

تأثیر نوع و مقدار رس و نوع کاتیون تبدالی بر معدنی شدن نیتروژن آلی بقایای گیاهی

احمد گلچین^۱ و فاطمه رخس^۲

۱ و ۲- استاد و دانشجوی دکتری گروه خاکشناسی، دانشگاه زنجان

چکیده:

کانی‌های رسی تأثیر زیادی بر دینامیک ماده آلی خاک دارند و رس‌ها با حفاظت فیزیکی از ماده آلی سرعت تجزیه آن را کاهش می‌دهند. هدف این مطالعه بررسی تأثیر نوع و مقدار رس و نوع کاتیون تبدالی بر معدنی شدن نیتروژن آلی بود. برای این منظور مقادیر مشخصی از کانی‌های رسی کائولینیت، ایلیت و مونت‌موریلونیت اشباع شده با کاتیون‌های سدیم، کلسیم و آلومینیوم با شن خالص مخلوط شدند تا خاک‌های مصنوعی با مقدار رس، کاتیون تبدالی و نوع رس متفاوت تهیه گردند. بقایای گیاهی یونجه به خاک‌های مصنوعی اضافه و خاک‌ها با فلور میکروبی یک خاک طبیعی تلقیح و به مدت ۶۰ روز خوابانیده شدند و غلظت نیتروژن آمونیومی و نیتراتی هر ۳۰ روز یک‌بار در نمونه‌های فرعی تهیه شده از خاک مصنوعی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد در مدت دو ماه خوابانیدن، درصد نیتروژن معدنی شده، در شن خالص بیشتر از خاک‌هایی با مقادیر ۵ و ۱۰ درصد رس بود که این امر نشان می‌دهد که مقدار رس بر ظرفیت خاک‌ها در نگهداشت نیتروژن آلی مؤثر است. بیشترین و کمترین درصد نیتروژن معدنی شده به ترتیب در خاک‌هایی با کاتیون‌های تبدالی کلسیم و آلومینیوم اندازه‌گیری گردیدند. درصد نیتروژن معدنی شده در مدت دو ماه خوابانیدن در خاک‌هایی با رس کائولینیت حداکثر و در خاک‌هایی با رس مونت‌موریلونیت حداقل بود.

واژه‌های کلیدی: آمونیوم، ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی، نترات، نوع رس.

مقدمه:

شناخت مکانیسم‌های پایدار کننده ماده آلی در خاک، امری ضروری برای تعیین نقش ماده آلی در تغذیه گیاهان، ذخیره ماده آلی در خاک و جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای است (Smernik and Skjemstad, 2009). مطالعات اخیر نشان می‌دهند که کانی‌های رسی نقش مهمی در پایداری ماده آلی در خاک و به‌خصوص ترکیبات نیتروژن دار آلی دارند (Kleber et al., 2007; Nannipieri and Eldor, 2009; Knicker, 2011). رس‌ها ماده آلی خاک را از تجزیه سریع میکروبی حفظ می‌کنند و از طریق مکانیسم‌های مختلفی همچون حفاظت فیزیکی خاک از ماده آلی، به پایدار شدن آن کمک می‌کنند (Krull et al., 2003; von Lützow et al., 2006; Six and Paustian, 2014). معدنی شدن نیتروژن یک فرایند میکروبی است که تحت تأثیر فاکتورهایی مانند دما و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌ها قرار دارد. مقدار رس خاک بر سرعت معدنی شدن نیتروژن مؤثر است و سرعت معدنی شدن نیتروژن در خاک‌هایی با بافت درشت بیشتر از خاک‌هایی با بافت ریز است. خاک‌هایی ریز بافت مقدار رس بیشتری دارند و به دلیل وجود تخلخل ریز فراوان در این خاک‌ها، ماده آلی از تجزیه میکروبی حفظ می‌شود (Deenik, 2006). ترکیبات نیتروژن دار می‌توانند بر سطح رس‌ها جذب شوند و رس‌ها انتقال این مولکول‌ها به آب خاک را به تأخیر انداخته و با جذب و غیرفعال کردن آنزیم‌های برون سلولی که توسط موجودات تجزیه کننده و برای شکستن مولکول‌های آلی ترشح می‌کنند باعث کاهش سرعت تجزیه میکروبی این ترکیبات می‌شوند (Kögel-Knabner et al., 2008). به‌طور کلی، طول عمر و پایداری مواد آلی بستگی به قدرت پیوند این مواد با کاتیون‌های تبدالی رس‌ها مانند کلسیم، آهن و آلومینیوم و کاتیون‌های ساختمانی آن‌ها دارد (Nguyen et al., 2004). کاتیون‌های تبدالی همچون با تغییر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و تأثیر بر خاکدانه‌سازی و فعالیت میکروبی می‌توانند تأثیر شگرفی بر دینامیک ماده آلی داشته باشند (Golchin et al., 1996). مطالعات بسیاری نشان می‌دهند که مقدار ماده آلی خاک همبستگی مثبتی با مقدار رس خاک یا ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) آن دارد (Zech et al., 1997; Wang and Wang, 2007). در نتیجه سرعت معدنی شدن ماده آلی و تجزیه بقایای گیاهی در خاک‌های شنی سریع‌تر از خاک‌های رسی می‌باشد (Catroux et al. 1987; Ladd et al. 1990; Hassink et al. 1990; Verberne et al. 1990).

معدنی شدن کمتر در خاک‌های رسی به دلیل حفاظت فیزیکی خاک از ماده آلی و بیوماس میکروبی می‌باشد (Verberne et al., 1990). کانی‌های رسی فیلوسیلیکاته نقش مهمی در نگهداشت نیتروژن آلی دارند (Deb and Shukla, 2011; Grandy et al., 2009). کوارتز و کانی‌های رسی غیر منبسط شونده مانند کائولینیت پیوندی ضعیفی با ماده آلی خاک دارند درحالی‌که فیلوسیلیکات‌های لایه‌ای منبسط شونده مانند مونت‌موریلونیت با سطوح داخلی زیاد توانایی بیشتری برای جذب ماده آلی دارند (Von Lützow et al., 2006; Yu et al., 2013). وگل^۱ و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که ماده آلی به‌طور یکنواخت به سطح بیرونی ذرات رس متصل نمی‌شود، بلکه گوشه‌ها و سطوح ناهموار، مکان‌های اصلی اتصال ماده آلی هستند. اگرچه تأثیر بافت خاک بر نگهداشت و دینامیک ماده آلی خاک مورد مطالعه قرار گرفته است. ولی تأثیر نوع رس کمتر مورد بررسی قرار گرفته (Denef and Six, 2005; Denef et al., 2002; Reichert et al., 2009) و تأثیر کاتیون‌های تبادلی بر دینامیک و نگهداشت ماده آلی خاک کاملاً ناشناخته است. این پژوهش با هدف مطالعه تأثیر نوع و مقدار رس، نوع کاتیون تبادلی و اثر متقابل آن‌ها بر معدنی شدن نیتروژن بقایای گیاهی یونجه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها:

مخلوط‌های شن و رس (خاک‌های مصنوعی^۲) برای مطالعه تأثیر نوع و مقدار رس و نوع کاتیون تبادلی بر معدنی شدن نیتروژن بقایای گیاهی یونجه مورد استفاده قرار گرفتند. رس‌های مورد استفاده در این مطالعه شامل کائولینیت^۳، ایلیت^۴ و مونت‌موریلونیت^۵ خالص بودند که از انجمن کانی‌های رسی آمریکا تهیه و با سه کاتیون مختلف سدیم، کلسیم و آلومینیوم برای تهیه رس‌هایی با کاتیون تبادلی یکسان^۶ اشباع شدند. رس‌های دارای کاتیون تبادلی یکسان، در نسبت‌های صفر، ۵ و ۱۰ درصد وزنی برای تهیه ۲۷ نوع خاک مصنوعی مختلف (۵۰ گرمی) با شن شسته شده با اسید، مخلوط شدند و بقایای یونجه به میزان ۵ درصد وزنی برای هر تیمار به کار برده شد. آزمایش در سه تکرار و با مجموع ۸۱ واحد آزمایشی و آرایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. ذرات شن مورد استفاده در خاک‌های مصنوعی تا حذف کامل نمک‌های محلول و ذرات رس شسته شدند. سپس ذرات شن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و آن دسته از ذراتی که بر روی الک ۰/۰۵ میلی‌متر باقی ماندند، برای آزمایش استفاده گردید. در ابتدا برای حذف کربن آلی، ذرات شن در دو مرحله در کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۴ ساعت حرارت داده شدند. سپس ذرات شن با اسید کلریدریک ۲ مولار تا حذف کامل کربنات‌ها (عدم جوشش با اسید کلریدریک) شسته شدند. در ادامه ذرات شن با آب مقطر شسته و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. برای تهیه رس‌هایی با کاتیون‌های تبادلی یکسان، نمونه‌هایی از رس‌های خالص کائولینیت، ایلیت و مونت‌موریلونیت با محلول یک مولار NaCl اشباع شدند تا سدیم تبادلی منجر به انتشار آن‌ها گردد. سپس رس‌ها تا خروج املاح اضافی با آب مقطر شسته شدند و به کمک دستگاه تراسونیک پراکنده و ذرات کوچک‌تر از ۲ میکرومتر به روش ته‌نشینی جدا شدند (Jackson, 1979). ذرات رس کوچک‌تر از ۲ میکرومتر برای تهیه رس‌هایی با کاتیون تبادلی یکسان به کار برده شدند و با سه کاتیون سدیم، کلسیم و آلومینیوم از طریق مصرف محلول‌های یک مولار NaCl، CaCl₂ و AlCl₃ سه بار اشباع شدند (Golchin et al., 1996). بعد از اشباع کردن رس‌ها با کاتیون‌های مختلف، نمونه‌های رس به‌طور جداگانه در لوله دیالیز ریخته شدند و تا خروج کامل املاح اضافی و یون کلر در آب مقطر قرار گرفتند. عدم وجود یون کلر در آب مقطری که لوله‌های دیالیز در آن قرار گرفته بودند با محلول نیترات نقره یک مولار بررسی گردید (Yoder, 1919). رس‌های تیمار شده به کمک دستگاه فریزدرایر خشک شده و در دمای اتاق تا زمان استفاده نگهداری شدند. همچنین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) رس‌ها با استفاده از استات آمونیوم در pH=7

¹ - Vogel

² - artificial soils

³ - Georgia kaolinite

⁴ - Illinois illite

⁵ - Wyoming montmorillonite

⁶ - homoionic

(Mikutta et al., 2006) و سطح ویژه رس‌ها با استفاده از اتیلن گلیکول مونو اتیلن اتر (Eltantawy and Arnold, 1973) تعیین گردیدند (جدول ۱). بقایای یونجه مورد استفاده در آزمایش در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد برای ۷۲ ساعت در آون خشک و از الک یک میلی‌متری عبور داده شده بودند. مقدار کربن آلی بقایا به روش اکسیداسیون مرطوب (Walkley and Black, 1934) و مقدار نیتروژن کل بعد از هضم مرطوب نمونه گیاهی به روش کلدال (Rayment and Lyons, 2011) تعیین گردیدند (جدول ۱). نمونه‌های تهیه شده از خاک‌های مصنوعی استریل و فاقد جامعه میکروبی بودند و بقایای یونجه نیز در سه مرحله و هر بار به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد در اتوکلاو مرطوب برای حذف کامل فلور میکروبی قرار گرفتند. به همین دلیل قبل از خوابانیدن خاک‌ها و بعد از اضافه کردن بقایای یونجه استریل به خاک‌های مصنوعی استریل، نمونه‌ها با استفاده از مایه تلقیح استخراج شده از یک خاک طبیعی تلقیح شدند. برای تهیه مایه تلقیح، یک نمونه مرکب از افق شخم یک خاک طبیعی (عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری، کربن آلی = ۰/۵ درصد، pH=۷، هدایت الکتریکی = ۸۶۴ میکرو زیمنس بر متر) تحت کشت گیاه یونجه استفاده و مایه تلقیح به روش پرنک^۱ و همکاران (۲۰۱۳) تهیه گردید. میزان مایه تلقیح برای هر نمونه ۵ میلی‌لیتر بود که با میزان کافی آب مقطر مخلوط شد تا نمونه‌ها به‌طور یکنواخت با مایه تلقیح آغشته شوند و نمونه‌های تلقیح شده هوا خشک شدند. سپس همه تیمارها در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و در رطوبت ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه برای دو ماه در تاریکی خوابانیده شدند و در دو مرحله (۳۰ و ۶۰ روز پس از خوابانیدن) (Vogel et al., 2015) میزان آمونیوم و نیترات تولید شده در خاک‌های مصنوعی به‌وسیله عصاره‌گیری با کلرید پتاسیم و با استفاده از روش رنگ سنجی (Alef, 1995) اندازه‌گیری و درصد نیتروژن معدنی شده از تقسیم کردن مجموع نیتروژن آمونیومی و نیتراتی هر مرحله بر مقدار نیتروژن آلی موجود در ابتدای آن مرحله تعیین گردید.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های رس‌ها و بقایای گیاهی مورد استفاده در آزمایش

هدایت الکتریکی (μScm^{-1})	pH			Na-Clay		سطح ویژه ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$)			کانی‌های رسی	
	نوع کاتیون اشباع شده			ظرفیت تبادل کاتیونی چگالی بار سطح**		نوع کاتیون اشباع شده				
	سدیم	کلسیم	آلمینیوم	$\text{mmol}_c \text{m}^{-2}$	$\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$	سدیم	کلسیم	* EGME		
۱۳/۳	۳۴	۲۳	۵/۶	۷/۷	۷/۰	$۲/۰۷ \times ۱۰^{-۳}$	۸۵	۱۸	۴۱	کانولینیت
۲۶	۳۶	۲۳	۵/۲	۷/۰	۶/۱	$۱/۰۳ \times ۱۰^{-۳}$	۲۰۲	۱۵۰	۱۹۵	ایلیت
۳۲	۴۶	۲۴	۵/۰	۶/۶	۵/۵	$۱/۰۲ \times ۱۰^{-۳}$	۸۲۰	۶۸۰	۷۹۹	مونت‌موریلونیت

C/N	نیتروژن کل	کربن آلی	بقایای یونجه
-	درصد	درصد	
۱۳	۳/۷	۴۸/۲۱	

* سطح ویژه (با استفاده از اتیلن گلیکول مونو اتیلن اتر).

** چگالی بار سطح = ظرفیت تبادل کاتیونی / کل مساحت سطح (Chorom and Rengasamy, 1995).

تجزیه و تحلیل اطلاعات:

برای بررسی تأثیر نوع و مقدار رس و نوع کاتیون تبدلی بر معدنی شدن نیتروژن بقایای گیاهی یونجه یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی (۳×۳×۳) اجرا و به کمک نرم‌افزار SAS 9.4 تجزیه واریانس صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شدند.

¹ - Pronk

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع و مقدار رس و نوع کاتیون تبدالی بر درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی

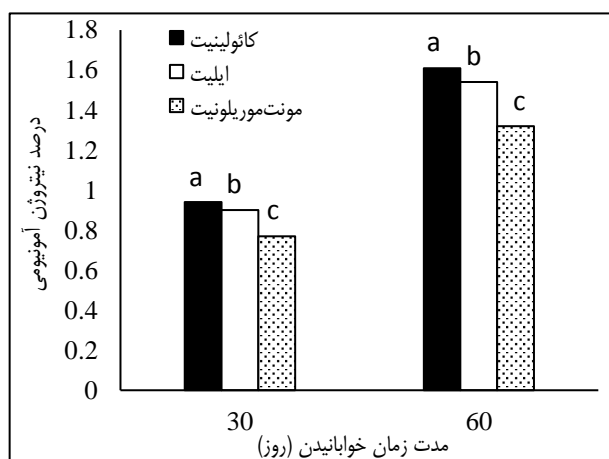
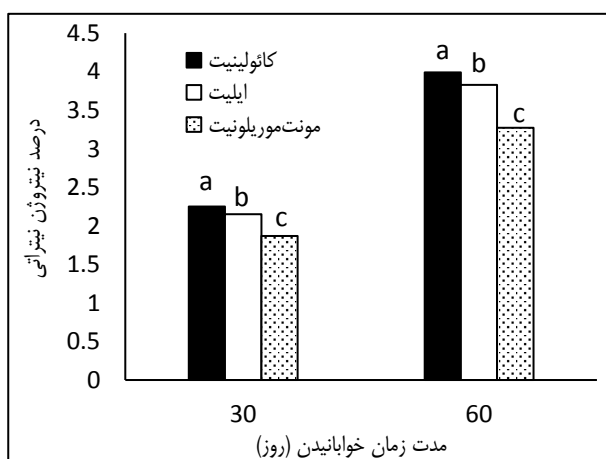
معدنی						درجه آزادی	منابع تغییرات
میانگین مربعات		نیتروژن نیتراتی		نیتروژن آمونیومی			
نیتروژن معدنی	نیتروژن نیتراتی	نیتروژن نیتراتی	نیتروژن نیتراتی	نیتروژن آمونیومی	نیتروژن آمونیومی		
درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد		
مدت زمان خوابانیدن (روز)	مدت زمان خوابانیدن (روز)	مدت زمان خوابانیدن (روز)	مدت زمان خوابانیدن (روز)	مدت زمان خوابانیدن (روز)	مدت زمان خوابانیدن (روز)		
۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰		
۷/۶۳**	۲/۲۰**	۳/۷۷**	۱/۰۳**	۰/۶۲**	۰/۲۱**	۲	نوع رس
۸۶/۶۹**	۳۶/۸۶**	۴۴/۹۱**	۲۲/۷۸**	۶/۸۲**	۱/۶۵**	۲	مقدار رس
۳/۱۶**	۰/۸۳**	۱/۱۳**	۰/۳۲**	۰/۴۹**	۰/۱۲**	۲	نوع کاتیون تبدالی
۲/۰۲**	۰/۵۸**	۱/۱۳**	۰/۳۱**	۰/۱۸**	۰/۰۶**	۴	نوع رس × مقدار رس
۰/۰۴**	۰/۰۰۹**	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۴**	۰/۰۲۷**	۰/۰۰۵*	۴	نوع رس × نوع کاتیون تبدالی
۰/۸۱**	۰/۲۱**	۰/۲۸۴**	۰/۰۸۱**	۰/۱۳۳**	۰/۰۳۶**	۴	مقدار رس × نوع کاتیون تبدالی
۰/۰۵۴**	۰/۰۱۶**	۰/۰۴۶**	۰/۰۲۱**	۰/۰۱۸**	۰/۰۰۳ ^{ns}	۸	نوع رس × مقدار رس × نوع کاتیون تبدالی
۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۵۴	خطا
۱/۲۹	۱/۹۱	۱/۴۲	۱/۹۶	۳/۳۲	۴/۵۱	-	درصد ضریب تغییرات

** و * به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی دار و ns اختلاف معنی دار نیست.

نتایج و بحث:

تأثیر نوع رس:

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در طی دوره خوابانیدن تأثیر نوع رس، بر درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی شده در سطح احتمال یک درصد معنی دار شدند (جدول ۲). با افزایش مدت زمان خوابانیدن نمونه‌ها، درصد نیتروژن آمونیومی و نیتروژن نیتراتی افزایش یافت. همچنین درصد نیتروژن نیتراتی در طی دوره خوابانیدن بیشتر از درصد نیتروژن آمونیومی بود. بعد از گذشت ۶۰ روز از خوابانیدن نمونه‌ها به ترتیب ۱/۶۱، ۱/۵۴ و ۱/۳۲ درصد از نیتروژن آلی بقایای یونجه در رس‌های کائولینیت، ایلیت و مونت‌موریلونیت به صورت آمونیوم و ۳/۹۹، ۳/۸۳ و ۳/۲۷ درصد از نیتروژن آلی بقایای یونجه در رس‌های کائولینیت، ایلیت و مونت‌موریلونیت به صورت نیترات معدنی شدند (شکل‌های ۱ و ۲).

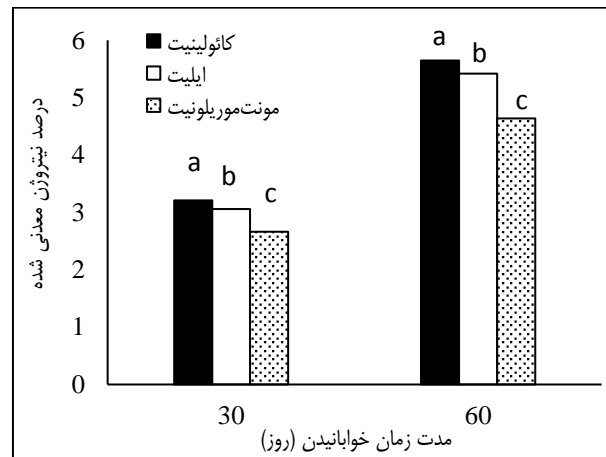


شکل ۱- تأثیر نوع رس بر درصد نیتروژن آمونیومی با گذشت زمان

شکل ۲- تأثیر نوع رس بر درصد نیتروژن نیتراتی با گذشت زمان

سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بالاتر رس مونت‌موریلونیت در مقایسه با کائولینیت و ایلیت (جدول ۱) احتمالاً عامل کاهش سرعت معدنی شدن بقایای گیاهی یونجه و درصد نیتروژن آمونیومی در خاک‌ها بود (Ensminger and Gieseking,)

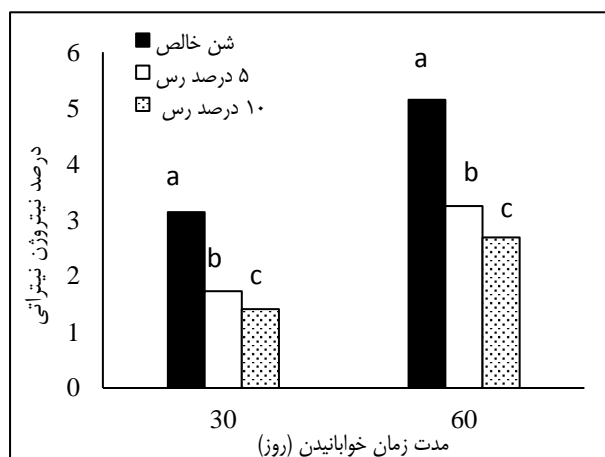
الی و معدنی (Baldock and Skjemstad, 2000) و رفتن ترکیبات آلی نیتروژن دار در بین لایه‌های رس‌های سیلیکاته منبسط شونده مانند مونت‌موریلونیت آن‌ها را از تجزیه میکروبی حفظ می‌کند. در نتیجه تولید آمونیوم کاهش یافته و متعاقب آن تولید نیترات از آمونیوم نیز کاهش می‌یابد (Crasswell et al., 1970). با افزایش مدت زمان خوابانیدن نمونه‌ها، میزان نیتروژن معدنی شده افزایش یافت. بعد از گذشت ۶۰ روز از خوابانیدن نمونه‌ها به ترتیب ۵/۶۵، ۵/۴۲ و ۴/۶۴ درصد از نیتروژن آلی بقایای یونجه در رس‌های کائولینیت، ایلیت و مونت‌موریلونیت معدنی شدند (شکل ۳).



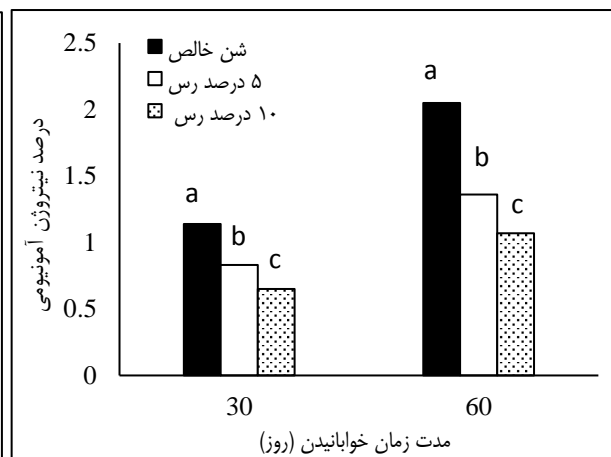
شکل ۳- تأثیر نوع رس بر درصد نیتروژن معدنی شده با گذشت زمان

تأثیر مقدار رس:

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر مقدار رس، بر درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). با گذشت زمان درصد نیتروژن آمونیومی و نیتروژن نیتراتی افزایش یافت ولی درصد نیتروژن نیتراتی در طی دوره خوابانیدن بیشتر از درصد نیتروژن آمونیومی بود. بیشترین درصد نیتروژن آمونیومی و نیتراتی بعد از گذشت ۶۰ روز از انکوباسیون نمونه‌ها و کمترین درصد نیتروژن آمونیومی و نیتراتی ۳۰ روز بعد از انکوباسیون آن‌ها اندازه‌گیری گردید (شکل‌های ۴ و ۵). همچنین صرف نظر از مدت زمان خوابانیدن با افزایش مقدار رس در نمونه‌ها از میزان معدنی شدن نیتروژن به صورت آمونیوم و نیترات کاسته شد. بیشترین درصد نیتروژن آمونیومی و نیتراتی بعد از گذشت ۶۰ روز و در تیمار شاهد به ترتیب به میزان ۲/۰۵ و ۵/۱۵ درصد اندازه‌گیری گردیدند (شکل‌های ۴ و ۵). تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که مواد معدنی نقش مهمی در پایداری مواد آلی و ترکیبات حاوی نیتروژن در خاک دارند (Kleber et al., 2007; Nannipieri and Eldor, 2009) و رس‌ها و اکسیدهای پدوژنیک نیتروژن آلی را در برابر تجزیه میکروبی حفظ می‌کنند. مطالعات استیونسون (۱۹۸۶) و ورونی و دری (۲۰۰۸) نشان می‌دهند که افزایش مقدار رس منجر به کاهش معدنی شدن نیتروژن در خاک می‌شود. بخش بزرگی از نیتروژن معدنی به فرم آمونیوم توسط رس‌ها و مواد معدنی تثبیت می‌گردد (Scherer et al., 2014).

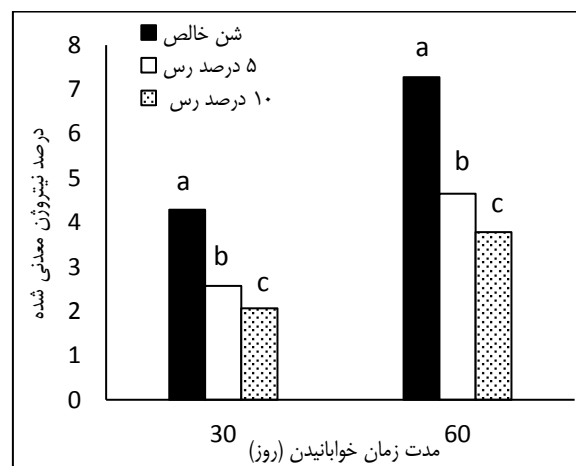


شکل ۵- تأثیر مقدار رس بر درصد نیتروژن نیتراتی با گذشت زمان



شکل ۴- تأثیر مقدار رس بر درصد نیتروژن آمونیومی با گذشت زمان

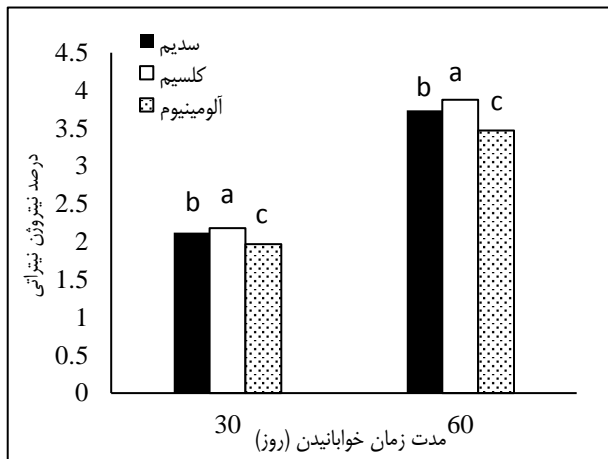
با گذشت زمان درصد نیتروژن معدنی شده افزایش یافت. بیشترین درصد نیتروژن معدنی شده بعد از گذشت ۶۰ روز از انکوباسیون نمونه‌ها و کمترین درصد نیتروژن معدنی شده ۳۰ روز بعد از انکوباسیون آن‌ها اندازه‌گیری گردید (شکل ۶). همچنین صرف‌نظر از مدت زمان خوابانیدن با افزایش مقدار رس در نمونه‌ها از میزان معدنی شدن نیتروژن کاسته شد. با بررسی اثر متقابل مقدار رس و مدت زمان خوابانیدن مشخص شد که بیشترین درصد نیتروژن معدنی شده بعد از گذشت دو ماه از خوابانیدن و در شن خالص به میزان ۷/۲۸ درصد اندازه‌گیری گردید (شکل ۶). معدنی شدن نیتروژن بقایای گیاهی در شن خالص (شاهد) بسیار سریع‌تر از خاک‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد رس بود. سرعت کمتر معدنی شدن نیتروژن در خاک‌های حاوی ۵ و ۱۰ درصد رس به دلیل حفاظت فیزیکی بیشتر خاک از مواد آلی و بیوماس میکروبی است (Verberne et al., 1990). نتایج مشابهی برای خاک‌های شنی و رسی در مطالعات مختلف نشان داده شده است (Catroux et al., 1987; Ladd et al., 1990; Hassink et al., 1990; Verberne et al., 1990). خاک‌هایی با مقادیر رس متفاوت، سطوح متفاوتی برای جذب ترکیبات آلی دارند؛ بنابراین به نظر می‌رسد مقدار رس بر ظرفیت خاک‌ها در حفظ و ذخیره نیتروژن آلی تأثیرگذار است. محققین مختلفی نشان داده‌اند که جذب سطحی مواد آلی با افزایش سطح خاک‌ها افزایش می‌یابد (Kahle et al., 2004; Kaiser and Guggenberger, 2003) و جذب سطحی بیشتر نیتروژن در خاک‌های رسی در مقابل خاک‌های شنی در مطالعات مختلفی گزارش شده است (Feller and Beare, 1997; Krull et al., 2003; Six et al., 2000) که نشان می‌دهد ظرفیت جذب سطحی به مینرالوژی، مقدار رس و به‌طور ویژه به سطح ویژه خاک‌ها برای برهمکنش با مواد آلی، بستگی دارد.



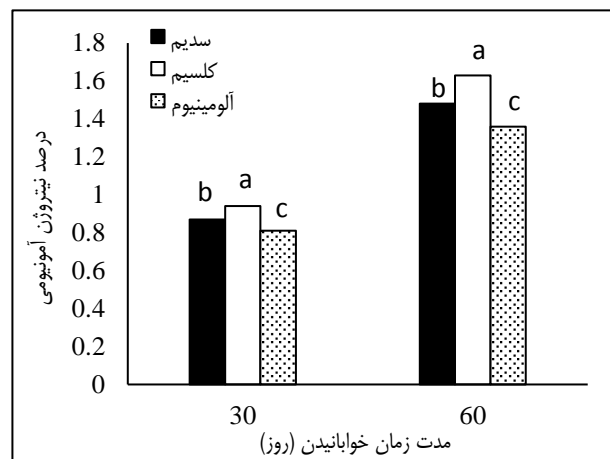
شکل ۶- تأثیر مقدار رس بر درصد نیتروژن معدنی شده با گذشت زمان

تأثیر نوع کاتیون تبدالی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد در طی دوره خوابانیدن تأثیر نوع کاتیون تبدالی، بر درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین درصد نیتروژن آمونیومی و نیتروژن نیتراتی در طی ۶۰ روز خوابانیدن نمونه‌ها و در تیمار رس اشباع از کاتیون کلسیم به ترتیب به میزان ۱/۶۳ و ۳/۸۸ درصد اندازه‌گیری شدند، در صورتی که تیمار حاوی رس اشباع از کاتیون آلومینیوم دارای کمترین درصد نیتروژن آمونیومی و نیتروژن نیتراتی (۱/۳۶ و ۳/۴۷ درصد) بود و کاتیون سدیم اثرات متوسطی بر درصد نیتروژن آمونیومی و نیتراتی داشت (شکل‌های ۷ و ۸). همچنین صرف نظر از نوع کاتیون تبدالی در طی دوره خوابانیدن نمونه‌ها کمترین درصد نیتروژن آمونیومی و نیتروژن نیتراتی در ۳۰ روز اول خوابانیدن نمونه‌ها مشاهده شد (شکل‌های ۷ و ۸).

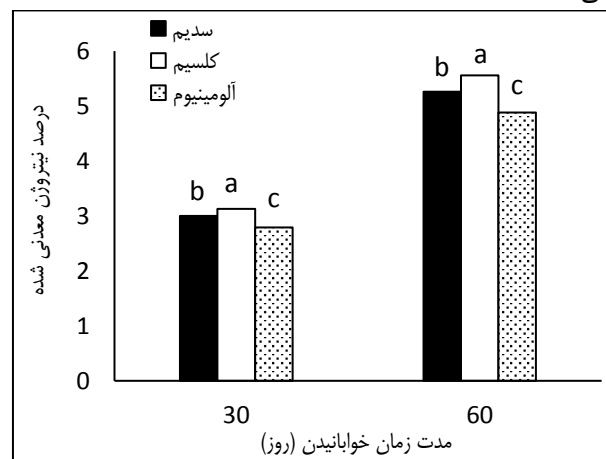


شکل ۸- تأثیر نوع کاتیون تبدالی بر درصد نیتروژن نیتراتی با گذشت زمان



شکل ۷- تأثیر نوع کاتیون تبدالی بر درصد نیتروژن آمونیومی با گذشت زمان

صرف نظر از نوع کاتیون تبدالی با افزایش زمان خوابانیدن نمونه‌ها، مقدار نیتروژن معدنی شده افزایش یافت. بیشترین میزان نیتروژن معدنی ۶۰ روز بعد از خوابانیدن نمونه‌ها و در رس‌های اشباع از کلسیم (۵/۵۳ درصد) و کمترین میزان نیتروژن معدنی ۳۰ روز بعد از خوابانیدن نمونه‌ها و در رس‌های اشباع از آلومینیوم (۱/۹۷ درصد) اندازه‌گیری گردید (شکل ۹). معدنی شدن کربن و نیتروژن تحت تأثیر pH خاک قرار دارد و با کاهش pH خاک فعالیت میکروبی و در نتیجه تجزیه مواد آلی در خاک کاهش می‌یابد (Motavalli et al. 1995) به همین دلیل در تیمار حاوی رس اشباع شده با کاتیون آلومینیوم معدنی شدن نیتروژن به دلیل pH پایین و مسمومیت آلومینیوم، کمتر بود (Vaieretti et al., 2005). کاتیون‌های تبدالی با تغییر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، معدنی شدن مواد آلی را کنترل می‌کنند (Golchin et al., 1996). این امر که سدیم تبدالی منجر به انتشار رس و ایجاد تهویه نامطلوب و شرایط فیزیکی ضعیف در خاک‌ها می‌شود، توسط مطالعات مختلف تأیید شده است. خاک‌های سدیمی به خصوص خاک‌های حاوی رس مونت‌موریلونیت در شرایط مرطوب به شدت دیسپرس شده و مواد ژل ماندی در خاک ایجاد می‌کنند؛ بنابراین معدنی شدن آهسته‌تر نیتروژن آلی در خاک‌های حاوی سدیم در مقایسه با خاک‌های حاوی کلسیم به دلیل فقدان شرایط هوازی مناسب می‌باشد.



شکل ۹- تأثیر نوع کاتیون تبدالی بر درصد نیتروژن معدنی شده با گذشت زمان

اثر متقابل نوع و مقدار رس:

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در طی دو ماه خوابانیدن نمونه‌ها اثر متقابل نوع و مقدار رس، بر درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). درصد نیتروژن

آمونومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی با افزایش مقدار رس در خاک‌های مصنوعی برای هر سه نوع رس کائولینیت، ایلیت و مونت‌موریلونیت کاهش یافتند و درصد نیتروژن آمونومی، نیتراتی و معدنی در رس کائولینیت بیشتر از رس ایلیت و مونت‌موریلونیت بود (جدول ۳). بررسی نتایج نشان داد صرف‌نظر از نوع رس، با افزایش مقدار رس از درصد نیتروژن آمونومی، نیتراتی و معدنی کاسته (جدول ۳) و با افزایش مدت زمان خوابانیدن نمونه‌ها درصد نیتروژن آمونومی، نیتراتی و معدنی افزایش یافتند. بیشترین درصد نیتروژن آمونومی، نیتراتی و معدنی ۶۰ روز بعد از خوابانیدن نمونه‌ها در شن خالص به ترتیب به میزان ۲/۰۵، ۵/۱۵ و ۷/۲۸ درصد و کمترین درصد نیتروژن آمونومی، نیتراتی و معدنی ۳۰ روز بعد از خوابانیدن نمونه‌ها در خاک‌هایی با ۱۰ درصد رس مونت‌موریلونیت به ترتیب به میزان ۰/۵۳، ۰/۹۹ و ۱/۵۳ درصد اندازه‌گیری گردیدند (جدول ۴).

جدول ۳- تأثیر نوع و مقدار رس بر درصد نیتروژن آمونومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی

نیتروژن معدنی		نیتروژن نیتراتی		نیتروژن آمونومی		نوع و مقدار رس
درصد		درصد		درصد		
مدت زمان خوابانیدن (روز)		مدت زمان خوابانیدن (روز)		مدت زمان خوابانیدن (روز)		
۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	
۷/۲۸ a	۴/۲۹ a	۵/۱۵ a	۳/۱۴ a	۲/۰۵ a	۱/۱۴ a	صفر
۵/۲۸ b	۲/۹۴ b	۳/۶۴ b	۱/۹۶ b	۱/۶۰ b	۰/۹۷ b	۵
۴/۳۹ d	۲/۳۹ d	۳/۱۷ d	۱/۶۶ c	۱/۱۹ d	۰/۷۲ d	۱۰
۷/۲۸ a	۴/۲۹ a	۵/۱۵ a	۳/۱۴ a	۲/۰۵ a	۱/۱۴ a	صفر
۴/۸۰ c	۲/۶۴ c	۳/۳۳ c	۱/۷۵ c	۱/۴۳ c	۰/۸۸ c	۵
۴/۱۷ e	۲/۲۵ e	۳/۰۰ e	۱/۵۶ e	۱/۱۴ e	۰/۶۸ de	۱۰
۷/۲۸ a	۴/۲۹ a	۵/۱۵ a	۳/۱۴ a	۲/۰۵ a	۱/۱۴ a	صفر
۳/۸۶ f	۲/۱۵ f	۲/۷۹ f	۱/۴۹ f	۱/۰۵ f	۰/۶۵ e	۵
۲/۷۷ g	۱/۵۳ g	۱/۸۹ g	۰/۹۹ g	۰/۸۶ g	۰/۵۳ f	۱۰

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

سطح ویژه بالاتر و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بیشتر مونت‌موریلونیت در مقایسه با کائولینیت و ایلیت (جدول ۱) منجر به کاهش مقدار و درصد نیتروژن معدنی شد. سطح ویژه برای جذب نیتروژن در خاک‌ها بستگی به مینرالوژی رس‌ها دارد. وگل و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کردند که مدت طولانی بعد از اضافه کردن کود آلی به خاک‌های مصنوعی با مینرالوژی متفاوت مقدار کربن و نیتروژن آلی در خاک‌های مصنوعی حاوی مونت‌موریلونیت در مقایسه با خاک‌های مصنوعی حاوی ایلیت بیشتر بود؛ بنابراین زمانی که کانی‌های خالص با مواد آلی خوابانیده می‌شوند، ممکن است مینرالوژی تأثیری بر دینامیک کربن و نیتروژن آلی در کوتاه مدت نداشته باشد (Pronk et al., 2013) ولی زمانی که این خاک‌های مصنوعی به مدت طولانی خوابانیده می‌شوند، مقدار کربن و نیتروژن آلی بیشتری در خاک‌های حاوی رس مونت‌موریلونیت مشاهده شد (Vogel et al., 2014).

اثر متقابل نوع رس و کاتیون تبدالی:

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر متقابل نوع رس و کاتیون تبدالی بر درصد نیتروژن آمونومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژنی معدنی در تمام دوره خوابانیدن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند ولی اثر متقابل نوع رس و کاتیون تبدالی بر درصد نیتروژن آمونومی در ۳۰ روز خوابانیدن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در طی دوره خوابانیدن، بیشترین درصد نیتروژن آمونومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی در خاک حاوی کائولینیت با کاتیون تبدالی کلسیم و کمترین درصد نیتروژن آمونومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی در خاک حاوی مونت‌موریلونیت با کاتیون تبدالی آلومینیوم مشاهده شدند، درحالی‌که کاتیون تبدالی سدیم اثر حد واسطی بر درصد نیتروژن آمونومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی در هر سه نوع رس داشت (جدول ۴). بیشترین درصد نیتروژن آمونومی، نیتراتی

و معدنی ۶۰ روز بعد از خوابانیدن نمونه‌ها در خاک حاوی رس کائولینیت با کاتیون تبادلی کلسیم به ترتیب به میزان ۱/۸۱، ۴/۱۸ و ۶/۰۶ درصد اندازه‌گیری گردیدند (جدول ۴).

جدول ۴- تأثیر نوع رس و کاتیون تبادلی بر درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی

نیتروژن معدنی		نیتروژن نیتراتی		نیتروژن آمونیومی		نوع رس و کاتیون تبادلی
درصد		درصد		درصد		
مدت زمان خوابانیدن (روز)		مدت زمان خوابانیدن (روز)		مدت زمان خوابانیدن (روز)		
۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	
۵/۶۳ c	۳/۲۴ b	۴/۰۲ b	۲/۲۹ b	۱/۵۷ c	۰/۹۴ b	سدیم
۶/۰۶ a	۳/۴۰ a	۴/۱۸ a	۲/۳۶ a	۱/۸۱ a	۱/۰۳ a	کائولینیت
۵/۶۳ c	۲/۹۸ d	۳/۷۶ d	۲/۱۱ e	۱/۴۶ de	۰/۸۶ cd	آلمینیوم
۵/۴۴ d	۳/۰۸ c	۳/۸۸ c	۲/۱۸ d	۱/۵۱ d	۰/۸۸ c	سدیم
۵/۷۵ b	۳/۲۱ b	۴/۰۴ b	۲/۲۴ c	۱/۶۵ b	۰/۹۵ b	کلسیم
۵/۰۷ f	۲/۸۹ e	۳/۵۶ e	۲/۰۲ f	۱/۴۶ de	۰/۸۶ cd	آلمینیوم
۴/۷۱ h	۲/۶۹ g	۳/۳۱ g	۱/۹۰ h	۱/۳۶ f	۰/۷۹ e	سدیم
۴/۸۹ g	۲/۷۹ f	۳/۴۱ f	۱/۹۵ g	۱/۴۳ e	۰/۸۳ d	کلسیم
۴/۳۱ i	۲/۴۹ h	۳/۱۰ h	۱/۷۸ i	۱/۱۷ g	۰/۷۰ f	آلمینیوم

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

نتایج نشان داد که تأثیر مینرالوژی رس بر غلظت نیتروژن آمونیومی، نیتراتی و معدنی در خاک‌های کلسیمی مشخص‌تر و بیشتر از خاک‌های سدیمی و آلمینیومی بود. مطالعه مستقیم تأثیر مینرالوژی رس بر نگهداشت و دینامیک مواد آلی کمیاب است (Feng et al., 2013) و دانش ما در این زمینه محدود و اطلاعات موجود ضدونقیض می‌باشد. ولی به‌طور کلی پذیرفته شده است که نگهداشت مواد آلی خاک در حضور کانی‌های رسی به ترتیب آلفان < اسمکتایت < ایلیت < کائولینیت کاهش می‌یابد (Bruun et al., 2010; von Lützw et al., 2006). مینرالوژی خاک در تعیین مقدار کربن آلی ذخیره شده در خاک‌ها و زمان بازگشت آن اهمیت زیادی دارد (Barré et al., 2014; Torn et al., 1997). چون برهمکنش بین ذرات مواد معدنی و مواد آلی از مینرالوژی خاک، به دلیل سطح ویژه (SSAs) و میزان بار متفاوت کانی‌های مختلف خاک، تأثیر می‌پذیرد (Feng et al., 2013; Six et al., 2002). به نظر می‌رسد نتایج متفاوت و متضاد تأثیر مینرالوژی رس بر نگهداشت و دینامیک مواد آلی تا اندازه‌ای مربوط به نوع کاتیون‌های تبادلی موجود در مکان‌های تبادلی کانی‌های رسی باشد. در مطالعه حاضر تأثیر مینرالوژی رس بر تجزیه بقایای گیاهی زمانی که سدیم کاتیون تبادلی کانی‌های رسی است، کمتر مشخص می‌باشد. مکانیسم‌های مختلفی چگونگی تأثیر مینرالوژی بر معدنی شدن مواد آلی در خاک را مورد بررسی قرار داده‌اند. برای مثال، فرض می‌شود که کانی‌های رسی به‌طور مستقیم با میکروبا در ارتباط هستند بنابراین سرعت متابولیسم میکروبا با تغییر محلول خاک و پیوند آنزیم‌های برون سلولی تغییر می‌کند و در نتیجه فعالیت میکروبا و تجزیه ماده آلی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Sollins et al., 1996; Stotzky, 1967 and 1986).

اثر متقابل نوع کاتیون تبادلی و مقدار رس:

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در طی دوره خوابانیدن اثر متقابل نوع کاتیون تبادلی و مقدار رس، بر درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). در تمام دوره خوابانیدن با افزایش سطح رس صرف‌نظر از نوع کاتیون‌های تبادلی از درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی کاسته شد. بیشترین درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی ۶۰ روز بعد از خوابانیدن نمونه‌ها در شن خالص به ترتیب به میزان ۲/۰۵، ۵/۱۵ و ۷/۲۸ درصد و کمترین درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی ۳۰ روز بعد از خوابانیدن نمونه‌ها در خاک‌هایی آلمینیومی با ۱۰ درصد رس به ترتیب به میزان ۰/۵۷، ۱/۲۲ و ۱/۸۰ درصد اندازه‌گیری

گردیدند (جدول ۵). به دلیل تأثیر مضر سدیم و آلومینیوم بر محیط خاک، تأثیر مقدار رس بر معدنی شدن نیتروژن بقایای گیاهی یونجه زمانی که این کاتیون‌ها، به‌عنوان کاتیون تبادلی بر روی سطح رس قرار دارند، واضح‌تر است. تفاوت در معدنی شدن نیتروژن بین خاک‌هایی با مقادیر صفر و ۵ درصد رس بسیار بیشتر از تفاوت در معدنی شدن نیتروژن بین خاک‌هایی با مقادیر ۵ و ۱۰ درصد رس بود. این امر نشان می‌دهد که خاک‌هایی با ۵ درصد رس سطح کافی برای پایداری نیتروژن آلی عرضه می‌کنند. واکنش ماده آلی با مواد معدنی خاک یکی از مهم‌ترین فرایندهای طبیعی برای کاهش تجزیه ماده آلی خاک است.

جدول ۵- تأثیر نوع کاتیون تبادلی و مقدار رس بر درصد نیتروژن آمونیومی، نیتروژن نیتراتی و نیتروژن معدنی

نیتروژن معدنی		نیتروژن نیتراتی		نیتروژن آمونیومی		نوع کاتیون تبادلی و مقدار رس
درصد		درصد		درصد		
مدت زمان خوابانیدن (روز)		مدت زمان خوابانیدن (روز)		مدت زمان خوابانیدن (روز)		
۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	۶۰	۳۰	
۷/۲۸ a	۴/۲۹ a	۵/۱۵ a	۳/۱۴ a	۲/۰۵ a	۱/۱۴ a	صفر
۴/۶۹ c	۲/۶۳ c	۳/۳۲ c	۱/۷۷ c	۱/۳۳ c	۰/۸۴ c	۵ سدیم
۳/۸۲ f	۲/۰۹ e	۲/۷۴ f	۱/۴۶ e	۱/۰۵ f	۰/۶۳ e	۱۰
۷/۲۸ a	۴/۲۹ a	۵/۱۵ a	۳/۱۴ a	۲/۰۵ a	۱/۱۴ a	صفر
۵/۱۸ b	۲/۸۳ b	۳/۵۳ b	۱/۸۷ b	۱/۶۱ b	۰/۹۵ b	۵ کلسیم
۴/۲۳ d	۲/۲۸ d	۲/۹۶ d	۱/۵۴ d	۱/۲۴ d	۰/۷۳ d	۱۰
۷/۲۸ a	۴/۲۹ a	۵/۱۵ a	۳/۱۴ a	۲/۰۵ a	۱/۱۴ a	صفر
۴/۰۷ e	۲/۲۷ d	۲/۹۰ e	۱/۵۶ d	۱/۰۵ f	۰/۶۳ e	۵ آلومینیوم
۳/۲۹ g	۱/۸۰ f	۲/۳۷ g	۱/۲۲ f	۰/۹۰ g	۰/۵۷ f	۱۰

میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

نتیجه‌گیری کلی:

نتایج نشان داد با افزایش مدت زمان خوابانیدن نمونه‌ها درصد نیتروژن معدنی افزایش یافت. نتایج مطالعه نشان داد که معدنی شدن نیتروژن آلی تحت تأثیر ویژگی‌های کانی‌های رسی قرار می‌گیرد و این برهمکنش مواد آلی و معدنی مهم‌ترین فرایندی است که باعث کاهش تجزیه ماده آلی در خاک می‌شود. مقدار نیتروژن معدنی شده در خاک‌هایی با رس کائولینیت با ظرفیت تبادل کاتیونی کمتر، بیشتر از خاک‌هایی با رس مونت‌موریلونیت و ایلیت بود. معدنی شدن نیتروژن بقایای گیاهی در شن خالص سریع‌تر از خاک‌های دارای ۵ و ۱۰ درصد رس بود که نشان می‌دهد مقدار رس خاک‌ها بر ظرفیت آن‌ها برای حفظ و ذخیره نیتروژن آلی مؤثر است. چون خاک‌هایی با مقدار رس متفاوت سطح و ظرفیت تبادل کاتیونی متفاوتی دارند، بنابراین ذخیره نیتروژن آلی در این خاک‌ها تا اندازه‌ای توسط سطح، ظرفیت تبادل کاتیونی و حفاظت فیزیکی عرضه شده توسط آن‌ها کنترل می‌شود. معدنی شدن نیتروژن بقایای گیاهی در خاک‌هایی با کاتیون‌های تبادلی مختلف، متفاوت بود. بیشترین و کمترین مقدار نیتروژن معدنی شده به ترتیب در خاک‌های با کاتیون تبادلی کلسیم و خاک‌هایی با کاتیون تبادلی آلومینیوم اندازه‌گیری گردید. از آنجایی که کانی‌های مختلف دارای سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی متفاوتی هستند و تغییرات فیزیکوشیمیایی ایجاد شده در محیط خاک در نتیجه تغییر کاتیون تبادلی در خاک‌هایی با ظرفیت تبادل کاتیونی و سطح ویژه بالاتر، بیشتر است، به همین دلیل به نظر می‌رسد که تأثیر مینرالوژی بر دینامیک مواد آلی تا اندازه‌ای ناشی از نوع کاتیون تبادلی موجود در مکان‌های تبادلی سطح رس‌ها باشد.

منابع:

- Alef K. 1995. Soil respiration. In: Alef, K., and Nannipieri, P. (eds.), *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. (pp. 214-219). Academic Press, London.
- Baldock J.A., and Skjemstad J.O. 2000. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. *Journal of Organic Geochemistry*, 31: 697-710.
- Barré P., Fernandez-Ugalde O., Virto I., Velde B., and Chenu C. 2014. Impact of phyllosilicate mineralogy on organic carbon stabilization in soils: incomplete knowledge and exciting prospects. *Geoderma*. 235-236: 382-



395.

- Bruun T.B., Elberling B., and Christensen B.T. 2010. Labiality of soil organic carbon in tropical soils with different clay minerals. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 42: 888-895.
- Catroux G., Chaussod R., and Nicolardot B. 1987. Assessment of nitrogen supply from the soil. *Académie d'Agriculture de France*, 3: 71-79.
- Chorom M., and Rengasamy P. 1995. Dispersion and zeta potential of pure clays as related to net particle charge under varying pH, electrolyte concentration and cation type. *European Journal of Soil Science*, 46(4): 657-665.
- Crasswell E.T., Saffigan P.G., and Waring S.A. 1970. The mineralization of organic nitrogen in dry soil aggregates of different sizes. *Journal of Plant and Soil*, 33: 382-383.
- Deb S.K., and Shukla M.K. 2011. A review of dissolved organic matter transport processes affecting soil and environmental quality. *Journal of Environmental and Analytical Toxicology*, 1 (2): 1-11.
- Deenik J. 2006. Nitrogen Mineralization Potential in Important Agricultural Soils of Hawaii. *Soil and Crop Management*, 16: 1-5.
- Denef K., and Six J. 2005. Clay mineralogy determines the importance of biological versus abiotic processes for macro aggregate formation and stabilization *European Journal of Soil Science*, 56: 469-479.
- Denef K., Six J., Merckx R., and Paustian K. 2002. Short-term effects of biological and physical forces on aggregate formation in soils with different clay mineralogy. *Journal of Plant and Soil*, 246: 185-200.
- Eltantawy I.M., and Arnold P.W. 1973. Reappraisal of ethylene glycol mono-ethyl ether (EGME) method for surface area estimation of clays. *Journal of Soil Science*, 24, 232-238.
- Ensminger, L.E., and Giesking J.E. 1942. Resistance of clay adsorbed proteins to proteolytic hydrolysis. *Journal of Soil Science*, 53: 205-211.
- Estermann E.F., and McLaren M. 1959. Stimulation of bacterial proteolysis by adsorbents. *Journal of Soil Science*, 10: 64-69.
- Feller C., and Beare, M.H. 1997. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*. 79: 69-116.
- Feng W., Plante A., and Six J. 2013. Improving estimates of maximal organic carbon stabilization by fine soil particles. *Biogeochemistry*, 112: 81-93.
- Golchin A., Clarke P., and Oades J.M. 1996. The heterogeneous nature of microbial products as shown by solid-state ¹³C CPIMAS NMR spectroscopy. *Biogeochemistry*, 34: 71-97.
- Grandy A.S., Strickland M.S., Lauber C.L., Bradford M.A., and Fierer N. 2009. The influence of microbial communities, management, and soil texture on soil organic matter chemistry. *Geoderma*, 150: 278-286.
- Hassink J., Scholefield D., and Blantern P. 1990. Nitrogen mineralization in grassland soils. In: Gaborcik N., Krajcovic V. and Zimkova M. (eds.). *Proceedings 13th General Meeting of the European Grassland Federation, Banska Bystrica, Tszechoslovakia, Volume II.* pp 25-32.
- Jackson M. L. 1979. *Soil chemical analysis, advanced course.* Prentice Hall Inc. p. 895.
- Kahle M., Kleber M., and Jahn R. 2004. Retention of dissolved organic matter by phyllosilicate and soil clay fractions in relation to mineral properties. *Organic Geochemistry*, 35: 269-276.
- Kaiser K., and Guggenberger, G. 2003. Mineral surfaces and soil organic matter. *European Journal of Soil Science*, 54: 219-236.
- Kleber M., Sollins P., and Sutton R. 2007. A conceptual model of organo-mineral interactions in soils: self-assembly of organic molecular fragments into zonal structures on mineral surfaces. *Biogeochemistry*, 85: 9-24.
- Knicker H. 2011. Soil organic N an under-rated player for C sequestration in soils? *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 43: 1118-1129.
- Kögel-Knabner I., Guggenberger G., Kleber M., Kandeler E., Kalbitz K., Scheu S., Eusterhues K., and Leinweber P. 2008. Organo-mineral associations in temperate soils: Integrating biology, mineralogy, and organic matter chemistry. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171: 61-82.
- Krull E.S., Baldock J.A., and Skjemstad J.O. 2003. Importance of mechanisms and processes of the stabilization of soil organic matter for modelling carbon turnover. *Functional Plant Biology*, 30: 207-222.
- Ladd J.N., Amato M., Jocteur-Monrozier L., and Van Gestel M. 1990. Soil microhabitats and carbon and nitrogen metabolism. In: *Proceedings 14th International Congaree of Soil Science, Kyoto, Japan, Volume III.* pp. 82-87.
- McLaren A.D., and Estermann E.F. 1956. The adsorption and reactions of enzymes and proteins on kaolinite. III. The isolation of an enzyme-substrate complexes. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 61:158-173.
- Mikutta R., Kleber M., Torn M.S., and Jahn R. 2006. Stabilization of soil organic matter: Association with minerals or chemical recalcitrance? *Biogeochemistry*, 77: 25-56.
- Motavalli P.P., Palm C.A., Parton Z.W.J., Elliott E.T., and Frey S.D. 1995. Soil pH and organic C dynamics in tropical forest soils. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 27 (12): 1589-1599.
- Nannipieri P., and Eldor P. 2009. The chemical and functional characterization of soil N and its biotic components. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 41: 2357-2369.



- Nguyen B.V., Olk D.C., and Cassman K.G. 2004. Characterization of humic acid fractions improves estimates of nitrogen mineralization kinetics for lowland rice soils. *Soil Science Society of American Journal*, 68: 1266-1277.
- Pronk G.J., Heister K., and Kögel-kanber I. 2013. Is turnover and development of organic matter controlled by mineral composition? *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 67: 235-244.
- Rayment G.E and Lyons D.J. 2011. Total soil-N, semi micro Kjeldahl - automated colour, FIA. In: Rayment, G. E., and Lyons, D. J. (eds.). *Soil chemical methods-Australasia*. CSIRO Publishing, Melbourne.
- Reichert J.M., Norton L.D., Favaretto N., Huang C.H., and Blume E. 2009. Settling velocity, aggregate stability, and interrill erodibility of soils varying in clay mineralogy. *Soil Science Society of American Journal*, 73: 1369-1377.
- Scherer H.W., Feils E., and Beuters P. 2014. Ammonium fixation and release by clay minerals as influenced by potassium. *Plant, Soil and Environment*, 60 (7): 325-331.
- Six J., and Paustian K. 2014. Aggregate-associated soil organic matter as an ecosystem property and a measurement tool. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 68: 4-9.
- Six J., Conant R.T., Paul E.A., and Paustian K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Journal of Plant and Soil*, 241: 155-176.
- Six J., Elliott E.T., and Paustian K. 2000. Soil macro aggregate turnover and micro aggregate formation: a mechanism for C sequestration under no tillage agriculture. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 32: 2099-2103.
- Smernik R., and Skjemstad J. 2009. Mechanisms of organic matter stabilization and destabilization in soils and sediments: conference introduction. *Biogeochemistry*, 92: 3-8.
- Sollins P., Homann P., and Caldwell B.A. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*. 74: 65-105.
- Stotzky, G. 1967. Clay minerals and microbial ecology. *Transactions of Academy of Science*. 30: 11-21.
- Stotzky G. 1986. Influence of soil mineral colloids on metabolic processes, growth, adhesion, and ecology of microbes and viruses. In: Huang P.M., and Schnitzer M. (eds.). *Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes*. pp. 305-428. SSSA Special Publication. Soil Science Society of America, Madison.
- Torn M.S., Trumbore S.E., Chadwick O.A., Vitousek P.M., and Hendricks D.M. 1997. Mineral control of soil organic carbon storage and turnover. *Nature*, 389: 170-173.
- Vaieretti M.V., Pérez H.N., and Gurvich D.E. 2005. Decomposition dynamics and physico-chemical leaf quality of abundant species in montane woodland in central Argentina. *Journal of Plant and Soil*, 21: 205-278.
- Verberne E.L.J., Hassink J., De Willigen P., Groot J.J.R., and Van Veen J.A. 1990. Modelling organic matter dynamics in different soils. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 38: 221-238
- Vogel C., Babin D., Pronk G.J., Heister K., Smalla K. and Kögel-Knabner I. 2014. Establishment of macro-aggregates and organic matter turnover by microbial communities in long-term incubated artificial soils. *Journal of Soil Biology and Biochemistry*, 79: 57-67.
- Vogel C., Heister K., Buegger F., Tanuwidjaja I., Haug S., Schloter M., and Kögel-Knabner I. 2015. Clay mineral composition modifies decomposition and sequestration of organic carbon and nitrogen in fine soil fractions. *Biology and Fertility of Soils*, 1-17.
- von Lützw M., Kogel-Knabner I., Ekschmitt K., Matzner E., Guggenberger G., Marschner B., and Flessa H. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions - a review. *European Journal of Soil Science*, 57: 426-445.
- Walkley A., and Black I.A. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Journal of Soil Science*, 37: 29-37.
- Wang Q.K., and Wang S.L. 2007. Soil organic matter under different forest types in southern China. *Geoderma*. 142: 349-356.
- Yoder L. 1919. Adaptation of the Mohr Volumetric Method to General Determinations of Chlorine. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 11(8): 755-755.
- Yu W.H., Li N., Tong D.S., Zhou C.H., Lin C.X.C., and Xu C.Y. 2013. Adsorption of proteins and nucleic acids on clay minerals and their interactions: A review, *Applied Clay Science*, 80: 443-452.
- Zech W., Nicola S., Guggenberger G., Kaiser K., Lehmann J., Miano T.M., Miltner A., and Schroth G. 1997. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in tropics. *Geoderma*, 79: 117-161.



The effects of types and clay contents and exchangeable cations on the mineralization of plant residue nitrogen

Ahmad Golchin¹, Fatemeh Rakhsh²

1,2- Professor and PhD student of Soil Science Department, the University of Zanjan, Zanjan, Iran.

Abstract:

Clay minerals protect organic matter from decomposition and by reducing the rate of decomposition of organic matter play an important role in its dynamics. The aim of this study was to evaluate the effects of types and clay contents and exchangeable cations on the mineralization of organic nitrogen. Thus appropriate amounts of homoionic Na-, Ca- and Al- clays from kaolinite, illite and montmorillonite were mixed with pure sand to prepare artificial soils with different clay contents, exchangeable cations and clay types. Alfalfa plant residues were incorporated into the artificial soils and the soils were inoculated with microbes from a natural soil and incubated for 60 days and concentrations of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ were measured in sub-samples prepared from artificial soils every 30 days. The results of this study indicate, the percentage of mineralized nitrogen in two month incubation period, was higher in pure sand than in soils containing 5 and 10% clay, that this indicates that clay contents influence the capacity of soils to protect and store organic nitrogen. The percentage of mineralized nitrogen was highest in Ca-soils and lowest in Al-soils. The percentage of mineralized organic nitrogen in two month incubation period was highest in soils with kaolinite clay and lowest in soils with montmorillonite clay.

Keywords: Ammonium, Cation Exchange Capacity, Clay content, Clay type, Nitrate, Organic matter.