نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۰، ص. ۷۱۸-۷۰۸

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.4, Sep-Oct 2011, p. 708-718

تعیین میزان انتقال نیترات در دو بافت خاک در نتیجه کاربرد کودهای آلی (مرغی، گاوی و لجن فاضلاب)

نفیسه نیک‌عمل لاریجانی[۱]- علیرضا حسن‌اقلی[۲*]- محمود مشعل[۳]- عبدالمجید لیاقت[۴]

تاریخ دریافت:۸۸/۷/۱۹
تاریخ پذیرش:۹۰/۳/۲۴

چکیده

با افزایش جمعیت جهان و نیاز به تأمین غذا، امروزه کشاورزان به استفاده از انواع کودهای شیمیایی، آلی و آفت‌کش‌ها روی آورده‌اند. کاربرد بی‌رویه این نهاده‌ها بدون در نظر گرفتن اثرات جانبی آن، مشکلات فراوانی چه از نظر زیست محیطی و چه از نظر سلامتی انسان‌ها به همراه می‌آورد. از این میان، کود آلی حاوی مقادیری از ترکیبات محلول نظیر نیترات است. این ترکیبات از طریق بارندگی یا آبیاری از محلول خاک وارد منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌شوند. هدف از این تحقیق، تعیین میزان انتقال نیترات در نیمرخ دو نوع خاک با بافت لومی و لوم سیلتی در اثر کاربرد انواع کود آلی بود. آزمایشات در قالب تحقیقات لایسیمتری انجام شد. لایسیمترها از جنس پلاستیک و با سطح مقطع دایره‌ای شکل به قطر ۶۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱۰۰ سانتیمتر تهیه گردید که تا ارتفاع ۶۰ سانتیمتر از بالای لوله زهکش از خاک دست خورده و بدون اجرای عملیات تراکمی خاصی پر گردیدند. سپس بر روی سطح خاک از کود مرغی، کود گاوی و لجن فاضلاب به میزان ۳۵ تن در هکتار استفاده شد. در مجموع ۲۴ دستگاه لایسیمتر برای انجام این تحقیق فراهم گردید که ۹ لایسیمتر برای ۳ نوع کود با سه تکرار و ۳ لایسیمتر بدون کود به عنوان تیمار شاهد برای خاک لوم و به همین تعداد لایسیمتر برای خاک لوم سیلتی لحاظ گردید و نتایج با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تحلیل شد. لایسیمترها با آب چاه آبیاری گردیدند. دور آبیاری ۷روزه بود و در مجموع در سه مرحله، اقدام به آبیاری به روش غرقابی و انجام نمونه برداری‌ها از زه‌آب خروجی از لوله زهکش لایسیمترها شد. به منظور تهیه نمونه‌های زه‌آب، ابتدا حجم خلل و فرج کل هر بافت خاک (حجم منفذی) را به دست آورده، آن را به پنج قسمت مساوی تقسیم و در پنج مرحله و در مقاطع زمانی مناسب و هربار به میزان مشخص (حدود ۱۰۰ میلی لیتر)، از زه‌آب خروجی از لایسیمترها نمونه برداری انجام شد. نتایج نشان داد میزان نیترات انتقال یافته به عمق، در خاک لومی بیشتر از خاک لوم سیلتی می‌باشد که می‌توان آن را به بافت خاک نسبت داد. همچنین میزان آلودگی نیترات در هر دو خاک در تیمار لجن بیشترین و در تیمار شاهد کمترین مقدار بود و کود گاوی و کود مرغی به ترتیب بین این دو قرار گرفت. با توجه به اینکه دور آبیاری یک هفته بود و ۳ آبیاری متوالی انجام شد، میزان آلودگی در هر دو خاک، در هفته اول بیشترین و در هفته سوم کمترین مقدار بود که می‌توان آن را به آبشویی نیترات با هر بار آبیاری نسبت داد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آب، آبشویی نیترات، لایسیمتر، کود آلی

مقدمه

یکی از شاخص‌های مهم آلودگی منابع آب سطحی، زیرزمینی و زه‌آب جاری در شبکه‌های زهکشی کشاورزی، حضور نیترات می‌باشد که بر اثر کاربرد انواع کودهای شیمیایی، آلی (دامی و انسانی)، تجزیه گیاهان و دیگر باقی مانده‌های آلی در خاک و تخلیه نامناسب فاضلاب به وجود می‌آید. گاهی اوقات باران این عنصر کودی را به طرف آب‌های سطحی و زیرزمینی حرکت می‌دهد (۱۳ و ۲۱). آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات یک مشکل گسترده برای اقتصاد، اکوسیستم و سلامتی انسان است (۸، ۱۸ و ۲۷)، بسیاری از فرآیندها موجب تشدید آلودگی خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی به نیترات، فلزات سنگین و آفت‌کش‌ها می‌شوند. از آنجا که کودهای آلی حاوی مقادیری از ترکیبات محلول مانند نیترات می‌باشند، این ترکیبات از طریق بارندگی یا آبیاری وارد محلول خاک گردیده و سرانجام وارد آبهای زیرزمینی می‌شوند. نیترات در غلظت‌های زیاد باعث بروز سرطان معده، بیماری متاموگلوبینامیا در نوزادن و نیز سقط جنین در

۱و۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
۲- استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج
(*- نویسنده مسئول: Email:arho49@yahoo.com)
۴- استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران (کرج)

انسان و دام می‌شود (۱۷، ۲۹ و ۳۱)، لذا دانستن میزان غلظت این عنصر در منابع آب و خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

کود دامی (حیوانی) از مجموع فضولات جامد و مایع چهارپایانی نظیر گاو، گوسفند و بز، اسب و غیره یا مخلوط آنها با موادی که در زیر پای دامها در اصطبل گسترانیده می‌شود (کاه و کلش، خاک اره و سایر بقایای گیاهی) تهیه می‌گردد. کاربرد کود دامی در خاک ضمن تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، باعث بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، امکان آماده سازی بستر مناسب‌تر برای رشد ریشه و افزایش رشد سبزینگی و بهبود کیفیت و افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (۳ و ۹). کود مرغی به عنوان یکی از مطلوب‌ترین انواع کود آلی شناخته شده و شامل مقادیر قابل توجهی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم می‌باشد. این کود با بهبود رطوبت خاک و فراهم کردن مواد مغذی برای گیاه، سبب حاصلخیزی خاک می‌شود (۱۴).

لجن فاضلاب شهری، باقی‌مانده حاصل از تصفیه فاضلاب است و یا به عبارت دیگر، لجن فاضلاب مواد جامدی است که در روش‌های مختلف تصفیه به منظور حذف آلاینده‌های معلق و محلول از فاضلاب، از طریق جدا سازی مواد جامد از مایع و یا ترسیب شیمیایی و یا فعالیت‌های بیولوژیکی در تصفیه خانه فاضلاب به دست می‌آید و در حقیقت، نوعی محصول فرعی مهم در فرآیند تصفیه است (۱۲). لجن، نیتروژن را به آرامی در طول یک دوره نسبتاً طولانی در اختیار گیاه قرار می‌دهد. لجن مایع هضم شده غیر هوازی، حاوی مقادیر قابل توجهی ازت آمونیاکی است که می‌تواند در اختیار گیاه قرار گرفته و برای مراتع مفید باشد. به همین دلیل استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کودی ارزان قیمت مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. لجن همچنین به علت دارا بودن مواد آلی نسبتاً زیاد، بر هدایت هیدرولیکی، پایداری خاک دانه‌ها، تهویه و ذخیره رطوبتی خاک تأثیر مطلوب دارد (۱۶).

تحقیقات افیونی و همکاران (۲) نشان داده است که لجن فاضلاب علاوه بر خواص کودی مؤثر آن، دارای مقادیر زیادی از عناصر سنگین نظیر کادمیوم، سرب، نیکل و دیگر فلزات سمی می‌باشد. مشاهدات نامبردگان به منظور تعیین میزان جذب این عناصر به وسیله گیاه کاهو و اسفناج، حکایت از آن داشت که غلظت کل مس، روی و سرب با افزایش سطح لجن فاضلاب در خاک افزایش یافت، اما این افزایش معنی دار نبود. اثر باقیمانده و تجمعی لجن بر غلظت نیتروژن قابل عصاره گیری و جذب در گیاهان معنی دار نبود، لیکن عملکرد هر دو گیاه با افزایش مقدار لجن کاربردی به طور معنی داری افزایش یافت.

در تحقیقات حسن‌اقلی (۴)، از لجن فاضلاب حاصل از تصفیه خانه شهرک اکباتان به مقادیر ۱۰، ۲۵ و ۵۰ تن در هکتار در کشت گیاه روغنی سویا استفاده شد و اثر کاربرد مقادیر مختلف لجن بر انتقال املاح به زیر عمق توسعه ریشه‌های گیاهی، در مقایسه با کاربرد کودهای شیمیایی به میزان توصیه شده (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره) و تیمار شاهد یا بدون کود مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق در شرایط لایسیمتری و در خاکی با بافت لوم رسی انجام شد. نتایج بیانگر آن بود که بیشترین مقدار نیترات در زه‌آب خروجی با متوسط ۵۷/۱۷ میلی‌گرم بر لیتر، مربوط به تیمار کاربرد ۵۰ تن در هکتار لجن و در اولین آبیاری اتفاق افتاد. کمترین مقادیر متوسط نیترات در زه‌آب حاصل از تیمار شاهد (۳/۵۱ میلی‌گرم بر لیتر) و در آخرین آبیاری فصل زراعی مشاهده شد. کاربرد کود شیمیایی به مقدار توصیه شده و لجن فاضلاب به میزان ۱۰ تن بر هکتار، تقریباً مقادیر یکسانی از نیترات را در زه‌آب لایسیمترها موجب شد و بین مقادیر فوق قرار می‌گرفت.

نتایج تحقیقات لابریک و تئودورسکو (۲۲) نشان دهنده آن بود که کاربرد لجن فاضلاب به عنوان کود در اراضی زراعی، موجب افزایش غلظت نیترات خاک شده است. تحقیقات پیترسون و همکاران (۲۸) در کاربرد لجن فاضلاب به عنوان کودی ارزان قیمت در کشاورزی نشان داد که در مدت سه سال، کاربرد لجن هیچ گونه اثرات منفی بر رشد محصولات کشاورزی نداشته است. ضمن اینکه اثرات کودی لجن در تأمین نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه بسیار قابل توجه بود.

امروزه مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در کشاورزی باعث مشکلات زیست محیطی فراوانی شده است. تحقیقات هالبرگ (۲۰) در شمال آمریکا نشان داده که آلودگی آب‌های زیرزمینی، به علت کاربرد بیش ازحد کودهای شیمیایی در زمین‌های کشاورزی می‌باشد. در روش‌های صحیح کشت معمولاً از مصرف مقادیر بیش از حد کود شیمیایی اجتناب می‌گردد، زیرا کاربرد بی رویه باعث افزایش غلظت ترکیبات نیتروژن دار در آب زهکشی می‌شود که از افق‌های سطحی به طرف پایین حرکت می‌کند (۱۰). با این وجود مطالعات نشان داده که کاربرد کودهای شیمیایی با روش و مقدار مناسب، نقش چشم گیری در افزایش کیفیت و عملکرد محصول زراعی داشته و آبشویی نیترات را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد (۷).

شیرافروس و همکاران (۶) در تحقیقاتی، غلظت نیترات، فسفر و پتاسیم در آب‌های زیرزمینی را در چند منطقه از دشت قزوین با بافت-های مختلف که تحت کشت محصولات کشاورزی بود اندازه گیری کردند. نتایج نشان داد که غلظت نیترات در آب‌های زیرزمینی مناطق مختلف مورد مطالعه در دامنه ۱۱/۱۸ و ۱۵/۲۷ میلی‌گرم در لیتر در نوسان بوده، که این مقدار بالاتر از میزان مجاز توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. حال آنکه میزان فسفر و پتاسیم کمتر از حد مجاز بود. همچنین تغییرات غلظت این عناصر در طول زمان روند ثابتی را نشان داد که علت آن، پایین بودن سطح سفره آب زیرزمینی در منطقه می‌باشد که در حدود ۳۰

متری سطح زمین است. در نتیجه، زمان زیادی طول می‌کشد که این عناصر به آب‌های زیرزمینی برسند.

نیومن و اشمیت (۲۶) متوجه شدند که نیتروژن به شکل نیترات، در بیشتر مواقع از طریق فعالیت‌های کشاورزی وارد آبهای زیرزمینی می‌شود. در ضمن چاه‌هایی که میزان نیترات در آنها از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بیشتر بود در مناطقی واقع است که دارای مزارع کشاورزی می‌باشند. در بعضی موارد تحلیل جزء به جزء سفره آب زیرزمینی نشان دهنده استفاده از کود ازت در کشاورزی به عنوان منبع آلوده کننده است. وجود نیترات علاوه بر مصارف کودهای شیمیایی می‌تواند از طریق فضولات دام و مراتع نیز باشد. آنها نشان دادند که غلظت بالای نیترات در آب زیرزمینی می‌تواند باعث بروز صدماتی به انسانها شود. به این صورت که نیترات مستقیما سرطان‌زا نیست، اما می‌تواند در بدن انسان به نیتریت تبدیل شده و با آمین‌های دوم و سوم به شکل نیتروس آمین درآید که به عنوان یک عامل قوی تولید سرطان معرفی شده است.

روش‌های آبیاری نیز در میزان انتقال نیترات در خاک نقش دارند. در مطالعه‌ای که توسط میرجات و همکاران (۲۴) در پایگاه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی پاکستان انجام شد، از ۴ روش آبیاری مشتمل بر دو روش سنتی (کرتی و نواری) و دو روش تحت فشار (بارانی و قطره‌ای) به منظور آنالیز نیترات در اعماق مختلف استفاده شد. نتایج نشان داد تجمع نیترات در همه عمق‌ها در آبیاری سنتی بالا بوده و در آبیاری تحت فشار فقط در عمق‌های اولیه تجمع یافته است. همچنین تجمع نیترات در آبیاری غرقابی بیش از حد آستانه و در آبیاری تحت فشار زیر حد آستانه می‌باشد. اسپالدینگ و همکاران (۳۰) میزان آبشویی نیترات را در آب‌های زیرزمینی تحت روش‌های آبیاری سنترپیوت و سنتی موجی بررسی کردند. نتایج نشان داد ترکیبی از روش آبیاری سنترپیوت و کاربرد کودهای مناسب، آبشویی نیترات را با کمترین کاهش در عملکرد محصول تقلیل می‌دهد.

با توجه به اینکه اضافه کردن کودهای آلی همانند لجن حاصل از تصفیه فاضلاب، کود گاوی و کود مرغی به زمین‌های کشاورزی در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است (۱ و ۵)، بررسی میزان انتقال برخی عناصر موجود در این کودها در نیمرخ خاک از اهمیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش، تحقیقات بر روی آلودگی‌های ایجاد شده (شیمیایی و بیولوژیکی) و انتقال آن در خاک از طریق مصرف انواع کودهای آلی بر روی خاکهای مختلف انجام گرفته است که در این مقاله، به بررسی میزان انتقال آلودگی نیترات در اثر کاربرد این کودها می‌پردازیم.

مواد و روش‌ها

در اجرای این تحقیق و به منظور کنترل کلیه عوامل مؤثر بر محیط، آزمایشها در قالب تحقیقات لایسیمتری انجام شد. لایسیمترها از جنس پلاستیک و با سطح مقطع دایره‌ای شکل به قطر ۶۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱۰۰ سانتیمتر، هر یک دارای لوله زهکشی به فاصله ۵ سانتیمتر از کف لایسیمتر به همراه یک لایه از فیلتر ژئوتکستایل[1] نازک (با ضخامت ۲ میلیمتر) در اطراف لوله برای جلوگیری از ورود ذرات خاک، طراحی و در محل مناسبی از نظر نور و دما قرار داده شدند. لایسیمترها تا ارتفاع ۶۰ سانتیمتر از بالای لوله زهکش، از خاک دست خورده با دو بافت لوم و لوم سیلتی[2]، بدون اجرای عملیات تراکمی خاصی بر روی خاک پر گردیدند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاکها در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

به دلیل اینکه کودهای آلی از نوع دامی و لجن فاضلاب غالبا در خارج از فصل کشت (معمولاً زمستان) به زمین اضافه می‌گردند و نیز جهت لحاظ نمودن بحرانی‌ترین شرایط ممکن از نظر انتقال آلاینده‌ها در خاک (با حذف مصرف کننده عمده آب و عناصر غذایی خاک)، در این پژوهش، گیاهی در لایسیمترها کشت نشد. بر روی سطح خاک در لایسیمترها، معادل ۳۵ تن بر هکتار از انواع کود آلی مشتمل بر کود مرغی، کود گاوی و لجن حاصل از تصفیه فاضلاب استفاده گردید. بر اساس بررسی انجام شده، در اراضی کشاورزی به طور متوسط بین ۱۰ تا ۳۵ تن در هکتار کود دامی، بر اساس تناوب انتخاب شده از نظر کود دهی به خاک (۳ - ۱ سال) مورد استفاده قرار می‌گیرد که البته بسته به نوع کود (مرغی، گاوی و لجن)، این مقادیر تا حدودی متفاوت است. لذا در این تحقیق میزان کاربرد ۳۵ تن در هکتار برای تمامی انواع کود و بر اساس فرض یک بار استفاده برای مدت ۳ سال اعمال شد. در مجموع تعداد ۲۴ دستگاه لایسیمتر برای انجام این تحقیق در نظر گرفته شد. ۹ لایسیمتر برای ۳ نوع کود با سه تکرار در هر خاک و ۳ دستگاه لایسیمتر بدون کاربرد کود به عنوان شاهد (۲ × ۳ × ۴). لایسیمترها با آب چاه آبیاری گردیدند، که مشخصات شیمیایی آب در جدول ۳ ارائه شده است.

اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز در این پژوهش، در آزمایشگاه بخش تحقیقات مهندسی آبیاری و زهکشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی انجام گرفته است. دور آبیاری ۷ روزه بود و در مجموع در سه مرحله، اقدام به آبیاری و انجام نمونه برداری‌ها گردید. آبیاری به روش غرقابی انجام شد. حجم آب آبیاری مورد استفاده در هر مرحله به میزان تخلخل خاک با ۱۰ درصد آب اضافه بود که به تدریج و با ایجاد سطح ایستابی ثابت به ارتفاع ۵ سانتیمتر، به خاک اضافه می‌گردید.

1- Geotextile

2 -Silt loam

جدول ۱- مشخصات فیزیکی نمونه‌های خاک

نوع خاک	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	وزن‌مخصوص (gr/cm^3) حقیقی	وزن‌مخصوص (gr/cm^3) ظاهری	تخلخل کل
لوم	۴۶/۸	۴۰/۴	۱۲/۸	۲/۵۵	۱/۳۹	۰/۴۵
لوم سیلتی	۳۵	۵۲/۲	۱۲/۸	۲/۵۹	۱/۲۸	۰/۵۰

جدول ۲- مشخصات شیمیایی خاک‌های مورد استفاده

مشخصات نمونه	غلظت آنیون‌ها در عصاره اشباع (meq/lit) SO_4^{-2}	Cl^{-1}	HCO_3^{-1}	CO_3^{-2}	جمع آنیون‌ها	غلظت کاتیون‌ها در عصاره اشباع (meq/lit) K^{+1}	Na^{+1}	$Mg^{+2}+Ca^{+2}$	جمع کاتیون‌ها	SAR	pH	EC (dS/m)
لوم	۱/۱۶	۲/۰۰	۲/۸۰	-	۵/۹۶	-	۱/۶۸	۴/۰۰	۵/۵۸	۱/۱۸	۷/۷۳	۰/۳۴
لوم سیلتی	۱/۷۹	۲/۰۰	۳/۰۰	-	۶/۷۹	-	۲/۰۰	۴/۰۰	۶/۰۰	۱/۱۴	۷/۷۶	۰/۵۲

غلظت اولیه نیترات در عصاره اشباع خاک لوم برابر ۶۰/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در خاک لوم سیلتی برابر ۵۵/۴۴ میلی‌گرم بر لیتر بود

میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها در عصاره اشباع خاک اندازه گیری شده است.

جدول ۳- مشخصات شیمیایی آب مورد استفاده

مشخصات نمونه	آنیون‌ها meq/lit SO_4^{-2}	Cl^{-1}	HCO_3^{-1}	CO_3^{-2}	جمع آنیون‌ها	کاتیون‌ها meq/lit K^{+1}	Na^{+1}	$Mg^{+2}+Ca^{+2}$	جمع کاتیون‌ها	SAR	pH	EC (dS/m)
کمیت	۲/۵۶	۴/۰۰	۲/۸۰	-	۹/۳۶	-	۲/۳۵	۶/۰۰	۸/۳۵	۰/۹۶	۷/۵۶	۰/۷۲

غلظت اولیه نیترات در آب آبیاری برابر ۲۲ میلی‌گرم بر لیتر بود

به منظور تهیه نمونه‌های زه‌آب، تخلخل هر بافت خاک در حجم خاک هر لایسیمتر ضرب گردید تا حجم منفذی یا اصطلاحاً پورواليوم[1] (فضاهای خالی موجود در خاک پر شده در لایسیمترها) به دست آید. سپس با فرض تقسیم این حجم به پنج قسمت مساوی، به صورت پیوسته و در هر مرحله که به میزان جزء حجم مذکور زه‌آب از لایسیمترها خارج می‌شد، اقدام به نمونه برداری می‌گردید و بدین ترتیب در پنج مرحله و در مقاطع زمانی مناسب تا خروج کامل یک حجم منفذی آب از خاک، هر بار به میزان مشخص (حدود ۱۰۰ میلی لیتر) از زه‌آب خروجی از لایسیمترها نمونه برداری گردید. بنابراین نمونه اول بلافاصله بعد از خارج شدن زه آب از لایسیمترها، نمونه دوم هنگامی که یک چهارم از حجم منفذی، آب از لایسیمترها خارج شد و نمونه سوم هنگامی که نیمی از حجم منفذی آب از آنها خارج شد، نمونه چهارم هنگامی که سه چهارم و نهایتا نمونه پنجم هنگامی که کل حجم منفذی آب از لایسیمتر خارج شد، نمونه برداری گردید. برای نمونه گیری به منظور اندازه‌گیری نیترات، از ظروف تمیز و درب دار پلاستیکی کدر استفاده شد. تعداد نمونه‌های تهیه شده در هر آبیاری ۱۲۰ عدد (۲۴ لایسیمتر × ۵ نمونه) بود. نمونه‌های به دست آمده بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و میزان نیترات نمونه‌ها با استفاده از روش اسپکتروفتومتری و در محل آزمایشگاه آب- خاک- فاضلاب مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی اندازه گیری شد، سپس داده‌ها با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و بهره گیری از نرم افزار SAS مورد آنالیز و بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

به منظور تعیین مقدار نیترات انتقال یافته به همراه زه‌آب از نیمرخ خاک در نتیجه کاربرد کودهای آلی، ابتدا مقادیر ازت کل در انواع کود مورد استفاده اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که کود مرغی حاوی ۱/۲ درصد، کود گاوی ۲/۴ درصد و لجن حاوی ۴/۸ درصد ازت می‌باشد. پس از جمع آوری نمونه‌های زه‌آب از ۲۴ لایسیمتر و در طول سه هفته متوالی، داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS و آزمایش آماری فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی مورد آنالیز و بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل آماری از نظر مقایسه میانگین‌های مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده در زه‌آب خروجی از لایسیمترها، در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج آنالیز نشان می‌دهد که اثر نوع خاک، نوع کود به کار رفته و نوبت آبیاری در سطح یک درصد بر میزان نیترات اندازه گیری شده در زه‌آب معنی دار می‌باشد.

1 -Pore volume

جدول٤- نتایج آزمون میانگین‌ها از نظر مقادیر نیترات موجود در زه‌آب لایسیمترها (آزمون دانکن) در سطح یک درصد

نوع خاک			نوع کود			نوبت آبیاری			تعداد نمونه برداری دریک حجم منفذی		
تعداد	خاک	میانگین	تعداد	کود	میانگین	تعداد	هفته	میانگین	تعداد	ترتیب	میانگین
۱۸۰	لوم	۷۸/۳۵ a	۹۰	لجن	۸۸/۱۵ a	۱۲۰	اول	۸۶/۰۲ a	۷۲	اول	۷۵/۸۴ a
۱۸۰	لوم سیلتی	۶۷/۳۴ b	۹۰	گاوی	۸۴/۲۹ b	۱۲۰	دوم	۷۳/۲۳ b	۷۲	دوم	۷۵/۴۷ a
–	–	–	۹۰	مرغی	۷۶/۸۶ c	۱۲۰	سوم	۵۹/۲۸ c	۷۲	سوم	۷۲/۵۷ b
–	–	–	۹۰	شاهد	۴۲/۱۰ d	–	–	–	۷۲	چهارم	۷۱/۰۸ bc
–	–	–	–	–	–	–	–	–	۷۲	پنجم	۶۹/۲۶ c

هان و همکاران (۱۹) بر این عقیده‌اند که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر حرکت و انتقال نیترات از نیمرخ خاک مؤثر است. بافت خاک از جمله مهمترین عوامل مؤثر بر انتقال و آبشویی نیترات می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که دو نوع خاک به کار رفته در این آزمایش با یکدیگر تفاوت داشته به طوری که در خاک لوم، نیترات بیشتری در مقایسه با خاک لوم سیلتی انتقال یافته است.

در تحقیقی که توسط دنمید (۱۵) انجام شد ملاحظه گردید در صورتی که خاک مزرعه سنگین باشد، تلفات آب از طریق نشت ۱۰ میلی‌متر در روز و اگر خاک دارای بافت سبک باشد، میزان آن بیشتر از ۱۰ میلی‌متر در روز است، در نتیجه میزان انتقال نیترات به همراه زه‌آب نیز به همین نسبت در آب زهکشی شده از خاک سبک بیشتر و در خاک سنگین کمتر می‌باشد. همچنین در پژوهشی که توسط میرولد و همکاران (۲۵) انجام شد دریافتند که سرعت تلفات ازت در خاکهایی که از زهکشی خوبی برخوردار هستند بسیار بیشتر از خاکهایی است که دارای زهکشی ضعیفی می‌باشند. کامریا و همکاران (۱۳) مدیریت آب و کود را در دو خاک متوسط و سبک بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد مدیریت ضعیف آبیاری در خاک سبک سبب آبشویی زیاد نیترات در این نوع بافت خاک شد. از آنجا که در بافت سبک میزان نگهداری آب در خاک بسیار کم می‌باشد، در نتیجه نیترات بیشتری نسبت به خاک متوسط انتقال می‌دهد. بخش (۱۱) بیان می‌دارد که در اثر کاربرد کود حیوانی و نیترات آمونیوم در یک خاک لوم رسی، بیشترین غلظت و یا به عبارتی تلفات نیترات در آب زهکشی شده در تیمار کود حیوانی مشاهده می‌شود.

سه نوع کود به کار رفته در این آزمایش نیز با یکدیگر و با تیمار شاهد (بدون کود) تفاوت داشته، به گونه‌ای که در نتیجه کاربرد لجن، بالاترین میزان آلودگی از نظر نیترات در زه‌آب مشاهده شد و شاهد در پایین‌ترین سطح و بین این دو به ترتیب کود گاوی و کود مرغی از نظر میزان نیترات قرار گرفت. در رابطه با تفاوت میزان نیترات آبشویی شده در انواع کودهای مورد استفاده، به نظر می‌رسد این امر ناشی از مقادیر متفاوت ازت موجود در آنهاست که در لجن فاضلاب بیشترین مقدار و در کود مرغی و تیمار شاهد کمترین مقدار می‌باشد. در تحقیقی که توسط اراجی و همکاران (۹) انجام شد آنها دریافتند که کود مرغی در مقایسه با کود گاوی از pH بالاتر، کربن آلی کمتر، نیتروژن معدنی بیشتر و نسبت C/N کمتری برخوردار است. همچنین هزینه بکارگیری کود مرغی ۳۷ درصد کود شیمیایی تجاری و ۲۷ درصد کود گاوی است. با توجه به اینکه نیترات موجود در کود مرغی بیشتر مورد مصرف گیاه قرار می‌گیرد، در نتیجه میزان نیتروژن موجود در زه‌آب خروجی از تیمار کود مرغی کمتر از سایر کودها می‌باشد که با نتیجه به دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. همچنین یافته-های این پژوهش با نتایج به دست آمده توسط تسوری‌یرو و همکاران (۳۱)، اسپالدینگ و همکاران (۳۰) و لو و همکاران (۲۳) مطابقت‌هایی را نشان می‌دهد و در مواردی، جزئیات بیشتری را نیز در این خصوص ارائه می‌نماید.

پنج نمونه زه‌آب تهیه شده در هر آبیاری نیز از نظر غلظت نیترات تفاوت نشان داد، به گونه‌ای که در نمونه‌های اول و دوم بالاترین میزان نیترات مشاهده شد و نمونه‌های سوم، چهارم و پنجم به ترتیب بعد از آن قرار گرفت، که این سه با هم اختلاف معنی داری در سطح یک درصد ندارند، ولی با دو نمونه قبلی تفاوت معنی داری در سطح یک درصد نشان می‌دهند (جدول ۴). در مورد دور آبیاری، نمونه‌های زه‌آب هفته اول بالاترین میزان نیترات و نمونه‌های هفته سوم کمترین میزان نیترات را دارا بودند و نمونه‌های هفته دوم بین این دو قرار گرفت. اسمیکا و همکاران (۲۹) نیز دریافتند که تلفات آبشویی نیترات به شدت تحت تأثیر مقدار آبی است که از ناحیه ریشه عبور می‌کند. در این تحقیق از روش غرقابی برای آبیاری استفاده شد و از آنجا که میزان آب مصرفی در این روش زیاد است، لذا میزان زه‌آب بیشتری به داخل زهکش‌ها وارد می‌شود، در نتیجه میزان انتقال و آبشویی نیترات هم افزایش می‌یابد.

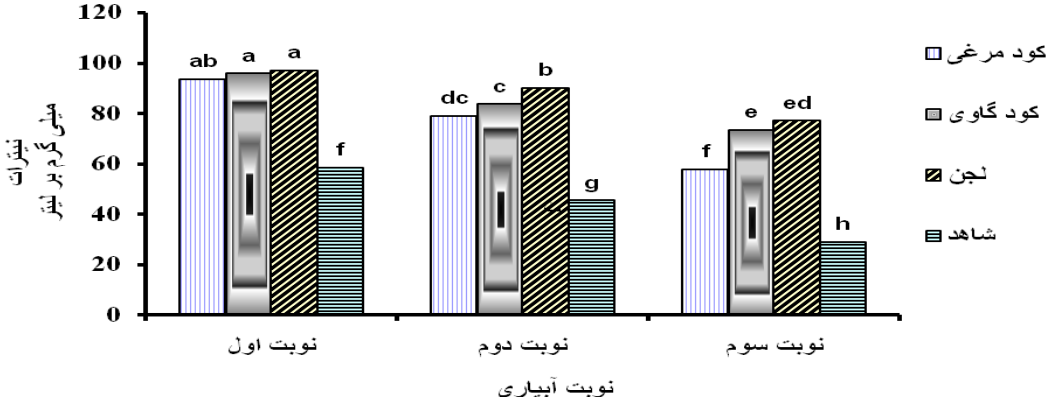
بررسی اثر متقابل نوع کود و نوبت آبیاری

تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که اثر متقابل نوع کود در نوبت آبیاری، در سطح یک درصد معنی دار شده است. همان طور که از شکل ۱ مشاهده می‌شود، لجن در نوبت اول آبیاری، بیشترین آلودگی

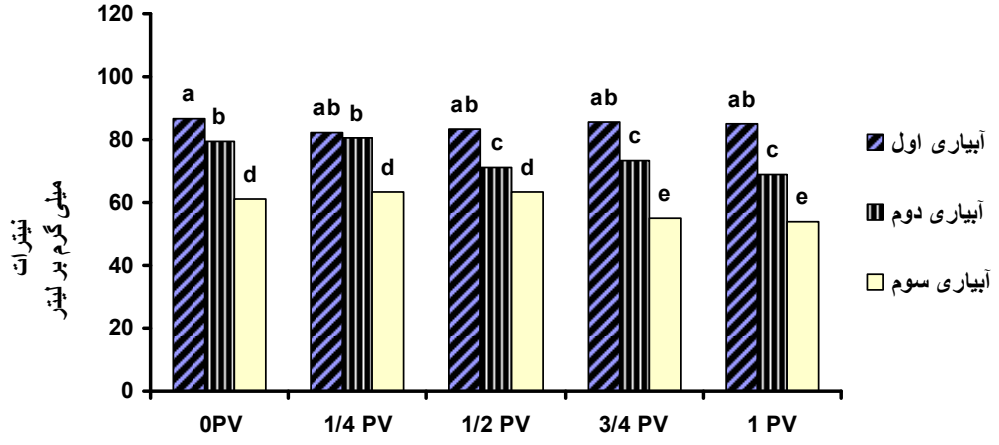
و تیمار شاهد کمترین مقدار آلودگی را ایجاد نمود. ولی با این وجود سه تیمار کود در آبیاری نوبت اول تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند. همچنین روندی کاهشی از نظر مقدار نیترات اندازه گیری شده در زه‌آب خروجی از لایسیمترها در آبیاری‌های متوالی مشاهده می گردد. این روند کاهشی را می‌توان به آبشویی نیترات با انجام هر بار آبیاری نسبت داد. کود مرغی و کود گاوی در هفته اول و نیز در هفته دوم تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند، اما در هفته سوم با یکدیگر تفاوت معنی داری را در سطح یک درصد از نظر میزان آلودگی نشان می‌دهند.

بررسی اثر متقابل تعداد نمونه برداری در یک حجم منفذی و نوبت آبیاری

تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که اثر متقابل توالی نمونه برداری در یک حجم منفذی در نوبت آبیاری در سطح یک درصد معنی دار شده است. با توجه به شکل ۲ در می‌یابیم که میزان آلودگی نیترات در هر پنج نمونه در آبیاری نوبت اول بیشترین و در آبیاری سوم کمترین می‌باشد. در آبیاری نوبت اول، بین نمونه‌ها تفاوت معنی داری وجود ندارد، اما در آبیاری نوبت دوم، بین نمونه‌های اول و دوم با مابقی نمونه‌ها تفاوت معنی دار مشاهده می‌شود. در آبیاری نوبت سوم بین نمونه‌های اول، دوم و سوم تفاوت معنی داری از نظر غلظت نیترات مشاهده نشد، اما با نمونه‌های چهارم و پنجم تفاوت معنی داری ملاحظه گردید. به طور کلی نوبت‌های نمونه برداری در هر حجم منفذی تفاوت معنی داری با یکدیگر دارند.



شکل ۱- اثر متقابل نوع کود و نوبت آبیاری از نظر انتقال نیترات به عمق خاک



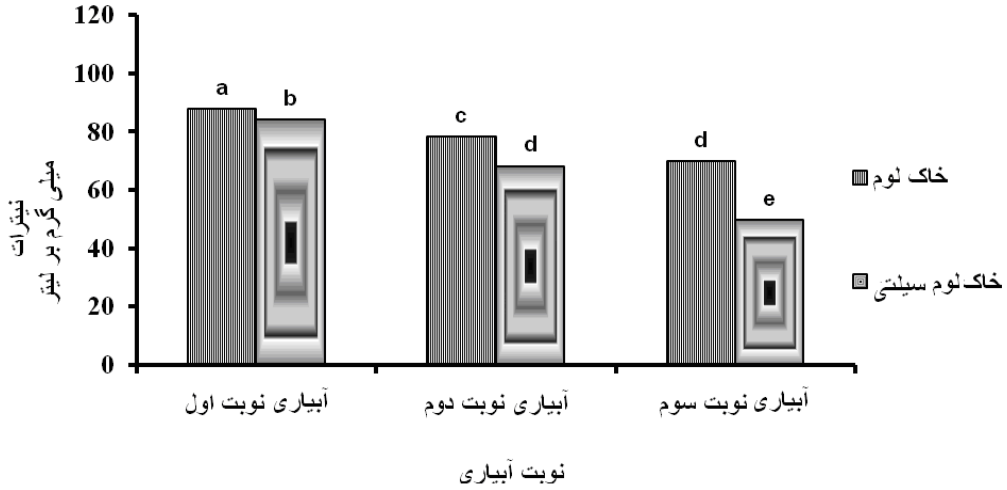
شکل ۲- اثر متقابل تعداد نمونه برداری از زه‌آب در حجم منفذی و نوبت آبیاری بر غلظت نیترات

بررسی اثر متقابل نوع خاک در نوبت آبیاری

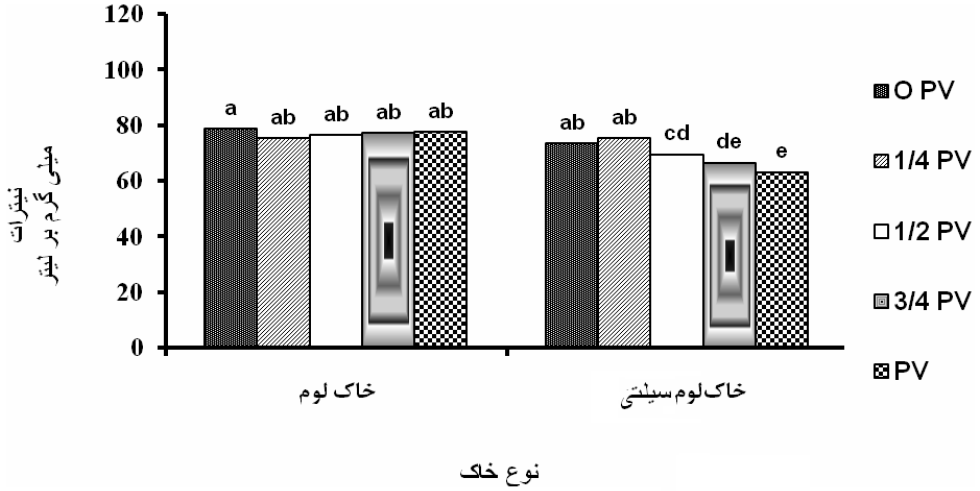
بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آماری، اثر متقابل نوع خاک در نوبت آبیاری در سطح یک درصد معنی دار شده است. با توجه به شکل ۳، در هر سه آبیاری میزان انتقال نیترات به عمق در خاک لوم بیشتر از خاک لوم سیلتی می‌باشد. از طرفی میزان انتقال نیترات در آبیاری نوبت اول بیشترین مقدار و در آبیاری نوبت سوم کمترین مقدار می‌باشد.

بررسی اثر متقابل نوع خاک و تعداد نمونه برداری در یک حجم منفذی

با توجه به تجزیه و تحلیل آماری، اثر متقابل نوع خاک و توالی نمونه گیری در سطح یک درصد معنی دار شده است. با توجه به شکل ۴ در می‌یابیم که در خاک لوم، بین نمونه‌های اندازه گیری شده، تفاوت معنی داری وجود ندارد. در خاک لوم سیلتی، جزء اول و دوم حجم منفذی تفاوت معنی داری را از نظر مقدار نیترات از خود نشان نداده، اما با جزء سوم، چهارم و پنجم تفاوت معنی داری دارند. به طور کلی خاک لوم نسبت به خاک لوم سیلتی میزان آلودگی (نیترات) بیشتری را به عمق انتقال می‌دهد.



شکل ۳- اثر متقابل نوع خاک و نوبت آبیاری بر غلظت نیترات اندازه گیری شده در زه‌آب



شکل ٤- اثر متقابل نوع خاک در تعداد نمونه برداری در یک حجم منفذی، بر غلظت نیترات در زه‌آب

بررسی اثر متقابل نوع خاک در نوع کود

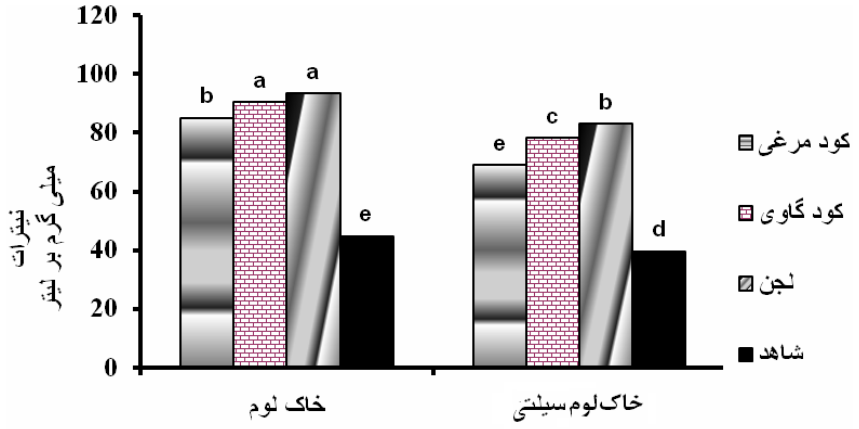
براساس تجزیه و تحلیل آماری، اثر متقابل نوع خاک در نوع کود در سطح یک درصد معنی دار شده است. با توجه به شکل ۵، تیمار لجن در هر دو خاک بالاترین میزان آلودگی را ایجاد کرده است، اما میزان این آلودگی در خاک لومی بیشتر از خاک لوم سیلتی می‌باشد. تیمار شاهد کمترین میزان انتقال نیترات به عمق را در هر دو خاک داراست. در خاک لوم سیلتی، بین تیمارهای کودی تفاوت معنی داری وجود دارد، اما در خاک لوم بین تیمار لجن و کود گاوی تفاوت معنی داری وجود ندارد، ولی هر دو با کود مرغی و شاهد تفاوت معنی داری دارند.

نتیجه گیری

کاربرد نهاده‌های کشاورزی و از جمله آنها کودهای آلی، جزء لاینفک کشاورزی مدرن به حساب می‌آید. کودها ضمن اضافه نمودن عناصر مغذی و مورد نیاز گیاه به خاک، اثراتی را نیز بر سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک برجای می‌گذارند. از جمله مواردی که ممکن است در نتیجه کاربرد کودهای دامی و لجن فاضلاب واقع شود، انتقال برخی آلاینده‌ها در نیمرخ خاک (آلاینده-های میکروبی، نیترات و فسفات) و یا شستشوی آنها به همراه روان آب سطحی می‌باشد که می‌تواند موجبات آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی را فراهم آورد. در تحقیق حاضر که در قالب تحقیقات لایسیمتری به انجام رسید، تأثیر کاربرد کودهای آلی مشتمل بر کود مرغی، کود گاوی و لجن حاصل از تصفیه فاضلاب شهری شهرک اکباتان در دو بافت خاک لوم و لوم سیلتی (خاک دست خورده)، از نظر میزان انتقال نیترات به زیر عمق توسعه ریشه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان انتقال آلودگی نیترات در خاک لومی بیشتر از خاک لوم سیلتی بود که می‌توان آن را به اثر بافت خاک نسبت داد. همچنین بیشترین میزان آلودگی نیترات را تیمار لجن و کمترین مقدار آلودگی را تیمار شاهد (بدون کود) سبب شده است. تیمارهای کود گاوی و کود مرغی به ترتیب بین آن دو قرار گرفت. از طرفی میزان انتقال نیترات در آبیاری اول بیشترین و در آبیاری سوم کمترین می-باشد که می‌توان آن را به آبشویی نیترات با گذشت زمان نسبت داد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری صمیمانه مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و گروه آبیاری و آبادانی دانشکده مهندسی آب و خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، به دلیل مساعدت در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.



شکل ۵- اثر متقابل نوع خاک درنوع کود بر غلظت نیترات اندازه گیری شده در زه‌آب

منابع

۱- ابراهیمی ن. ۱۳۸۰. بررسی اثر کودهای آلی بر خصوصیات شیمیایی خاک و جذب عناصر به وسیله ذرت و گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- افیونی م.، رضایی نژاد ی.، و خیام باشی ب. ۱۳۷۷. اثر لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب فلزات سنگین به وسیله کاهو و اسفناج. مجله علـوم و فنون کشاورزی و منبع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲، (۱): ۳۱-۱۹.
۳- امید بیگی ر. ۱۳۷۸. رهیافتهای تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی.
۴- حسن‌اقلی ع. ۱۳۸۹. بررسی انتقال املاح و عوامل آلاینده به عمق خاک در نتیجه کاربرد لجـن فاضـلاب در کشـت سـویا. گـزارش پژوهشـی نهایی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۸۹/۲۸۷، ۱۰۵ صفحه.
۵- خدیوی ا. ۱۳۸۲. اثر کودهای آلی بر اشکال شیمیایی عناصر سنگین و جذب این عناصر توسط گندم. پایان نامه کارشناسی ارشـد خاکشناسـی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۶- شیرافروس ع.، لیاقت ع.، ستوده نیا ع.، و بشلیده ح. ۱۳۸۵. آلودگی آبهای زیرزمینی به وسیله کودهای مصرفی کشاورزی (مطالعه موردی دشت قزوین). مجموعه مقالات همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمـران اهـواز، ۲۴-۱۲.
۷- واعظی ع.، همایی م.، و ملکوتی م.ج. ۱۳۸۱. اثر کود آبیاری بر کارایی مصرف کود و آب در ذرت علوفه‌ای. مجلـه علـوم خـاک و آب. ۱۶، (۲): ۱۵۹-۱۵۱.
۸- وهاب زاده ع. ۱۳۷۸. شناخت محیط زیست (ترجمه). انتشارات موزه طبیعت و حیات وحش. فصل ۱۹، ۴۰۹-۳۸۱.
9- Araji A.A., Abdo Z.O., and Joyce P. 2001. Efficient use of animal manure on cropland economic analysis. Biores. Tech., (79): 179-191.
10- Babiker I.S., Mohamed A.A., Terao H., Kato K., and Ohta K. 2004. Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system. Environment International, 29 (8): 1009- 1017.
11- Bakhsh P.E. 2005. Nitrogen fertilization in the environment. Marcel Dekker Inc. New York, USA. 608 pp.
12- Bruce A.M., Kouzeli Katsiri A., and Newman P.J. 1986. Anaerobic digestion of sewage sludge and organic agricultural wastes. Elsevier Applied Sciene Pub. Ltd.
13- Comeira M.R., Fernando R.M., and Pereira L.S. 2003. Monitoring water land NO_3-N in irrigated maize fields in the Sorraia Watershed, Portugal. Agricultural Water Management, (60): 199-216.
14- Deksissa T., Wyche Moore G.S., and Hare W.W. 2007. Occurrence, fate and transport of 17beta-estradiol and testosterone in the environment. In: Proceeding of 2007 AWRA Summer Specialty Conference, Vail. Co., June 25-27.
15- Denmead O.T. 1983. Micrometeorological methods for measuring gassou losses of nitrogen in the field. Fertilizer Research, (9): 79-98.
16- F.A.O. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Paper No. 47.
17- Francis G.S., and Haynes R.J. 1991. The leaching and chemical transformation of surface-applied urea under flood irrigation. Fert. Res., (28): 139-146.
18- Goolsby D.A. 2000. Mississippi basin nitrogen flux believed to cause Gulf hypoxia: EOS. Trans. Am. Geophys. Union, (81): 321-327.
19- Hahne H.C., Kroontze H.W., and Lutz J.A. 1997. Nitrogen fertilization nitrate accumulation and losses under continuous corn cropping. Soil Sci. Soc. Am. J., (41): 562-567.
20- Hallberg G.R. 1986. Overview of agricultural chemicals in groundwater. In: Proceedings of the Agricultural Impacts on Ground Water. National Well Water Association, Dublin, 1-66.
21- Hamilton P.A., and Helsel D.A. 1995. Effects of agriculture on ground-water quality in five regions of the United States. Ground Water, (33): 217-226.
22- Labrecque M., and Teodorescu T.I. 2001. Influence of plantation site and wastewater sludge fertilization on the performance and foliar nutrient status of two willow species grown under SRIC in southern Quebec (Canada). Forest Ecology and Management, 150 (3): 223-239.
23- Lo K.W., Jin Y.C., and Viraraghavan T. 2002. Transport of bacteria in heterogeneous media under leaching conditions. Environ. Eng. Sci., (1): 383-395.
24- Mirjat M.S., Chandio A.S., Memon S.A., and Mirjat M.U. 2008. Nitrate movement in the soil profile under irrigation agriculture: a case study. Agriculture Engineering International: the CIGR e-journal. Manuscript LW 07 024. Vol. X. Feb.
25- Myrold D., Baumeister N., and Moore J. 1992. Quantifying losses of nitrogen from land applied dairy manures. Oregan State University.
26- Neuman E., and Schmidt P. 1997. Agricultural nitrogen in groundwater pollution primer. Civil Engineering Dept, Virginia Tech.
27- O'Neil W.B., and Raucher R.S. 1990. The costs of groundwater contamination. Journal of Soil and Water

Conservation, (45): 180-183.
28- Peterson S.O., Peterson J., and Rubaek G.H. 2003. Dynamics and plant uptake of nitrogen and phosphorus in soil amended with sewage sludge. Applied Soil Ecology, 24(2): 187-195.
29- Smika D.E., Heermanm D.F., Duke H.R., and Bathchelder A.R. 1997. Nitrate-N percolation through irrigated sandy soil as different by water management. Agronomy Journal, 69(4): 623-626.
30- Spalding R.F., Watts D.G., Schepers J.S., Burbach M.E., Exner M.E., Poreda R.J., and Martin G.E. 2001. Controlling nitrate leaching in irrigated agriculture. Environmental Quality, (30): 1184-1194.
31- Tesoriero A.J., and Voss F.D. 1997. Predicting of elevated nitrate concentration in the Puget Sound Basin: implication for susceptibility and vulnerability. Ground water, 35(6): 1029-1040.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.4, Sep-Oct 2011, p. 708-718

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۰، ص. ۷۱۸-۷۰۸

Investigation of Nitrate Leaching through two Different Soil Textures via Application of three Organic Manures (Poultry, Cow and Sewage Sludge)

N. Nikamal Larijani[1]- **A. Hassanoghli**[2*]- **M. Mashal**[3]- **A. Liaghat**[4]

Received:11-10-2009
Accepted:14-6-2011

Abstract

By increasing the world population and more need to supply food, farmers attend to use of chemical fertilizers, organic manures and pesticides. Also, applications of these agents without attention to their side effects, cause more problems to human health and environment. Nitrate is one of the most important elements of organic manures, which leach through soil to surface and ground waters by irrigation or precipitation. So, it's necessary to monitor the behavior of it. The purpose of this study was to determine the nitrate transport through two different soil textures, loam and silt loam via application of organic fertilizers. In this study, experiments were carried out by cylindrical drained plastic lysimeters with 100 cm height and 60 cm diameter, filled by uncondensed soil up to 60 cm height. Three different organic manures (poultry, cow and sewage sludge) were used on top soil of lysimeters by the rate of 35 tone/ha (upon the average use amounts of farmer's). 24 lysimeters were prepared; 9 lysimeters for 3 types of manure with 3 replicates and 3 without manure used as control for each soil type. The results were analyzed by a factorial experiment in a completely randomized form statistical design. Irrigation was done by one week intervals, totally three times with well water. Five drainage water samples (100 ml each sample) were taken through the first pore volume drained after irrigating of lysimeters. It means that each pore volume divided to 5 equal parts for sampling. The results showed that the nitrate concentration in loam soil was more than silt loam soil in drainage water samples, so it can be attributed to the effect of soil texture. Also for both soil textures, sewage sludge treatment was caused the most nitrate concentration, and the least was monitored in control treatment. The amounts of poultry and cow NO_3 in drainage water samples were between them, respectively. Considering the one week irrigation intervals and three consecutive irrigations which were done, the amount of contamination in both soils in the first week was highest and in the third week was the lowest; it can be related to nitrate leaching by irrigations done.

Keywords: Water pollution, Nitrate leaching, Lysimeter, Organic manure

1,3- Former Graduate Student and Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agriculture, Aburayhan Campus, University of Tehran
2- Research Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj
(*- Corresponding Author Email: arho49@yahoo.com)
4- Professor of Irrigation and Reclamation Engineering Department, Faculty of Water and Soil Engineering, University of Tehran (Karaj)