دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

اثر مدیریت جنگل بر نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن خاک در تیپ راش-ممرز

شهره کاظمی[۱]، سید محمد حجتی[۲]، اصغر فلاح[۳] و کامبیز براری[۴]

۱ و ۳- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: s_m_hodjati@yahoo.com)
۴- کارشناس ارشد اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندارن- ساری
تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۲۱

چکیده

هدف از اجرای این تحقیق مقایسه نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات زیستی خاک در جنگل‌های مدیریت‌شده (پارسل ۱۲) و مدیریت نشده (پارسل ۱۰) در سری یک طرح جنگلداری خلیل-محله (تیپ راش-ممرز) می‌باشد نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن با استفاده از روش کیسه مدفون اندازه‌گیری شد. به منظور تهیه نمونه چهار نقطه از هر پارسل انتخاب شد. در هر نقطه، سه نمونه (نمونه‌های الف، ب، ج) از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر تهیه شد. نمونه الف در پلاستیک قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های ب و ج در داخل نایلون فریزر در همان نقطه دفن شدند. نمونه ب پس از گذشت ۳۰ روز و نمونه ج پس از گذشت ۶۰ روز برداشت شدند. نتایج نشان داد که نرخ خالص معدنی شدن در قطعه مدیریت‌شده در کل دوره مورد مطالعه (۰/۱۵) به‌طوری‌که معنی‌داری(۰/۰۵) بیشتر از قطعه شاهد بود. در قطعه شاهد نرخ خالص تولید آمونیوم کمتر از صفر (۰/۰۳-)، در حالیکه در قطعه مدیریت‌شده این مقدار بیشتر از صفر (۰/۰۴) بود. نرخ خالص تولید نیترات در هر دو قطعه شاهد و مدیریت‌شده به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۱۱ بود. اطلاع از نرخ خالص تولید نیتروژن در کنار مطالعات مربوط به نیاز تغذیه‌ای درختان می‌تواند راهکار مناسبی جهت مدیریت بهینه جنگل‌ها باشد. نتایج این پژوهش مؤید آن است که مدیریت بهینه جنگل می‌تواند نرخ تولید خالص نیتروژن معدنی را که یکی از شاخص‌های حاصلخیزی می‌باشد، افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات زیستی خاک، نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن، مدیریت جنگل، آمونیوم، نیترات

مقدمه

جنگل‌های شمال ایران به عنوان مهم‌ترین و باارزش‌ترین بوم‌نظام‌های جنگلی کشور محسوب می‌شوند (۱۵). انجام هر گونه فعالیت مدیریتی (اجرای طرح‌های جنگل‌داری) بر ترکیب پوشش گیاهی و تنوع گونه‌ای و خصوصیات خاک در مناطق جنگلی تأثیرگذار است. جنگل همانند موجودات زنده در برابر هر عملی از خود عکس‌العمل نشان می‌دهد که اگر واکنش وارد بر آن مثبت باشد سیر تکاملی و غنی شدن را در پیش می‌گیرد اما اگر تأثیر وارد بر آن مخرب و منفی باشد سیر قهقرایی را برای خود انتخاب می‌کند. شناخت این عکس‌العمل‌ها در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی جنگل اهمیت زیادی دارد بطوریکه بدون توجه به آن ممکن است اهداف موردنظر مدیران محقق نشود (۱۴).

اعمال روش‌های مدیریتی، می‌تواند با ایجاد تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، باعث ایجاد اثرات متفاوتی در بوم‌سازگان جنگل شود (۱۷). پژوهش‌های صورت گرفته بیان‌گر آن است که مدیریت در جنگل باعث کوبیدگی خاک، افزایش وزن مخصوص ظاهری، تغییر در ساختمان، هیدرولوژی خاک، کاهش خلل و فرج (۳)، افزایش استحکام خاک (۱۱)، کاهش نفوذپذیری در خاک (۷)، کاهش مواد غذایی، کاهش هدایت الکتریکی، افزایش pH، کاهش مبادلات گازی و کاهش فعالیت میکروارگانیزم‌ها (۸) می‌شود. از آنجا که خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، به‌واسطه اعمال شیوه‌های مدیریتی اغلب در مقیاس‌های مکانی و زمانی، تفاوت معنی‌داری را نشان داده‌اند (۱۰) لذا در سال‌های اخیر، شاخص‌های پویایی خاک نظیر خصوصیات زیستی خاک جهت ارزیابی تأثیر نوع مدیریت روی خصوصیات زیستی بوم‌نظام مورد توجه بسیاری از دانشمندان و محققین قرار گرفته است (۲۰). پایش خصوصیات زیستی خاک، یکی از راهکارهای مفید در ارزیابی میزان و شدت تغییرات در خاک‌ها می‌باشد. خصوصیات زیستی خاک بر خلاف خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، از حساسیت بالایی برخوردارند و سریع نسبت به اعمال تغییرات واکنش نشان می‌دهند (۱۰). یکی از خصوصیات مهم زیستی خاک که شاخص مناسبی برای ارزیابی میزان اثرات مدیریت جنگل روی خاک نیز می‌باشد، فرآیند معدنی شدن نیتروژن است که تحت تأثیر مستقیم فعالیت جوامع میکروبی خاک می‌باشد. به‌طور کلی، حدود ۹۵ درصد نیتروژن خاک به شکل آلی است و تنها پنج درصد آن به‌صورت نیتروژن معدنی قابل جذب در طول فصل رشد در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، از آنجا که نیتروژن یکی از پرمصرف‌ترین عناصر مغذی است لذا تبدیل نیتروژن آلی موجود در خاک به شکل معدنی اهمیت زیادی دارد. پژوهش‌های تعیین نرخ معدنی‌شدن نیتروژن، مقدار نیتروژنی را که در اثر تجزیه مواد آلی موجود در خاک رها شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد تخمین می‌زند (۱۰).

بر اساس اهمیتی که تأثیر مدیریت بر روی خاک جنگل می‌گذارد تحقیقاتی در این زمینه انجام شده است. وی و همکاران (۲۰)، در تحقیق خود به بررسی نرخ معدنی شدن نیتروژن در لوس پلاتوس واقع در چین در فصل رویش پرداختند. این بررسی در سه منطقه تحت مدیریت مختلف انجام شد، نتایج این بررسی نشان داد که نرخ معدنی‌شدن در عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر به‌طور معنی‌داری بیشتر از عمق

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.3.4]

۲۰-۱۰ سانتی‌متر بوده است. آگوستو و همکاران (۱) در مقاله مروری خود تحت عنوان تأثیر نوع و ترکیب گونه‌های موجود در آشکوب فوقانی جنگل با توجه به اقلیم و مدیریت جنگل بر ویژگی‌های خاک مناطق مختلف در قاره اروپا بیان کردند که نوع گونه بر نرخ معدنی شدن مواد آلی و فرایند تولید نیترات اثر داشته و گونه‌های سوزنی‌برگ با تغییراتی که در ورود و خروج یون‌های کلسیم و منیزیم به وجود می‌آورند باعث اسیدی شدن خاک می‌شوند. گانتیناس و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تغییرات دما و رطوبت روی نرخ معدنی شدن نیتروژن در سه نوع خاک از کاربری‌های مختلف (جنگل، زمین زراعی و چمن‌زار) در آزمایشگاهی در اسپانیا پرداختند و مشاهده کردند بیشینه حساسیت به دما در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت بهینه برای معدنی شدن نیتروژن بین ۸۰ تا ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه بود (۹). هولیا و همکاران نرخ معدنی شدن نیتروژن در خاک را در جنگل‌کاری کاج و توده طبیعی و توده تنک شده بلوط در ترکیه به مدت یک سال در عرصه مورد مطالعه قرار داد. آن‌ها گزارش نمودند که اگر چه نرخ معدنی شدن در ماه‌های بهار و تابستان افزایش می‌یابد، ولی تفاوت معنی‌داری بین فصول مختلف وجود نداشت. نرخ معدنی شدن خالص در عمق ۵-۰ سانتی‌متر در توده بلوط بیشتر از توده کاج بود. همچنین بیان کردند که رابطه معنی‌داری بین نرخ معدنی شدن خالص نیتروژن و خصوصیات خاک وجود ندارد. به‌طورکلی نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که گونه درختی و مدیریت در جنگل نقش مهمی در چرخه نیتروژن در بوم‌سازگان جنگل ایفا می‌کند (۱۳). با توجه به این‌که مدیریت جنگل می‌تواند خصوصیات زیستی خاک منطقه را تحت تأثیر قرار دهد، هدف از اجرای این تحقیق مقایسه نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن در جنگل‌های مدیریت‌شده و مقایسه آن با جنگل مدیریت‌نشده بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

به‌منظور انجام این تحقیق، پارسل ۱۰ (شاهد) و ۱۲ (مدیریت‌شده) سری یک طرح جنگل‌داری خلیل محله-عباس آباد (بهشهر) انتخاب شد. جنگل مورد بررسی در طول جغرافیایی ″۱۶ ′۴۵ °۵۳ و عرض جغرافیایی ″۴۵ ′۴۲ °۳۶ شرقی با متوسط ارتفاع ۸۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. قطعات مورد مطالعه از لحاظ شرایط رویشگاهی و ساختار پوشش گیاهی مشابه هستند. شیب عمومی در هر دو قطعه ۳۰ درصد و جهت غالب، شمالی می‌باشد. قطعه مدیریت‌شده از سال ۱۳۷۲ به روش تک‌گزینی مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. قطعات مورد مطالعه از لحاظ شرایط رویشگاهی و ساختار پوشش گیاهی مشابه هستند. سنگ مادری از نوع آهکی-آهکی دولومیتی و نوع خاک قهوه‌ای شسته شده با افق کلسیک می‌باشد. متوسط حداکثر دما در گرم‌ترین ماه سال (مرداد ماه) ۳۱/۷ درجه سانتی‌گراد متوسط حداقل دما در سردترین ماه سال (بهمن ماه) ۲/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد ضمن اینکه همین آمار نیز حکایت از آن دارد حداقل دمای منطقه ۹- درجه سانتی‌گراد در بهمن ماه و حداکثر آن ۴۳ درجه سانتی‌گراد در ماه مرداد و متوسط بارندگی سالیانه نیز بالغ بر ۶۷۹/۲ میلی‌متر می‌باشد. ساختار جنگل به‌صورت ناهمسال می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه در قطعه ۶۷۹/۲ میلی‌متر است. تیپ غالب جنگل، راش-ممرز به همراه درختان انجیلی، کلهو و توسکا می‌باشد و درختان در کلاسه سنی مسن، میان‌سال و جوان قرار دارند و جنگل دو تا سه آشکوبه می‌باشد (۲).

نمونه‌برداری به‌منظور تعیین نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن

برای نمونه‌برداری به‌منظور اندازه‌گیری نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن از روش کیسه مدفون[1] استفاده شد (۴). این روش طی یک دوره دو ماهه در سه زمان (۲۴ تیرماه، ۲۴ مردادماه و ۲۴ شهریور سال ۱۳۹۱) انجام شد.

به‌منظور تهیه نمونه ۴ نقطه از هر منطقه انتخاب شدند. در هر نقطه، سه نمونه (نمونه‌های الف، ب، ج) از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر تهیه شد. نمونه الف در پلاستیک قرار داده و به آزمایشگاه منتقل شد (۲۴ تیر ماه ۱۳۹۱). نمونه‌های ب و ج در داخل نایلون فریزر در همان آنجا قرار داده شدند (دفن شدند). نمونه ب پس از گذشت ۳۰ روز (۲۴ مرداد) و نمونه ج پس از گذشت ۶۰ روز (۲۶ شهریور) برداشت شدند. این نمونه‌ها در آزمایشگاه در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در آزمایشگاه ازت کل، غلظت آمونیوم و نیترات با استفاده از روش کجلدال و دستگاه کجل‌تک اندازه‌گیری شد (۴).

محاسبات

محاسبه نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن

به‌منظور محاسبه نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن، پس از انتقال نمونه‌های خاک به آزمایشگاه و انجام مراحل آماده‌سازی (خشک‌کردن، کوبیدن و عبور از الک دو میلی‌متری)، ازت کل (N_t) و ازت معدنی (NH_4^+ و NO_3^-) اندازه‌گیری شد. در نهایت از تفاضل ازت معدنی[2] در زمان دوم از ازت معدنی در زمان اول، نرخ معدنی شدن خالص ازت در طی بازه زمانی ۳۰ روز محاسبه شد (۱۹).

$$R_M = [(T_{m1}-T_{m0})/t] \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه R_M: نرخ خالص معدنی شدن ازت، T_{m1}: ازت معدنی در شهریور ماه، T_{m0}: ازت معدنی در تیر ماه و t: مدت زمان لازم برای تولید خالص ازت معدنی می‌باشد.

محاسبه نرخ خالص تولید آمونیوم و نیترات

پس از اندازه‌گیری مقدار آمونیوم در هر دو بازه زمانی یاد شده، می‌توان نرخ خالص تولید آمونیوم را در بازه زمانی ۳۰ روز، از تفاضل مقدار آمونیوم در شهریور ماه از مقدار آمونیوم اندازه‌گیری شده در مرداد ماه بدست آورد، همچنین مقدار تولید خالص نیترات را نیز می‌توان به همین روش محاسبه کرد با این تفاوت که در فرمول زیر باید بجای آمونیوم از نیترات استفاده شود (۱۹).

$$R_A= [(T_{a1}-T_{a0})/t] \quad \text{رابطه (۲)}$$

1- Buried bag

2-Total inorganic N

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.3.4]

در این رابطه R_A: نرخ خالص تولید آمونیوم، T_{a1}: مقدار آمونیوم در شهریور ماه، T_{a0}: مقدار آمونیوم در تیر ماه و t: مدت زمان لازم برای تولید خالص آمونیوم می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف و همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون لون مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور بررسی تفاوت در مقادیر غلظت ازت کل، آمونیوم و نیترات بین دو منطقه مورد مطالعه از آزمون t استیودنت مستقل با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16.0 استفاده شد. تجزیه و تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری برای مشخصات ازت کل، آمونیم و نیترات خاک از نرم‌افزار SAS 9.0 استفاده شد.

نتایج و بحث

ازت کل (N_t)

در این تحقیق نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن به‌عنوان یکی از خصوصیات مهم زیستی خاک در دو قطعه شاهد و مدیریت‌شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون t مستقل نشان می‌دهد که میانگین نیتروژن کل بین دو منطقه مورد مطالعه، در زمان‌های نمونه‌برداری (مرداد و شهریور)، در سطح معنی‌داری ۵ درصد تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۱).

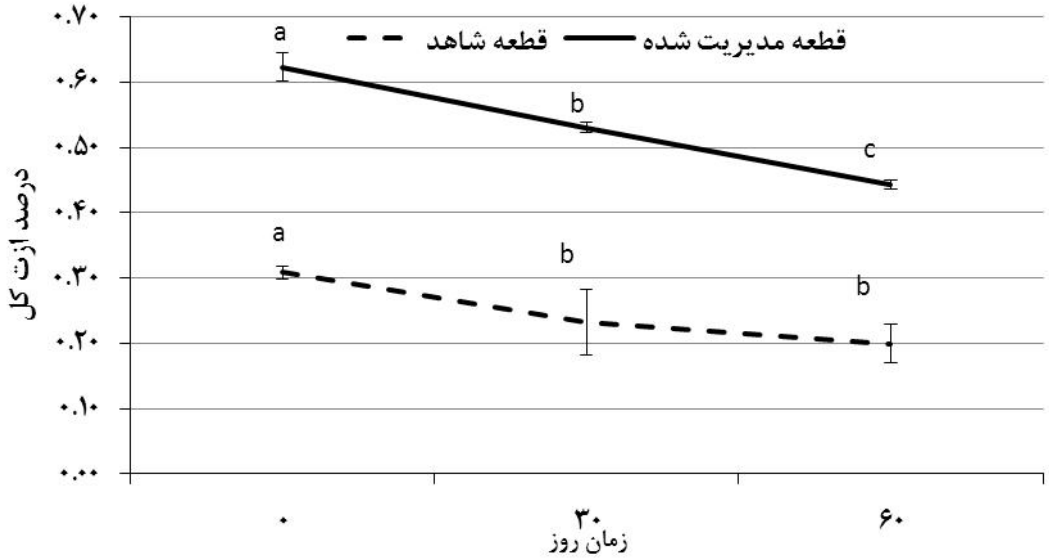
جدول ۱– نتایج آزمون t مستقل درصد ازت کل برای قطعات شاهد و مدیریت‌شده در زمان‌های مورد مطالعه

Table 1. Results of Independent sample T-test of total Nitrogen content in control and managed plots in study times

زمان برداشت نمونه	مقدار t	مقدار P value
زمان اول	۱۲/۹۸	۰/۰۰**
زمان دوم (۳۰ روز پس از نصب)	۲۲/۴۶	۰/۰۰**
زمان سوم (۶۰ روز پس از نصب)	۸/۱۴	۰/۰۰**

**: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱ درصد

همچنین نتایج نشان می‌دهد که مشخصه ازت کل خاک در هر سه زمان مورد مطالعه در قطعه مدیریت‌شده بیشتر از قطعه شاهد بود. همچنین مشاهده شد که این مشخصه در هر دو قطعه مورد مطالعه با گذشت زمان، روند کاهشی دارد (شکل ۱). نتایج آنالیز واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری در سه زمان مورد مطالعه نشان داد که زمان، اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارد (جدول ۲).



شکل ۱– درصد ازت کل (ستون‌های میله‌ای نشان‌دهنده اشتباه معیار است) در قطعات شاهد و مدیریت‌شده در سه زمان برداشت نمونه خاک (حروف لاتین غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۵ درصد)

Figure 1. Total nitrogen content (%) of control and managed plots in the three soil sampling times (vertical bars represent SE, different letters indicate significant difference at 5% level)

جدول ۲– نتایج تجزیه واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر برای مشخصه ازت کل در قطعات شاهد و مدیریت‌شده در زمان‌های مورد مطالعه

Table 2. Results of repeated measurements of total Nitrogen in control and managed plots in study times

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F
زمان	۸/۳۸	۱	۸/۳۸	۸۵/۱۶**
تیمار×زمان	۰/۴۷۹	۱	۰/۴۷۹	۵/۰۵**
خطا	۰/۵۹۰	۶	۰/۰۹۸	

**: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱ درصد

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.3.4]

معدنی شدن نیتروژن آلی خاک یک فرایند میکروبی است که طی آن شکل‌های آلی نیتروژن به شکل‌های معدنی تبدیل می‌گردد. معدنی شدن ترکیبات آلی نیتروژن در سه واکنش مرحله به مرحله انجام می‌شود. این سه مرحله شامل آمینه شدن، آمونیاک‌سازی و نیترات‌سازی می‌باشد (۱۲). ریز جانداران (باکتری‌ها و قارچ‌ها) ترکیبات آلی پیچیده را تجزیه می‌کنند. هر یک از این گروه‌ها مسوول یک یا چند مرحله از واکنش‌های تجزیه ماده آلی هستند. محصول معدنی شدن ازت آلی تولید یون‌های آمونیوم و نیترات می‌باشد. بسیاری از مطالعات نشان داده است که در حدود ۱/۵ تا ۳/۵ درصد نیتروژن آلی یک خاک، سالیانه معدنی می‌شود. این نرخ معدنی شدن، رشد نرمالی را برای رویش گیاهان در بیشتر خاک‌ها فراهم می‌کند (۶). با تعیین پویایی نیتروژن، می‌توان فرصت مناسبی را برای بررسی کیفیت خاک ایجاد نمود.

نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که ازت کل در بین دو قطعه مدیریت‌شده و شاهد، در زمان اول، دوم و سوم برداشت نمونه، در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است. از طرفی نتایج نشان می‌دهد که مشخصه ازت کل خاک در هر سه زمان مورد مطالعه در قطعه مدیریت‌شده بیشتر از قطعه شاهد بود. دلیل آن را می‌توان در تجزیه بیشتر لاشبرگ به‌واسطه فراهم شدن نور و رطوبت بیشتر بیان کرد. همچنین مشاهده شد که این مشخصه در هر دو قطعه مورد مطالعه با گذشت زمان، روند کاهشی دارد و اثر زمان نیز معنی‌دار می‌باشد که علت روند کاهشی ازت کل در طی سه دوره را می‌توان تبدیل ازت کل به آمونیوم در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌های خاک بیان نمود (۱۲).

آمونیوم خاک (NH_4^+)

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که غلظت آمونیوم در قطعه شاهد و مدیریت‌شده فقط در زمان دوم (۳۰ روز پس از نصب در عرصه) و سوم (۶۰ روز پس از نصب در عرصه) در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۳).

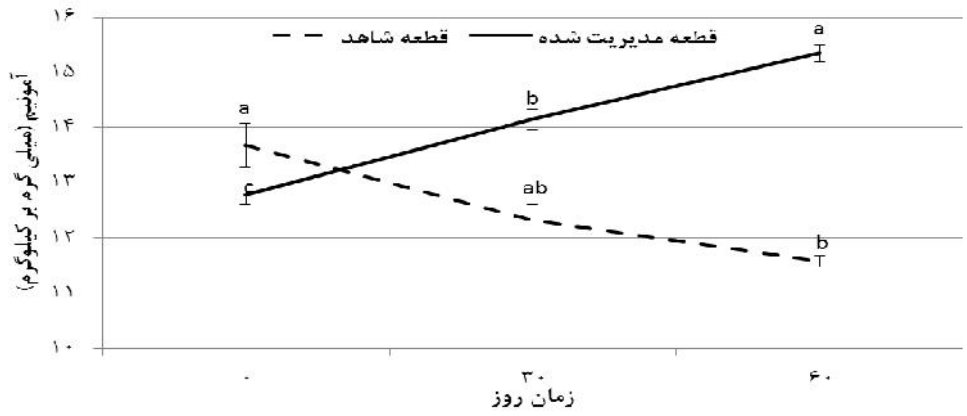
جدول ۳- نتایج آزمون t مستقل غلظت آمونیوم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) برای قطعات شاهد و مدیریت‌شده در زمان‌های مورد مطالعه

Table 3. Results of Independent sample T-test of ammonium concentration (mg / kg) in control and managed plots in study times

زمان برداشت نمونه	مقدار t	مقدار P value
زمان اول	۱/۱	۰/۲۸^{ns}
زمان دوم (۳۰ روز پس از نصب)	-۹/۱۷	۰/۰۰**
زمان سوم (۶۰ روز پس از نصب)	-۲۳/۱۴	۰/۰۰**

**: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱ درصد، ns: نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار

نتایج نشان می‌دهد که غلظت آمونیوم در قطعه شاهد با گذشت زمان کاهش می‌یابد ولی در قطعه مدیریت‌شده روند افزایشی داشت (شکل ۲). نتایج آنالیز واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری در هر منطقه بین سه زمان مورد مطالعه نشان داد که اثر زمان در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج آزمون t مستقل نشان داد که غلظت آمونیوم در قطعه شاهد و مدیریت‌شده فقط در زمان دوم (۳۰ روز پس از نصب در عرصه) و سوم (۶۰ روز پس از نصب در عرصه) در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار داشت. آمونیوم یونی است که در اثر تجزیه ازت کل توسط ریز جانداران خاک به وجود می‌آید (۱۲). دلیل زیاد بودن آمونیوم در قطعه مدیریت‌شده به علت زیاد بودن ازت کل در این قطعه و پتانسیل بیشتر تبدیل ازت آلی به آمونیوم می‌باشد. به‌طوری‌که مقدار ازت تبدیل شده به آمونیوم در قطعه شاهد کمتر از قطعه مدیریت‌شده می‌باشد (۱۲). دلیل عدم مشاهده اثر معنی‌دار زمان در تجزیه واریانس اندازه‌گیری تکراری را می‌توان در کافی نبودن زمان مورد مطالعه بیان کرد به این معنی که ۶۰ روز زمان کافی برای مشاهده اثر معنی‌دار زمان نبوده است.



شکل ۲- غلظت آمونیوم (ستون‌های میله‌ای نشان‌دهنده اشتباه معیار است) در قطعات شاهد و مدیریت‌شده در سه زمان برداشت نمونه خاک (حروف لاتین غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۵ درصد)

Figure 2. Ammonium concentration (mg/Kg) of control and managed plots in the three soil sampling times (vertical bars represent SE, different letters indicate significant difference at 5% level)

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.3.4]

جدول ۴- نتایج واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر برای مشخصه آمونیوم خاک در قطعات شاهد و مدیریت‌شده در زمان‌های مورد مطالعه
Table 4. Results of repeated measurements of soil Ammonium concentration in control and managed plots in study times

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F
زمان	۰/۲۰۶	۱	۰/۲۰۶	۰/۳۲^{ns}
تیمار×زمان	۲۱/۷۷	۱	۲۱/۷۷	۳۴/۰۹**
خطا	۳/۸۳	۶		

**: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱ درصد، ns: نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار

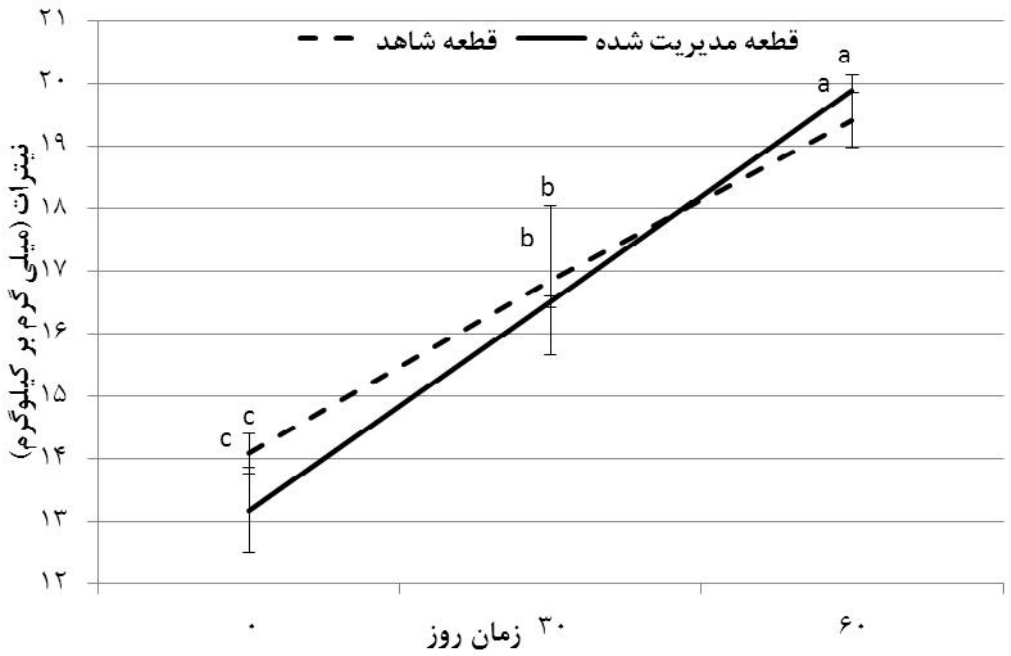
نیترات خاک (NO^-_3)

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که غلظت نیترات بین دو قطعه مورد مطالعه در هر سه زمان نمونه‌برداری (تیر، مرداد و شهریور)، تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت (جدول ۵). نتایج نشان می‌دهد که غلظت نیترات در هر دو قطعه شاهد و مدیریت‌شده با گذشت زمان افزایش می‌یابد (شکل ۳). نتایج آنالیز واریانس اندازه‌گیری‌های تکراری نشان داد که زمان دارای اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (جدول ۶).

جدول ۵- نتایج آزمون t مستقل غلظت نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم) برای قطعات شاهد و مدیریت‌شده در زمان‌های مورد مطالعه
Table 5. Results of Independent sample T-test of Nitrate concentration (mg / kg) in control and managed plots in study times

زمان برداشت نمونه	مقدار t	مقدار P value
زمان اول	۱/۲	۰/۲۸^{ns}
زمان دوم (۳۰ روز پس از نصب)	۰/۲۸	۰/۷۸^{ns}
زمان سوم (۶۰ روز پس از نصب)	-۹/۲۵	۰/۷۹^{ns}

ns: نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار



شکل ۳- غلظت نیترات (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در قطعات شاهد و مدیریت‌شده در سه زمان برداشت نمونه خاک (حروف لاتین غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۵ درصد)
Figure 3. Nitrate concentration (mg/kg) of control and managed plots in the three soil sampling times (vertical bars represent SE, different letters indicate significant difference at 5% level)

جدول ۶- نتایج واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر برای مشخصه نیترات خاک در قطعات شاهد و مدیریت‌شده در زمان‌های مورد مطالعه
Table 6. Results of repeated measurements of soil Nitrate concentration in control and managed plots in study times

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F
زمان ۱	۱۴۴/۴۶	۱	۱۴۴/۴۶	۷۱۲/۶۳**
تیمار×زمان ۱	۱/۸۷	۱	۱/۸۷	۹/۲۲**
خطا	۱/۲۱	۶	۰/۲۰۳	

**: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱ درصد

نتایج نشان می‌دهد که غلظت نیترات در هر دو قطعه شاهد و مدیریت‌شده باگذشت زمان افزایش می‌یابد؛ که علت اصلی آن مربوط به تبدیل شدن آمونیوم به نیترات می‌باشد (۴). نتایج در هر دو منطقه بین سه زمان مورد مطالعه نشان

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.3.4]

داد که بین سه زمان برداشت نمونه تفاوت معنی‌دار وجود دارد. به‌طورکلی می‌توان این‌طور بیان نمود که پتانسیل تبدیل ازت کل به آمونیوم در قطعه مدیریت‌شده نسبت به قطعه شاهد بیشتر از پتانسیل تبدیل آمونیوم به نیترات در این قطعه است. دلیل این امر می‌تواند حضور نور و رطوبت بیشتر در اثر قطع درختان و مهیا شدن شرایط برای میکروارگانیسم‌های خاک باشد. دلیل وجود اثر معنی‌دار زمان نیز می‌تواند مربوط به افزایش فعالیت میکرو ارگانیزم‌های خاک در طول زمان به‌واسطه افزایش عرضه آمونیوم طی فرآیند معدنی شدن باشد که باعث افزایش تولید نیترات با گذشت زمان شد.

نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن بین دو قطعه مورد مطالعه، در ۳۰ روز اول تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی در کل دوره مورد مطالعه (۶۰ روز) تفاوت معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۵ درصد داشت (جدول ۷).

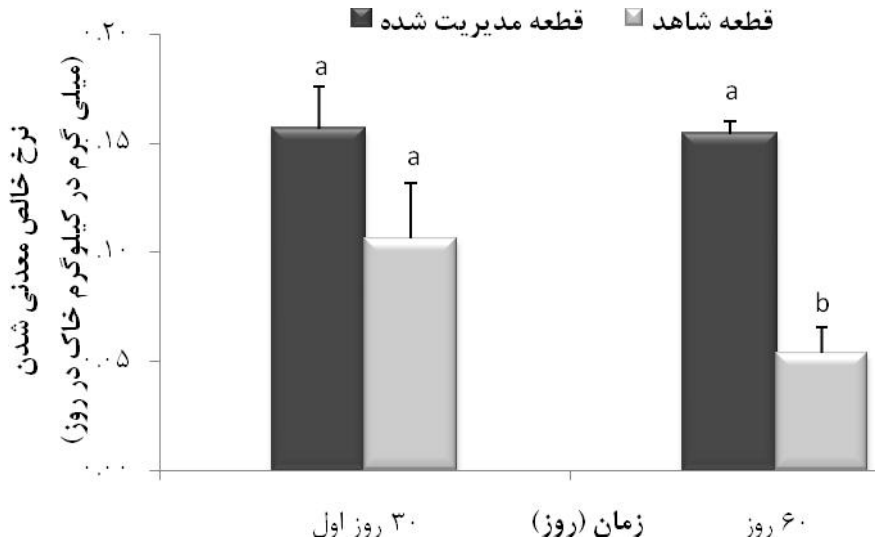
جدول ۷- نتایج آزمون t مستقل نرخ خالص تولید نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در روز) برای قطعات شاهد و مدیریت‌شده در زمان‌های مورد مطالعه

Table 7. Results of Independent sample T-test of Net nitrogen mineralization (mg/kg per day) in control and managed plots in study times

زمان برداشت نمونه	مقدار t	مقدار P value
۳۰ روز اول	-۱/۲۷	۰/۱۳^{ns}
کل دوره مورد مطالعه (۶۰ روز)	-۷/۳۴	۰/۰۰**

**: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۱ درصد، ns: نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار

مطابق شکل (۴)، نرخ خالص معدنی شدن در قطعه مدیریت‌شده در کل دوره مورد مطالعه (۰/۱۵) بیشتر از قطعه شاهد (۰/۰۵) بود. از آنجایی‌که مقدار نرخ خالص معدنی شدن در هر دو منطقه مثبت می‌باشد، بنابراین می‌توان بیان نمود که معدنی شدن نیتروژن در هر دو قطعه مورد مطالعه رخ داده است.



شکل۴- نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در روز) در ۳۰ روز اول و کل دوره مورد مطالعه قطعات شاهد و مدیریت‌شده

Figure 4. Net Nitrogen Mineralization rate (mg/kg per day) in control and managed plots in study times in the first 30 days and total study period (vertical bars represent SE)

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن بین دو قطعه مورد مطالعه، در ۳۰ روز اول تفاوت معنی‌داری نداشت ولی مجموعاً در کل دوره مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد داشت. همچنین نتایج نشان داد که نرخ خالص معدنی شدن در قطعه مدیریت‌شده در کل دوره مورد مطالعه (۶۰ روز) بیشتر از قطعه شاهد بود. از آنجایی‌که مقدار نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن در هر دو منطقه مثبت می‌باشد، بنابراین نرخ خالص معدنی شدن در هر دو قطعه شاهد و مدیریت‌شده انجام‌شده است. معدنی شدن ازت دائماً در متابولیسم میکروبی خاک اتفاق می‌افتد (۱۸). انجام این فرآیند بستگی کامل به فراهم شدن برخی شرایط مساعد برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک دارد. ازجمله این شرایط که در قطعه مدیریت‌شده مهیاتر بوده است، می‌توان به محتوی بالای رطوبت، pH نسبتاً زیاد، مقدار ازت بیشتر، میزان کم نسبت کربن به نیتروژن خاک که خود منجر به تجزیه سریع لاشبرگ در قطعه مدیریت‌شده و در نهایت افزایش ورودی مواد آلی به خاک در این قطعه اشاره کرد (۱۶،۶).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.3.4]

نرخ خالص تولید آمونیوم

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که نرخ خالص تولید آمونیوم بین دو قطعه مورد مطالعه، در ۳۰ روز اول، مجموعاً کل دوره مورد مطالعه (۶۰ روز)، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۸).

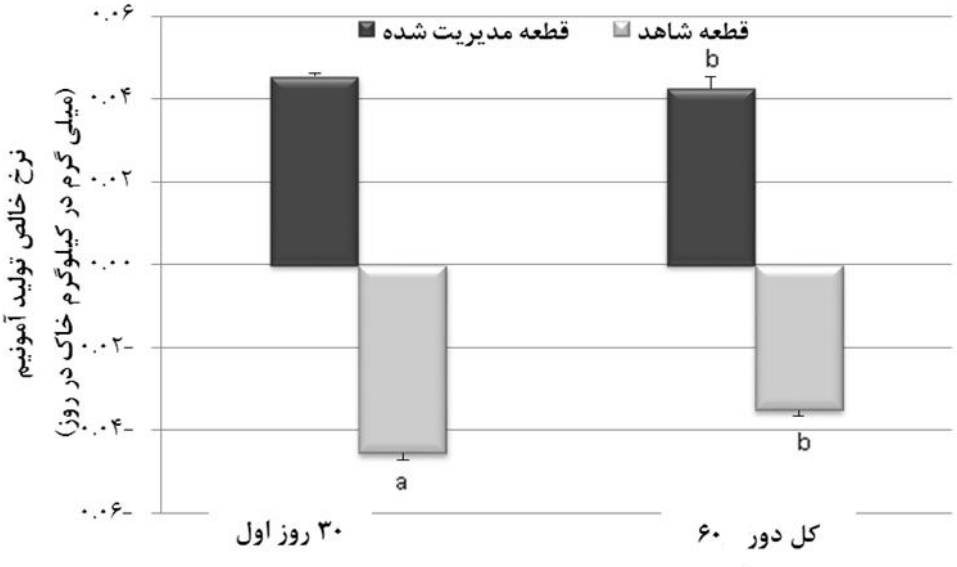
جدول ۸- نتایج آزمون t مستقل نرخ خالص تولید آمونیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در روز) برای قطعه شاهد و مدیریت‌شده در زمان‌های مورد مطالعه

Table 8. Results of Independent sample T-test of Net Ammonification rate (mg/kg per day) in control and managed plots in study times

زمان برداشت نمونه	مقدار t	مقدار P value
۳۰ روز اول	-۳/۶۱	۰/۰۱*
کل دوره مورد مطالعه (۶۰ روز)	-۱۰/۸۳	۰/۰۱*

*: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح معنی‌داری ۵ درصد

مطابق شکل (۵)، نتایج نشان داد که در قطعه شاهد نرخ خالص تولید آمونیوم کمتر از صفر (۰/۰۳-) می‌باشد، درحالی‌که در قطعه مدیریت‌شده این مقدار بیشتر از صفر (۰/۰۴) بود.



شکل ۵- نرخ خالص تولید آمونیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در روز) در ۳۰ روز اول و کل دوره مورد مطالعه قطعات شاهد ومدیریت‌شده

Figure 5. Net Ammonification rate (mg/kg per day) in control and managed plots in study times in the first 30 days and total study period (vertical bars represent SE)

تولید آمونیوم به مرحله‌ای از تحولات بیوشیمیایی خاک اطلاق می‌شود که در آن مواد آلی به ترکیبات ساده‌تری تجزیه می‌شوند. در آمونیوفیکیشن ابتدا ترکیبات مواد آلی از طریق هیدرولیز به ترکیبات ساده‌تر و پایدارتر مانند اسیدهای آمینه تجزیه می‌شوند. ترکیبات اخیر به نوبه خود گاهی هیدرولیز و گاهی اکسید می‌شوند و در نهایت به تولید آمونیوم منجر می‌شوند. کلیه فعل و انفعالات مزبور تحت تأثیر موجودات زنده کوچک در خاک به‌ویژه باکتری‌ها انجام می‌شود (۵). نتایج آزمون t مستقل نشان داد که نرخ خالص تولید آمونیوم بین دو قطعه مورد مطالعه، در ۳۰ روز اول و کل دوره مورد مطالعه (۶۰ روز) تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد داشت. نتایج نشان می‌دهد که در قطعه شاهد نرخ خالص تولید آمونیوم کمتر از صفر می‌باشد که نشان‌دهنده مصرف آمونیوم می‌باشد، درحالی‌که در قطعه مدیریت‌شده این مقدار بیشتر از صفر بود و نشان می‌دهد که آمونیوم در این قطعه تولید شده است. علت اصلی تفاوت مقدار تولید آمونیوم در دو قطعه می‌تواند تفاوت در شرایط ریز اقلیمی (دما و رطوبت) بین دو قطعه باشد که این شرایط جهت فعالیت بیشتر میکروارگانیزم‌های مسوول، در قطعه مدیریت‌شده به سبب برداشت درختان و کاهش سطح تاج پوشش، بهتر از قطعه شاهد می‌باشد.

نرخ خالص تولید نیترات

نتایج آزمون t مستقل نشان داد که نرخ خالص تولید نیترات بین دو قطعه مورد مطالعه، در ۳۰ روز اول و مجموعاً در کل دوره مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت (جدول ۹).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.3.4]

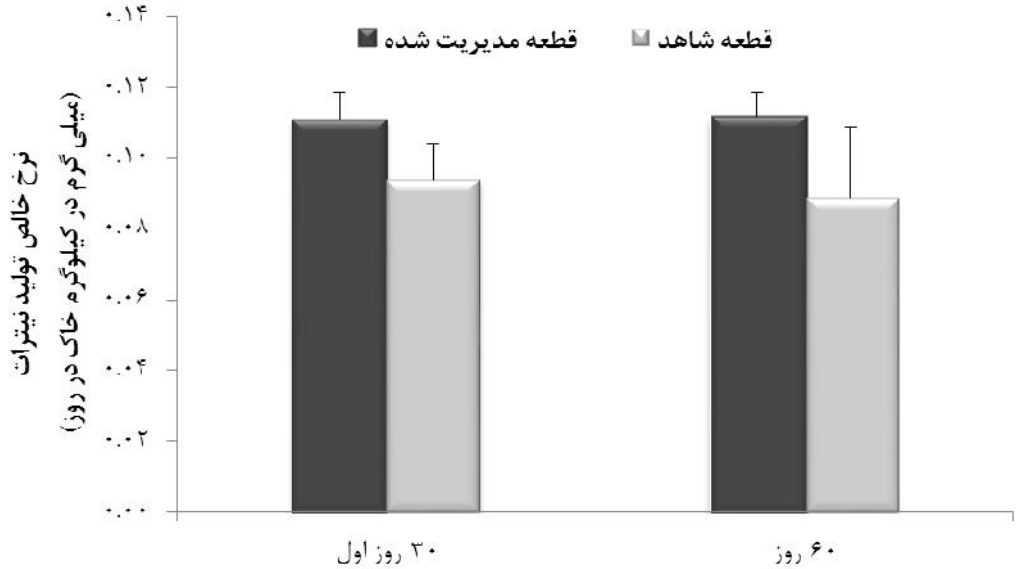
جدول ۹- نتایج آزمون t مستقل نرخ خالص تولید نیترات (گرم در کیلوگرم خاک در روز) برای قطعات شاهد و مدیریت‌شده در زمان‌های مورد مطالعه

Table 9. Results of Independent sample T-test of Net Nitrification rate (mg/kg per day) in control and managed plots in study times

زمان برداشت نمونه	مقدار t	مقدار P value
۳۰ روز اول	-۰/۴۵	۰/۶۶^{ns}
کل دوره مورد مطالعه (۶۰ روز)	-۰/۷۳	۰/۴۹^{ns}

ns: نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار

نتایج این بررسی نشان داد که نرخ خالص تولید نیترات در هر دو قطعه شاهد و مدیریت‌شده به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۱۱ می‌باشد، بنابراین تولید نیترات صورت گرفته است. (شکل ۶).



شکل ۶- نرخ خالص تولید نیترات (میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در روز) در ۳۰ روز اول و دوم و کل دوره مورد مطالعه قطعات شاهد و مدیریت‌شده

Figure 6. Net Nitrification rate (mg / kg of soil per day) in control and managed plots in study times in the first and second 30 days and total study period (vertical bars represent SE)

یکی از مسیرهای احتمالی برای آمونیوم ایجاد شده در مرحله قبلی تبدیل آمونیوم به نیترات می‌باشد (۱۲). نتایج این تحقیق نشان داد که نرخ خالص تولید نیترات در هر دو قطعه مدیریت‌شده و شاهد به وقوع پیوسته است. نتایج آزمون t مستقل نشان داد که نرخ خالص تولید نیترات بین دو قطعه مورد مطالعه، در ۳۰ روز اول و کل دوره مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نداشت. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که پتانسیل تولید نیترات در هر دو توده در ۶۰ روز یکسان می‌باشد و با توجه به اینکه عرضه آمونیوم در توده مدیریت‌شده بیشتر از توده شاهد می‌باشد ولی این عامل به‌تنهایی در مدت ۶۰ روز، نمی‌تواند باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار بین دو توده شود. به‌طورکلی نتایج این بررسی نشان داد مدیریت جنگل دارای تأثیر معنی‌داری بر نرخ خالص معدنی شدن نیتروژن می‌باشد و مقدار این شاخص در قطعه مدیریت‌شده بیشتر از قطعه شاهد بود اطلاع از نرخ خالص تولید نیتروژن در کنار مطالعات مربوط به نیاز تغذیه‌ای درختان می‌تواند راهکار مناسبی جهت مدیریت بهینه جنگل‌ها باشد. با توجه به محدود بودن مطالعات در این زمینه پیشنهاد می‌شود در سایر مطالعات به بررسی اثر مدیریت جنگل روی سایر خصوصیات زیستی خاک جنگل مانند تنفس خاک نیز پرداخته شود.

تشکر و قدردانی

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که بدین‌وسیله از آقایان خلیلی، محیا تفضلی و سید احمد هاشمی و خانم‌ها سیده کوثر حمیدی و شمیم امینی به جهت همکاری در روند اجرای این تحقیق و کمک‌های فراوان ایشان در عرصه تشکر و قدردانی نمایند.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.3.4]

منابع

1. Agusto, L., R. Jacques, D. Binkely and A. Roth. 2002. Impacts of several common tree species of European temperate forest on soil fertility. Annals of Forest Science, 59: 233-253.
2. Anonymous. 2009. Forestry Plan of series 1 khalil mahalle. Behshahr. *Forest Range* and *Watershad Management Organization*, 300 pp (In Persian).
3. Ares, A., T.A. Terry, R.E. Miller, H.W. Anderson and B.L. Flaming. 2005. Ground-Based Forest Harvesting Effects on Soil Physical Properties and Douglas-Fir Growth, Soil Science Society of America Journal, 69: 1822-1832.
4. Asadian, M., S.M. hojjati, M.R. Pourmajidian and A. Fallah. 2012. Impact of land-use management on nitrogen transformation in a mountain forest ecosystem in the north of Iran. Journal of forestry Research, 24(1): 115-119 (In Persian).
5. Baethgen, W.E. and M.M. Alley. 1987. Nonexchangeable ammonium nitrogen contribution to plant available nitrogen, Soil Science Society of America Journal. 51: 110-115.
6. Brady, NC and R.R. Well. 2008. The Nature and properties of soils, Pearson Prentice Hll, 965 pp.
7. Froehlich, H.A. and D.H. McNabb. 1984. Minimizing soil compaction in Pacific Northwest forests, In: Proc. of the Forest Soils and Treatment Impacts Conference. E.L. Stone, Ed. Univ. of Tennessee, Knoxville. 159-192.
8. Greacen, E.L. and R. Sands. 1980. Compaction of Forest Soil; A Review, Australian Journal of Soil Research, 18: 163-189.
9. Guntiñas, M.E., M.C. Leirós, C. Trasar-Cepeda and F. Gil-Sotres. 2012. Effects of moisture and temperature on net soil nitrogen mineralization: A laboratory study. European Journal of Soil Biology, 48: 73-80.
10. Hale, C.M., L.E. Frelich, P.B. Reich and J. Pastor. 2005. Effects of Europeans Earthworm invasion on soil characteristics in Northern Hardwood forests of Minnesota, USA. Ecosystem, 8: 911-927.
11. Horn, N. and F. Montagnini. 1999. Litterfall, litter decomposition and maize bioassay of mulches from four indigenous tree species in mixed and monospecific plantations in Costa Rica. International Tree Crops, 10: 37-50.
12. Hossienpour, A. 2008. Soil chemistry and fertility. Payam Nour University Press. 232 pp (In Persian).
13. Hülya Arslan, G., S. Güleryüz and S. Kırmızı. 2007. Nitrogen mineralisation in the soil of indigenous oak and pine plantation forests in a Mediterranean environment, European Journal of Soil Biology, 46(1): 11-17.
14. Kialashki, A. and S. Shabani. 2010. Assessment of Plant Species Diversity in Ecological Groups of Aghozchal Forest. Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources, 5(1): 29-38 (In Persian).
15. Marvi Mohajer, M.R. 2007. Silviculture. Tehran University Press, 387 pp (In Persian).
16. Raulund-Rasmussen K. and L. Petersen. 1987. Arealanvendelse ogjordbundsudvikling-Jordbundsudvikling ved marginalisering af sanded jorde (in Danish), National Forest and Nature Agency, Copenhagen, Denmark, 130 pp.
17. Ian Spellerberg. 1998. Ecological Effects of Roads and Traffic: A Literature Review, Global Ecology and Biogeography Letters, 7(5): 317-333.
18. Salardini, A.A. 2006. Soil Fertility, Tehran University Press, 434 pp (In Persian).
19. Wang, C., X. Han and X. Xing. 2010. Effects of grazing exclusion on soil net nitrogen mineralization and nitrogen availability in a temperate steppe in northern China. J. Arid Environ. 74: 1287-1293.
20. Wei, X., M. Shao, X. Fu, G.I. Ågren and X. Yin. 2011. The effects of land use on soil N mineralization during the growing season on the northern Loess Plateau of China, Geoderma, 160(3-4): 590-598.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.3.4]

The Effect of Forest Management on Soil Net Mineralization Rate in Khalilmahle, Behshahr Forest

Shohreh Kazemi[1], Seyed Mohammad Hojjati[2], Asghar Fallah[3] and Kambiz Barari[4]

1 and 3- Graduated M.Sc. Student and Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, (Corresponding author: s_m_hodjati@yahoo.com)
4- Senior expert, Administration of Natural Resources and Watershed. Mazandaran, Sari
Received: Jan 8, 2016 Accepted: April 10, 2017

Abstract

The present study aimed to compare the rate of net nitrogen mineralization as one of the most important biological properties of soil in managed and control forests of Khalilmahle series 1, Behshahr. Net N mineralization was measured using the buried bag method. Four points from each forest were selected for sample preparation. At each point, three samples (samples of A, B, C) were taken at 0-10 cm depth. Sample A was placed in a plastic bag and transferred to the laboratory. Samples B and C in plastic bags were buried at the same spot. Sample B and sample C were taken after 30 and 60 days, respectively. Results showed that the net rate of nitrogen mineralization in the managed plot (0.15) was significantly higher than the control plot (0.05) for the entire study period. The net rate of ammonium production was less than zero (-0.03) in control plot while it was greater than zero (0.04) in the managed plot. The net rate of nitrate production in control and managed plots was 0.08 and 0.11, respectively. Knowing the net rate of nitrogen production in addition to studies about nutritional requirements could be an appropriate strategy in optimal management of forests. Our finding suggested that appropriate forest management can result in increasing net N mineralization as one of the important features at site productivity.

Keywords: Ammonium, Forest Management, Net Nitrogen Mineralization, Nitrate, Soil Biological Properties

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1395.4.8.3.4]