



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و دوم، شماره سوم، ۱۳۹۴

<http://jwsc.gau.ac.ir>

## اثر تراکم خاک و ماده آلی بر معدنی‌شدن نیتروژن در خاک‌های آهکی

\*سیدعلی اکبر موسوی<sup>۱</sup>، بهناز صالحی<sup>۲</sup>، مصطفی دهقان<sup>۲</sup> و مجتبی جعفری حقیقی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه شیراز، <sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۴

### چکیده

سابقه و هدف: خشکی و مقدار کم ماده آلی در خاک و از طرفی تردد زیاد ادوات کشاورزی منجر به تراکم خاک و ایجاد مشکلاتی در تهویه، نفوذ آب و دسترسی عناصر غذایی و در نتیجه کاهش عملکرد و حتی مرگ گیاه می‌شود. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر تراکم خاک و ماده آلی بر معدنی‌شدن نیتروژن در سه خاک آهکی مختلف انجام شد.

مواد و روش‌ها: جهت بررسی اثر تراکم (جرم مخصوص ظاهری ۱/۳، ۱/۵ و ۱/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و ماده آلی (کود دامی و لجن فاضلاب به ترتیب به میزان ۴ و ۲ درصد وزنی) بر معدنی‌شدن نیتروژن، پس از اختلاط ماده آلی با سه خاک آهکی شامل سری‌های دانشکده (رسی) و کوی‌اساتید (لوم رسی سیلتی) از منطقه باجگاه و سری چیتگر (لوم رسی) از منطقه سروستان استان فارس، ستون‌هایی از خاک با جرم مخصوص ظاهری نام‌برده تهیه و در شرایط دمای ۲۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ظرفیت مزرعه (۱۶ تا ۲۰ درصد وزنی بسته به نوع خاک) نگهداری شد. پس از ۵۰ روز، نیتروژن کل، نیترات و آمونیوم در خاک اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: مقادیر نیتروژن کل و آمونیوم در پایان آزمایش در خاک دانشکده نسبت به دو خاک دیگر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود، در حالی که نیترات در خاک‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نداشت ( $P < 0/05$ ). فشردگی مقدار نیتروژن کل، نیترات و آمونیوم را در خاک دانشکده به‌طور معنی‌داری افزایش داد در حالی که بر نیتروژن کل و آمونیوم دو خاک دیگر اثر معنی‌دار نداشت ( $P < 0/05$ ). کاربرد کود دامی و به‌ویژه لجن فاضلاب نیتروژن کل و آمونیوم را به‌طور معنی‌داری افزایش داد در حالی که کود دامی اثر معنی‌داری بر نیترات نداشت ولی کاربرد لجن فاضلاب نیترات را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی افزودن کود دامی و به‌ویژه لجن فاضلاب اثرات منفی ناشی از فشردگی بر نیترات و آمونیوم را به‌طور معنی‌داری کاهش داد ( $P < 0/05$ ). بنابراین پیشنهاد می‌شود با اضافه کردن مواد آلی به خاک از فشردگی خاک و اثرات نامطلوب آن جلوگیری شده و کیفیت فیزیکی خاک حفظ گردد.

واژه‌های کلیدی: آمونیوم، فشردگی، نیترات، نیتروژن معدنی

\* مسئول مکاتبه: [aamousavi@gmail.com](mailto:aamousavi@gmail.com)

## مقدمه

یکی از عوامل محدودکننده رشد و نمو گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک، تراکم خاک است که از کمبود مواد آلی خاک، ضعیف بودن ساختمان خاک و استفاده بیش از حد از ماشین‌آلات کشاورزی ناشی می‌شود. در طی سی سال گذشته، به دلیل مکانیزه شدن کشاورزی و افزایش وزن ماشین‌های مورد استفاده در مراحل کاشت، داشت و برداشت، تراکم خاک که شامل اثرات متقابل ماشین، خاک، گیاه و اقلیم است به صورت یک مشکل چندبعدی در مقابل کشاورزی پایدار قد علم نموده است (21). تراکم خاک از نظر تعریف بیان کمی رفتار خاک تحت تأثیر تنش و فشارهای مشخص می‌باشد که معمولاً این رفتار با تغییر جرم مخصوص ظاهری، درجه پوکی، تخلخل کل، تخلخل تهویه‌ای، نفوذپذیری آب به خاک و مقاومت مکانیکی خاک بروز می‌کند (2). تراکم خاک می‌تواند در دامنه وسیعی از خاک‌ها با بافت‌های متفاوت، همچنین در آب و هواهای متفاوت اتفاق افتد (11).

از ویژگی‌های متأثر از فشردگی می‌توان به کاهش فراهمی و جذب آب و عناصر غذایی به وسیله گیاه به دلیل کاهش رشد ریشه، کاهش نفوذ آب به خاک و کاهش تهویه خاک اشاره نمود (7, 14, 22). کاهش عملکرد محصول به دلیل فشردگی، ممکن است به دلیل فراهمی کم نیتروژن خاک باشد. برخی مطالعات نشان می‌دهد که جذب نیتروژن در خاک‌های فشرده کم است (14). همچنین فشردگی خاک غلظت برخی از ترکیبات ریشه که با تأمین نیتروژن مرتبط می‌باشند را تغییر می‌دهد (12). فشردگی خاک می‌تواند تأثیر زیادی بر نیترات‌زدایی و تصعید گازهای نیتروژن و در نتیجه تأثیر مستقیم بر هوای خاک و تأثیر غیرمستقیم بر تبدیل نیتروژن و کربن داشته باشد (8). تغییر ویژگی‌های فیزیکی ایجاد شده در اثر تراکم خاک

همچنین بر ریزجانداران خاک، چرخه عناصر غذایی در خاک، معدنی شدن نیتروژن و کربن آلی و در نتیجه بر فراهمی عناصر غذایی در خاک و همچنین میزان گازهای متصاعد شده از خاک مؤثر است (9). به طوری که نوآرا و همکاران (2012) نیز بیان کردند مقدار گاز دی‌اکسیدکربن متصاعد شده از خاک‌های رسی، سیلتی و شنی مورد مطالعه در اثر فشردگی به طور معنی‌داری کاهش یافت. آنان همچنین گزارش کردند که مقدار دی‌اکسیدکربن متصاعد شده از خاک رسی به ترتیب شش و سه برابر بیش‌تر از خاک‌های سیلتی و شنی مورد مطالعه می‌باشد (19).

افزودن ماده آلی به خاک یکی از روش‌های پیشگیری از فشردگی خاک می‌باشد. افزودن مواد آلی مانند کودهای دامی، ممکن است اثرات منفی ناشی از تراکم خاک بر رشد گیاهان را کاهش دهد زیرا این مواد بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تأثیرات مثبت دارند. به طور کلی افزودن مواد آلی با مقدار نیتروژن زیاد مانند کودهای دامی به خاک، اثرات منفی تراکم بر فراهمی نیتروژن را کاهش می‌دهد. مصدقی و همکاران (2000) گزارش کردند خاک‌هایی که با ماده آلی زیاد دارند در برابر فشردگی مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند و افزودن مواد آلی اصلاح‌کننده به خاک نیز سبب افزایش مقاومت بیشتر خاک به فشردگی می‌شود (15). در مطالعات دیگری گزارش شده که افزودن مکرر کود دامی یا سایر مواد آلی و تجمع آنها در خاک طی سالیان متوالی می‌تواند تأثیرات مثبتی بر بهبود تراکم و ویژگی‌های فیزیکی خاک داشته باشد (2, 15). با توجه به این‌که معدنی شدن نیتروژن آلی خاک نقش مهمی در فراهم کردن نیتروژن مورد نیاز گیاه و همچنین اتلاف نیتروژن از خاک دارد بنابراین برخی پژوهشگران (9) معتقدند باید اثر عوامل مختلف از جمله تراکم خاک بر این فرایند (معدنی شدن نیتروژن)

کود گاوی و لجن فاضلاب شامل قابلیت هدایت الکتریکی با هدایت سنج الکتریکی، pH به وسیله pH متر، ماده آلی به روش اکسیداسیون با اسید کرومیک و سپس تیتراسیون با فروس آمونیوم سولفات (18) و بافت خاک به روش هیدرومتر (10) اندازه گیری شد (جدول ۱).

به منظور اعمال سطوح تراکم از لوله های پی وی سی با ارتفاع ۳۰ سانتی متر و قطر ۸/۶ سانتی متر استفاده شد. پس از تعیین مقدار خاک مورد نیاز برای هر ستون خاک با در نظر گرفتن جرم مخصوص ظاهری و حجم ستون، خاک مورد نیاز برای هر تیمار محاسبه و توزین شد. سپس خاک در کیسه های پلاستیکی با مقدار لازم از کود گاوی یا لجن فاضلاب بهم زده شده تا به طور کامل مخلوط شود و پس از اختلاط به لوله های پی وی سی گفته شده که انتهای آن ها به وسیله دو لایه توری پوشیده شد بود منتقل شد. سطوح مختلف تراکم با استفاده از وزنه های دو کیلوگرمی، که از ارتفاعی یکسان رها می گردید به صورت یکسان در همه اعماق مختلف ستون ها ایجاد شد. ستون های خاک در محل آزمایشگاه در دمای ۳۰-۲۵ درجه سانتی گراد و در محدوده رطوبتی ظرفیت مزرعه (رطوبت های ۱۶، ۱۸ و ۲۰ درصد وزنی به ترتیب برای خاک سری های کوی اساتید، دانشکده و چیتگر) نگهداری شدند. پس از گذشت زمان ۵۰ روز از شروع آزمایش، خاک موجود در هر یک از ستون ها تخلیه و پس از بهم زدن (برای تهیه نمونه همگن) هوا خشک شد. در خاک مقدار نیتروژن کل به روش کج لادال (6)، ماده آلی به روش اکسیداسیون با اسید کرومیک و سپس تیتراسیون با فروس آمونیوم سولفات (18) و نترات به روش فنل دی سولفونیک اسید (17) اندازه گرفته شده و مقدار آمونیوم کل از تفاضل مقدار کل نیتروژن معدنی (حاصل تفاضل نیتروژن کل و نیتروژن آلی) و مقدار نترات خاک محاسبه شد. تجزیه و تحلیل

مورد بررسی قرار گیرد. نظر به افزایش روزافزون فشردگی خاک ها و همچنین لزوم افزودن مواد آلی (کودهای دامی و لجن فاضلاب) به منظور افزایش ماده آلی خاک و با توجه به این که اطلاعات اندکی از تأثیر فشردگی خاک و افزودن مواد آلی بر معدنی شدن نیتروژن در خاک های آهکی در دسترس است، بنابراین این پژوهش به منظور بررسی تأثیر فشردگی و نوع ماده آلی اضافه شده به خاک بر میزان معدنی شدن نیتروژن موجود در خاک انجام شد.

### مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر تراکم خاک و نوع ماده آلی بر میزان معدنی شدن نیتروژن، آزمایش در شرایط کنترل شده در آزمایشگاه تحقیقاتی بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه فاکتور و در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد استفاده عبارت بودند از: نوع خاک در سه سطح شامل خاک های آهکی سری دانشکده و سری کوی اساتید از منطقه باجگاه واقع در ۱۵ کیلومتری شیراز و خاک سری چیتگر از منطقه سروستان فارس، فاکتور کود آلی در سه سطح شامل شاهد، کود گاوی به میزان ۴ درصد وزنی (با ماده آلی ۱۵/۸ درصد) و لجن فاضلاب به میزان ۲ درصد وزنی (با ماده آلی ۲۸/۹ درصد) و فاکتور فشردگی خاک در سه سطح شامل جرم مخصوص ظاهری ۱/۳، ۱/۵ و ۱/۷ گرم بر سانتی متر مکعب.

مقدار مورد نیاز از هر یک از خاک های مورد مطالعه از عمق ۰ تا ۲۰ سانتی متری سری های خاک مربوطه جمع آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. خاک ها پس از خشک شدن، از الک ۴ میلی متری عبور داده شد. مقداری از خاک از الک ۲ میلی متر عبور داده شده و برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک،

به‌میزان ۲۶ درصد افزایش یافته که ممکن است به‌دلیل محدود شدن اتلاف نیتروژن در خاک فشرده نسبت به خاک طبیعی غیرفشرده باشد. از آن‌جا که خاک سری دانشکده در مقایسه با دو خاک دیگر دارای مقدار رس و در نتیجه تخلخل کل بیش‌تر بوده در اثر فشرده شدن خاک و کاهش خلل و فرج، هوای خاک کاهش یافته و در نتیجه فعالیت ریزجانداران خاک و معدنی شدن نیتروژن کاهش یافته است. نتایج پژوهش‌های گذشته نیز نشان می‌دهد که معدنی‌شدن نیتروژن در خاک متراکم متأثر از کمبود هوای خاک، کاهش نفوذ آب به خاک و افزایش سطح هرزآب می‌باشد (14). لیبیک و استپنیوسکی (1995) کاهش هوای خاک در نتیجه افزایش نترات‌زدایی، کاهش معدنی‌شدن نیتروژن و کاهش تثبیت زیستی نیتروژن، تغییر در میزان آب خاک که بر حرکت و شسته شدن نیتروژن مؤثر است و تغییر در ساختمان خاک که سبب تغییر شکل ریشه می‌شود را از دلایل اولیه برای تغییرات فراهمی نیتروژن در خاک‌های فشرده عنوان کردند (14).

در خاک‌های مورد مطالعه کاربرد کود دامی و لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار میانگین مقدار نیتروژن کل در مقایسه با شاهد شد به‌طوری‌که مقدار نیتروژن کل در تیمارهایی که کود دامی و لجن فاضلاب دریافت کرده بودند به‌ترتیب به‌میزان ۲/۱ و ۷/۱ برابر در خاک سری کوی اساتید، ۷/۲ و ۱۹ برابر در خاک سری چیتگر، ۵۰ درصد و ۲/۷ برابر در خاک سری دانشکده در مقایسه با شاهد بیش‌تر بود (جدول ۳). نتایج همچنین نشان می‌دهد کاربرد لجن فاضلاب در مقایسه با کاربرد کود دامی میزان نیتروژن کل خاک را به مراتب بیش‌تر افزایش داده است که احتمالاً به‌دلیل آسان‌تر بودن تجزیه ماده آلی و نیز بیش‌تر بودن مقدار نیتروژن در لجن فاضلاب (۱/۶ درصد) در مقایسه با کود دامی (۱/۰۳ درصد) می‌باشد.

آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام شد و میانگین ویژگی‌های مورد بررسی با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه شد.

### نتایج و بحث

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس اثر فشردگی، ماده آلی، خاک و برهمکنش آن‌ها بر شکل‌های مختلف نیتروژن معدنی و ماده آلی را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که اثر خاک، فشردگی، ماده آلی و برهمکنش سه‌تایی آن‌ها بر مقدار نیتروژن کل (معدنی و آلی)، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن آمونیومی (در سطح ۱ یا ۵ درصد) معنی‌دار است (جدول ۲).

**نیتروژن کل (معدنی و آلی):** همان‌گونه که نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد مقدار نیتروژن کل (معدنی و آلی) در خاک سری دانشکده با بافت رسی نسبت به خاک‌های سری چیتگر با بافت لوم رسی و سری کوی اساتید با بافت لوم رسی سیلتی به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به‌میزان ۴۳ و ۳۴ درصد بیش‌تر است (جدول ۳). با توجه به این‌که مقدار ماده آلی بومی خاک سری دانشکده به‌میزان قابل‌توجهی بیش از دو خاک دیگر بوده است (۱/۸۵ درصد در برابر ۰/۴۹ و ۱ درصد به‌ترتیب برای خاک‌های سری کوی اساتید و چیتگر) بنابراین بیش‌تر بودن میزان نیتروژن کل در خاک سری دانشکده احتمالاً به‌دلیل معدنی شدن بیش‌تر نیتروژن آلی حاصل از ماده آلی بومی موجود در این خاک می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد فشردگی خاک اثر معنی‌داری بر مقدار نیتروژن کل در خاک‌های سری کوی اساتید و چیتگر نداشته در حالی‌که اثر فشردگی بر مقدار نیتروژن کل در خاک سری دانشکده معنی‌دار بود به‌گونه‌ای که مقدار نیتروژن کل در خاک سری دانشکده با جرم مخصوص ظاهری ۱/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب در مقایسه با شاهد (جرم مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب) به‌طور معنی‌داری

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه، کود گاوی و لجن فاضلاب مورد استفاده.

Table 1. Some physical and chemical properties of studied soils, cattle manure and sewage sludge.

نیترژن آمونیومی N-NH <sub>4</sub> (%)	نیترژن نیتراتی N-NO <sub>3</sub> (%)	نیترژن کل Total N (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	کلاس بافت Texture class	FC (%)	pH	OM (%)	EC (dS/m)	خاک کوی اساتید Kooye Asatid
0.017	0.0019	0.31	38	44	18	لوم رسی سیلتی Silty clay loam	16	7.9	0.49	0.45	خاک دانشکده Daneshkadeh
0.066	0.0026	0.84	60	36	3	رسی Clay	18	8	1.8	0.59	خاک چیتگر Chitgar
0.01	0.0029	0.27	32	44	24	لوم رسی Clay loam	20	7.9	1	0.61	کود گاوی Cattle manure
0.021	0.005	1.03	-	-	-	-	-	8.5	16	9.7	لجن فاضلاب Sewage Sludge
0.03	0.007	1.6	-	-	-	-	-	6.9	29	3.7	

\* EC, OM, pH and FC are electrical conductivity, organic matter content, pH and soil moisture (% w) at field capacity conditions, respectively (the electrical conductivity of soil, cattle manure and sewage sludge were determined in their 1:10 and 1:5 saturated extracts, respectively and their pH values were determined in 1:10 and 1:5 saturated pastes, respectively).  
مقادیر pH خاک، کود گاوی و لجن فاضلاب به ترتیب در خمیر اشباع، عصاره‌های ۱:۱۰ و ۱:۵ اندازه‌گیری شده است. مقدار کربن آلی در هر یک از موارد برابر با میزان ماده آلی تقسیم بر عدد ۱/۷۲۴ است.

\* EC, OM, pH and FC are electrical conductivity, organic matter content, pH and soil moisture (% w) at field capacity conditions, respectively (the electrical conductivity of soil, cattle manure and sewage sludge were determined in their 1:10 and 1:5 saturated extracts, respectively and their pH values were determined in 1:10 and 1:5 saturated pastes, respectively).

The amount of organic carbon content in each case is equal to organic matter content divided by 1.724.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر بافت، فشردگی و ماده آلی بر میزان شکل‌های مختلف نیتروژن خاک (درصد).

**Table 2. Analysis of variance for the effect of soil texture, compaction and organic matter on the amount of different soil nitrogen forms (%).**

F-value				منابع تغییرات Source of variation
نیتروژن آمونیومی N-NH <sub>4</sub>	نیتروژن نیتراتی N-NO <sub>3</sub>	نیتروژن کل Total nitrogen	درجه آزادی DF	
0.021**	0.00003**	0.03**	2	خاک Soil
0.002*	0.000032**	0.0025*	2	فشردگی Compaction
0.109**	0.0009**	0.21 <sup>ns</sup>	1	ماده آلی Organic matter
0.0008 <sup>ns</sup>	0.000004**	0.001 <sup>ns</sup>	4	خاک * فشردگی Soil * Compaction
0.0003 <sup>ns</sup>	0.00006**	0.007**	2	خاک * ماده آلی Soil * Organic matter
0.0017*	0.00003**	0.002*	2	فشردگی * ماده آلی Compaction * Organic matter
0.002**	0.0000054**	0.0021**	4	خاک * فشردگی * ماده آلی Soil * Compaction * Organic matter

\* و \*\* از نظر آماری با استفاده از آزمون F به ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار می‌باشند. <sup>ns</sup> از نظر آماری با استفاده از آزمون F معنی‌دار نیست.

\* and \*\* are significant at probability levels of 0.01 and 0.05 based on F test. <sup>ns</sup> is not significant based on F test.

جدول ۳- اثر فشردگی (جرم مخصوص ظاهری) و ماده آلی بر میزان نیتروژن کل (درصد) در خاک‌های آهکی مورد مطالعه.

**Table 3. Effect of compaction (bulk density) and organic matter on total nitrogen content (%) in the studied calcareous soils.**

میانگین Mean	ماده آلی افزوده شده Applied organic matter		جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب) Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )
	لجن فاضلاب (۲ درصد وزنی) Sewage sludge (2% w)	کود دامی (۴ درصد وزنی) Cattle manure (4%w)	
خاک سری کوی اساتید (Mean = 0.12B) (میانگین = ۰/۱۲B) Kooye Asatid soil series			
0.13 <sup>A</sup>	0.26 <sup>a</sup>	0.09 <sup>bc</sup>	0.03 <sup>d*</sup>
0.13 <sup>A</sup>	0.26 <sup>a</sup>	0.08 <sup>bc</sup>	0.03 <sup>d</sup>
0.122 <sup>A</sup>	0.22 <sup>a</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.03 <sup>d</sup>
	0.25 <sup>A</sup>	0.095 <sup>B</sup>	0.031 <sup>C</sup>
میانگین			
خاک سری چینگر (Mean = 0.11B) (میانگین = ۰/۱۱B) Chitgar soil series			
0.098 <sup>A</sup>	0.2 <sup>b</sup>	0.09 <sup>c</sup>	0.014 <sup>c</sup>
0.102 <sup>A</sup>	0.18 <sup>b</sup>	0.09 <sup>c</sup>	0.04 <sup>d</sup>
0.11 <sup>A</sup>	0.26 <sup>a</sup>	0.09 <sup>c</sup>	0.03 <sup>d</sup>
	0.22 <sup>A</sup>	0.09 <sup>B</sup>	0.011 <sup>C</sup>
میانگین			
خاک سری دانشکده (Mean = 0.19A) (میانگین = ۰/۱۹A) Daneshkadeh soil series			
0.172 <sup>B</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.152 <sup>c</sup>	0.081 <sup>d</sup>
0.170 <sup>B</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.154 <sup>c</sup>	0.09 <sup>d</sup>
0.217 <sup>A</sup>	0.4 <sup>a</sup>	0.17 <sup>bc</sup>	0.083 <sup>d</sup>
	0.31 <sup>A</sup>	0.16 <sup>B</sup>	0.084 <sup>C</sup>
میانگین			

\* میانگین‌های با حداقل یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک در هر ردیف یا ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

\* Means followed by the same lowercase or capital letters in each row or column are not significantly different (P<0.05) based on Duncan test.

نیتروژن نیتراتی: جدول ۴ اثر فشردگی (جرم مخصوص ظاهری) و ماده آلی بر میزان نیتروژن نیتراتی در خاک‌های آهکی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد هر چند مقدار نیتروژن نیتراتی در خاک سری کوی اساتید نسبت به خاک‌های سری دانشکده و چیتگر مقداری بیش‌تر بود اما از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین میزان نیتروژن نیتراتی خاک‌های مورد مطالعه وجود نداشت (جدول ۴).

همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد بیش‌ترین میزان نیتروژن کل در خاک سری دانشکده (با جرم مخصوص ظاهری ۱/۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب) با کاربرد لجن فاضلاب به میزان ۰/۴ درصد است در حالی‌که کم‌ترین میزان نیتروژن کل در خاک سری چیتگر (با جرم مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب) و بدون کاربرد کود یا لجن فاضلاب به میزان ۰/۰۱۴ درصد می‌باشد (جدول ۳).

جدول ۴- اثر فشردگی (جرم مخصوص ظاهری) و ماده آلی بر میزان نیتروژن نیتراتی (درصد) در خاک‌های آهکی مورد مطالعه.

**Table 4. Effect of compaction (bulk density) and organic matter on N-NO<sub>3</sub> content (%) in the studied calcareous soils.**

میانگین Mean	ماده آلی افزوده شده matter organic Applied			جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )
	لجن فاضلاب (۲ درصد وزنی) Sewage sludge (2% w)	کود دامی (۴ درصد وزنی) Cattle manure (4% w)	0	
خاک سری کوی اساتید (میانگین = ۰/۰۰۷A) Kooye Asatid soil series (Mean = 0.007A)				
0.0074 <sup>B</sup>	0.018 <sup>b</sup>	0.0018 <sup>d</sup>	0.002 <sup>d*</sup>	1.3
0.0064 <sup>B</sup>	0.017 <sup>b</sup>	0.0008 <sup>e</sup>	0.0018 <sup>d</sup>	1.5
0.009 <sup>A</sup>	0.025 <sup>a</sup>	0.008 <sup>c</sup>	0.0017 <sup>d</sup>	1.7
	0.02 <sup>A</sup>	0.0011 <sup>B</sup>	0.0019 <sup>B</sup>	میانگین Mean
خاک سری چیتگر (میانگین = ۰/۰۰۵A) Chitgar soil series (Mean = 0.005A)				
0.0049 <sup>A</sup>	0.011 <sup>ab</sup>	0.0009 <sup>c</sup>	0.003 <sup>c</sup>	1.3
0.0048 <sup>A</sup>	0.009 <sup>b</sup>	0.003 <sup>c</sup>	0.0017 <sup>d</sup>	1.5
0.006 <sup>A</sup>	0.013 <sup>a</sup>	0.0018 <sup>d</sup>	0.0033 <sup>c</sup>	1.7
	0.0121 <sup>A</sup>	0.002 <sup>B</sup>	0.0026 <sup>B</sup>	میانگین Mean
خاک سری دانشکده (میانگین = ۰/۰۰۶A) Daneshkadeh soil series (Mean = 0.006A)				
0.004 <sup>B</sup>	0.007 <sup>c</sup>	0.0016 <sup>d</sup>	0.0033 <sup>d</sup>	1.3
0.005 <sup>B</sup>	0.011 <sup>b</sup>	0.002 <sup>d</sup>	0.0022 <sup>d</sup>	1.5
0.008 <sup>A</sup>	0.018 <sup>a</sup>	0.002 <sup>d</sup>	0.0032 <sup>d</sup>	1.7
	0.011 <sup>A</sup>	0.0019 <sup>B</sup>	0.0029 <sup>B</sup>	میانگین Mean

\* میانگین‌های با حداقل یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک در هر ردیف یا ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

\* Means followed by the same lowercase or capital letters in each row or column are not significantly different (P<0.05) based on Duncan test.

افزایش در خاک سری چیتگر از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. افزایش جرم مخصوص ظاهری از ۱/۳ به ۱/۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب در

نتایج نشان می‌دهد به‌طورکلی با افزایش فشردگی (جرم مخصوص ظاهری)، میانگین نیتروژن نیتراتی در خاک‌های مورد مطالعه افزایش یافت (هر چند این

تصعید نیتروژن هموارتر و آماده‌تر است) و با توجه به شرایط pH قلیایی خاک، عمده نیتروژن حاصل از فرایند معدنی‌شدن نیتروژن، تصعید و از خاک خارج شده و کم‌تر به نترات تبدیل شده است به همین دلیل مقدار نیتروژن نیتراتی در سطوح فشرده‌گی کم در خاک‌های مورد مطالعه، کم‌تر از سطوح فشرده‌گی زیاد می‌باشد (جدول ۴).

نتایج نشان داد کاربرد کود دامی اثر معنی‌داری بر میانگین نیتروژن نیتراتی در خاک‌های مورد مطالعه نداشت در حالی‌که کاربرد لجن فاضلاب میانگین نیتروژن نیتراتی خاک را به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به‌میزان ۱۰/۵، ۴/۷ و ۳/۸ برابر در خاک‌های سری کوی اساتید، سری چیتگر و سری دانشکده افزایش داد (جدول ۴). که ممکن است به‌دلیل آسان‌تر بودن تجزیه ماده آلی حاصل از لجن فاضلاب و نیز بیش‌تر بودن مقدار نیتروژن در لجن فاضلاب در مقایسه با کود دامی باشد.

نتایج برهمکنش کاربرد ماده آلی و فشرده‌گی نشان می‌دهد به‌طورکلی افزودن مواد آلی به‌ویژه لجن فاضلاب اثرات منفی ناشی از فشرده‌گی بر میزان نیتروژن نیتراتی خاک را به‌طور معنی‌داری در خاک‌های مورد مطالعه کاهش داده است. به‌طوری‌که در تیمار شاهد (بدون افزودن ماده آلی) با افزایش جرم مخصوص ظاهری میزان نیتروژن نیتراتی در خاک‌های مورد مطالعه کاهش یافته است (هر چند برخی از کاهش‌ها معنی‌دار نیست) در حالی‌که در خاک‌هایی که کود دامی یا لجن فاضلاب دریافت کرده‌اند نه تنها میزان نیتروژن نیتراتی کاهش نیافته بلکه افزایش نیز یافته است (جدول ۴). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های ریکوسکی (2000) که بیان می‌کند افزودن مواد آلی مانند کودهای دامی

خاک‌های مورد مطالعه هر چند میانگین نیتروژن نیتراتی را افزایش داد ولی این افزایش در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. در حالی‌که افزایش جرم مخصوص ظاهری از ۱/۳ به ۱/۷ گرم سانتی‌مترمکعب میانگین نیتروژن نیتراتی را در خاک‌های سری کوی اساتید و سری دانشکده به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به‌میزان ۱/۲ و ۲ برابر افزایش داد (جدول ۴). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های برلند و هانسن (1996) که گزارش کردند مقدار نیتروژن معدنی در خاک‌های متراکم به‌دلیل کاهش نیترات‌سازی حاصل از کاهش هوا (اکسیژن) خاک و همچنین از دست رفتن نیتروژن به‌صورت تصعید کم‌تر از خاک‌های غیرمتراکم است تطابق ندارد (5). بهاندرا و همکاران (2007) نیز بیان می‌کنند نیترات‌سازی (تبدیل آمونیوم و اوره به نترات) به‌دلیل فشرده‌گی خاک بسیار کند انجام شده و در خاک‌های فشرده پس از ۸ روز غلظت نترات به بیش‌ترین حد خود می‌رسد در حالی‌که در خاک‌های غیرفشرده این زمان ۴ روز می‌باشد (3). عدم تطابق نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهشگران نام‌برده ممکن است به‌دلیل شرایط متفاوت آزمایشی (عدم وجود گیاه و جذب نیتروژن به‌وسیله گیاه و عدم مصرف آب مازاد بر ظرفیت نگهداری آب خاک و آبشویی نیتروژن معدنی شده) در این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های ذکر شده باشد. خاک‌های مورد مطالعه در این پژوهش همگی آهکی و دارای pH قلیایی (بیش‌تر از ۷) بودند که می‌تواند بر رشد و فعالیت ریزجانداران مؤثر باشد و همچنین شرایط را برای تصعید نیتروژن فراهم نماید. از آن‌جا که در سطوح کم فشرده‌گی (جرم مخصوص ۱/۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب)، تخلخل و در نتیجه هوای خاک کاهش نیافته و در مقایسه با سطوح زیادتر فشرده‌گی، تخلخل کل و هوای خاک بیش‌تر است (مسیر برای



است. هر چند تفاوت بین مقدار نیتروژن آمونیومی در خاک‌های سری کوی اساتید و سری چیتگر از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵). میزان بیش‌تر نیتروژن آمونیومی در خاک سری دانشکده در مقایسه با دو خاک دیگر ممکن است به مقدار زیاد رس و در نتیجه سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی بیش‌تر این خاک مرتبط باشد. رس‌های موجود در خاک‌های مورد مطالعه براساس گزارش ابطحی و همکاران (1991) تقریباً یکسان و به‌طور عمده از نوع ایلیت، کلرایت و پالگورسکیت است (1).

اثر فشردگی بر میانگین نیتروژن آمونیومی خاک‌های سری کوی اساتید و چیتگر در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری نداشت. در خاک سری دانشکده نیز بین میانگین نیتروژن آمونیومی در مقادیر جرم مخصوص ظاهری  $1/3$  و  $1/5$  گرم بر سانتی‌مترمکعب اختلاف معنی‌دار وجود نداشت در حالی‌که میانگین نیتروژن آمونیومی در خاک سری دانشکده با جرم مخصوص ظاهری  $1/7$  گرم بر سانتی‌مترمکعب به‌طور معنی‌داری به‌میزان حدود  $1/3$  برابر بیش‌تر از خاک‌هایی با جرم مخصوص  $1/3$  و  $1/5$  گرم بر سانتی‌مترمکعب بود (جدول ۵). با توجه به رسی‌تر بودن خاک سری دانشکده نسبت به دو خاک دیگر مورد مطالعه، اعمال جرم مخصوص ظاهری  $1/7$  گرم بر سانتی‌مترمکعب در این خاک احتمالاً به‌دلیل محدود کردن وضعیت تهویه و مرطوب ماندن بیش‌تر خاک و در نتیجه دمای کم‌تر از کامل شدن فرایند معدنی‌شدن نیتروژن (تبدیل نیتروژن آلی به آمونیوم و سپس به نیترات) ممانعت به عمل آورده و در نتیجه مقدار نیتروژن بیش‌تری به شکل آمونیوم در خاک باقی‌مانده است. خلیلیان و همکاران (1991) نیز بیان کردند تهویه ضعیف خاک‌های فشرده،

به‌دلیل تأثیرات مثبت بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک ممکن است یک روش اصلاح فشردگی خاک باشد و اثرات منفی ناشی از تراکم خاک بر رشد گیاهان را کاهش دهد نیز مطابقت دارد (20). همچنین با نتایج مصدقی و همکاران (2000) و برادی و همکاران (2006) که گزارش کردند افزودن مواد آلی حجیم به خاک ممکن است به‌طور مستقیم چگالی ظاهری و فشردگی را کاهش و تخلخل را افزایش داده و نفوذ و ظرفیت نگهداری آب را متناسب کرده و سبب می‌شود که آب و هوای کافی برای فعالیت میکروبی در دسترس گیاهان و ریزجانداران قرار گرفته و در نتیجه معدنی‌شدن نیتروژن افزایش یابد، نیز مطابقت دارد (4, 15).

همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد کم‌ترین مقدار نیتروژن نیتراتی در خاک سری کوی اساتید با جرم مخصوص ظاهری  $1/5$  گرم بر سانتی‌مترمکعب و کاربرد کود دامی (به‌میزان  $0/0008$  درصد) بود در حالی‌که بیش‌ترین مقدار نیتروژن نیتراتی در خاک سری کوی اساتید با جرم مخصوص ظاهری  $1/7$  گرم بر سانتی‌مترمکعب و کاربرد لجن فاضلاب (به‌میزان  $0/025$  درصد) بود (جدول ۴).

نیتروژن آمونیومی: جدول ۵ اثر فشردگی (جرم مخصوص ظاهری) و ماده آلی بر میزان نیتروژن آمونیومی (آمونیوم کل) در خاک‌های آهکی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد میانگین مقدار نیتروژن آمونیومی در خاک سری دانشکده با بافت رسی ( $0/13$  درصد) در مقایسه با خاک سری کوی اساتید با بافت لوم رسی سیلتی ( $0/08$  درصد) و سری چیتگر با بافت لوم رسی ( $0/06$  درصد) به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به‌میزان  $1/6$  و  $2/2$  برابر بیش‌تر

که احتمالاً به دلیل مقدار زیادتر ماده آلی در لجن فاضلاب، آسان‌تر بودن تجزیه ماده آلی آن و نیز بیش‌تر بودن مقدار نیتروژن در لجن فاضلاب در مقایسه با کود دامی می‌باشد.

نتایج برهمکنش کاربرد ماده آلی و فشردگی نشان می‌دهد به‌طور کلی افزودن مواد آلی به‌ویژه لجن فاضلاب اثرات منفی ناشی از فشردگی بر میزان نیتروژن آمونیومی خاک را به‌طور معنی‌داری در خاک‌های مورد مطالعه کاهش داده است. به‌طوری‌که در تیمار شاهد (بدون افزودن ماده آلی) با افزایش جرم مخصوص ظاهری میزان نیتروژن آمونیومی در خاک‌های مورد مطالعه کاهش یافته است (هر چند برخی از کاهش‌ها معنی‌دار نیست) در حالی‌که در خاک‌هایی که کود دامی یا لجن فاضلاب دریافت کرده‌اند نه تنها میزان نیتروژن آمونیومی کاهش نیافته بلکه افزایش نیز یافته است (جدول ۵). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های ریکوسکی (2006)، مصدقی و همکاران (2001) و برادی و همکاران (2006) که به‌طور کلی گزارش کردند افزودن مواد آلی به خاک می‌تواند به‌عنوان یک روش اصلاحی برای فشردگی خاک باشد و به‌طور مستقیم چگالی ظاهری و فشردگی را کاهش و تخلخل را افزایش داده و نفوذ و ظرفیت نگهداری آب را متناسب کرده و سبب شود که آب و هوای کافی برای فعالیت میکروبی در دسترس گیاهان و ریزجانداران قرار گرفته و در نتیجه معدنی‌شدن نیتروژن افزایش و اثرات منفی ناشی از تراکم بر رشد گیاه کاهش یابد، نیز مطابقت دارد (4, 15, 20).

معدنی‌شدن ماده آلی را کاهش داده که این امر سبب کاهش معدنی‌شدن نیتروژن و سایر عناصر و در نتیجه کاهش جذب آن‌ها به‌وسیله گیاه می‌شود. این پژوهشگران بیان کردند نترات‌زدایی در خاک‌های فشرده و اتلاف نیتروژن به‌صورت گاز از جمله عوامل دیگری است که سبب کاهش جذب نیتروژن و کاهش غلظت آن در بافت‌های گیاهی رشد یافته در خاک‌های فشرده می‌شود (13). متولی و همکاران (2003) نیز بیان کرد در هنگام بهار هنگامی که خاک مرطوب است خاک متراکم ممکن است نسبت به خاک غیرفشرده میزان آب بیش‌تر و در نتیجه دمای کم‌تری داشته باشد که می‌تواند منجر به سرعت کم معدنی‌شدن نیتروژن در خاک شود (16).

نتایج نشان داد کاربرد کود دامی و لجن فاضلاب سبب افزایش معنی‌دار میانگین نیتروژن آمونیومی در خاک‌های مورد مطالعه شد (به‌جز اثر کود دامی بر نیتروژن آمونیومی خاک که در خاک سری چیتگر از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود). به‌طوری‌که کاربرد کود دامی و لجن فاضلاب در مقایسه با شاهد میانگین نیتروژن آمونیومی را به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به‌میزان  $3/2$  و  $9/8$  برابر در خاک سری کوی اساتید،  $2/6$  و  $15$  برابر در خاک سری چیتگر و  $1/7$  و  $3/2$  برابر در خاک سری دانشکده افزایش داد (جدول ۵). با توجه به این‌که کود دامی و لجن فاضلاب یکی از منابع تأمین نیتروژن در خاک می‌باشند نتایج فوق قابل انتظار است. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد اثر کاربرد لجن فاضلاب بر میزان نیتروژن آمونیومی خاک به مراتب بیش‌تر از اثر کاربرد کود دامی است

جدول ۵- اثر فشردگی (جرم مخصوص ظاهری) و ماده آلی بر میزان نیتروژن آمونیومی (درصد) در خاک‌های مورد مطالعه.

**Table 5. Effect of compaction (bulk density) and organic matter on N-NH<sub>4</sub> content (%) in the studied calcareous soils.**

میانگین	ماده آلی افزوده شده			جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )
	Applied organic matter			
Mean	لجن فاضلاب (۲ درصد وزنی) Sewage sludge (2% w)	کود دامی (۴ درصد وزنی) Cattle manure (4%w)	0	
خاک سری کوی اساتید (۰/۰۸B میانگین) (Mean = 0.08B) Kooye Asatid soil series				
0.0074 <sup>A</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.031 <sup>cd</sup>	0.011 <sup>d*</sup>	1.3
0.0064 <sup>A</sup>	0.18 <sup>a</sup>	0.037 <sup>cd</sup>	0.017 <sup>d</sup>	1.5
0.009 <sup>A</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.066 <sup>c</sup>	0.022 <sup>cd</sup>	1.7
	0.166 <sup>A</sup>	0.054 <sup>B</sup>	0.017 <sup>C</sup>	میانگین
خاک سری چیتگر (۰/۰۶B میانگین) (Mean = 0.06B) Chitgar soil series				
0.06 <sup>A</sup>	0.14 <sup>b</sup>	0.035 <sup>d</sup>	0.0007 <sup>e</sup>	1.3
0.05 <sup>A</sup>	0.1b <sup>c</sup>	0.031 <sup>d</sup>	0.02 <sup>d</sup>	1.5
0.08 <sup>A</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.013 <sup>d</sup>	0.008 <sup>e</sup>	1.7
	0.15 <sup>A</sup>	0.026 <sup>B</sup>	0.01 <sup>B</sup>	میانگین
خاک سری دانشکده (۰/۱۳A میانگین) (Mean = 0.13A) Daneshkadeh soil series				
0.117 <sup>B</sup>	0.19 <sup>b</sup>	0.098 <sup>cd</sup>	0.064 <sup>d</sup>	1.3
0.115 <sup>B</sup>	0.17 <sup>b</sup>	0.106 <sup>c</sup>	0.072 <sup>cd</sup>	1.5
0.15 <sup>A</sup>	0.24 <sup>a</sup>	0.115 <sup>c</sup>	0.062 <sup>d</sup>	1.7
	0.21 <sup>A</sup>	0.11 <sup>B</sup>	0.066 <sup>C</sup>	میانگین

\* میانگین‌های با حداقل یک حرف کوچک یا بزرگ مشترک در هر ردیف یا ستون از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

\* Means followed by the same lowercase or capital letters in each row or column are not significantly different (P<0.05) based on Duncan test.

### نتیجه‌گیری

معنی‌داری افزایش داد. در حالی که کاربرد کود دامی اثر معنی‌داری بر نیتروژن نیتراتی نداشت ولی کاربرد لجن فاضلاب احتمالاً به دلیل محتوای بیش‌تر نیتروژن نیتراتی، میزان نیتروژن نیتراتی را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. به‌طور کلی افزودن مواد آلی به‌ویژه لجن فاضلاب اثرات منفی ناشی از فشردگی بر میزان نیتروژن نیتراتی و نیتروژن آمونیومی خاک را به‌طور معنی‌داری در خاک‌های مورد مطالعه کاهش داد. بنابراین پیشنهاد می‌شود با اضافه کردن مواد آلی به خاک علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی در خاک، ایجاد شرایط فیزیکی،

نتایج نشان داد مقدار نیتروژن کل و نیتروژن آمونیومی در خاک سری دانشکده نسبت به دو خاک دیگر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود در حالی که نیتروژن نیتراتی در خاک‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نداشت. فشردگی خاک سبب افزایش معنی‌دار نیتروژن کل، نیتروژن نیتراتی و آمونیومی در خاک سری دانشکده شد در حالی که اثر معنی‌داری بر نیتروژن کل و نیتروژن آمونیومی دو خاک دیگر نداشت. کاربرد کود دامی و به‌ویژه لجن فاضلاب نیتروژن کل و نیتروژن آمونیومی خاک را به‌طور

### سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی و بخش علوم خاک دانشگاه شیراز به سبب فراهم آوردن امکانات لازم جهت انجام این پژوهش صمیمانه تشکر و سپاسگزاری به عمل می‌آید.

شیمیایی و زیستی مناسب برای رشد گیاهان و ریزجانداران در خاک، از فشردگی خاک و اثرات نامطلوب آن نیز جلوگیری شده و کیفیت خاک به‌ویژه کیفیت فیزیکی خاک برای نسل‌های آینده حفظ شود.

### منابع

1. Abtahi, A., Karimian, N., and Solhi, M. 1991. Semi-detailed Soil Science Report of Bajgah Region- Fars Province. Shiraz University.
2. Barzegar, A. 2001. Advanced Soil Physics. Shahid Chamran University Press, Ahvaz, Iran. 332p.
3. Bhandral, R., Saggarr, S., Bolan, N.S., and Hedley, M.J. 2007. Transformation of nitrogen and nitrous oxide emission from grassland soils as affected by compaction. *Soil Till. Res.* 94: 482-492.
4. Braida, J.A., Reichert, J.M., Veiga, M., and Reinert, D.J. 2006. Mulch and soil organic carbon content and the relationship with the maximum soil density obtained in the proctor test. *Revista Brasileira de Cie^ncia doSolo.* 30: 605-614.
5. Breland, T.A., and Hansen, S. 1996. Nitrogen mineralization and microbial biomass as affected by soil compaction. *Soil Biol. Biochem.* 28: 655-663.
6. Bremner, J.M. 1996. Nitrogen Total. P 1085-1122, In: D.L. Sparks et al. (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part III*, 3<sup>rd</sup> ed., ASA and SSSA, Madison, WI.
7. Bulmer, C.E., and Simpson, D.G. 2005. Soil compaction and water content as factors affecting the growth of lodgepole pine seedlings on sandy clay loam soil. *Can. J. Soil Sci.* 85: 5. 667-679.
8. Carran, R.A., Theobald, P.W., and Evans, J.P. 1995. Emission of nitrous oxide from some grazed pasture soils in New Zealand. *Austr. J. Soil Res.* 33: 341-352.
9. De Neve, S., and Hofman, G. 2000. Influence of soil compaction on carbon and nitrogen mineralization of soil organic matter and crop residues. *Biol. Fert. Soils.* 30: 544-549.
10. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis, hydrometer method. P 404-408, In: A. Klute et al. (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part I*, 3<sup>rd</sup> ed., ASA and SSSA, Madison, WI.
11. Hamza, M.A., and Anderson, W.K. 2005. Soil compaction in cropping systems, a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Till. Res.* 82: 121-145.
12. Hochmuth, G., Maynard, D., Vavrina, C., Hanlon, E., and Simonne, E. 2009. Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida. University of Florida, IFAS Extension. Pp: 38-50.
13. Khalilian, A., Hood, C.E., Palmer, J.H., Garner, T.H., and Bathke, G.R. 1991. Soil compaction and crop response to nutrients. *Soil Till. Res.* 35: 37-52.
14. Lipiec, J., and Stepniewski, W. 1995. Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients. *Soil Till. Res.* 35: 37-52.
15. Mosaddeghi, M.R., Hajabbasi, M.A., Hemmat, A., and Afyun, M. 2000. Soil compatibility as affected by soil moisture content and farmyard manure in central Iran. *Soil Till. Res.* 55: 87-97.
16. Motavalli, P.P., Anderson, S.H., and Pengthamkeerati, P. 2003. Surface compaction and poultry litter effects on corn growth, nitrogen availability, and physical properties of a clay pan soil. *Field Crops Res.* 84: 303-318.
17. Mulvaney, R.L. 1996. Nitrogen-inorganic forms. P 1123-1184, In: D.L. Sparks et al. (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part III*, 3<sup>rd</sup> ed., ASA and SSSA, Madison, WI.

18. Nelson, D., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P 961-1010, In: D.L. Sparks et al. (eds.), Methods of Soil Analysis. Part III, 3<sup>rd</sup> ed., ASA and SSSA, Madison, WI.
19. Novara, A., Armstrong, A., Gristina, L., Semple, K.T., and Quinton, J.N. 2012. Effects of soil compaction, rain exposure and their interaction on soil carbon dioxide emission. *Earth Surf. Process. Landforms.* 37: 9. 1-6.
20. Reicosky, D.C. 2000. Tillage-induced soil properties and gas exchange. Proceedings 15<sup>th</sup> International Conference of the International Soil Tillage Research Organization, "ISTRO 2000", 2-7 July, 2000. Ft. Worth, TX, USA. Topic 8 (CD-ROM computer file).
21. Soane, B.D. 1990. The role of organic matter in soil compactibility: a review of some practical aspects. *Soil Till. Res.* 16: 179-200.
22. Wolkowski, R.P. 1990. Relationship between wheel-traffic induced soil compaction, nutrient availability, and crop growth: a review. *J. Prod. Agric.* 3: 460-469.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(3), 2015*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Effect of Soil Compaction and Organic Matter on Nitrogen Mineralization in Calcareous Soils**

**\*A.A. Moosavi<sup>1</sup>, B. Salehi<sup>2</sup>, M. Dehghan<sup>2</sup> and M. Jafari Haghighi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Shiraz,

<sup>2</sup>M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, University of Shiraz

Received: 09/02/2013; Accepted: 08/26/2014

### **Abstract**

**Background and Objectives:** Drought and low organic matter content of soil and intensive movement of agricultural machines result in soil compaction and inducing some problems in soil aeration, infiltration and the availability of nutrient elements which consequently result in yield reduction and even death of plant. Therefore, the present study was conducted to evaluate the effects of soil compaction and organic matter on nitrogen mineralization in different calcareous soils.

**Materials and Methods:** In order to studying the effect of soil compaction (bulk densities of 1.3, 1.5 and 1.7 g cm<sup>-3</sup>) and organic matter (manure and sewage sludge of 2 and 4 %W, respectively) application on nitrogen mineralization, columns of three calcareous soils of Daneshkadeh (Clay) and Kooyeh Asatid (Silty clay loam) series of Bajgah and Chitgar (Clay loam) series of Sarvestan from Fars province with the mentioned bulk densities were prepared after mixing the soils with the organic matters. The prepared soil columns were maintained at 25 to 30 °C temperature and field capacity conditions (water contents of 16 to 20 %W depend on the type of soil). Total N, nitrate and ammonium were measured in soil columns after 50 days.

**Results:** At the end of experiment the total N and ammonium contents of Daneshkadeh soil series were significantly higher than the others, while the nitrate content of studied soils were not significantly different ( $P < 0.05$ ). Soil compaction increased total N, nitrate and ammonium content of Daneshkadeh soil series, significantly; while did not affect the total N and ammonium content of the other soils ( $P < 0.05$ ). Application of manure and especially sewage sludge increased the total N and ammonium content of studied soils, significantly. Application of manure did not affect nitrate content of soils, while application of sewage sludge increased it, significantly ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** In general, manure and especially sewage sludge application reduced the adverse effects of compaction on nitrate and ammonium contents of soils, significantly. Therefore, application of organic matter is recommended for inhibition of soil compaction and its adverse effects, and for preservation of soil physical quality.

**Keywords:** Ammonium, Soil compaction, Mineral nitrogen, Nitrate

---

\* Corresponding Author; Email: [aamousavi@gmail.com](mailto:aamousavi@gmail.com)