکوباسیون مشاهده کردند (۳٦).

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) بر تنفس پایه (mg CO_2-C/Kg Soil).

Table 3. Effect of salinity levels (dS m^{-1}) on basal respiration (mg CO_2-C/kg Soil).

سطوح شوری Salinity levels	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days
1.5	66.76[a]	59.11[a]	59.94[a]	51.73[a]	42.97[a]	31.53[a]	31.2[a*]
4.5	52.72[b]	47.1[b]	44.06[b]	37.33[b]	32.63[b]	23.05[b]	22.02[b]
9	38.45[c]	35.48[c]	28.84[c]	28.17[c]	24.63[c]	13.54[c]	14.55[c]

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) نمی‌باشند.

* Values within a column followed by the same letter are not significantly different at Duncan test P≤0.05.

غلظت آمونیوم و نیترات در خاک با افزایش سطوح شوری کاهش یافت (جدول ٤). بیشترین مقادیر آمونیوم و نیترات در سطح شوری ۱/۵ و کمترین مقادیر در سطح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. اثر منفی شوری بر غلظت نیترات در یک ماه اول انکوباسیون خیلی شدید نبود اما پس از آن با گذشت زمان غلظت نیترات در خاک شدیداً کاهش یافت. چنین کاهش شدیدی در خصوص غلظت آمونیوم در خاک مشاهده نشد که این امر حاکی از آن است که اثر منفی شوری بر فعالیت و تعداد میکروارگانیسم‌های مرحله دوم فرایند معدنی شدن مانند نیتروباکتر بیشتر از موجودات مؤثر در تولید آمونیوم است. والپولا و آراناکومارا (۲۰۱۰) بیان کردند که افزایش شوری خاک بر فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک اثر منفی گذاشته و در این شرایط فعالیت قارچ‌ها و باکتری‌ها و معدنی شدن نیتروژن و کربن کاهش یافت (٤٧). گزارش شده است که فرایند معدنی شدن نیتروژن (١٦) و نیترات‌سازی (۲) در خاک‌های شور کندتر از خاک‌های غیرشور است.

جدول ٤- مقایسه میانگین تأثیر سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) بر غلظت آمونیوم و نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

Table 4. Effect of salinity levels (dS m^{-1}) on NH_4^+ and NO_3^- concentration (mg kg^{-1}).

سطوح شوری Salinity levels	14 days	28 days	42 days	70 days	14 days	28 days	42 days	70 days
	NH_4^+				NO_3^-			
1.5	87.95[a]	80.77[a]	83.45[a]	77.75[a]	17.93[a]	16.18[a]	5.26[a]	5.49[a*]
4.5	78.29[b]	70.81[b]	74.83[b]	69.63[b]	6.7[b]	6.41[b]	2.91[b]	2.89[b]
9	56.36[c]	65.72[c]	57.01[c]	55.47[c]	4.19[c]	2.33[c]	2.21[c]	1.95[c]

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) نمی‌باشند.

* Values within a column followed by the same letter are not significantly different at Duncan test P≤0.05.

اثر سطوح کربن آلی: در اثر افزودن سطوح مختلف کربن آلی با کود گاوی، غلظت کربن آلی و نیتروژن کل خاک افزایش یافت (جدول ۵). نتایج مشابهی در زمینه نقش اصلاح‌کننده‌های آلی (کمپوست، لجن فاضلاب، باگاس نیشکر، بقایای گیاهی) در بهبود محتوی کربن آلی خاک گزارش شده است (٦ و ٤٠). افزودن بقایای گیاهی و مواد آلی به خاک ممکن است منجر به افزایش مقادیر نیتروژن خاک به‌دلیل ایجاد تغییر در فرایندهای نیتریفیکاسیون و دنیتریفیکاسیون و کاهش تصاعد نیتروژن و آبشوئی نیترات شود (۸ و ۲۳). هم‌چنین غلظت‌های بالاتر نیتروژن در اثر افزودن بقایای مختلف آلی به خاک توسط ژانگ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است (۵۰). عثمان و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که دسترسی به نیتروژن در

خاک‌های تیمارشده با کود دامی بیش‌تر از تیمارهای کنترل بود (٤٣).

با افزایش سطوح کربن آلی غلظت محلول عناصر پتاسیم، سدیم و کلر افزایش یافت (جدول ٥). معمولاً کودهای دامی دارای مقادیری از عناصر کاتیونی و آنیونی مانند پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر هستند که در اثر افزودن به خاک در طی زمان برخی از این عناصر آزاد شده و غلظت آن‌ها در خاک افزایش می‌یابد. از طرفی به‌دلیل وجود نمک در رژیم غذایی گاوها ممکن است فضولات گاوی دارای مقادیری سدیم و کلر باشد. کلینگ و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند که افزودن بقایای آلی منجر به افزایش محتوی فسفر و پتاسیم خاک می‌گردد (۱۷).

افزودن کربن آلی به خاک سبب افزایش غلظت آهن و روی در خاک شد (جدول ٥). این امر می‌تواند به‌خاطر تشکیل کمپلکس‌های آلی معدنی در اثر افزودن کود دامی به خاک باشد که از این طریق از رسوب آهن و روی جلوگیری به‌عمل می‌آید. رضاپور (۲۰۱٤) افزایش دسترسی به آهن را در اثر افزودن ترکیبات آلی به خاک گزارش کرد (۳۱). الن‌گار و همکاران (۲۰۱٥) بیان کردند که کود دامی منجر به افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف در خاک می‌گردد (۱۳).

جدول ٥- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کربن آلی (٪) بر غلظت عناصر.

Table 5. Effect of organic carbon levels (%) on nutrient concentration.

سطوح کربن آلی Organic Carbon	نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	کربن آلی (٪) O.C (%)	K ($mg\ kg^{-1}$)	Na ($meq\ lit^{-1}$)	Cl ($meq\ lit^{-1}$)	Fe ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)
0	0.053^{c}	0.46^{c}	21.39^{c}	86.9^{c}	27^{c}	7.16^{c}	0.36^{c*}
1.5	0.096^{b}	1.95^{b}	23.17^{b}	102.9^{b}	31.4^{b}	8.12^{b}	0.48^{b}
3	0.111^{a}	2.93^{a}	25.12^{a}	112.4^{a}	37^{a}	10.14^{a}	0.56^{a}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰٥) نمی‌باشند.

* Values within a column followed by the same letter are not significantly different at Duncan test P≤0.05.

با افزایش محتوی کربن آلی خاک و همچنین با گذشت زمان تنفس میکروبی افزایش یافت (جدول ٦) که بیانگر افزایش فعالیت میکروبی خاک است. گزارش شده است که حضور ترکیبات آلی موجود در کودهای دامی که به راحتی قابل تجزیه هستند منجر به افزایش تنفس میکروبی می‌گردد (٤٤). شواهد قوی وجود دارد که افزودن مواد آلی به خاک، محتوی کربن آلی خاک را افزایش می‌دهد و این امر سبب بهبود وضعیت تغذیه‌ای شده، شرایط مطلوب را برای فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک ایجاد و در نتیجه آن تنفس میکروبی و انتشار گاز CO_2 افزایش می‌یابد (٤٣).

جدول ٦- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کربن آلی (٪) بر تنفس پایه ($mg\ Co_2\text{-}C/Kg\ Soil$).

Table 6. Effect of organic carbon levels (%) on basal respiration ($mg\ Co_2\text{-}C/Kg\ Soil$).

سطوح کربن آلی Organic Carbon levels	10 days	20 days	30 days	40 days	50 days	60 days	70 days
0	19.66^{c}	27.31^{c}	33.84^{c}	37.07^{c}	41.2^{c}	46.76^{c}	43.15^{c*}
1.5	22.36^{b}	33.42^{b}	38.21^{b}	44.75^{b}	48.61^{b}	53.2^{b}	50.8^{b}
3	26.1^{a}	39.51^{a}	45.18^{a}	51.02^{a}	51.88^{a}	57.97^{a}	55.5^{a}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰٥) نمی‌باشند.

* Values within a column followed by the same letter are not significantly different at Duncan test P≤0.05.

افزایش کربن آلی به افزایش تولید آمونیوم و نیترات در خاک انجامید (جدول ۷). کاهش تولید آمونیوم، نیترات و سایر ترکیبات معدنی با گذشت زمان در تیمارهای مختلف ممکن است عمدتاً به قابلیت استفاده بالای بخش کربن آلی لبایل برای میکروارگانیسم‌ها در ابتدا نسبت داده شود که این منبع با گذشت زمان و به مرور کاهش یافته و تضعیف می‌شود (۱۳ و ۳۳). لینگ- لینگ و شو- تیان (۲۰۱٤) گزارش دادند که افزودن کودهای دامی مختلف با بهبود فرایند معدنی‌شدن نیتروژن همراه است اما به مرور زمان از معدنی‌شدن نیتروژن کاسته می‌شود (۲۰) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. شارما و همکاران (۲۰۱٦) بیان کردند که کودهای دامی مختلف سبب افزایش معدنی‌شدن نیتروژن شده و این فرایند به مرور زمان کاهش یافت. ایشان همچنین گزارش دادند که کودهای دامی به مرور سبب معدنی‌شدن نیتروژن شده و منبع پایداری برای نیتروژن می‌باشند و این کودها می‌توانند اصلاح‌کننده مناسبی برای خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک باشند (۳۸).

جدول ۷- مقایسه میانگین تأثیر سطوح کربن آلی (٪) بر غلظت آمونیوم و نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

Table 7. Effect of organic carbon levels (%) on NH_4^+ and NO_3^- concentration (mg kg^{-1}).

سطوح کربن آلی	14 days	28 days	42 days	70 days	14 days	28 days	42 days	70 days
Organic Carbon levels	NH_4^+				NO_3^-			
0	69.41^{c}	68.95^{c}	68.46^{c}	64.12^{c}	7.43^{c}	6.74^{c}	2.72^{c}	2.53^{c*}
1.5	74.78^{b}	72.59^{b}	71.27^{b}	67.57^{b}	9.71^{b}	7.98^{b}	3.19^{b}	3.17^{b}
3	78.42^{a}	75.77^{a}	75.56^{a}	71.16^{a}	11.68^{a}	10.21^{a}	4.47^{a}	4.63^{a}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) نمی‌باشند.

* Values within a column followed by the same letter are not significantly different at Duncan test P≤0.05.

اثر متقابل سطوح کربن آلی و شوری: بیش‌ترین غلظت محلول عناصر پتاسیم، سدیم و کلر در سطوح شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر و کربن آلی سه درصد حاصل شد (جدول ۸). دلیل این موضوع می‌تواند این باشد که نمک‌های مصرفی جهت ایجاد سطوح شوری دارای عناصر، سدیم و کلر بودند. از طرفی کود دامی مصرفی جهت ایجاد سطوح کربن آلی نیز تا اندازه‌ای دارای عناصر فوق می‌باشد که از این طریق سبب افزایش غلظت این عناصر در خاک شده‌اند. بیش‌ترین غلظت آهن در شوری ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کربن آلی سه درصد به‌دست آمد که بیانگر اثر مثبت کود دامی و اثر منفی شوری بر غلظت این عنصر است (جدول ۸).

بالا بودن غلظت عناصر پتاسیم، سدیم و کلر در خاک‌های شور که اصلاح‌کننده‌های آلی مانند کود دامی و کمپوست به آن‌ها اضافه شده است توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است (۳۹ و ٤٥). ترکیبات آلی با توجه به مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در آن‌ها می‌توانند تأمین‌کننده این عناصر برای خاک‌های شور باشند (۳۰). اثرات مثبت ترکیبات آلی بر غلظت عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن در خاک‌های مختلف توسط برخی پژوهشگران گزارش شده است (۵۰).

ژانگ و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که استفاده از ترکیبات آلی می‌تواند روش مناسبی برای بهبود دسترسی به عناصر غذایی در شرایط شوری خاک باشد (۵۰). به‌طورکلی استفاده از ترکیبات آلی تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر توزیع مجدد عناصر غذایی و تعدیل آثار شوری خواهد داشت. این ترکیبات با توجه به غلظت عناصر موجود در آن‌ها می‌توانند تغییراتی در غلظت عناصر در خاک‌های شور ایجاد کنند.

جدول ۸- مقایسه میانگین تأثیر متقابل سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) و کربن آلی (٪) بر غلظت پتاسیم، سدیم و کلر محلول و آهن قابل جذب.

Table 8. Effect of organic carbon (%) and salinity levels (dS m^{-1}) on K, Na, Cl (solution) and Fe (available).

سطوح شوری Salinity levels	سطوح کربن آلی Organic Carbon levels	K ($mg\ kg^{-1}$)	Na ($meq\ lit^{-1}$)	Cl ($meq\ lit^{-1}$)	Fe ($mg\ kg^{-1}$)
1.5	0	29.053^{d}	51^{h}	16^{c}	10.15^{c*}
	1.5	30.14^{d}	75.7^{g}	21.3^{c}	11.6^{b}
	3	30.53^{cd}	83.2^{f}	32.1^{b}	14.5^{a}
4.5	0	31.58^{cd}	86.7^{f}	31.4^{b}	8.32^{d}
	1.5	31.2^{cd}	102.1^{e}	33^{b}	9.12^{cd}
	3	31.84^{cd}	113.7^{d}	33.6^{b}	9.59^{cd}
9	0	33.53^{c}	122.9^{c}	33.6^{b}	3.01^{f}
	1.5	38.16^{b}	131.1^{b}	40^{a}	3.64^{f}
	3	43^{a}	140.3^{a}	45.3^{a}	6.33^{e}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) نمی‌باشند.

* Values within a column followed by the same letter are not significantly different at Duncan test P≤0.05.

با گذشت زمان مقدار تنفس در اثر اضافه شدن مقدار کربن آلی خاک افزایش پیدا کرد (جدول ۱۱). این امر نشانگر رشد برخی از میکروارگانیسم‌ها در اثر اضافه شدن سوبسترای جدید می‌باشد که می‌تواند منبعی از عناصر غذایی برای آن‌ها باشد (۳۷). بیش‌ترین مقادیر معدنی‌شدن کربن در شوری ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کربن آلی سه درصد به‌دست آمد که بیانگر اثر مثبت کود دامی و اثر منفی شوری بر این پارامتر است (جدول ۹). وانگ و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که شوری و غلظت‌های بالای سدیم سبب کاهش تنفس میکروبی و تجزیه مواد آلی می‌شود اما در اثر اضافه کردن منابع آلی به خاک‌های متأثر از نمک، بیومس میکروبی و تنفس افزایش یافت (۴۹) که با یافته‌های پژوهش حاضر همخوانی دارد.

جدول ۹- مقایسه میانگین تأثیر متقابل سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) و کربن آلی (٪) بر تنفس پایه.

Table 9. Effect of organic carbon (%) and salinity levels (dS m^{-1}) on basal respiration (mg Co_2-C/kg Soil).

سطوح شوری Salinity levels	سطوح کربن آلی Organic Carbon levels	20 days	30 days	40 days	50 days	70 days
1.5	0	32.3^{cd}	44.73^{bc}	53.66^{c}	53.66^{c}	52^{c*}
	1.5	42.6^{b}	48.7^{b}	59.43^{b}	58.9^{b}	65.33^{b}
	3	54.03^{a}	61.76^{a}	66.73^{a}	64.76^{a}	74.5^{a}
4.5	0	28.8^{de}	33^{ef}	43.2^{d}	44.5^{ef}	$45d^{e}$
	1.5	33.4^{cd}	38.2^{de}	43.2^{d}	47.1^{de}	48.16^{cd}
	3	35.7^{c}	40.8^{cd}	45.8^{d}	49.7^{cd}	50.8^{c}
9	0	20.83^{f}	23.8^{g}	14.36^{f}	25.43^{g}	32.46^{g}
	1.5	24.26^{ef}	27.73^{fg}	31.63^{e}	39.83^{f}	38.9^{f}
	3	28.8^{de}	33^{ef}	40.53^{d}	41.2^{f}	41.2^{ef}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) نمی‌باشند.

* Values within a column followed by the same letter are not significantly different at Duncan test P≤0.05.

بیش‌ترین مقادیر نیترات و آمونیم در شوری ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر و کربن آلی سه درصد به‌دست آمد که بیانگر اثر مثبت کود دامی و اثر منفی شوری بر غلظت این ترکیبات است. در مورد آمونیم بالاترین مقادیر در زمان ٤٢ روز پس از انکوباسیون به‌دست آمد در حالی‌که برای نیترات مقادیر بالا مربوط به زمان ۲۸ روز پس از انکوباسیون بود (جدول ۱۰). والکر و برنال (۲۰۰۵) بیان نمودند که در شرایط شور، افزودن کود دامی نسبت به کمپوست و شاهد مقادیر بیش‌تری نیتروژن معدنی (نیترات و آمونیم) را در خاک ایجاد کرد (٤٥). ترکیبات آلی به طرق مختلف از جمله جذب ترکیبات آلی مهارکننده نیتریفیکاسیون، شرایط را برای باکتری‌های نیتریفایر فراهم کرده و سبب افزایش معدنی‌شدن نیتروژن می‌شوند. از طرفی این ترکیبات ممکن است دارای منبع سهل‌الوصول کربن بوده که به محض قرارگیری در خاک با تحریک و افزایش فعالیت میکروبی، معدنی‌شدن کربن و نیتروژن را تا حدی افزایش دهند. ترکیبات آلی در شرایط شور می‌توانند با جذب نمک‌ها و متعادل‌سازی نسبت یون‌ها، از اثر اسمزی و اثر سمیت ویژه یونی کاسته و شرایط را برای میکروارگانیسم‌های خاک جهت فعالیت بیش‌تر مهیا کنند.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین تأثیر متقابل سطوح شوری (دسی‌زیمنس بر متر) و کربن آلی (٪) بر آمونیوم و نیترات.

Table 10. NH_4^+ and NO_3^- concentration (mg kg^{-1}) at salinity (dS m^{-1})*O.C (%) treatments.

سطوح شوری Salinity levels	سطوح کربن آلی Organic Carbon levels	28 days	42 days	70 days	14 days	28 days	42 days	70 days
		NH_4^+			NO_3^-			
1.5	0	74.48^{c}	81.52^{b}	75.85^{b}	13.36^{c}	14.64^{b}	2.72^{c}	3.77^{bc*}
	1.5	80.83^{b}	83.16^{ab}	77.55^{ab}	18.33^{b}	15.7^{b}	3.19^{b}	4.48^{b}
	3	87^{a}	85.67^{a}	79.85^{a}	22.09^{a}	18.21^{a}	4.47^{a}	8.22^{a}
4.5	0	68.22^{ef}	72.39^{d}	67.25^{d}	5.29^{ef}	4.08^{e}	2.72^{c}	2.64^{de}
	1.5	70.94^{de}	73.85^{d}	68.78^{d}	6.64^{de}	5.82^{d}	3.19^{b}	2.86^{de}
	3	73.28^{cd}	78.25^{c}	72.84^{c}	8.17^{d}	9.33^{c}	4.47^{a}	3.18^{cd}
9	0	64.15^{g}	51.48^{g}	49.26^{g}	3.63^{f}	1.5^{f}	2.72^{c}	1.18^{f}
	1.5	65.99^{fg}	56.79^{f}	56.37^{f}	4.17^{f}	2.42^{f}	3.19^{b}	2.18^{e}
	3	67.02^{fg}	62.77^{e}	60.78^{e}	4.77^{ef}	3.07^{ef}	4.47^{a}	2.48^{de}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) نمی‌باشند.

* Values within a column followed by the same letter are not significantly different at Duncan test P≤0.05.

شوری خاک به‌طور غیرمستقیم با تأثیر بر ترکیب و فعالیت میکروفلور ریزوسفر خاک، وضعیت نیتروژن در خاک را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (٢٤، ٢٦ و ٢٨). کاربرد ترکیبات آلی می‌تواند وضعیت عناصر غذایی، به‌ویژه نیتروژن، در خاک شور را از طریق تأثیر آن بر فراوانی و فعالیت باکتری‌هایی که تغییرات و دسترسی به عناصر غذایی را افزایش می‌دهند بهبود بخشد (۹). افزودن کودهای معدنی همراه با مواد آلی ممکن است نیتریفیکاسیون را به‌دلیل افزایش مواد قابل‌دسترس افزایش دهد و کود آلی می‌تواند نیتریفیکاسیون را از طریق افزایش ماده آلی تحریک کند (۵۱).

نتیجه‌گیری کلی

شوری اثر منفی بر فرایند معدنی‌شدن کربن و نیتروژن داشته و تولید ترکیبات معدنی نیتروژن مانند نیترات و آمونیوم را کاهش داد. شوری هم‌چنین سبب

افزایش غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سدیم شد و مقدار آهن را در خاک کاهش داد. سطوح مختلف کربن آلی فرایندهای معدنی‌شدن کربن و نیتروژن را در خاک بهبود بخشیدند. افزایش سطوح کربن آلی در خاک با افزایش مقادیر پتاسیم محلول، آهن و روی قابل‌جذب همراه بود. مواد آلی ممکن است دارای منبع سهل‌الوصول کربن بوده که به محض قرارگیری در خاک با تحریک و افزایش فعالیت میکروبی، معدنی‌شدن کربن و نیتروژن را تا حدی افزایش دهند. با توجه به اثرات اصلاحی ترکیبات آلی از جمله افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک، کاربرد آن‌ها در شرایط وجود تنش‌های محیطی مانند شوری می‌تواند شرایط را برای میکروارگانیسم‌های خاک جهت فعالیت بیش‌تر مهیا کند.

منابع

1. Ahmad, Z., Honna, T., Yamamoto, S., Faridullah, Irshad, M., and El-Hassan, W.H.A. 2009. Effect of Chloride and Sulfate Salinity on Micronutrients Release and Uptake from Different Composts Applied on Total Phosphorus Basis. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 40: 9-10. 1566-1589.
2. Akhtar, M., Hussain, F., Ashraf, M.Y., Qureshi, T.M., Akhter, J., and Awan, A.R. 2012. Influence of Salinity on Nitrogen Transformations in Soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 43: 1674-1683.
3. Alef, K., and Nannipieri, P. 1995. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press. 576p.
4. Amini, S., Ghadiri, H., Chen, C., and Marschner, P. 2016. Salt-affected soils, reclamation, carbon dynamics and biochar: a review. J. Soil Sed. 16: 3. 939-953.
5. Anderson, C.R., Condron, L.M., Clough, T.J., Fiers, M., Stewart, A., Hill, R.A., and Sherlock, R.R. 2011. Biochar induced soil microbial community change: implications for biogeochemical cycling of carbon, nitrogen and phosphorus. Pedobiologia. 54: 309-320.
6. Barin, M., Aliasgharzadeh, N., and Samadi, A. 2007. Influence of mycorrhization fungi on mineral nutrition and yield of tomato under sodium chloride and salts mixture induced salinity levels. Soil Water Sci. J. 20: 1. 94-105. (In Persian)
7. Bastida, F., Pe´ırez-de-Mora, A., Babic, K., Hai, B., Herna´ındez, T., Garcı´ıa, C., and Schloter, M. 2009. Role of amendments on N cycling in Mediterranean abandoned semiarid soils. Applied Soil Ecology. 41: 195-205.
8. Begum, N., Guppy, C., Herridge, D., and Schwenke, G. 2014. Influence of source and quality of plant residues on emissions of N_2O and CO_2 from a fertile, acidic Black Vertisol. Biology and Fertility of Soils. 50: 499-506.
9. Bhaduri, D., Saha, A., Desai, D., and Meena, H.N. 2016. Restoration of carbon and microbial activity in salt-induced soil by application of peanut shell biochar during short-term incubation study. Chemosphere. 148: 86-98.
10. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total. P 1085-1121. In: D.L. Sparks (ed). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.
11. Crawford, D.M., and Chalk, P.M. 1992. Mineralization and immobilization of soil and fertilizer nitrogen with nitrification inhibitors and solvents. Soil Biology and Biochemistry. 24: 559-568.
12. Drake, P.L., McCormick, C.A., and Smith, M.J. 2014. Controls of soil respiration in a salinity-affected ephemeral wetland. Geoderma. 221-222: 96-102.
13. El-Naggar, A.H., Usman, A.R.A., Al-Omran, A., Ok, Y.S., Ahmad, M., and Al-Wabel, M.I. 2015. Carbon mineralization and nutrient availability in calcareous sandy soils amended with woody waste biochar. Chemosphere. 138: 67-73.

14. ICARDA. 2002. International cooperation Highlands regional program. Available on: URL: http// www.icarda.cgiar.Org.
15. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. P 383-410. In: A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.
16. Irshad, M., Honna, T., Yamamoto, S., Eneji, A.E., and Yamasaki, N. 2005. Nitrogen Mineralization under Saline Conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 36: 11-12.
17. Keeling, A.A., McCallum, K.R., and Beckwith, C.P. 2003. Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. Bioresource Technology. 90: 127-132.
18. Keeney, D.R., and Nelson, D.W. 1982. Nitrogen-inorganic forms. P 831-871. In: A.L. Page and R.H. Miller (eds.) Methods of soil analysis. Part 2, American Society of Agronomy. Madison, WI.
19. Lindsay, W.I., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 421-448.
20. Ling-ling, L.I., and Shu-tian, L.I. 2014. Nitrogen Mineralization from Animal Manures and Its Relation to Organic N Fractions. J. Integ. Agric. 13: 9. 2040-2048.
21. Matijevic, L., Romic, N., Maurovic, N., and Romic, M. 2012. Saline irrigation water affects element uptake by bean plant (*Vicia faba* L.). European Chemical Bulletin. 1: 12. 498-502.
22. Meng, S., Su, L., Li, Y., Wang, Y., Zhang, C., and Zhao, Z. 2016. Nitrate and Ammonium Contribute to the Distinct Nitrogen Metabolism of Populus simonii during Moderate Salt Stress. PLoS ONE. 11: 3. 1-16.
23. Miller, M.N., Zebarth, B.J., Dandie, C.E., Burton, D.L., Goyera, C., and Trevors, J.T. 2008. Crop residue influence on denitrification, N_2O emissions and denitrifier community abundance in soil. Soil Biology and Biochemistry. 40: 2553-2562.
24. Moradi, A., Tahmourespour, A., Hoodaji, M., and Khors, F. 2011. Effect of salinity on free living diazotroph and total bacterial populations of two saline soils. Afric. J. Microbiol. Res. 5: 144-148.
25. Najafi, N., Sarhanghzadeh, E., and Oustan, S. 2013. Effects of NaCl Salinity and Soil Waterlogging on the Concentrations of Some Micronutrients in Corn, Single Cross 704. Water and Soil Science. 23: 2. 205-225. (In Persian)
26. Nelson, D.R., and Mele, P.M. 2007. Subtle changes in rhizosphere microbial community structure in response to increased boron and sodium chloride concentrations. Soil Biology and Biochemistry. 39: 340-351.
27. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P 961-1010. In: D.L. Sparks (ed). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.
28. Ofek, M., Ruppel, S., and Waisel, Y. 2006. Effects of salinity on rhizosphere bacterial communities associated with different root types of Vicia faba L. P 1-13. In: M. Öztürk, Y. Waisel, M.A. Khan G. Görk (eds.), Biosaline Agriculture and Salinity Tolerance in Plants, Birkhäuser Basel, Verlag GmbH.
29. Opokua, A., Chavesb, B., and De Neve, S. 2014. Neem seed oil: a potent nitrification inhibitor to control nitrate leaching after incorporation of crop residues. Biological Agriculture and Horticulture. 30: 3. 145-152.
30. Qadir, M., Ghafoor, A., and Murtaza, G. 2001. Use of saline-sodic waters through phytoremediation of calcareous saline-sodic soils. Agricultural Water Management. 50: 197-210.
31. Rezapour, S. 2014. Effect of sulfur and composted manure on SO_4-S, P and micronutrient availability in a calcareous saline-sodic soil. Chemistry and Ecology. 30: 2. 147-155.

32. Rhoades, J.D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids, P 417-435. In: D.L. Sparks (ed.). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.
33. Saifullah, Dahlawi, S. Naeemc, A., Rengeld, Z., and Naidue, R. 2018. Biochar application for the remediation of salt-affected soils: Challenges and opportunities. Science of the Total Environment. 625: 320-335.
34. Saleh, J., Najafi, N., Oustan, S., Aliasgharzad, N., and Ghassemi-Golezani, K. 2013. Changes in Extractable Si, Fe, and Mn as Affected by Silicon, Salinity, and Waterlogging in a Sandy Loam Soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 44: 10. 1588-1598.
35. Schnetger, B., and Lehners, C. 2014. Determination of nitrate plus nitrite in small volume marine water samples using vanadium (III) chloride as a reduction agent. Marine Chemistry. 160: 91-98.
36. Setia, R., Marschner, P., Baldock, J., and Chittleborough, D. 2010. Is CO_2 evolution in saline soils affected by an osmotic effect and calcium carbonate? Biology and Fertility of Soils. 46: 781-792.
37. Setia, R., Marschner, P., Baldock, J., Chittleborough, D., Smith, P., and Smith, J. 2011. Salinity effects on carbon mineralization in soils of varying texture. Soil Biology and Biochemistry. 43: 1908-1916.
38. Sharma, V., Mir, S.H., and Sharma, A. 2016. Nitrogen Mineralization as Influenced by Different Organic Manures in an Inceptisol in the Foothill Himalayas. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 47: 194-202.
39. Smith, D.C., Beharee, V., and Hughes, J.C. 2001. The effects of composts produced by a simple composting procedure on the yields of Swiss chard (*Beta vulgaris* L var. flavescens) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. nanus). Scientia Horticulturae. 91: 393-406.
40. Tabarant, P., Villenave, C., Risede, J.M., Estraded, J.R., Thuries, L., and Dorela, M. 2011. Effects of four organic amendments on banana parasitic nematodes and soil nematode communities. Applied Soil Ecology. 49: 59-67.
41. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. P 475-490. In: D.L. Sparks (ed.). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.
42. Timothy, A.D., and William, R.H. 2003. Spectrophotometric Determination of Nitrate with a Single Reagent. Analytical Letters. 36: 12. 2713-2722.
43. Usman, A.R., Almaroai, Y.A., Ahmad, M., Vithanage, M., and Ok, Y.S. 2013. Toxicity of synthetic chelators and metal availability in poultry manure amended Cd, Pb and As contaminated agricultural soil. J. Hazard. Mater. 262: 1022-1030.
44. Usman, A.R.A., Kuzyakov, Y., and Stahr, K. 2004. Dynamics of organic C mineralization and the mobile fraction of heavy metals in calcareous soil incubated with organic wastes. Water, Air and Soil Pollution. 158: 401-418.
45. Walker D.J., and Bernal, M.P. 2005. Plant Mineral Nutrition and Growth in a Saline Mediterranean Soil Amended with Organic Wastes. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 35: 17-18. 2495-2514.
46. Walker, D.J., Clemente, R., and Bernal, M.P. 2004. Contrasting effects of manure and compost on soil pH, heavy metal availability and growth of *Chenopodium album* L. in a soil contaminated by pyritic mine waste. Chemosphere. 57: 215-224.
47. Walpola, B.C., and Arunakumara, K.K.I.U. 2010. Effect of salt stress on decomposition of organic matter and nitrogen mineralization in animal manure amended soils. J. Agric. Sci. 5: 9-18.
48. Watanabe, F.S., and Olsen, S.R. 1965. Test of an Ascorbic Acid Method for Determining Phosphorus in Water and $NaHCO_3$ Extracts from the Soil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 29: 677-678.

49. Wong, V.N.L., Dalal, R.C., and Greene, R.S.B. 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: a laboratory incubation. Applied Soil Ecology. 41: 29-40.
50. Zhang, T., Wang, T., Liu, K.S., Wang, L., Wang, K., and Zhou, Y. 2015. Effects of different amendments for the reclamation of coastal saline soil on soil nutrient dynamics and electrical conductivity responses. Agricultural Water Management. 159: 115-122.
51. Zhao, X., Wang, S., and Xing, G. 2014. Nitrification, acidification, and nitrogen leaching from subtropical cropland soils as affected by rice straw-based biochar: laboratory incubation and column leaching studies. J. Soil Sed. 14: 3. 471-482.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 9(3), 2019
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2020.16174.1865

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

The Role of organic carbon in the mineralization of Nitrogen, Carbon and some of nutrient concentrations in soil salinity conditions

***S. Moradi[1], M.H. Rasouli-Sadaghiani[2], E. Sepehr[3], H. Khodaverdiloo[3] and M. Barin[4]**

[1]Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, University of Urmia and Instructor, Dept. of Agriculture, Payame Noor University, [2]Professor, Dept. of Soil Science, University of Urmia, [3]Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Urmia, [4]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Urmia

Received: 01.14.2019; Accepted: 03.04.2019

Abstract

Background and Objectives: The salt-affected soils are widely distributed in arid and semi-arid areas including Iran. In the soils affected by excessive salt, physical, chemical and biological changes in coupling with the low levels of organic matter (OM) resulting from the weak growth of plants, cause the deficiency of such nutrients as nitrogen (N) on the one hand and ionic toxicity (sodium and chlorine) on the other hand. The lack of vegetation in arid and saline areas results in the return of small amount of plant residues, so that the content of soil organic matter and thus the amount of nitrogen and other elements is reduced. One of the ways to increase the vitality and efficiency of elements in saline conditions for plants is to use organic fertilizers. Therefore, the aim of this study was to investigate the effects of organic carbon and salinity levels on nitrogen and carbon mineralization and nutrient concentrations in soil.

Materials and Methods: A completely randomized design (CRD) experiment was conducted to investigate the effect of organic carbon levels from the source of cow manure on the mineralization of carbon and nitrogen and nutrient concentrations in soil salinity conditions in a by factorial arrangement with three replications. Organic carbon factor included (0, 1.5 and 3% organic carbon) and salinity factor consisted of 1.5, 4.5 and 9 dS/m. To create salinity levels a combination of $MgSO_4.7H_2O$, NaCl, Na_2SO_4 and $CaCl_2$ was used in the ratio of 42.82, 0.91, 36.20 and 36.91, respectively. The treated soils were incubated at 25 °C under 70% field capacity for 70-day period. To determine the nitrification rate (R_n), the ammonium and nitrate concentrations were monitored during the incubation period at 0, 2, 4, 6, 8 and 10 weeks since the time of incubation. To address the carbon mineralization rate, the soil basal respiration was determined weekly since the beginning of the experiment. At the end of the experiment, the macro and micro nutrient status was determined in the treated soils.

Results: The results showed that both salinity and organic matter application significantly affected the basal respiration, concentration of ammonium, nitrate, K, Ca, Mg, Na, Cl, Fe ($P<0.01$). Salinity increased soil Ca and Mg concentration. Organic carbon treatments have a significant effect on soil total nitrogen and soil organic carbon. The interactional effect of organic matter and salinity was significant on the basal respiration concentration of ammonium and nitrate and K, Na, Cl, Fe. Salinity in 9 $dS.m^{-1}$ level compare to 1.5 $dS.m^{-1}$ decreased basal respiration, NH_4^+ and NO_3^- concentration by 47%, 27% and 76% respectively. The basal respiration in 3% of soil organic carbon treatment, higher by 24% compared to control treatment (without organic matter addition). Furthermore, the ammonium and nitrate production after 70 days in 3% of soil organic carbon treatment, was 10% and 37% more than control.

* Corresponding Author; Email: 6341ms@gmail.com

Conclusion: Salinity had a negative effect on the process of carbon and nitrogen mineralization. The use of organic compounds, by creating a balance in nutrient status, could create more favorable conditions for the processes of mineralization of carbon and nitrogen. Organic compounds may have an easy source of carbon, which, if placed on the soil, stimulate and increase microbial activity, increase the mineralization of carbon and nitrogen to some extent.

Keywords: Carbon, Nitrogen, Nutrient, Salinity