بررسی جمعیت باکتری ها درکاربری های مختلف خاک و پخش سیلاب

محمد جواد روستا[1] *

استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس؛ **Rousta@Farsagres.ir**

چکیده

این بررسی بر روی خاک‌های شنی ایستگاه تحقیقاتی، ترویجی و آموزشی کوثر در گربایگان فسا، 200 کیلومتری جنوب شرقی شیراز انجام گرفت. چهار نمونه مرکب از خاک سطحی(0- 20 سانتیمتری) به شرح زیر جمع‌آوری گردید: 1- مناطقی که پخش سیلاب بر روی آن صورت نگرفته(شاهد)، 2- دو نوار اول شبکه‌های پخش سیلاب گربایگان فسا موسوم به بیشه‌زرد 1 که در دی ماه 1361 در آنها اکالیپتوس کامالدولنسیس (Eucalyptus camaldulensis) کاشته شده است، 3- نوار دوم و سوم شبکه رحیم آباد 1 که زیر پوشش گیاهان مرتعی است و با سیلاب به صورت طبیعی آبیاری می‌گردد، 4- مزارعی که در جنوب غربی شبکه بیشه زرد1 قرار گرفته اند. از این نمونه ها برای شمارش تعداد کل باکتری ها و باکتری‌های نیترات ساز با روش محتمل ترین تعداد (MPN) استفاده گردید. نتایج نشان داد که جمعیت کل باکتری ها حدود 34 و 24 برابر، به ترتیب در مکان‌هایی که اکالیپتوس کاشته شده بود و مراتع طبیعی پخش سیلاب شده در مقایسه با شاهد افزایش یافته است. دو مکان پیشین در مقایسه با اراضی زراعی 6 و 4 برابر، تعداد باکتری های بیشتری داشت. افزایش میزان رطوبت و مواد آلی در محل‌های کاشت اکالیپتوس و اراضی مرتعی، می تواند دو عامل عمده در افزایش جمعیت میکروبی باشد. مقدار ماده آلی در مکان هایی که اکالیپتوس کاشته شده، در مقایسه با شاهد و خاکهای زراعی تقریباً 2 برابر افزایش یافته است(به ترتیب 1/40 درصد در مقایسه با 0/63 و 0/73درصد). تعداد باکتری های اکسید کننده آمونیوم و نیتریت(باکتری‌های نیتراتساز) نیز در مکان‌هایی که اکالیپتوس کاری شده نسبت به نقاط دیگر، افزایش نشان داد. درمجموع، می‌توان گفت که کاشت اکالیپتوس، رشد و فعالیت باکتری‌های نیترات ساز و در نتیجه فرآیند نیتراتسازی (نیتریفیکاسیون) را تحریک می‌کند.

واژه های کلیدی: پخش سیلاب، جمعیت باکتریها، نیترات سازی (نیتریفیکاسیون)، ایستگاه کوثر

مقدمه

میکروارگانیسم ها کمتر از 0/5 درصد وزنی خاک را تشکیل می دهند، با این وجود تاثیرات عمده ای بر ویژگی ها و انجام فرآیندهای ضروری در خاک دارند. با توجه به این که بسیاری از فعالیت های بشر باعث کاهش کیفیت خاک می گردد، اخیراً تلاشهای زیادی برای افزایش فعالیت های میکروبی در بهبود ارزش کیفی خاک گردیده است. این تلاش ها عمدتاً در جهت نگهداری مواد آلی و آب یعنی دو عامل تعیین کننده حیات میکروارگانیسم ها در اکوسیستم پایدار خاک و همچنین احیای اراضی تخریب شده می باشد. تمام میکروارگانیسم های غیر فتوسنتزی برای تأمین انرژی مورد نیاز برای رشد خود باید یک ماده آلی و یا معدنی را اکسیده کنند. از واکنش های معمول، اکسایش یون آمونیوم(NH_4^+) به یون نیتریت(NO_2^-) وسپس به یون نیترات(NO_3^-) می باشد که به آن فرآیند نیترات سازی یا نیتریفیکاسیون می گویند(تیت، 1995). نیترات سازی در خاک صرفاً یک فرآیند بیولوژیک است که توسط تعداد کمی از جنس های باکتری های شیمواتوتروف صورت می گیرد. باکتریهای نیترات ساز،

---

*1- نویسنده مسئول، آدرس: شیراز، بلوار مدرس، خیابان جانبازان، مجتمع آموزشی، تحقیقاتی بعثت، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس.

* دریافت: 85/2/18 و پذیرش: 85/12/16

این فرآیند را در دو مرحله انجام می دهند.

در مرحله اول، گروهی از اکسید کننده ها مانند نیتروزوموناس و نیتروزوکوکوس یون آمونیوم را به یون نیتریت تبدیل می کنند و در مرحله دوم گروه دیگری از اکسید کننده ها مانند نیتروباکتر، نیتریت حاصل از مرحله اول را به نیترات تبدیل می کتند. واکنشهای انجام شده به صورت زیر است (تیت، 1995):

$$2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O + Energy$$
$$2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^- + Energy$$

یون نیتریت در این فرآیند یک ترکیب حد واسط بوده و به ندرت در حد مقادیر قابل اندازه گیری در خاک تجمع می یابد (اشمیت و بلسر، 1982). میکروارگانیسم های نیترات ساز از نظر توانایی آنها برای تولید نیترات که منبع عمده نیتروژن قابل جذب برای گیاهان است دارای اهمیت می باشند (الکساندر، 1983). بررسیهای قبلی(یزدیان و کوثر،2003) نشان داد که سازند آغاجاری که دشت گربایگان فسا از آن تشکیل گردیده حاوی نیترات و آمونیوم(نیتروژن زمین ساختی) می باشد. در این بررسی، 13 نمونه سنگ، 5 نمونه سیلاب و 81 نمونه خاک رسوب گیرها و حوضچه های تغذیه مورد مطالعه قرار گرفتند. غلظت یون نیترات در بیشتر موارد از غلظت یون آمونیوم کمتر بود، یعنی 5/1 در برابر 9/6 میلی گرم در کیلوگرم سنگ، 13/4 در برابر 17/4 میلی گرم در لیتر سیلاب، 1/3 در برابر 4/3 میلی گرم در کیلوگرم مواد معلق و 10/6 در برابر 15/5 میلی گرم در کیلوگرم خاک. پخش سیلاب در آبخوانها علاوه بر ایجاد عرصه های جنگلی و مراتع مشجر، می تواند نقش قابل توجهی در تغذیه سفره های آب زیرزمینی، جلوگیری از خشک شدن تدریجی قنوات و چشمه ها و بخصوص مهار و استفاده بهینه از سیلابهای مخرب داشته باشد. دشت گربایگان دارای آب و هوای خشک با میانگین بارندگی سالیانه 243/3 میلی متر و تبخیر 3200 میلی متر است. علاوه بر این، تغییرات زمانی و مکانی بارندگی در این منطقه زیاد است. در اثر پخش سیلاب، محیط مناسبی برای رشد گیاهان ایجاد شده زیرا این محیط حاوی عناصر غذایی بیشتری بوده و دارای ظرفیت نگهداری آب بیشتری می باشد که به تکثیر خودبخودی پوشش گیاهی موجود و گونه های مهاجم کمک می کند(کوثر، 1992). مصباح(2003) گزارش کرد که در اثر پخش سیلاب، عملکرد گیاهان 4 برابر و درصد پوشش گیاهی 2 برابر افزایش یافته است. با توجه به این که بیش از 20 سال از پخش سیلاب و ایجاد جنگل مصنوعی اکالیپتوس بر روی دشت گربایگان می گذرد و قسمتی از مراتع این دشت نیز تحت گسترش سیلاب قرار گرفته، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر کاربری اراضی و پخش سیلاب بر جمعیت کل باکتریهای خاک و به ویژه جمعیت باکتری های نیترات ساز انجام پذیرفت.

مواد و روش ها

این بررسی در ایستگاه کوثر در دشت گربایگان فسا که در 200 کیلومتری جنوت شرقی شیراز واقع گردیده، انجام شد. چهار نمونه مرکب از خاک سطحی (عمق0- 20 سانتیمتری) به شرح زیر جمع‌آوری گردید: 1- از مناطقی که پخش سیلاب بر روی آنها صورت نگرفته و دارای پوشش گیاهی درمنه، اسفناج وحشی(آتریپلکس لوکوکلادا[1])، علف چهل روزه، خارشتر و اسفند بود (Control). 2- از دو نوار اول شبکه‌های پخش سیلاب گربایگان فسا موسوم به بیشه‌زرد 1 که در دی ماه 1361 در آنها اکالیپتوس کامالدولنسیس کاشته شده است(Eucalyptus plantation). 3- از نوار دوم و سوم شبکه رحیم آباد 1 که زیر پوشش گیاهان مرتعی است و با سیلاب به صورت طبیعی آبیاری می‌گردد و پوشش گیاهی غالب آن بوته بلدرچین (آتریپلکس لنتی فورمیس[2])، اسفناج وحشی و درمنه بود (Pasture). 4- خاکهای زراعی که در جنوب غربی شبکه بیشه زرد1 قرار گرفته و محصولاتی مانند گندم و صیفی جات در آنها کشت می شود و با آب چاه آبیاری می شوند به عنوان چهارمین تیمار انتخاب گردید(Farm field). از این نمونه ها برای شمارش تعداد کل باکتری ها با استفاده از محیط کشت عمومی (Nutrient Broth)NB (الکساندر، 1982) و همچنین تعداد باکتری‌های نیترات ساز شامل باکتری های اکسید کننده آمونیوم و باکتری های اکسید کننده نیتریت با روش محتمل ترین تعداد[3] (MPN) استفاده گردید(اشمیت و بلسر، 1982). برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد بررسی در جدول 1 نشان داده شده است. علاوه براین، شکل های مختلف نیتروژن معدنی نیز در این خاکها اندازه گیری گردید.

نتایج و بحث

تعداد کل باکتریها در نمونه‌های خاک در نمودار 1 نشان داده شده است. با توجه به این نمودار مشخص می‌شود که تعداد کل باکتری های موجود در خاک، در محلی که اکالیپتوس کامالدولنسیس(*E. camaldulensis*) کشت شده 34 برابر و در خاک مرتع طبیعی 24 برابر نسبت به شاهد (بدون پخش سیلاب) افزایش یافته است.

1 - Atriplex leucoclada
2 - Atriplex lentiformis
3 - Most Probable Number

همچنین جمعیت کل باکتری های خاک محل های کاشت اکالیپتوس و خاک مرتع به ترتیب 6 و 4 برابر خاک زراعی بود(نمودار 1). این افزایش‌ها احتمالاً ناشی از مرطوب تر بودن خاک و عرضه بیشتر مواد غذایی (از جمله مواد آلی) برای جمعیت میکروبی خاک می‌باشد. الکساندر (1983) نیز اظهار نمود که محدود کننده‌ترین عامل برای فعالیت های بیولوژیک، سوبسترای کربن دار قابل دسترس می‌باشد.

اکثر این فرآیندها در حالت عدم ورود کربن تثبیت شده (ماده آلی) از جامعه گیاهی بالای خاک نمی‌تواند به حداکثر میزان خود برسد. تجزیه مواد آلی کلوییدی خاک و ترکیبات بیولوژیک با قابلیت تجزیه کمتر (مانند پلی‌ساکاریدهای پیچیده، لیگنین و محصولات لیگنینی) باعث ادامه برخی فعالیت‌های میکروبی می‌گردد ولی حداکثر تولید زی‌توده (بیوماس) از تجزیه مواد آلی با قابلیت تجزیه سریع‌تر مانند پلی‌ساکاریدهای ساده و پروتئین‌ها ناشی می‌شود (تیت، 1995). به دلیل این که منابع اولیه طبیعی برای ساخته شدن چنین ترکیباتی در خاک، زی توده گیاهان است یک وابستگی تقریباً ضروری میان جامعه گیاهی اتوتروف و جامعه میکروبی خاک وجود دارد. جامعه میکروبی نیز متقابلاً با تجزیه مواد آلی، عناصر غذایی ضروری پر مصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاهان را از حالت آلی و غیر قابل استفاده به صورت معدنی و قابل استفاده گیاهان تبدیل می‌کنند. برای مثال، نیتروژن آلی موجود در زی توده گیاهی قبل از اینکه دوباره جذب گیاه شود باید به وسیله باکتری های نیترات ساز به آمونیوم و نیترات تبدیل شود(تیت، 1995). مقدار مواد آلی خاک محل های زیر کشت اکالیپتوس در مقایسه با شاهد و اراضی زراعی بیش از 2 برابر افزایش نشان داد (جدول1 و نمودار2).

فرآیند نیترات سازی الزاماً به تراکم جمعیت (تعداد) باکتریهای نیترات ساز موجود و همچنین فعالیت آنزیمی آنها بستگی دارد (تیت، 1995). تعداد باکتریهای اکسید کننده آمونیوم در محلهای زیر کشت اکالیپتوس و اراضی زراعی در مقایسه با سایر محل ها افزایش چشمگیری نشان داد (نمودار 3). این امر احتمالاً به دلیل رژیم رطوبتی مناسب ناشی از پخش سیلاب و همچنین کاشت گیاهان می‌باشد. باکتریهای اتوتروف نیترات ساز از جمله میکروارگانیسم های خاکزی هستند که بسیار حساس به تنش رطوبتی می‌باشند (کیلهام، 1994).

تعداد باکتریهای اکسید کننده نیتریت هم در خاک محل های کاشت اکالیپتوس در مقایسه با سایر محلهای مورد بررسی افزایش زیادی نشان داد(نمودار4).

چنین می‌توان نتیجه گرفت که کاشت درختان اکالیپتوس کامالدولنسیس باعث افزایش تعداد باکتریهای اکسید کننده آمونیوم و نیتریت می‌گردد، بنابراین فرآیند نیترات سازی را تسریع می‌کند. این امر به چند دلیل می‌تواند باشد که از آن جمله می توان به افزایش رطوبت خاک و تأمین مواد آلی اشاره کرد. تامین رطوبت از این جهت مهم است که فرآیند نیترات سازی متاثر از میزان رطوبت خاک است و وجود مواد آلی نیز برای فعالیت جامعه میکروبی هتروتروف خاک ضروری است و این موجودات هستند که با تجزیه مواد آلی، آمونیوم لازم برای نیترات سازی را فراهم می کنند. علاوه بر این، ممکن است ترکیباتی در شاخ و برگها و ترشحات ریشه ای این گیاه وجود داشته باشد که باعث تحریک رشد باکتری های نیترات ساز شود. البته، با توجه به جذب مقدار زیادی از نیترات بوسیله ریشه های اکالیپتوس(Phytoremediation) خطر افزایش مقدار نیترات در آبهای زیر زمینی در محل های کاشت این گیاه بسیار کمتر است(محمد نیا و همکاران، 2005).

براساس مطالعات انجام شده، تعداد باکتریهای اکسید کننده آمونیوم از صفر تا چند میلیون در یک گرم خاک و حتی بیشتر از آن گزارش شده است (الکساندر، 1983). نیترات سازی تحت تأثیر عوامل خاکی متعددی از جمله مقدار رطوبت، pH، دما، بافت، اکسیژن و در دسترس بودن یون آمونیوم و همچنین تعداد و نوع میکروبهای نیترات ساز فعال می‌باشد (اشمیت و بلسر، 1982).

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که تنها در نمونه شاهد، تجمع یون نیتریت وجود دارد (نمودار 5). تجمع نیتریت در خاک می‌تواند به دلیل حضور گیاهانی از جنس های درمنه (Artemesia) و آتریپلکس (Atriplex) و یا از سراتوییدها (Ceratoides)باشد (اسکوجینز، 1981). در محل نمونه برداری خاک شاهد(عدم پخش سیلاب) نیز گیاهان درمنه و آتریپلکس مشاهده شدند. حداکثر مقدار نیترات در اراضی زراعی اندازه‌گیری گردید. با توجه به اینکه بافت خاک این اراضی سبک است، به نظر می‌رسد که نیترات ناشی از کود دهی زیاد در فعالیتهای کشاورزی می تواند یکی از منابع بالقوه آلودگی آبهای زیرزمینی با نیترات باشد. نتایج بررسی های محمد نیا و همکاران(2005) موید این موضوع است. این محققان، مقدار ازت نیتراته موجود در آب چاه واقع در اراضی کشاورزی را 12/75 میلی گرم در لیتر گزارش کردند که بیشتر از حد مجاز نیترات در آبهای آشامیدنی(10 میلی گرم در لیتر ازت نیتراته) می باشد.

اثرات آللوشیمیایی دیگر(مانند ترکیبات پلی فنلی گیاهی بویژه تانن ها) بر روی نیترات سازی در مناطق خشک نیز گزارش گردیده است. مثلا، اسکوجینز(1981 و 1984) با بررسی پتانسیل نیترات سازی در خاکهای زیر پوشش *Atremesia tridentata*، *Ceratoides lanata* و *Atriplex confertifolia* دریافت که این گیاهان باعث تجمع موقتی یون نیتریت می شوند و اظهار داشت که این امر نشان دهنده بازدارندگی اختصاصی اکسیداسیون نیتریت بوسیله این گیاهان است. مطالعات متعدد دیگری نیز کاهش سرعت نیترات سازی و یا بازدارندگی باکتری های نیترات ساز را در حضور گیاهان مختلف جنگلی یا زراعی نشان داده اند (رایس و پانچلی، 1972 و 1973، بالدوین و همکاران، 1983، رایس، 1985). علاوه بر اینکه مقدار کمی نیتروژن از طریق نزولات جوی می‌تواند در خاکهای خشک و نیمه خشک تجمع یابد، معدنی شدن مواد آلی بر اثر فعالیت میکروبی خاک و تبدیل آمونیوم به نیتریت و نیترات نیز می‌تواند به این امر کمک کند (اسپرنت، 1987). تجمع نیتریت ناشی از دو عامل قلیائیت و مقدار زیاد یون آمونیوم در خاک است (الکساندر، 1983). در اکوسیستم های خاکی مدیریت نشده یا تحت مدیریت محدود (مانند مراتع طبیعی یا جنگلهای طبیعی)، چرخه نیتروژن در حالت تعادل قرار دارد. به عبارت دیگر، در این اکوسیستم‌ها مواد آلی به آمونیوم تبدیل می‌شود، بخشی از این یون از طریق فرآیند نیترات سازی به نیترات تبدیل می‌شود و قسمت عمده نیتروژن معدنی دوباره توسط گیاه جذب شده و به شکل آلی تبدیل می‌شود. این تعادل به معنی عدم اتلاف نیتروژن معدنی از این اکوسیستم ها نیست. علاوه بر فرآیند نیترات زدایی(دنیتریفیکاسیون)، مقداری نیترات، از طریق آبشویی ناشی از بارندگی نیز می‌تواند از محدوده ریشه خارج شود (تیت، 1995). در سیستم متعادل مانند مراتع آبیاری شده با پخش سیلاب در این بررسی (نمودار 5) این مقدار کم تلفات نیتروژن احتمالاً می تواند بوسیله ورود نیتروژن از طریق نزولات جوی و تثبیت زیستی نیتروژن جبران شود. احتمال به هم خوردن تعادل بین معدنی شدن نیتروژن و جذب آن توسط گیاهان در محل هایی وجود دارد که مقدار زیادی مواد آلی یا کودهای شیمیایی مصرف شده باشد(مانند اراضی زراعی مورد بررسی در این مطالعه، نمودار 5). در این حالتها، می‌توان گفت تعادل چرخه داخلی نیتروژن در اثر دخالت انسان به هم خورده است.

در این موارد، فرآیندهای زیستی معمولاً از طریق افزایش تولید زی‌توده و نیترات زدایی تنظیم می‌شود، ولی همچنان خطر بالقوه افزایش تأثیرات منفی نیترات بر اکوسیستم وجود دارد. از آنجا که آمونیوم در نیمرخ خاک دارای تحرک کمتری است(استیونسون، 1986)، بیشتر مشکلات مربوط به آلودگی محیط ناشی از تولید نیترات (مثلاً از طریق فرآیند نیترات سازی) می‌باشد. یک دلیل برای توضیح وجود نیتریت و نیترات در خاک در غیاب باکتریهای نیترات ساز این است که این یونها ممکن است در گذشته توسط باکتریهای نیترات ساز تولید شده باشد و پس از آن جمعیت این باکتریها به حدی کاهش یافته که قابل شمارش نباشند. علاوه بر این، حرکت رو به بالای آب حاوی نیترات و نیتریت از طریق لوله‌های مویینه نیز می‌تواند عامل تجمع این دو یون در خاک باشد. تبخیر آب از سطح خاک باعث می‌شود این ترکیبات در خاک باقی بمانند(پاول و کلارک، 1989).

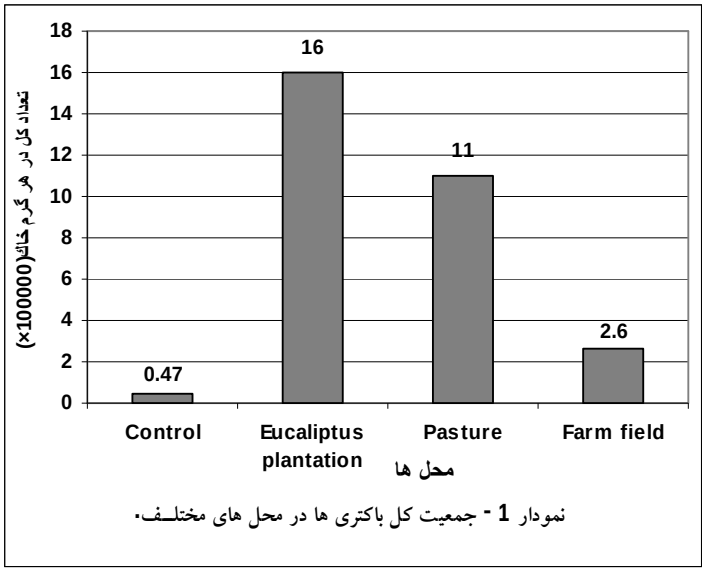
نتایج این بررسی نشان داد که نیترات سازی می‌تواند یکی از منابع نیترات در خاکهای دشت گربایگان (بویژه در مناطقی که تحت گسترش سیلاب هستند) باشد و هر چند که سیلاب نیز دارای مقداری نیترات می باشد ولی آلودگی نیتراتی در این اراضی(کاربری های جنگل اکالیپتوس و مرتع) مطرح نیست. با توجه به تعداد کم باکتری های نیترات ساز در خاکهای زراعی مورد بررسی و زیاد بودن مقدار نیترات در این خاکها، این مقدار زیاد نیترات تنها می تواند در اثر مصرف زیاد کودهای شیمیایی نیتروژنی باشد که باید کنترل شود. مصرف متعادل و به موقع کودهای نیتروژنه و کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنی کندرها مانند اوره با پوشش گوگردی (SCU) برای اراضی کشاورزی پیشنهاد می‌گردد تا میزان نیترات ورودی به آبهای زیر زمینی کاهش یابد.

تقدیر و تشکر

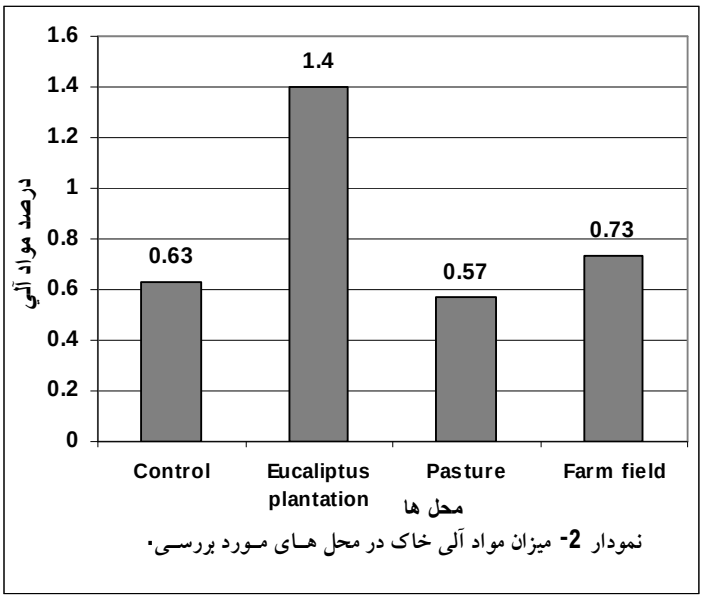
از حمایت های عالمانه جناب آقای دکتر کوثر و همچنین همکاری آقای دکتر سعادت ریاست محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، آقای دکتر صوفی، آقای مهندس حدائق، آقای مهندس رهبر، آقای شادکام و سرکار خانم گلریز و از دانشگاه سازمان ملل برای تامین بخشی از هزینه های اجرای این طرح، کمال تشکر و قدردانی به عمل می آید.

جدول1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد بررسی(عمق20-0 سانتی متر)

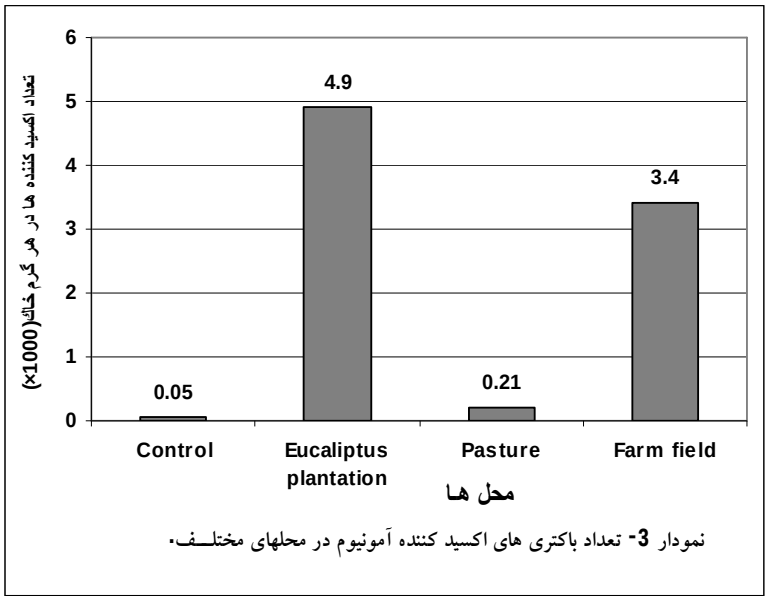
Site / Property	Control	Eucalyptus plantation	Pasture	Farm field
Sand, %	73.7	70.7	80.7	84.7
Silt, %	21.0	20.0	14.0	6.0
Clay, %	5.3	9.3	5.3	9.3
Texture	Sandy Loam	Sandy Loam	Loamy Sand	Loamy Sand
EC, dSm^{-1}	0.35	0.55	0.43	3.30
pH	7.8	7.8	7.7	7.8
Organic matter, %	0.63	1.40	0.57	0.73
Organic carbon, %	0.37	0.81	0.33	0.42
$CaCO_3$%	39.9	39.1	41.0	37.5
SAR	0.29	0.68	0.33	6.52
ESP	Low	Low	Low	7.71



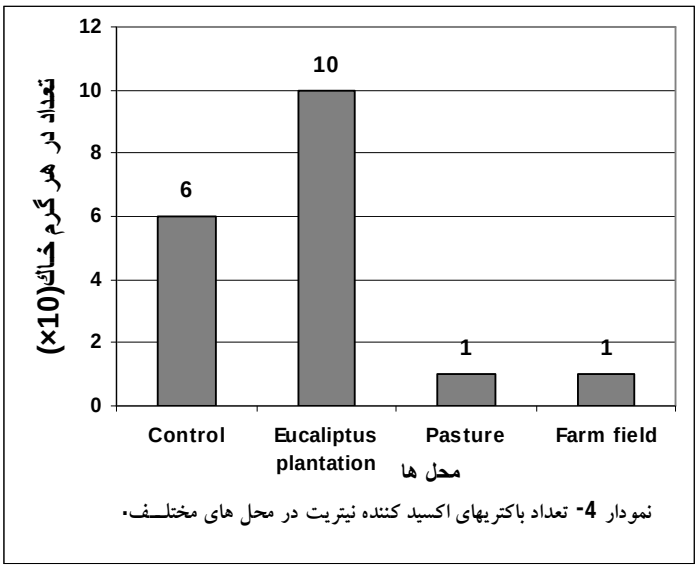
نمودار 1 - جمعیت کل باکتری ها در محل های مختلـف.



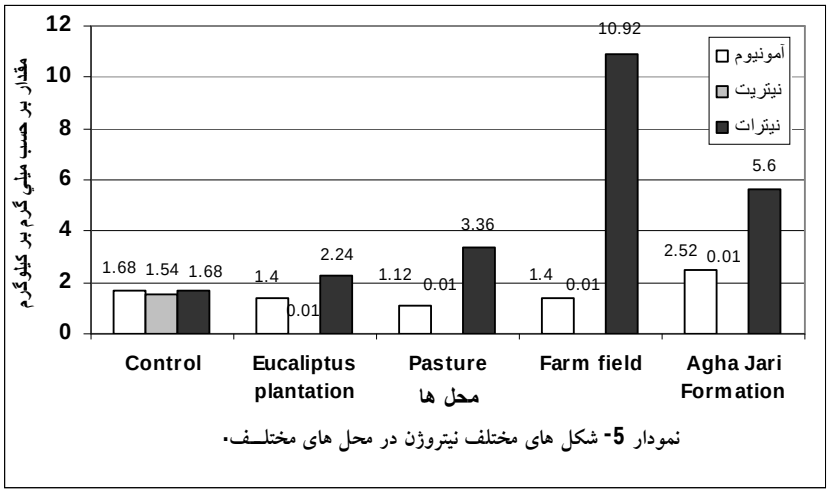
نمودار 2- میزان مواد آلی خاک در محل هـای مـورد بررسـی.



نمودار 3- تعداد باکتری های اکسید کننده آمونیوم در محلهای مختلــف.



نمودار 4- تعداد باکتریهای اکسید کننده نیتریت در محل های مختلــف.



نمودار 5- شکل های مختلف نیتروژن در محل های مختلــف.

فهرست منابع:

1. مصباح، سید حمید. 1373. مقایسه پوشش گیاهی طی دوره های خشک و تر. مجموعه مقالات سومین کنفرانس مرتعداری در ایران، ص ص. 196-192. ارومیه.

2. Alexander, M. 1982. Most probable number method for microbial populations, PP:815 – 820. *In* A.L. Page (ed.) Methods of Soil Analysis, Part2 Chemical and Microbiological Properties, second edition, Madison, Wisconsin, USA.
3. Alexander, M. 1983. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons, New York.
4. Baldwin, I.T., R.K. Olson, and W.A. Reiners. 1983. Protein binding phenolics and the inhibition of nitrification in subalpine balsam fir soils. *Soil Biol. Biochem.* 15 : 419-423.

5. Follet, R., and D.J Walker.1989. Groundwater quality concerns about nitrogen. P.1-22. *In* R.F.Follet (ed.) Nitrogen Management and Groundwater Protection. Elsevier Sci. Publ., Amsterdam.
6. Hallberg, G.R., and D.R. Keeney. 1993. Nitrate, PP: 297 – 322. *In* W. M. Alley (ed.) Regional Groundwater Quality. Van Nostrand Rhein – hold, New York.
7. Killham, K. 1994. Soil Ecology. Cambridge Univ. Press, New York.
8. Kowsar, A., S.M. Mortazvi, and M. Niazi Ardakani.1996. Eight – year performance of *Eucalyptus camaldulensis* in water spreaders in a sandy desert. *Desertification Control Bulletin Number 29 (UNEP)* : 35 – 41.
9. Kowsar, A. 1991. Floodwater spreading for desertification control : An integrated approach. *Desertification Contrail Bulletin Number 19.* (UNEP) : 3 – 18.
10. Kowsar, A. 1992. Desertification control through floodwater spreading in Iran. *Unasylva* 168 : Vol. 43, 27-30.
11. Madison, R.J., and J.O. Brunett. 1985. Overview of the occurrence of nitrate in groundwater of the United States. *In* National Water Summary 1984- Hydrologic events, selected water – quality trends, and groundwater resources.
12. Mohammadnia, M., F.I. Che, A.B. Rosenani, K.Y. Mohd, and S.A. Kowsar. 2005. The role of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. forest as a nitrate filter zone in the Gareh Bygan plain, Iran. *In* Proceeding of International Conference on Humam Impacts on Soil Quality Attributes, 12-16 September 2005, Isfahan, Iran.
13. Paul, E.A., and F.E. Clark. 1989. Soil Microbiology and Biochemistry, Academic Press, San Diego.
14. Rice, E.L., and S.K. Pancholy. 1972. Inhibition of nitrification by climax ecosystems. *Am. J. Bot.* 59 : 1033-1040.
15. Rice, E.L., and S.K. Pancholy. 1973. Inhibition of nitrification by climax ecosystems. II. Additional evidence and possible role of tanins, *Am. J. Bot.* 60 : 691-702.
16. Rice, E.L.1985. Allelopathy, 2nd ed. Academic Press. Orlando, Florida.
17. Schmidt, E.L., and L.W. Belser. 1982. Nitrifying Bacteria, PP:1027 –1042 *In* A.L. Page (ed) Methods of Soil Analysis, Part2 chemical and microbiological properties, second edition, Madison, Wisconsin, USA.
18. Skujins. J. 1981. Nitrogen cycling in arid ecosystems. *In* Terrestrial Nitrogen Cycles, F.E. Clark and T. Rosswell(Eds.). *Ecol. Bull.(Stockh.),* 33:447-491.
19. Skujins. J. 1984. Microbial ecology of desert soils, *Adv. Microb. Ecol.* 7 : 49-92.
20. Spalding, R.D., and M.E. Exner. 1993. Occurrence of nitrate in groundwater – a review. *J. Environ. Qual.* 22 : 392 – 402.
21. Sprent, J. I. 1987. The Ecology of the Nitrogen Cycle. Cambridge Univ. Press, New York.
22. Stevenson, F.J. 1986. Cycles in soil: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutients. John Wiley and Sons. New York.
23. TateIII, R.L. 1995 . Soil Microbiology , John Wiley and Sons, Inc, USA.
24. Timothy, B.S., W.J. Shower, and S.S. Howa. 2002. Application of classification – tree methods to identify nitrate sources in groundwater. *J. Environ. Qual.* 31: 1538 – 1549.
25. Yazdian, A.R., and A. Kowsar. 2003. The Aga Jari Formation : A potential source of ammonium and nitrate nitrogen fertilizers, supply paper 2275. United States Geol. Survey, Renton; VA Nitrogen Fertilizers. *In* Abstracts 9th International Rainwater Catchment Systems Conference, Petrolina, PE-Brazil, 6-9 July 1999.