نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۲، ص. ۷۹-۷۰

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 1, Mar.-Apr. 2013, p. 70-79

تأثیر کاربرد مقادیر مختلف لجن فاضلاب بر عملکرد سویا و میزان نیترات موجود در زه‌آب زیرزمینی کم‌عمق

علیرضا حسن‌اقلی[۱]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۱۰/۲۴

چکیده

لجن به‌عنوان بقایای جامد حاصل از تصفیه فاضلاب، حاوی عناصر کودی پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه و مواد آلی می‌باشد و به‌همین دلیل از آن، جهت تقویت اراضی کشاورزی استفاده می‌شود. از طرفی، کاربرد بدون ضابطه لجن ممکن است موجبات آلودگی خاک و منابع آب سطحی و زیرزمینی را فراهم سازد. لذا اثر کاربرد مقادیر مختلف لجن فاضلاب به‌عنوان کود آلی در مقایسه با کودهای شیمیایی رایج، بر انتقال املاح و آلاینده‌ها به‌زیر عمق توسعه ریشه‌ها، برخی از خصوصیات خاک و عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه سویا مورد بررسی قرار گرفت. به‌همین منظور تعداد ۱۵ عدد ستون خاک استوانه‌ای شکل به‌ارتفاع ۱۰۰ سانتیمتر و قطر ۶۰ سانتیمتر آماده شد و لوله زهکش از جنس PVC به‌همراه پوشش مصنوعی (فیلتر ژئوتکستایل) در کف هر یک نصب گردید. لجن مورد نیاز از تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان و پس از طی مراحل هضم و آب‌گیری اولیه تهیه شد و پس از آماده-سازی مورد استفاده قرار گرفت. ستون‌ها با استفاده از خاکی با بافت لوم‌رسی پرشدند و سویای رقم ویلیامز در آنها کشت گردید. تیمارهای کودی عبارت بود از کود لجن در ۳ سطح ۱۰، ۲۵ و ۵۰ تن در هکتار، کود شیمیایی (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیم، معادل ۷۲ کیلوگرم در هکتار فسفر به‌صورت P_2O_5 به‌همراه ۲۷ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن و نیز ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، معادل ۲۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) و تیمار شاهد (بدون‌کود) که هر یک به تفکیک در ۳ تکرار منظور گردید. آنالیز آماری نتایج انتقال نیترات در خاک با استفاده از آزمون آماری کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در زمان و در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین مقدار نیترات خروجی از زهکش‌ها در ابتدای فصل کشت و در اولین نمونه زه‌آب ستون‌های خاک مشاهده گردید و با تداوم عملیات آبیاری، به‌تدریج از کمیت نیترات موجود در زه‌آب‌ها کاسته شد. بیشترین مقدار نیترات در زه‌آب با میانگین ۵۷/۱۷ میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به تیمار کاربرد ۵۰ تن در هکتار لجن بود. کم‌ترین مقادیر متوسط نیترات در زه‌آب حاصل از تیمار شاهد و به‌میزان ۳/۵۱ میلی‌گرم بر لیتر و در پایان فصل آبیاری مشاهده شد. تیمارهای کاربرد کود شیمیایی و لجن به‌میزان ۱۰ تن در هکتار، تقریباً با مقادیری نزدیک به هم از نظر میزان نیترات موجود در زه‌آب خروجی در بین این دو قرار گرفت. بیشترین متوسط عملکرد به میزان ۲۷۷/۸۵ گرم دانه سویا، در نتیجه کاربرد ۵۰ تن در هکتار لجن به‌وقوع پیوست. هم‌چنین متوسط وزن ۱۰۰۰ عدد دانه و متوسط تعداد غلاف نیز به‌ترتیب با مقادیر ۱۲۷/۴۲ گرم و ۸۵۶ عدد در این تیمار حائز رتبه اول بود. پس از آن تیمارهای کاربرد ۲۵ تن در هکتار لجن، کود شیمیایی و ۱۰ تن در هکتار لجن در رتبه‌های بعدی قرار گرفت. بنابراین کاربرد بالاترین مقدار لجن فاضلاب در کشت سویا (به میزان ۵۰ تن در هکتار)، انتقال بیشترین مقادیر نیترات به‌زیر عمق توسعه ریشه‌ها و بالاترین شاخص‌های عملکردی را موجب شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، زه‌آب، سویا، عملکرد، لجن فاضلاب شهری، نیترات

مقدمه

تولید، جمع آوری، تصفیه و دفع فاضلاب شهری به‌عنوان یکی از اجزاء زندگی امروز و از جمله معضلات جوامع در حال توسعه به‌شمار می‌آید. فاضلاب حاوی انواع ترکیبات آلی، معدنی، شیمیایی و بیولوژیکی است (۱۰ و ۱۲). در اکثر روش‌های تصفیه فاضلاب، لجنی تولید می‌شود که باید به خارج از تصفیه‌خانه تخلیه گردد. لجن فاضلاب مواد جامدی است که در نتیجه حذف آلاینده‌های معلق و محلول از فاضلاب، از طریق جداسازی مواد جامد از مایع و یا ترسیب شیمیایی و یا فعالیت‌های بیولوژیکی در تصفیه‌خانه به‌دست می‌آید (۱۶). لجن خام به‌علت حجم زیاد، قابلیت ایجاد بوی مزاحم، بار سنگین مواد آلی و وجود عوامل بیماری‌زا در آن مسئله‌ساز است (۶ و

۱- استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج
Email: arho49@yahoo.com

۲۰).

لجن فاضلاب را می‌توان به‌عنوان کود آلی در زمین‌های کشاورزی به‌کار برد (۱۳). در این کاربرد، لجن به‌عنوان یک منبع غنی نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف برای گیاه به‌شمار می‌آید. لجن، نیتروژن را به آرامی در طول یک دوره نسبتاً طولانی در اختیار گیاه قرار می‌دهد. مقدار نیتروژن بستگی به‌میزان اصلاح اعمال شده بر روی لجن دارد. لجن مایع هضم شده غیرهوازی، حاوی مقادیر قابل توجهی از نیتروژن آمونیاکی است که می‌تواند در اختیار گیاه قرار گرفته و برای مراتع مفید باشد (۱۴، ۱۸ و ۲۲).

مدیریت مناسب کاربرد لجن فاضلاب در کشاورزی از اهم مواردی است که بایستی به آن توجه ویژه‌ای مبذول نمود، چون علاوه بر خواص بسیار مفید این نهاده به‌عنوان یک کود آلی قوی و اصلاح کننده خصوصیات خاک (۱ و ۸)، کاربرد بدون ضابطه آن می‌تواند برخی خطرات بهداشتی و هم‌چنین آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی، خاک و محصول را به‌دنبال داشته باشد. لجن بر حسب نوع فاضلاب ممکن است حاوی مواد معلق، مواد آلی (نظیر هیدروکربن‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها)، عوامل بیماری‌زا (ویروس‌ها، پروتوزوآها و تخم کرم‌های انگل روده‌ای)، فلزات سنگین و عوامل کودی باشد (۶، ۱۹ و ۲۰). حضور فلزات سنگین نظیر کادمیوم، سرب، نیکل و غیره (که در جامعه مدرن امروز استفاده می‌شوند) برای گیاهان و بعضی برای انسان یا حیوانات سمی بوده، بنابراین میزان ورود این مواد و غلظت آن‌ها در خاک و منابع آبی بایستی کنترل شود (۲۶). حجم عمده لجن را آب تشکیل می‌دهد، به‌طوری که بر حسب نوع فرآیند و مرحله تصفیه، مقدار مواد جامد در لجن ممکن است بین ۰/۲۵ تا ۱۲ درصد وزنی باشد که ارقام بالاتر مربوط به مواردی است که لجن تغلیظ شده است (۵).

یکی از عواملی که سبب آلودگی منابع آب از طریق کاربرد کودهای آلی (از جمله لجن فاضلاب) می‌گردد، نیترات می‌باشد. نیترات موجود در کود به‌دلیل حلالیت زیاد و بار منفی، در حین آبیاری از خاک شسته شده و به آب‌ها و زه‌آب‌های زیرزمینی وارد می‌شود. نیترات از راه کاربرد آب آلوده و محصولات گیاهی، وارد بدن می‌گردد. زیادی نیترات مشکلاتی را برای سلامتی انسان و دام ایجاد می‌کند (۴ و ۲۴). از جمله عواملی که در حرکت نیترات در نیمرخ خاک به سمت منابع آب زیرزمینی مؤثر است می‌توان از: نفوذ، نوع سامانه آبیاری، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نرخ کاربرد نیتروژن (یا کود) و جذب آن توسط گیاهان نام برد (۴ و ۱۷).

کاربرد لجن در اراضی کشاورزی ایران، از سابقه‌ای طولانی برخوردار است. استفاده از لجن نیمه جامد حاصل از چاه‌های جاذب منازل (کود انسانی) در مزارع و به‌منظور حاصلخیز کردن اراضی کشاورزی و باغ‌های میوه، از دیرباز رایج بوده است (۳). به‌علت تبخیر گاز آمونیاک، میزان قابل‌توجهی از آن از کود انسانی متصاعد می‌شود و لذا در هنگام استفاده، مقداری اسید سولفوریک برای جلوگیری از متصاعد شدن آمونیاک به آن اضافه می‌نمایند (۱۵).

بینا و همکاران (۲) در مطالعه‌ای به‌منظور بررسی خواص کیفی لجن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب اصفهان، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، ارزش کودی و ... لجن خشک شده تصفیه‌خانه‌های جنوب و شمال اصفهان و شاهین‌شهر را به مدت شش ماه اندازه‌گیری نمودند. نتایج نشان داد که میانگین pH، رطوبت، جامدات کل، مواد آلی، مواد معدنی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ۱۱ فلز سنگین در هر سه تصفیه‌خانه و میانگین مقادیر کلی‌فرم مدفوعی و تخم انگل‌ها در دو تصفیه‌خانه جنوب اصفهان و شاهین‌شهر، در محدوده معمول واقع بود. اما میانگین مقادیر سدیم، کربن آلی و نسبت کربن به نیتروژن (C/N) در هر سه تصفیه‌خانه و کلی‌فرم مدفوعی و تخم انگل در تصفیه‌خانه شمال اصفهان از حداکثر مقادیر معمول فراتر رفته و لذا کاربرد آن‌ها برای مصارف مختلف مناسب نمی‌باشد. بنابراین رعایت محدودیت‌های کاربرد آن‌ها در کشاورزی از نظر نوع محصول و زمان برداشت ضروری است.

نتایج تحقیقات لابریک و تئودورسکو (۲۱) نشان داد که کاربرد لجن فاضلاب به‌عنوان کود در اراضی زراعی، موجب افزایش غلظت نیترات خاک شده است. تحقیقات پیترسون و همکاران (۲۳) بر کاربرد لجن فاضلاب به‌عنوان کودی ارزان‌قیمت در کشاورزی نشان داد که در مدت سه سال، کاربرد لجن در دو نوع خاک و کشت گیاه، هیچ‌گونه 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.

گستره محصولاتی را که می‌توان با استفاده از لجن فاضلاب تیمار نمود بسیار متنوع است و ضوابط زیست‌محیطی و بهداشتی در هر منطقه و سطوح مجاز آن، در این خصوص تعیین‌کننده می‌باشد. طبق نظر دفتر محیط‌زیست سازمان ملل متحد، لجن کودی نباید برای انواع میوه‌جات نرم یا سبزی‌ها و یا گیاهان گلخانه‌ای مورد استفاده قرار گیرد (۱۸). یکی دیگر از مزایای استفاده از لجن فاضلاب به عنوان کود، تأثیر آن بر معدنی‌شدن نیتروژن می‌باشد. سرنا و پومارز (۲۵) در مقایسه اثر انواع کودهای آلی بر معدنی‌شدن نیتروژن، دریافتند که بیشترین شدت معدنی‌شدن نیتروژن در خاک در نتیجه کاربرد لجن فاضلاب حاصل می‌شود.

در تحقیقی که به‌منظور بررسی میزان انتقال نیترات در نیمرخ دو نوع خاک با بافت لومی و لوم‌سیلتی، در اثر کاربرد انواع کود آلی (کود مرغی، گاوی و لجن فاضلاب) در شرایط کنترل‌شده و بدون کاشت گیاه انجام شد، به میزان ۳۵ تن در هکتار از هریک از کودها در سطح خاک استفاده گردید. نتایج نشان داد میزان نیترات انتقال‌یافته به عمق، در خاک لومی بیشتر از خاک لوم‌سیلتی بود. هم‌چنین بیشترین میزان نیترات انتقال‌یافته در هر دو بافت خاک، با مقدار میانگین

۸۸/۱۵ میلی‌گرم بر لیتر از تیمار لجن و کمترین مقدار از تیمار شاهد (بدون کاربرد کود) با میانگین ۴۲/۱ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد (۴).

با عنایت به خصوصیات مناسب لجن حاصل از تصفیه فاضلاب شهری جهت کاربرد در کشاورزی و با درنظر گرفتن حجم لجن تولیدشده درطی فرآیند تصفیه، هم‌چنین با لحاظ هزینه‌های قابل‌توجه و اثرات جانبی نامناسب تخلیه غیر اصولی لجن به محیط‌زیست و یا دفن آن، برنامه‌ریزی در جهت کاربرد بهینه لجن در کشاورزی و به‌عنوان یک کود آلی می‌تواند از اهمیت به‌سزایی برخوردار باشد. به‌دلیل کیفیت لجن فاضلاب و حضور عوامل گوناگون که می‌توانند به‌عنوان آلاینده‌های بالقوه محیط‌زیست مطرح باشند، واجب است که کاربرد لجن در کشاورزی با دقت و وسواس ویژه‌ای همراه گردد تا علاوه بر بهره‌گیری از خواص مناسب آن، زیان‌های محتمل منتفی شده و یا به‌حداقل ممکن کاهش یابد. لذا ضروری است تا در خصوص اجرای تحقیقات لازم در شرایط محلی، به ویژه از دیدگاه تأثیر کیفیت و نوع لجن کاربردی، آب آبیاری، خاک، اقلیم و سایر عوامل مهم اقدام مقتضی به‌عمل آید. در این تحقیق، علاوه‌بر ملاحظه جنبه‌های گوناگون کاربرد مقادیر مختلف لجن روی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و میزان محصول، تأثیر اجرای عملیات آبیاری بر انتقال آلاینده‌ها در نیمرخ خاک و تخلیه آن‌ها از طریق زهکش‌های زیرزمینی به محیط‌زیست و اراضی پایین دست مورد بررسی قرار گرفت. در این مقاله، به بررسی تأثیر کاربرد مقادیر مختلف لجن فاضلاب به‌عنوان کود آلی و در مقایسه با کودهای شیمیایی رایج، بر انتقال نیترات به‌زیر عمق توسعه ریشه‌ها (زهکش کم‌عمق) در نتیجه اجرای عملیات آبیاری و میزان عملکرد و برخی اجزاء عملکرد، در کشت گیاه سویا پرداخته می‌شود.

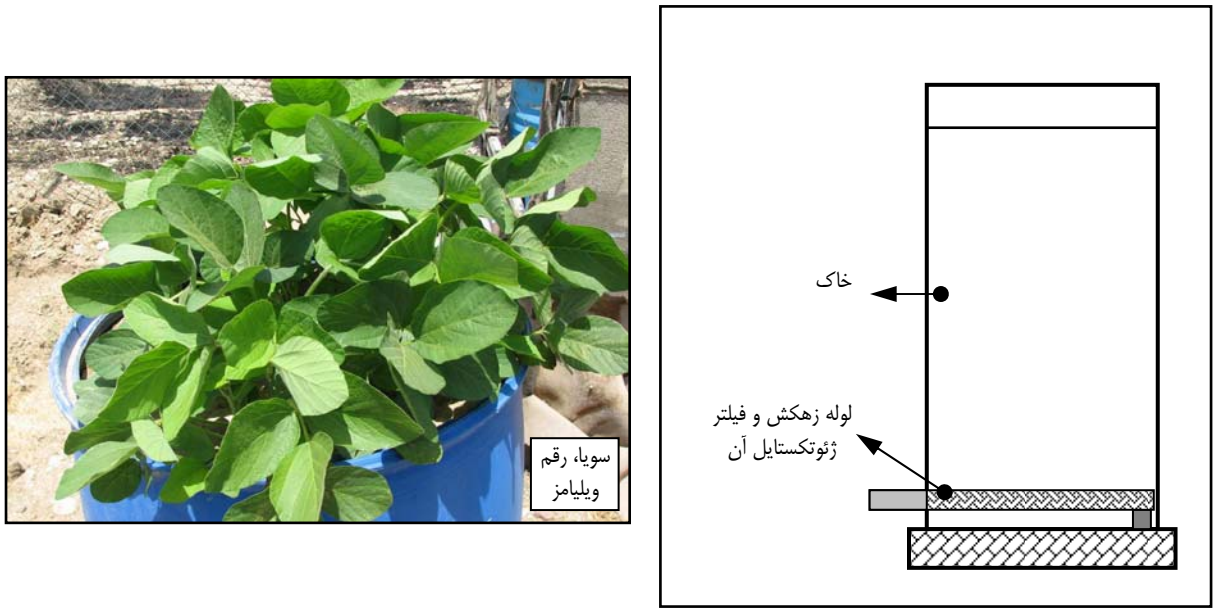
مواد و روش‌ها

به منظور بررسی جزئیات و حصول نتایج دقیق‌تر و کنترل بهتر شرایط، تعداد ۱۵ عدد ستون خاک طراحی و ساخته شد (طرح آماری ۳ × ۵). ستون‌ها به‌شکل استوانه و از جنس پلاستیک بود که ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر و قطر ۶۰ سانتی‌متر را دارا بودند. در بخش تحتانی هرستون، لوله زهکش دارای پوشش مصنوعی (فیلتر ژئوتکستایل) از نوع بافته نازک و متناسب با خاک مورد استفاده، جهت خروج زه‌آب نصب گردید (شکل ۱).

برای پرنمودن ستون‌ها، از خاک زراعی به وزن تقریبی ۳۰۰ کیلوگرم برای هرستون، دارای بافت لوم‌رسی (تهیه شده از سطح تا عمق ۷۰ سانتیمتری) و بدون اجرای عملیات تراکم بر روی آن استفاده شد. آنالیز نتایج در بخش بررسی میزان انتقال نیترات به‌عمق خاک بر اساس آزمون کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در زمان و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به‌انجام رسید. در تیمار کودی معمول، کودهای شیمیایی به میزان رایج و توصیه شده در کشت سویا، مطابق توصیه کودی توسط بخش تحقیقات دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیم (معادل ۷۲ کیلوگرم در هکتار فسفر به‌صورت P_2O_5 به‌همراه ۲۷ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن) و نیز ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره (معادل ۲۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) به‌کار برده شد. کود لجن در سه سطح ۱۰ تن در هکتار، ۲۵ تن در هکتار و ۵۰ تن در هکتار (که با خاک سطحی به‌عمق ۵ سانتیمتر و به‌صورت یکنواخت مخلوط شد) اعمال گردید و تیمار شاهد یا بدون کود نیز منظور شد. از نظر کاربرد کودهای آلی، مقدار ۱۰ تن در هکتار، توصیه کاربرد سالیانه کودهای دامی در مزارع کشاورزی می‌باشد. لیکن در کاربرد یک‌باره برای مدت زمانی ۳ – ۲ ساله، مقداری در حدود ۳۰ – ۲۵ تن در هکتار پیشنهاد می‌گردد. لجن مورد نیاز از تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان (تهران) و پس از طی مراحل هضم و آب‌گیری اولیه تهیه و به محل اجرای پژوهش منتقل شد. به‌منظور آماده‌سازی لجن، ابتدا اقدام به خشک‌نمودن آن در محل سایه و به‌دور از آفتاب گردید و پس از آماده‌سازی و خردنمودن کلوخه‌های لجنی، به‌میزان مورد نیاز در خاک سطحی هرستون مورد استفاده قرار گرفت و با آن مخلوط شد. با عنایت به سطح‌مقطع ستون‌ها، محاسبات مقتضی انجام پذیرفت تا میزان مورد نیاز کود جهت کاربرد در سطح هرستون به‌دست آید. این مقادیر برای یک ستون خاک عبارت بود از: ۴/۲ گرم کود فسفات آمونیم، ۱/۴ گرم کود اوره، ۲۸۳ گرم لجن (برای نرخ کاربرد ۱۰ تن در هکتار)، ۷۰۸ گرم لجن (برای نرخ کاربرد ۲۵ تن در هکتار) و ۱۴۱۵ گرم لجن (برای نرخ کاربرد ۵۰ تن در هکتار).

در اجرای این تحقیق از بذر سویای رقم ویلیامز استفاده شد. سویا با نام علمی *Glycine max*، که به آن لوبیای روغنی نیز گفته می‌شود، از خانواده حبوبات[1] و زیر خانواده Papilionide است. سویا گیاهی یک‌ساله و بوته آن مستقیم و پربرگ است (۹). سویا تقریباً در همه نوع خاک به‌جز خاک‌های خیلی شنی به‌خوبی می‌روید، ولی خاک‌های خیلی شور، خیلی اسیدی، نامناسب از نظر تهویه و یا خاک‌هایی با طبقه غیرقابل‌نفوذ در لایه‌های زیرین را نمی‌پسندد (۷). بذرهای سویا در تعداد نسبتاً زیادتر از حد معمول که قابلیت تنک‌کردن را دارا باشند، در پایان اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۸۵ در تمامی ستون‌ها کشت شد. پس از جوانه‌زنی و ۲ تا ۳ برگه‌شدن گیاهچه‌ها، اقدام به تنک آنها گردید و تعداد ۵ بوته در هر ستون باقی ماند. بوته‌های کشت‌شده جهت حفظ شرایط مناسب نیازمند نگه‌داری و مراقبت مستمر (اجرای عملیات داشت) می‌باشند. از جمله این عملیات می‌توان به وجین و حذف علف‌های هرز اشاره نمود که این کار به‌صورت دوره‌ای و مرتب انجام پذیرفت. ضمناً درطول دوره رشد سویا، نیازی به استفاده از روش‌های شیمیایی مبارزه با آفات بیولوژیکی پیش نیامد.

1- Leguminosea



شکل ۱- جزئیات ستون‌های خاک مورد استفاده و نمایی از یک ستون تحت کشت سویا

عملیات آبیاری به‌طور متوسط دوبار در هفته در دوره حداکثر نیاز آبی و فصل گرما (دوره رشد گیاه) و یک‌بار در هفته، در اوایل و اواخر فصل زراعی و به روش سطحی- غرقابی صورت پذیرفت. به‌همین منظور برای هر آبیاری، آب معمولی از یک حلقه چاه عمیق در نزدیکی محل اجرای تحقیق تهیه شده و مورد استفاده قرار می‌گرفت.

اندازه‌گیری عوامل مدنظر در طول فصل کشت با فواصل زمانی تقریباً یکسان و نمونه‌برداری با تناوب مناسب از زه‌آب خروجی تمامی ستون‌ها صورت پذیرفت. اولین نمونه‌برداری در ابتدای دومین هفته از شروع آبیاری، یعنی در مرحله اجرای آبیاری سوم انجام شد تا حالت تعادل نسبی در شرایط ستون‌های خاک به‌وجود آمده باشد. آخرین نمونه‌برداری نیز در انتهای فصل کشت و قبل از برداشت نهایی محصول و خاتمه اجرای عملیات آبیاری به‌عمل آمد. بدین‌ترتیب در هر فصل زراعی جمعاً تعداد ۵ سری نمونه زه‌آب خروجی از زهکش کلیه ستون‌ها تهیه گردید و مورد تجزیه و بررسی قرار گرفت. نمونه‌های زه‌آب در ظروف پلاستیکی درب‌دار نگه‌داری شده و جهت تعیین مقدار نیترات موجود، بلافاصله به‌آزمایشگاه منتقل و اندازه‌گیری مقدار نیترات با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر با مارک Biotech انجام پذیرفت. کلیه آزمایش‌ها مطابق با استاندارد APHA[1] به‌انجام رسید. در پایان فصل و پس از برداشت محصول، مقایسه میزان عملکرد و برخی اجزای عملکرد سویا در تیمارهای مختلف کودی بر اساس طرح آماری کاملاً تصادفی انجام پذیرفت. در شرایط این تحقیق، مواردی از جمله مقایسه میزان محصول تولیدی در تمامی تیمارها با یکدیگر و نیز متوسط وزن هزاردانه و تعداد غلاف تولید شده در تمامی بوته‌های هر ستون خاک مدنظر قرار گرفت. جهت انجام بررسی‌های آماری از برنامه SPSS بهره گرفته شد و مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن به انجام رسید.

خصوصیات آب و خاک مورد استفاده

در این تحقیق، از آب چاه به‌عنوان آب آبیاری استفاده شد که نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی آن در جدول ۱ قابل مشاهده است. از مقایسه ارقام ارائه شده در جدول با مقادیر موجود در استانداردهای مرتبط می‌توان چنین نتیجه گرفت که آب چاه ازنظر کیفیت شیمیایی در وضعیت مطلوبی قرار دارد. هم‌چنین به‌منظور پرنمودن ستون‌ها، از خاک زراعی منطقه بهره‌گرفته‌شد. بافت خاک از نوع لوم‌رسی بوده و کمیت ذرات سیلت و رس نزدیک به یکدیگر و بیش از درصد ماسه موجود در خاک می‌باشد. سایر مشخصات خاک در جداول ۱ و ۲ آمده است. تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به‌روش بار ثابت انجام شد. مطابق با نتایج به‌دست آمده، هدایت هیدرولیکی اشباع پیش از آغاز تحقیق برابر با ۳/۱ میلی‌متر در ساعت بود. از مقایسه این مقدار با مقادیر ارائه‌شده در مراجع برای خاک‌های مشابه چنین نتیجه‌گیری می‌شود که در نمونه خاک مورد استفاده، متوسط هدایت هیدرولیکی پیش از شروع آزمایش، پایین‌تر از متوسط ارائه‌شده برای این نوع خاک (برابر ۸/۰ میلی‌متر در ساعت (۱۱)) می‌باشد، لیکن در محدوده تغییرات بیان‌شده (بین ۲/۵ الی ۱۵ میلی‌متر در ساعت) قرار دارد. علت این‌امر را می‌توان در فقدان ساختمان طبیعی خاک درنتیجه دست‌خورده بودن آن جستجو نمود.

1- American Public Health Association

نتایج و بحث

بررسی وضعیت آبشویی نیترات

بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های به‌عمل آمده ازنظر کمیت نیترات در نمونه‌های زه‌آب تهیه‌شده از زهکش ستون‌ها و آب آبیاری درطول مدت اجرای تحقیق، تجزیه و تحلیل‌های ضروری انجام پذیرفت. مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های زه‌آب در جدول ۳ ارائه گردیده است. این جدول مشتمل‌بر متوسط نتایج به‌دست آمده از هر ۳ ستون مشابه در هرآبیاری (از نظر نوع کود کاربردی و تاریخ نمونه‌برداری) می‌باشد که از روی آن می‌توان تغییرات نسبی و میزان انتقال نیترات به‌زیر عمق توسعه ریشه‌ها (محل نصب لوله زهکش) را در کشت سویا و در تمامی نمونه‌برداری‌ها ملاحظه نمود.

از بررسی مقادیر جدول ۳ می‌توان مشاهده نمود که بیشترین مقدار نیترات خروجی از زهکش‌ها، در ابتدای هر فصل و در اولین نمونه‌های تهیه‌شده از زهکش‌ها به‌وقوع پیوسته و با تداوم عملیات آبیاری، به‌تدریج از کمیت نیترات موجود در زه‌آب‌ها کاسته شد. دلیل این امر را می‌توان در افزایش رشد گیاهان کشت‌شده و توسعه سیستم ریشه‌ای و اندام هوایی آن‌ها جستجو نمود، زیرا دراثر رشد سبزینه‌ای، مقادیر بیشتری از نیتروژن موجود در خاک به‌مصرف گیاه رسیده و در نتیجه، حضور مقادیر کمتری از نیترات در آب زهکشی‌شده قابل انتظار است. هم‌چنین افزایش فعالیت ریزموجودات خاک نیز می‌تواند تشدید کننده این امر باشد.

به‌لحاظ کمی، بیشترین مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده در زه‌آب خروجی از ستون‌هایی اتفاق افتاد که از میزان ۵۰ تن در هکتار لجن در آن‌ها استفاده گردید. کم‌ترین مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده نیز در تیمار شاهد (آبیاری بدون کاربرد کود) مشاهده شد. کاربرد کود شیمیایی به‌مقدار توصیه‌شده و لجن فاضلاب به‌میزان ۱۰ تن در هکتار، تقریباً مقادیر یکسانی از نیترات را در زه‌آب موجب شد. در مقام مقایسه، ذکر این نکته ضروری است که در کشت بسیاری از انواع گیاهان زراعی، در صورت اجرای مناسب عملیات کشاورزی و در شرایط تولید اقتصادی، حضور ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر نیتروژن نیتراته در زه‌آب‌های خروجی از زهکش‌های لوله‌ای زیرزمینی نصب‌شده در مزارع می‌تواند جزو بهترین شرایط عملی دست‌یافتنی باشد (۲۴). همان‌گونه که از نتایج ملاحظه می‌شود، در تیمار کاربرد لجن فاضلاب به مقدار ۵۰ تن در هکتار، حتی در پایان فصل کشت نیز مقدار نیترات اندازه‌گیری‌شده در زه‌آب بیش از ۲۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. در سایر تیمارهای کودی، میزان نیترات زه‌آب از اواسط فصل کشت به این محدوده نزدیک شد و در ادامه حتی از آن کمتر گردید.

جدول ۱- برخی مشخصات شیمیایی نمونه‌های آب و خاک

مشخصات نمونه	EC دسی‌زیمنس برمتر	pH	NO_3^- میلی‌گرم بر لیتر	آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)				جمع آنیون‌ها	کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)			جمع کاتیون‌ها	نسبت جذب سدیم* (SAR)
				CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}		K^+	Na^+	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$		
خاک زراعی	۱/۲۵	۷/۲۰	۷/۱۸	–	۵/۶۰	۸/۰۰	۲/۸۳	۱۶/۴۳	۰/۳۰	۲/۸۷	۱۴/۰۰	۱۷/۱۷	۱/۰۸
آب آبیاری	۰/۶۶	۷/۵۱	۲۰/۰۰	–	۳/۲۵	۱/۹۸	۲/۸۶	۸/۰۹	ناچیز	۱/۶۹	۷/۰۰	۸/۶۹	۰/۹۰

*- بر حسب جذر میلی‌اکی‌والان بر لیتر یا $(meq/lit)^{0.5}$

جدول ۲- سایر مشخصات خاک

مشخصات نمونه	کربن-آلی (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	ماسه (درصد)	رطوبت اشباع (درصد)	نوع بافت	جرم مخصوص گرم برسانتی-مترمکعب		گچ (درصد)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)
							حقیقی	ظاهری					
خاک زراعی	۰/۴۴۸	۳۷/۶۰	۳۷/۵۰	۲۴/۹۰	۳۳/۶۸	Clay Loam	۲/۴۲	۱/۱۶	ندارد	۰/۰۹۰	۰/۳۴۰	۰/۴۴۰	ناچیز

جدول ۳- مقادیر متوسط نیترات زه‌آب خروجی از زهکش ستون‌های خاک در طول اجرای تحقیق

ردیف	تیمار کودی	غلظت نیترات (میلی‌گرم بر لیتر) در زه آب در نمونه برداری				
		اول (۱۷ خرداد)	دوم (۱۷ تیر)	سوم (۱۷ مرداد)	چهارم (۱۸ شهریور)	پنجم (۱۰ مهر)
۱	کود شیمیایی	۵۱/۷۱	۴۹/۳۰	۲۹/۶۳	۱۴/۷۵	۸/۱۴
۲	لجن ۱۰	۴۹/۶۰	۴۶/۸۲	۳۳/۹۱	۱۳/۶۰	۸/۹۹
۳	لجن ۲۵	۵۳/۲۷	۵۰/۲۳	۳۹/۸۲	۱۸/۷۰	۱۶/۸۲
۴	لجن ۵۰	۵۷/۱۷	۵۴/۱۰	۴۶/۶۷	۲۷/۳۵	۲۹/۱۱
۵	بدون کود	۲۷/۳۷	۱۶/۲۰	۷/۳۴	۴/۱۳	۳/۵۱

در مواردی که تخلیه زه‌آب‌های حاصل از زهکش‌های زیرزمینی در شرایط فوق به منابع آب سطحی مدنظر باشد، مقدار نیترات موجود در زه‌آب‌ها در کنار فسفر، به‌عنوان یک عامل غذایی مؤثر در وقوع پدیده اوتریفیکاسیون[1] یا پرغذایی به‌شمار آمده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این شرایط مقدار نیترات نبایستی از حد معینی تجاوز نماید. استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران، مقادیر مجاز انواع نیتروژن موجود در پساب تصفیه‌شده را جهت تخلیه به‌منابع آب سطحی ارائه می‌دهد که می‌توان این مقادیر را ملاک تخلیه زه-آب‌های حاصل از آبیاری در شرایط کاربرد لجن فاضلاب به‌عنوان کود در منابع آب سطحی نیز قرار داد. مطابق این استاندارد، مقدار نیترات نبایستی از ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تجاوز کند (۳). با ملاحظه مقادیر نیترات اندازه‌گیری‌شده در زه‌آب ستون‌ها چنین نتیجه‌گیری می‌شود که در طول مدت اجرای آزمایش، مقادیر نیترات زه‌آب در نمونه-برداری‌های اول و دوم، نزدیک و گاهی بالاتر از حد مجاز بود، لیکن در ادامه فصل و درنتیجه رشد و توسعه گیاه و افزایش نیاز کودی آن، همواره پایین‌تر از میزان مجاز قرار می‌گرفت. بیشترین مقدار نیترات اندازه‌گیری شده در بین تمامی ستون‌ها (زه‌آب) برابر ۵۷/۱۷ میلی‌گرم بر لیتر و مربوط به تیمار کاربرد ۵۰ تن در هکتار کود لجن بود و پس از آن به‌ترتیب تیمارهای کاربرد ۲۵ تن در هکتار لجن، کود شیمیایی، کاربرد ۱۰ تن در هکتار لجن و در نهایت تیمار شاهد قرار گرفت. در پایان فصل تقریباً همین ترتیب برقرار ماند، به‌جز اینکه جای تیمار کود شیمیایی و کاربرد ۱۰ تن در هکتار لجن با یکدیگر عوض شد. قابل‌ذکر است که به‌دلیل استفاده از روش آبیاری غرقابی (کرتی)، رواناب سطحی در این آزمایش وجود نداشت.

تجزیه و تحلیل آماری کلیه مقادیر نیترات اندازه‌گیری‌شده در زه-آب در مدت اجرای آزمایش، بر اساس آزمون کرت‌های خرد شده در زمان و در قالب طرح کاملاً تصادفی و با بهره‌گیری از برنامه رایانه‌ای SPSS انجام پذیرفت. نتایج به‌دست آمده از این بررسی در جدول ۴ خلاصه گردیده است. با عنایت به نتایج حاصله، اثر نوع کود و زمان یا مرحله نمونه‌برداری‌های متوالی بر غلظت نیترات اندازه‌گیری‌شده در زه‌آب، از لحاظ آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. برطبق نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها از نظر اثر نوع و میزان کود کاربردی (شکل ۲)، می‌توان ملاحظه نمود که میانگین غلظت نیترات اندازه‌گیری‌شده در زه‌آب حاصل از ستون‌های تیمار شده با میزان ۵۰ تن در هکتار لجن فاضلاب در طول مدت اجرای تحقیق بیشترین و در تیمار شاهد کم‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص داده و تمامی مقادیر با تیمار شاهد (بدون کاربرد کود) از تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد برخوردار است. میزان نیترات اندازه‌گیری‌شده زه‌آب در تیمارهای کاربرد کود شیمیایی و ۱۰ تن در هکتار لجن فاضلاب تفاوت معنی-داری با یکدیگر نداشتند، درحالی‌که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد مقادیر بیشتر لجن در خاک، منجر به افزایش غلظت نیترات انتقال یافته در نیمرخ خاک می‌شود، لیکن کاربرد ۱۰ تن در هکتار لجن فاضلاب، اثر مشابهی را از نظر انتقال نیترات به زیر عمق توسعه ریشه‌ها، با کاربرد میزان توصیه‌شده کودهای شیمیایی در کشت گیاه روغنی سویا برجای می‌گذارد.

در خصوص اثر زمان نمونه‌برداری از زه‌آب، میانگین غلظت

1- Eutrophication

نیترات در آب زهکشی‌شده به‌ترتیب روند نزولی، از نمونه‌برداری اول به پنجم بود (شکل ۳) و تفاوت معنی‌داری را در بین تمامی نمونه‌ها در سطح ۵ درصد از خود نشان داد. همان‌گونه که قابل مشاهده است، بیشترین میزان نیترات خروجی از زهکش‌ها در نمونه‌برداری اول اتفاق افتاد و کم‌ترین مقدار نیز در نمونه‌برداری پنجم حاصل شد و نمونه-برداری‌های دوم، سوم و چهارم به‌ترتیب در بین آن‌ها قرار گرفت. لذا می‌توان نتیجه گرفت که با گذشت زمان و افزایش رشد گیاه و نیز افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی در خاک، به‌تدریج از مقدار نیترات ظاهرشده در زه‌آب ستون‌ها کاسته می‌شود و این مقدار در پایان فصل کشت به کم‌ترین میزان خود می‌رسد.

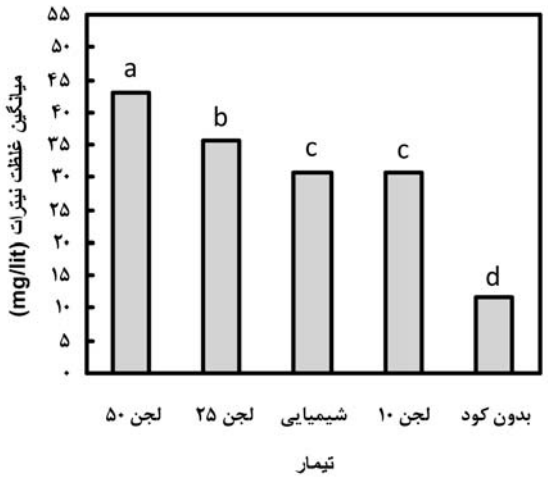
میزان عملکرد و مقدار محصول برداشت شده

مقایسه عملکردها و آنالیزهای آماری در این مرحله، براساس مقدار محصول تولیدی از هر ستون خاک (اندام برداشت‌شده گیاهی) و با استفاده از طرح آماری کاملاً تصادفی صورت پذیرفت. در اینجا شاید تعمیم میزان تولید در سطح یک ستون به سطح هکتار و سپس تجزیه و تحلیل آماری آن عمل صحیحی نباشد، زیرا شرایط زیست‌گیاهی و نحوه عملیات داشت و آبیاری در ستون‌ها، با شرایط مزرعه و مدیریت زراعی اعمال‌شده در سطح کلان یکسان و همانند نبوده و این امر، تفاوت‌هایی را در میزان تولید به‌وجود می‌آورد. لذا در این تحقیق، به-بررسی عملکرد به‌صورت مقایسه نسبی میزان محصول تولیدی در تمامی تیمارها با یکدیگر و نیز متوسط وزن هزاردانه و تعداد غلاف تولیدشده در تمامی بوته‌های هر ستون خاک پرداخته شد. از همین‌رو، به‌منظور تعیین سطح معنی‌دار بودن نتایج حاصله، اقدام به‌انجام بررسی‌های آماری با استفاده از برنامه SPSS گردید که نتایج آن در جداول ۵ و ۶ قابل مشاهده است.

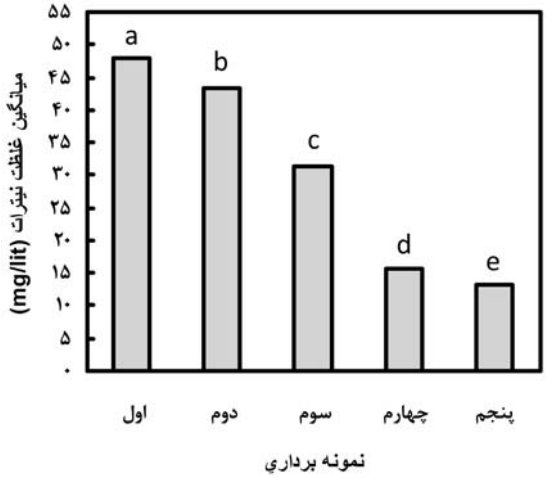
جدول ٤- نتایج تجزیه و تحلیل آماری مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده زه‌آب در مدت اجرای تحقیق

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)
تیمار	۴	۸۰۰۸/۸۲۰	۲۰۰۲/۲۰۵ **
خطا (E_a)	۱۰	۱۰۳/۴۱۵	۱۰/۳۴۲
زمان	۴	۱۴۶۹۵/۴۰۴	۳۶۷۳/۸۵۱ **
تیمار × زمان	۱۶	۱۲۳۲/۶۲۴	۷۷/۰۳۹ **
خطا (E_b)	۴۰	۹۰/۵۴۱	۲/۲۶۴

**- تفاوت معنی دار تیمارها در سطح یک درصد



شکل ۲- نتایج آزمون دانکن از نظر نوع و میزان کود کاربردی



شکل ۳- نتایج آزمون دانکن از نظر زمان نمونه‌برداری زه‌آب

جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص‌های عملکرد سویا

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد کل غلاف		وزن کل بذرها (گرم)		وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	
		SS	MS	SS	MS	SS	MS
تیمار	۴	۱۱۱۰۶۲/۲۶۷	۲۷۷۶۵/۵۶۷**	۱۳۳۱۳/۹۳۳	۳۳۲۸/۴۸۳**	۳۱۵/۲۲۸	۷۸/۸۰۷ **
خطا	۱۰	۱۰۵۴۸/۶۶۷	۱۰۵۴/۸۶۷	۱۶۳۱/۳۶۲	۱۶۳/۱۳۶	۵۲/۳۱۹	۵/۲۳۲

**- تفاوت معنی دار تیمارها در سطح یک درصد

جدول ٦- نتایج آزمون دانکن (مقایسه میانگین‌ها) از نظر شاخص‌های عملکردی سویا

تعداد کل غلاف		وزن کل بذرها (گرم)		وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم)	
تیمار	میانگین	تیمار	میانگین	تیمار	میانگین
لجن ۵۰	۸۵۶ a	لجن ۵۰	۲۷۷/۸۵ a	لجن ۵۰	۱۲۷/۴۲ a
لجن ۲۵	۷۹۸ ab	لجن ۲۵	۲۴۳/۸۴ b	لجن ۲۵	۱۱۹/۹۳ b
لجن ۱۰	۷۵۵ b	شیمیایی	۲۳۶/۴۶ b	شیمیایی	۱۱۶/۹۸ bc
شیمیایی	۷۴۷ b	لجن ۱۰	۲۲۱/۷۷ b	لجن ۱۰	۱۱۵/۵۶ c
بدون کود	۵۹۷ c	بدون کود	۱۸۶/۴۰ c	بدون کود	۱۱۴/۸۲ c

از مقادیر جدول ۵ ملاحظه می‌گردد که تأثیر اعمال تیمارهای کودی بر تعداد غلاف برداشت‌شده، وزن کل بذرها و وزن هزاردانه بذرها در سطح یک درصد دارای اثر معنی‌دار است. همان‌گونه که از جدول ۶ ملاحظه می‌گردد، بیشترین متوسط عملکرد به‌میزان ۲۷۷/۸۵ گرم دانه سویا، درنتیجه کاربرد ۵۰ تن در هکتار کود آلی لجن به‌وقوع پیوست. هم‌چنین متوسط وزن ۱۰۰۰ دانه و متوسط تعداد غلاف نیز به‌ترتیب با مقادیر ۱۲۷/۴۲ گرم و ۸۵۶ عدد حائز رتبه اول می‌باشند.

بر طبق نتایج آزمون دانکن که در جدول ۶ ارائه شده می‌توان چنین بیان نمود که اثر نوع و میزان کاربرد کود بر میانگین تعداد غلاف برداشت‌شده از بوته‌ها در هر ستون در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده، به‌گونه‌ای که بیشترین مقدار آن در اثر کاربرد مقادیر ۵۰ و ۲۵ تن در هکتار کود لجن ملاحظه گردید. البته علی‌رغم تأثیر کاربرد میزان ۵۰ تن در هکتار لجن بر افزایش تعداد غلاف برداشت شده، می‌توان چنین بیان نمود که تفاوت آن با کاربرد ۲۵ تن لجن در هکتار در سطح آماری ۵ درصد چندان معنی‌دار نیست. ازطرفی تفاوت معنی‌داری نیز از این نظر بین تیمارهای کاربرد ۱۰ تن در هکتار لجن با کاربرد میزان توصیه‌شده کود شیمیایی در سطح آماری ۵ درصد مشاهده نگردید. این درحالی است که عدم کاربرد کود باعث اختلاف بارز و معنی‌دار نتیجه با کلیه تیمارهای فوق‌الذکر شده و افت قابل‌توجهی در تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها از نظر تعداد غلاف تولیدشده به‌وجود آورده است.

در خصوص وزن کل بذر برداشت‌شده از هر ستون می‌توان چنین بیان نمود که اثر نوع و میزان کاربرد کود بر میانگین مقدار وزن کل دانه سویای برداشت‌شده در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده، به‌گونه‌ای که بیشترین مقدار برداشت دانه در اثر کاربرد ۵۰ تن در هکتار کود لجن ملاحظه گردید. سپس به‌ترتیب مقادیر کاربرد ۲۵ تن در هکتار لجن، کاربرد کود شیمیایی و ۱۰ تن در هکتار لجن، البته بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر و با تفاوتی معنی‌دار در سطح ۵ درصد با تیمار کاربرد ۵۰ تن در هکتار لجن در مرتبه بعدی قرار گرفت. در نهایت تیمار شاهد در پایین‌ترین سطح عملکرد و با تفاوت معنی‌داری با سایر موارد فوق در سطح ۵ درصد قرار داشت. هم‌چنین می‌توان چنین بیان نمود که اثر نوع و میزان کاربرد کود بر میانگین مقدار وزن هزاردانه سویا در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود، به‌گونه‌ای که بیشترین مقدار آن در اثر کاربرد ۵۰ تن در هکتار کود لجن ملاحظه گردید. سپس کاربرد مقدار ۲۵ تن در هکتار لجن با تفاوتی معنی‌دار در سطح ۵ درصد در مرتبه بعدی قرار گرفت. البته با اینکه تأثیر کاربرد این مقدار لجن با میزان توصیه‌شده کود شیمیایی بر وزن هزاردانه از نظر آماری چندان معنی‌دار نبود، لیکن تفاوت‌ها قابل مشاهده است. همین مورد را می‌توان در خصوص سایر تیمارها نیز ذکر نمود.

از موارد فوق می‌توان چنین نتیجه گرفت که کاربرد یک‌ساله لجن فاضلاب اثرات قابل توجهی را بر تولید محصول سویا داشته و حساسیتی را ایجاد ننموده است و استفاده از لجن فاضلاب به میزان ۵۰ تن در هکتار، بهترین نتیجه را از نظر شرایط تولید محصول در سال اول کشت سویا ایجاد نموده است.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، نتایج حکایت از آن داشت که بیشترین مقدار کاربرد لجن حاصل از تصفیه فاضلاب خانگی شهرک اکباتان (به‌میزان ۵۰ تن در هکتار) در مقایسه با کاربرد مقادیر کمتر این نوع کود و نیز کودهای رایج شیمیایی در میزان توصیه شده، بالاترین عملکرد و اجزاء عملکرد را در کشت سویا موجب شد. در کنار این مورد، بیشترین میزان انتقال نیترات و املاح به زیر عمق توسعه ریشه‌ها (زهکش کم‌عمق) نیز در همین تیمار مشاهده شد. لذا می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که صرف برداشت محصول بیشتر، نمی‌توان در استفاده از این نوع کود آلی هدف‌گذاری نمود، بلکه لازم است تعادلی را بین مقدار کود کاربردی، دوره زمانی و تناوب کاربرد آن در فصول متمادی به‌گونه‌ای برقرار ساخت که شاهد کمترین خسارت به محیط‌زیست، به‌ویژه منابع آب سطحی و زیرزمینی باشیم. در این خصوص، اجرای تحقیقات بلندمدت قابل توصیه بوده و می‌تواند به نتایج عملیاتی و کاربردی منجر شود.

منابع

۱- بهره‌مند م.ر.، افیونی م.، حاج عباسی م. و رضایی نژاد ی. ۱۳۸۱. اثر لجن فاضلاب بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک. مجله علوم و فنون

کشاورزی و منابع طبیعی (دانشگاه صنعتی اصفهان)، جلد ۶، شماره ۴: ۹-۲.
۲- بینا ب.، موحدیان عطار ح. و امینی ا. ۱۳۸۳. بررسی کیفیت لجن خشک شده تصفیه خانه‌های فاضلاب اصفهان و کاربرد آن برای مصارف مختلف. مجله آب و فاضلاب (۴۹): ۴۲-۳۴.
۳- حسن‌اقلی ع. ۱۳۸۹(الف). بررسی انتقال املاح و عوامل آلاینده به عمق خاک در نتیجه کاربرد لجن فاضلاب در کشت سویا. گزارش پژوهشی نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۸۹/۲۸۷.
۴- حسن‌اقلی ع. ۱۳۸۹(ب). بررسی انتقال آلاینده‌های معدنی و بیولوژیکی ناشی از کاربرد انواع کودهای آلی در نتیجه اجرای عملیات آبیاری در بافت‌های مختلف خاک. گزارش پژوهشی نهایی. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه شماره ۸۹/۱۴۳۴.
۵- سازمان برنامه و بودجه. ۱۳۷۲. ظوابط فنی بررسی و تصویب طرح‌های تصفیه فاضلاب شهری. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، نشریه شماره ۳-۱۲۹.
۶- سازمان مدیریت و برنامه ریزی. ۱۳۸۱. آماده سازی لجن حاصل از تصفیه فاضلاب شهری برای مصارف کشاورزی. پیش نویس استاندارد، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، نشریه شماره ۲۲۰-الف.
۷- سجادی ا. ۱۳۷۵. مصرف بهینه کود ریزوبیوم تجارتی در افزایش تولید سویا در ایران. نشر آموزش کشاورزی، نشریه فنی شماره ۳.
۸- شفیعی پور ش.، آیتی ب. و گنجی دوست ح. ۱۳۹۰. بررسی اثر کاربرد لجن تصفیه خانه فاضلاب شهری در بهبود خاک کشاورزی (مطالعه موردی: جزیره کیش). مجله آب و فاضلاب (۲): ۹۳-۸۵.
۹- عشرت آبادی پ. و حامدی م. ۱۳۸۸. خواص فیزیکی، شیمیایی و کیفی روغن ۱۰ واریته سویا کشت شده در ایران. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۱۰ (۱): ۱۰-۱.
۱۰- علیزاده ا. ۱۳۷۶. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری چغندرقند. وزارت نیرو، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. گزارش نهایی طرح پژوهشی.
۱۱- علیزاده ا. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. ناشر: دانشگاه امام رضا (ع)، شماره ۲۶.
۱۲- منزوی م.ت. ۱۳۷۲. فاضلاب شهری، جلد دوم: تصفیه فاضلاب. انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱۸۶۷. چاپ چهارم.
۱۳- موحدیان عطار ح. و تکدستان ا. ۱۳۷۷. ضوابط بهداشتی جهت استفاده و یا دفع لجن فاضلاب. مجله آب و فاضلاب، (۲۷): ۵۱-۴۱.
۱۴- نوربخش ف. و تسلیمی ل. ۱۳۷۷. بررسی اثر لجن فاضلاب بر تغییرات پتاسیم قابل جذب خاک در مقایسه با برخی کودهای آلی. مجله آب و فاضلاب، (۲۵): ۱۸-۱۰.
۱۵- وراوی پور م. ۱۳۸۳. خاکشناسی عمومی. انتشارات دانشگاه پیام نور.
16- Bruce A.M., Kouzeli-Katsiri A., and Newman P.J. 1986. Anaerobic digestion of sewage sludge and organic agricultural wastes. Elsevier Pub. Ltd.
17- Carter J.N., Bennett Q.L., and Pearson R.W. 1967. Recovery of nitrogen under field conditions using. 15th National Soil Science Society American Proc. 31: 50-56.
18- F.A.O. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Paper No. 47.
19- Jamali M.K., Kazi T.G., Arain M.B., Afridi H.I., Memon A.R., Jalbani N., and Shah A. 2008. Use of sewage sludge after liming as fertilizer to maize growth. Pedosphere, 18 (2): 203-213.
20- Jiménez-Cisneros B.E., Maya-Rendón C., and Salgado-Velázquez G. 2001. The elimination of helminth ova, faecal coliforms, salmonella and protorzoan cysts by various physicochemical processes in wastewater and sludge. Water Science and Technology, 43 (12), pp: 179-182.
21- 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 (Sanada). Forest Ecology and Management, 150 (3): 223-239.
22- Ojeda G., Tarrason D., Ortiz O., and Alcaniz J.M. 2006. Nitrogen losses in runoff waters from a loamy soil treated with sewage sludge. Agriculture, Ecosystems and Environment (117): 49-56.
23- 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.
24- Ritter W.F., and Shirmohammadi A. 2001. Agricultural non-point source pollution. Lewis Publishers, CRC Press LLC.
25- Serna M.D., and Pomares F. 1993. Evaluation of nitrogen availability in a soil treated with organic amendments. Communications in Soil Science and Plant Analysis 24 (15&16): 1833-1844.
26- Tiller K.G. 1989. Heavy metals in soils and their environmental significance. From: Advances in Soil Science, Vol. 9. Edited by B. A. Stewart. Pub. By springer- Verlag, New York Inc.

Journal of Water and Soil
Vol. 27, No. 1, Mar.-Apr. 2013, p. 70-79

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۲، ص. ۷۹-۷۰

The Effect of Different amounts Wastewater Sludge Application on Soybean Yield and Nitrate Concentration in Shallow Depth Drainage Water

A. Hassanoghli[1]

Received: 30-01-2012
Accepted: 13-01-2013

Abstract

Produced sludge from wastewater treatment plants is a source of macro and micro nutrients and organic matters which is needed for agriculture. On the other hand, application of sludge with no criterion may cause some health risks and also, soil and surface water and ground water resources pollution may be followed. In this regards, the effect of different amounts of sewage sludge used as organic fertilizer in compare with chemical fertilizers on transport of minerals below the root zone and yield and yield components in soybean cultivation were studied. Therefore, 15 cylindrical plastic soil culomns with a height of 100 cm and 60 cm diameter were constructed and drainage PVC pipes with geotextile filter were installed for all of them. The sludge of Ekbatan housing complex wastewater treatment plant after processing and digestion was taken place and used. The culomns were filled by a Clay Loam textured soil and Soybean (Williams variety) was planted. Treatments include three levels of wastewater sludge fertilizer (10, 25 and 50 ton/ha), chemical fertilizers (150 kg/ha ammonium phosphate and 50 kg/ha urea) and control without using fertilizer in three replications. According to the results, the highest mean amount of nitrate in drainage water of culomns (base on split plot through time as statistical completely randomized design) was 57.17 mg/lit in the early season and treatment related to the use of sludge was 50 ton/ha. The lowest mean value of nitrate obtained from the control in the end of cultivation season and was 3.51 mg/lit. The most yield of Soybean was 277.85 gr grains per culomn which obtained from use of 50 ton/ha of manure sludge. The greatest weight of 1000 grains and the number of pods with values of 127.42 gr and 856 in number, measured in this treatment too. Application of 25 ton/ha sludge, chemical fertilizers and 10 ton/ha sludge were after it, respectively. So, the highest use of sewage sludge on soybean cultivation (at the rate of 50 ton/ha), transfer the highest amount of nitrate below the root zone and led to the best yield indicators.

Keywords: Drainage water, Irrigation, Nitrate, Soybean, Wastewater, Yield

1- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran
Email: arho49@yahoo.com