بررسی توزیع نیترات در خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده شهری تحت کشت گیاهان ذرت و گوجه‌فرنگی

بختیار کریمی[۱]، زینب فتحی تیلکو[۲]، چنور عبدی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۲ /۱۳۹۴/۱۲

چکیده

فاضلاب تصفیه شده شهری به عنوان یک منبع آب غیرمتعارف، یکی از مهم‌ترین ارکان مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق که به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید، بررسی تأثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری بر میزان الگوی توزیع نیترات خاک تحت شرایط گلخانه بر روی دو محصول ذرت و گوجه فرنگی می‌باشد. در این تحقیق از تیمارهای آبیاری در سه سطح فاضلاب تصفیه شده، آب معمولی و فاضلاب تصفیه شده به صورت یک در میان و آب معمولی استفاده گردید. از چهار عمق صفر، ۷/۵، ۱۵ ۲۲/۵ سانتی‌متری و همچنین سه فاصله طولی صفر، ۵ و ۱۰ سانتی‌متری از گیاه نمونه‌برداری انجام شد. نتایج نشان داد که فاضلاب تصفیه‌شده شهری به طور معنی‌داری مقادیر بیشتری از نیترات را در مقایسه با سایر تیمارها دارا می‌باشد (۲۷/۱ میلی‌گرم بر لیتر برای تیمار فاضلاب تصفیه شده، ۱۹/۶ میلی‌گرم بر لیتر برای تیمار فاضلاب تصفیه شده- آب و ۴/۵ میلی‌گرم بر لیتر برای تیمار آب معمولی). بیشترین مقدار نیترات در همه تیمارها در نزدیک‌ترین نقطه به گیاه مشاهده گردید. مقایسه نمودارهای ترسیم شده به منظور مقایسه اثر تیمار نوع آب آبیاری بین گیاهان نشان داد که مقدار نیترات موجود در خاک کشت شده با گیاه گوجه‌فرنگی در تمامی نقاط بیشتر از ذرت می‌باشد، این امر می‌تواند به دلیل یکسان نبودن نیاز گیاهان به نیترات باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری می‌تواند نیاز به کود شیمیایی ازت برای گیاه را کم کند و از آلودگی‌های خاک و آب توسط کود ازت بکاهد.

واژه‌های کلیدی: فاصله افقی، فاصله عمودی، گلخانه، نیترات .

[۱] استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران، ۰۹۳۷۹۸۳۲۱۲۴، Bakhtiar.Karimi@gmail.com (مسئول مکاتبه)

[۲] کارشناسی مهندسی آب، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران _ کردستان، سنندج، نایسر، خیابان امام شافعی، ۰۹۱۸۶۴۵۶۷۲۷، zeyneb.fathi@gmail.com

[۳] کارشناسی مهندسی آب، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران_ کردستان، سنندج، چهارراه اکباتان، بلوار ارشاد، ۰۹۱۸۶۴۵۶۷۲۷، chonor.abdi@yahoo.com

مقدمه

محدودیت منابع آبی یکی از عوامل اصلی توسعه کشاورزی در نواحی خشک و نیمه خشک جهان می‌باشد. در این راستا می‌توان از آب‌های با کیفیت پایین یا غیر متعارف جهت استفاده درکشاورزی بهره گرفت (Pescode, 1992; Bahri, 1999; Abedi-Koupai et al. 2006). در حال حاضر استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی به عنوان یکی از راهکارهای جبران کمبود منابع آب و تأمین امنیت غذایی به شمار می‌آید (Oron et al. 2007). بر اساس برآورد صورت گرفته، استفاده از فاضلاب تصفیه شده در ایران، سبب افزایش حدود ۳۰ درصد منابع آب فعلی می‌گردد (عابدی کوپایی و همکاران، ۱۳۸۲). تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که استفاده از فاضلاب شهری در کشاورزی باعث افزایش درصد مواد آلی و بهبود حاصلخیزی خاک می‌گردد (حسن اقلی و همکاران، ۱۳۸۱؛ Asano and Levine, 1996؛ Jenkins et al., 1994). مواد غذایی موجود در پساب می‌تواند نیاز گیاهان به کودهای شیمیایی را کاهش دهد. پساب فاضلاب شهری منبعی سرشار از عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و دیگر عناصر ضروری برای رشد گیاهان است (Meli et al., 2002؛ Rattan et al., 2005). هر چند نمی‌توان از معایب پساب همانند مشکلات بهداشتی و وجود عناصر سنگین چشم پوشی نمود. یکی از ابزارهای مهم کاربرد فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی ارزیابی ارزش کودی آن می‌باشد (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۰). سازمان بهداشت عمومی (۲۰۰۶) گزارش نموده است که آبیاری با فاضلاب معادل ۱/۵ مترمکعب بر متر مربع در سال برای هر هکتار زمین، میزان ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن و ۴۵ کیلوگرم فسفر به خاک اضافه می‌گردد که در چنین شرایطی استفاده از کودهای آلی و شیمیایی، خصوصاً در مناطق نیمه خشک، به حداقل می‌رسد (WHO. 2006). صالحی و همکاران (۱۳۸۷) با کاربرد طولانی مدت آبیاری با پساب، نتیجه گرفتند که میزان نیتروژن و فسفر خاک آبیاری شده با فاضلاب شهری به طور معنی‌داری بیشتر از خاک آبیاری شده با آب چاه بود. احمدپور و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی اثر کاربرد لجن فاضلاب و لجن فاضلاب غنی شده بر برخی از خصوصیات شیمیایی پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که ماده آلی خاک با افزایش دفعات آبیاری با لجن فاضلاب به صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد.

قاسمی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی ارزش کودی فاضلاب تصفیه‌خانه‌های شهری برای محصولات گندم، جو و گوجه‌فرنگی پرداختند. آن‌ها براساس نتایج تلفیقی مدل خود دریافتند که کاربرد پساب به عنوان آب آبیاری می‌تواند نیاز این محصولات را به نیتروژن به طور معنی‌داری تامین سازد. همچنین نتایج تحلیل اقتصادی نیز دلالت بر این دارد که استفاده از پساب شهری هزینه‌های تولید این محصولات را ۲۸ تا ۳۳ درصد کاهش می‌دهد.

حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تاثیر آبیاری با پساب ورمی کمپوست بر غلظت آلاینده نیترات و برآورد خطرپذیری آن در میوه گوجه فرنگی پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از پساب ورمی کمپوست شاخص خطرپذیری را افزایش نداد که جنبه مثبت استفاده از پساب ورمی کمپوست را نشان می‌دهد.

فریدونی و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر فاضلاب تصفیه شده شهری و نیتروژن را بر عملکرد کمی، و کیفی دانه ذرت شیرین و برخی ویژگی‌های خاک در منطقه یاسوج پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد پساب باعث کاهش مصرف کود نیتروژن در تولید ذرت شیرین گردید. نتیجه طرح مطالعاتی (Wang et al., 2007) حاکی از آن است به دلیل حضور نیتروژن و فسفر در شکل‌ها و حالت‌های مختلف، بهره‌برداری کامل از مواد مغذی موجود در پساب امکان‌پذیر نمی‌باشد. (Kiziloglu et al., 2008) در آبیاری دو محصول گل کلم و کلم پیچ قرمز با پساب فرآیندهای تصفیه مقدماتی و اولیه دریافتند که محتوای نیتروژن خاک در حالت آبیاری با پساب به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. این پژوهشگران نشان

دادند که میزان افزایش محصول تولیدی در آبیاری با پساب، نسبت به استفاده تلفیقی از آب‌های متعارف کشاورزی و کود شیمیایی، بسیار بیشتر است. (Meli et al., 2002) با مطالعه خصوصیات خاک مزارع آبیاری شده با پساب خروجی از یک سیستم لاگون به این نتیجه دست یافتند که آبیاری با پساب به تأمین مقدار قابل توجهی نیتروژن آلی و معدنی (در حدود ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار) برای درختان مرکبات می‌انجامد. نتایج مشابهی توسط (Khajanchi et al., 2015) برای محصولاتی نظیر برنج، گندم، شبدر، ذرت، خربزه و گل‌کلم حاصل شد. مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد که تحقیقی خاصی به منظور بررسی اثر فاضلاب تصفیه شده بر میزان توزیع نیترات خاک در عمق‌های مختلف صورت نگرفته است. بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی الگوی توزیع نیترات در فواصل عمودی و افقی از گیاه ذرت و گوجه‌فرنگی در خاک آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده شهر سنندج در شرایط گلخانه‌ای و همچنین تأثیر نوع گیاه بر این توزیع بر اساس الگوی قانون جذب آب توسط ریشه (قانون۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰) می‌باشد. اگر عمق توسعه ریشه‌ها را به ۴ بخش مساوی تقسیم کنیم، حدود ۴۰ درصد ریشه گیاه در لایه یک چهارم سطحی، ۳۰ درصد در لایه یک چهارم دومی، ۲۰ درصد در لایه سومی و ۱۰ درصد در لایه یک چهارمی آخر گسترش دارند. لذا جذب آب از این ۴ لایه نیز متناسب با گسترش ریشه به نسبت ۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰ خواهد بود (علیزاده، ۱۳۸۹).

مواد و روش‌ها

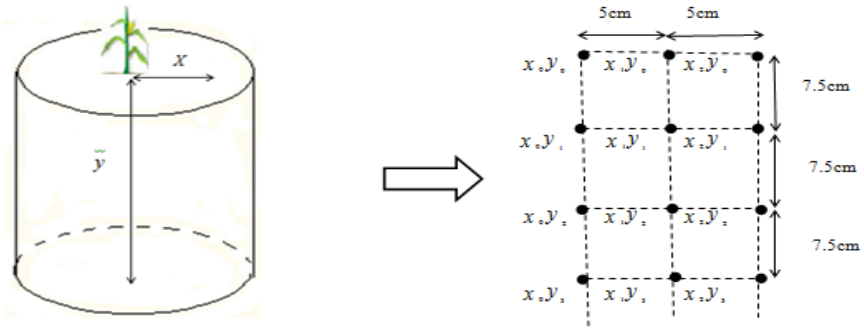
این آزمایشات در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل با طرح پایه کامل تصادفی و در سه تکرار، در سال ۱۳۹۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه کردستان با طول جغرافیائی ۴۷ درجه شرقی و ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه‌ی شمالی و ارتفاع ۱۵۰۰ متر از سطح دریا، اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح آبیاری: آبیاری با آب معمولی در تمام مراحل رشد (شاهد)، آبیاری با آب معمولی و پساب به صورت یک در میان، آبیاری با فاضلاب تصفیه شده در کل دوره رشد می‌باشد. در این تحقیق اثر تیمارها بر مقدار نیترات خاک دارای کشت دو گیاه ذرت و گوجه‌فرنگی بررسی گردید. در اجرای این پژوهش به منظور کنترل هر چه مطلوب‌تر کلیه عوامل موثر، از ۱۸ عدد میکرولایسیمتر استفاده گردید. خاک مورد استفاده در تحقیق حاضر دارای بافت لومی-شنی بود، برخی از خواص خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد (۱). پس از فراهم کردن بستر کشت، بذرهای ذرت و گوجه‌فرنگی در لایسیمترها کاشته شد و تیمارهای لازم بر اساس (نوع آب آبیاری) اعمال گردید. در این تحقیق ذرت (رقم سینگل کراس ۲۶۰) و گوجه‌فرنگی (رقم تایگر) به صورت همزمان در اواسط اسفند ماه در داخل لایسیمتر کشت گردید. فاضلاب تصفیه شده از تصفیه خانه فاضلاب شهر سنندج تأمین گردید که روش تصفیه به صورت لجن فعال بوده و فاضلاب مورد استفاده برای آزمایش از آخرین مرحله تصفیه برداشت شد. در جدول (۲) برخی از خصوصیات فاضلاب تصفیه شده ارائه گردیده است. پس از پایان آزمایشات و کامل شدن مراحل رشد گیاه، نمونه‌های نیترات خاک مربوط به هر تیمار از چهار عمق صفر، ۷/۵، ۱۵ و ۲۲/۵ سانتی‌متری (y_0، y_1، y_2 وy_3) (بر اساس الگوی جذب آب در ریشه گیاهان مذکور) از سطح خاک و در سه فاصله طولی صفر، ۵ و ۱۰ سانتی‌متری (x_0، x_1 و x_2) از گیاه انجام گرفت (مطابق شکل ۱). به‌عنوان مثال در شکل ۱ نقطه x_1y_1 منظور نقطه‌ای است که در آن به فاصله افقی ۵ سانتی‌متر از گیاه و فاصله عمودی ۷/۵ سانتی‌متر (از سطح خاک) نمونه برداشت می‌شود. شایان ذکر است که به دلیل تقارن در نظر گرفتن الگوی پیاز رطوبتی، نمونه‌برداری از یک طرف پیاز رطوبتی صورت گرفت (مطابق شکل ۱). نمونه‌های نیترات به وسیله پاکت‌های نمونه‌برداری به آزمایشگاه منتقل شد و در آزمایشگاه، در محلی سرپوشیده به مدت ۲۴ ساعت در هوا خشک شدند. نمونه‌های

خشک شده در مرحله بعد خرد شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند، سپس با تهیهٔ نسبت‌های مشخص عصارهٔ اشباع و قراردادن در داخل شیکر، نمونه‌ها کاملاً مخلوط شدند. این عصاره با عبور از کاغذ صافی در داخل ظرف‌های مخصوص قرار گرفته و آمادهٔ اندازه‌گیری شد. پس از آن، به منظور اندازه‌گیری نیترات از دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۴۱۰ و اسیدسولفوریک استفاده گردید. همچنین به منظور بررسی اثر آبیاری با پساب شهری سنندج بر عملکرد و کیفیت ذرت و گوجه‌فرنگی، پس از پایان دوره رشد محتویات لایسیمترها خارج و قسمت هوایی که از ریشه جدا شده بود در پاکت‌های کاغذی قرار گرفت. سپس وزن تر اندام های هوایی، میانگین قطر میوه و شاخص سطح برگ برای گوجه‌فرنگی اندازه‌گیری شد و برای ذرت وزن تر اندام هوایی، وزن هزاردانه و شاخص سطح برگ اندازه‌گیری گردید.

در این تحقیق به منظور تجزیه آماری مقادیر نیترات اندازه‌گیری شده در نقاط مختلف خاک در تیمارهای مختلف فاضلاب و مقایسه آن‌ها با تیمار شاهد، از نرم افزار MSTATC استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها هم با استفاده از آزمون دانکن انجام گردید. همچنین در این تحقیق به منظور مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شدهٔ نیترات در تیمارهای مختلف از نرم‌افزار SigmaPlot نیز استفاده شد.

جدول (۱): خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک لوم رسی در شروع آزمایش

بافت خاک	PH	نیترات	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	آهن	روی	منگنز	مس
		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)								
لومی-شنی	۷/۹	۲۳/۹۸	۹۴	۸/۶	۴۶/۳۱	۲۵/۸۱	۴/۱۶	۲/۲۵	۷/۲۴	۰/۸۶



شکل (۱): شکل شماتیک از لایسیمتر و محل برداشت نمونه‌های خاک

جدول (۲): نتایج تجزیه شیمیایی آب و فاضلاب تصفیه شده استفاده شده در آبیاری

پارامتر	واحد	آب معمولی	فاضلاب تصفیه شده
BOD_5	(mg/l)	-	۲۰
COD	(mg/l)	-	۲۷
PH	-	۷/۵	۸/۰۵
هدایت الکتریکی	(ds/m)	۰/۳۵	۰/۸۷۹
نیترات	(mg/l)	-	۴۱/۲
فسفر	(mg/l)	۰/۰۲	۹/۲۵
پتاسیم	(mg/l)	۰/۰۸	۱۴/۱۳
کلسیم	(mg/l)	۴/۲	۲۵/۸۳
منیزیم	(mg/l)	۱/۳	۱۲/۰۵
سدیم	(mg/l)	۰/۵۶	۱۳/۲۶
آهن	(mg/l)	۰/۰۱	۲/۲۱
روی	(mg/l)	-	۱/۸۱
مس	(mg/l)	-	۰/۱۱۲
منگنز	(mg/l)	-	۰/۵۰۳
آرسنیک	(mg/l)	-	۵/۵
کادمیوم	(mg/l)	-	۰/۱۴
نیکل	(mg/l)	-	۱/۲۰۹
سرب	(mg/l)	-	۰/۱۲

نتایج و بحث

در جدول (۳) نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر مقدار نیترات اندازه‌گیری شده در خاک نشان داده شده است. مشاهده جدول مذکور نشان می‌دهد که اثر نوع آب آبیاری ونوع گیاه بر تمام نقاط اندازه‌گیری شده نیترات در خاک معنی‌دار می‌باشد، اما اثر متقابل نوع آب آبیاری و نوع گیاه بر مقدار نیترات خاک معنی‌دار نمی‌باشد.

جدول (۳): تجزیه واریانس حاصل از اندازه‌گیری نیترات در خاک (در جدول آب‌آبیاری: فاکتور A، نوع گیاه: فاکتور B می‌باشد)

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات										
		x_0y_0	x_0y_1	x_0y_2	x_0y_3	x_1y_0	x_1y_1	x_1y_2	x_1y_3	x_2y_0	x_2y_1	x_2y_2	x_2y_3
(A)	۲	۲۸۳/۵**	۱۳/۶**	۱۲۱/۵**	۲/۵**	۲۰۲/۱**	۸۰/۹**	۸۰/۹**	۵۷/۳۵**	۲۳/۶**	۲۳/۵**	۴۰/۱**	۴۰/۹۵**
(B)	۱	۴۰/۸**	۲۳/۶*	۷۶/۵*	۱۴۶/۸**	۲۶/۶۴*	۷۲**	۵۳/۰۴**	۸۸/۴**	۲۱/۶**	۱۷/۶**	۰/۸۰۲*	۰/۹۳^{ns}
A×B	۲	۱۲/۳^{ns}	۳/۹^{ns}	۳۲/۶^{ns}	۸۱/۰۱^{ns}	۱۱/۵^{ns}	۳۲/۲^{ns}	۵۵/۹^{ns}	۲۵/۸^{ns}	۱۰۸/۴^{ns}	۳۲/۱^{ns}	۱۶/۶^{ns}	۲۴/۶^{ns}
خطا	۱۲	۱/۹	۸/۷	۹/۶۶	۷/۹۱	۲۱/۸	۲	۳/۴	۲/۳	۱/۹۲	۱/۲۱	۰/۸۱۶	۰/۷۴۵

** و * به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد و ^{ns} معنی‌دار نبودن است.

x و y فواصل عمودی و افقی نمونه برداری است

مقایسه میانگین اثر تیمار نوع آب آبیاری بر میزان نیترات خاک نشان می‌دهد تغییرات نیترات در خاک تحت تأثیر تیمار نوع آب آبیاری دارای روند کاملاً منظمی نمی‌باشد (جدول ۴)، اما به طور کلی می‌توان بیان نمود که هرچه فاصله افقی و عمودی اندازه‌گیری‌ها از گیاه بیشتر گردد از میزان نیترات خاک کاسته می‌شود. همچنین نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که بین هر سه تیمار مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری برای مقدار نیترات وجود دارد. همچنین بیشترین و کمترین مقدار نیترات مشاهده شده مربوط به تیمار فاضلاب تصفیه شده و آب معمولی (شاهد) می‌باشد.

جدول (۴): مقایسه میانگین اثر نوع آب آبیاری بر غلظت نیترات در نقاط مختلف خاک

تیمار	میانگین غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)											
	x_0y_0	x_0y_1	x_0y_2	x_0y_3	x_1y_0	x_1y_1	x_1y_2	x_1y_3	x_2y_0	x_2y_1	x_2y_2	x_2y_3
پساب	۲۷/۱^{a}	۲۶/۲^{a}	۲۳/۳^{a}	۲۱/۸^{a}	۲۰/۳^{a}	۱۹/۸^{a}	۱۹/۴^{a}	۱۸/۵^{a}	۱۹/۱^{a}	۱۶/۹^{a}	۱۶/۸^{a}	۱۷/۸^{a}
پساب-آب	۱۹/۶^{b}	۱۹/۹^{b}	۱۶/۳^{b}	۱۵/۹^{b}	۱۴/۰^{b}	۱۳/۲^{b}	۱۳/۴^{b}	۱۲/۱^{b}	۱۲/۶^{b}	۱۱/۹^{b}	۱۰/۶^{b}	۱۰/۷^{b}
آب معمولی	۴/۵^{c}	۵/۷^{c}	۴/۱^{c}	۳/۳^{c}	۳/۱^{c}	۳/۱^{c}	۲/۳^{c}	۱/۸^{c}	۲/۴^{c}	۳/۱^{c}	۲/۷^{c}	۲/۱^{c}

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است

x و y فواصل عمودی و افقی نمونه برداری است

با توجه به مقایسه میانگین اثر نوع گیاه بر مقدار نیترات خاک در جدول (۵) مشاهده می‌گردد که نوع گیاه تأثیر معنی‌دار بر غلظت نیترات خاک دارد و مقدار نیترات اندازه‌گیری شده در خاک کشت شده با گوجه‌فرنگی بیشتر از خاک کشت شده با ذرت می‌باشد. این امر می‌تواند به دلیل تفاوت در ساختار و ریشه گیاهان مذکور و نیاز متفاوت این گیاهان به نیترات باشد. چون ذرت از لحاظ فتوسنتز یک گیاه با کارایی بالای ماده‌سازی می‌باشد و طی مدت کوتاهی ذی‌توده (بیوماس) زیادی را به وجود می‌آورد، لذا نیاز بالایی به نیتروژن در فرم نیترات دارد. بنابراین این امر می‌تواند از دلایل بیشتر بودن نیترات اندازه‌گیری شده در خاک کشت شده با گوجه‌فرنگی نسبت به خاک کشت شده با ذرت باشد (Tolk et al., 1999).

جدول (۵): مقایسه میانگین اثر نوع گیاه بر غلظت نیترات در نقاط مختلف خاک

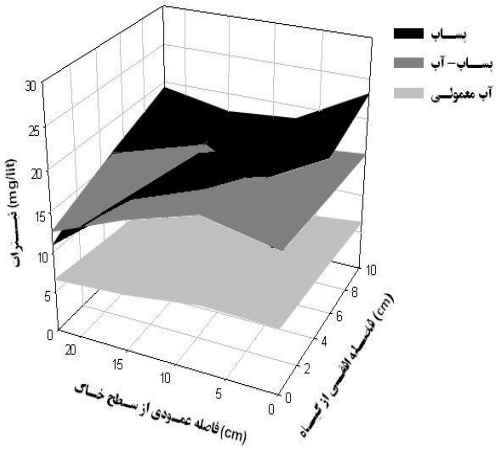
تیمار	میانگین غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)											
	x_0y_0	x_0y_1	x_0y_2	x_0y_3	x_1y_0	x_1y_1	x_1y_2	x_1y_3	x_2y_0	x_2y_1	x_2y_2	x_2y_3
گوجه‌فرنگی	۲۱/۸^{a}	۲۱/۴^{a}	۲۰/۱^{a}	۱۹/۷^{a}	۱۸/۰^{a}	۱۷/۳^{a}	۱۶/۴^{a}	۱۶/۶^{a}	۱۷/۵^{a}	۱۵/۸^{a}	۱۴/۹^{a}	۱۵/۱^{a}
ذرت	۱۶/۶^{b}	۱۵/۶^{b}	۱۴/۱^{b}	۱۵/۱^{b}	۱۳/۶^{b}	۱۲/۷^{b}	۱۱/۹^{b}	۱۱/۲^{b}	۱۲/۰^{b}	۱۰/۸^{b}	۱۰/۱^{b}	۱۰/۲^{b}

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها است

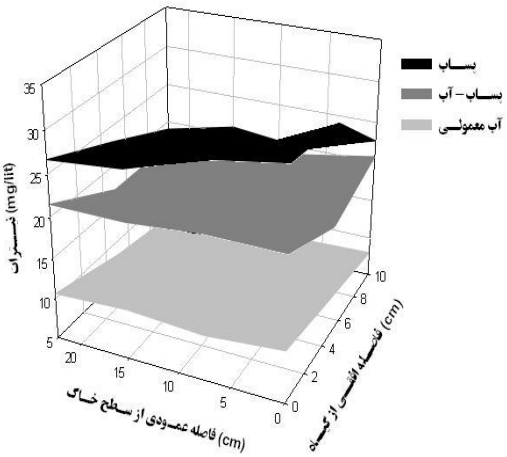
x و y فواصل عمودی و افقی نمونه برداری است

در شکل (۲) نمودارهای ترسیم شده با نرم‌افزار Sigmaplot به منظور مقایسه بین نوع آب آبیاری بر مقدار نیترات خاک در گیاه ذرت و گوجه‌فرنگی آورده شده است. با توجه به شکل (۲) مشاهده می‌گردد که بیشترین و کمترین مقدار نیترات خاک هم در گیاه ذرت و هم گوجه‌فرنگی به ترتیب مربوط به تیمارهای فاضلاب تصفیه شده (پساب) و شاهد می‌باشد. که این نتیجه در انطباق با نتایج تحقیقات فریدونی و همکاران (۱۳۹۱) و Fonseca et al., (2007) می‌باشد.

بیشترین مقدار نیترات برای ذرت و گوجه‌فرنگی مربوط به نزدیکترین نقطه به گیاه (نقطه صفر و صفر) می‌باشد. هر چه فاصله (عمودی و افقی) از گیاه بیشتر شود از مقدار نیترات خاک کاسته می‌شود. به طور کلی برای ذرت تغییرات افقی نیترات کمتر از تغییرات عمودی می‌باشد. عامل اصلی حرکت نیترات حرکت آب می‌باشد با توجه به اینکه حرکت آب در جهت عمودی تحت تأثیر پتانسیل‌های موجود بیشتر است، بنابراین تغییرات نیترات هم بیشتر می‌باشد، متعاقباً می‌توان گفت که حرکت آب در جهت افقی کمتر است چون فقط تحت تأثیر پتانسیل ماتریک در ابتدای آبیاری بوده، لذا تغییرات نیترات کم می‌باشد. تیمار فاضلاب تصفیه شده هم بیشترین تغییرات نیترات را دارا می‌باشد. برای گوجه‌فرنگی نیز تغییرات تیمارفاضلاب تصفیه شده هم در جهت افقی و هم در جهت عمودی بیشتر از سایر تیمارها می‌باشد. یکی از عوامل تغییرات نیترات در گیاهان مورد بررسی می‌تواند مورفولوژی ریشه آن‌ها باشد، زیرا ذرت یک گیاه تک لپه با سیستم ریشه افشان و گسترده است در حالی که گیاه گوجه فرنگی به عنوان یک گیاه دو لپه دارای سیستم ریشه راست می‌باشد. نکته قابل توجه این است که نیترات در خاک بسیار واکنش‌پذیر می‌باشد و ممکن است در خاک فرآیندهای نیتریفیکاسیون و دی‌نیتریفیکاسیون رخ دهد که نیترات تولید یا از بین برود، که این امر ممکن است روی نتایج تأثیرگذار باشد.



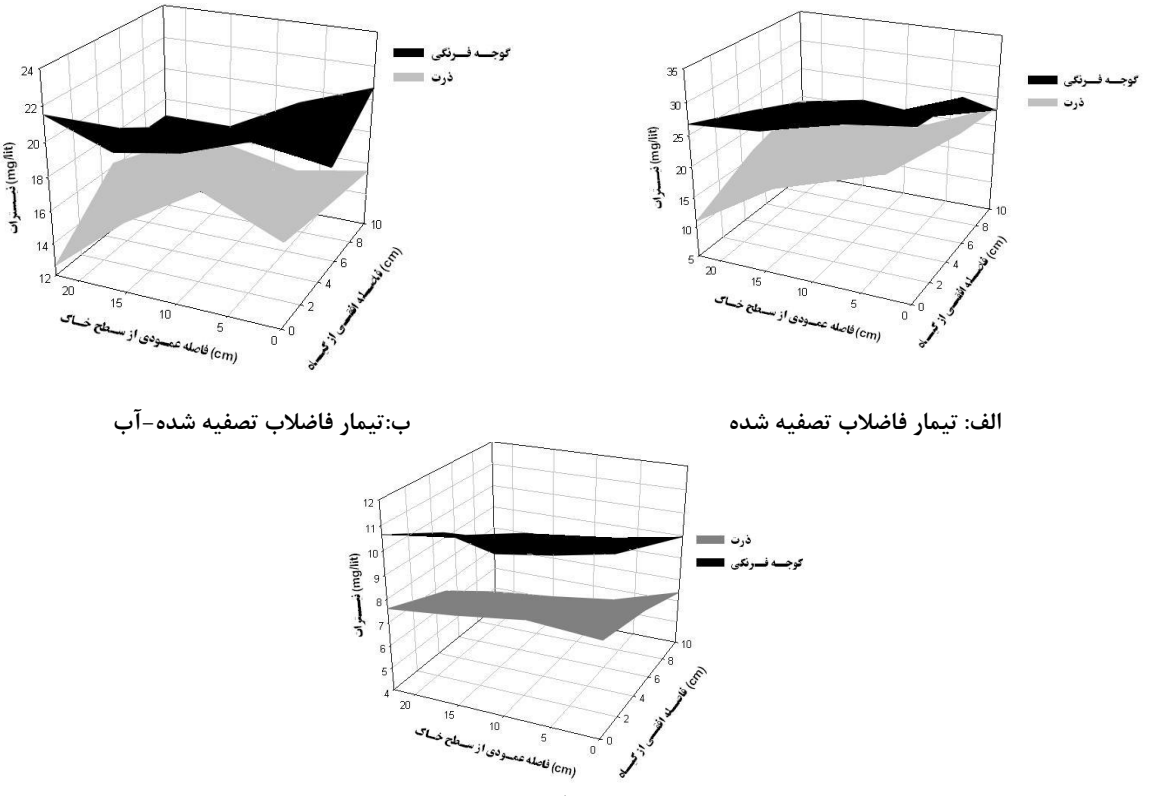
الف: ذرت



ب: گوجه‌فرنگی

شکل (۲): اثر تیمارهای نوع آب آبیاری بر میزان نیترات خاک

نتایج شکل (۳) که به منظور مقایسه اثر نوع گیاه تحت تأثیر تیمارهای مختلف نوع آب آبیاری ترسیم گردیده است نشان می‌دهد که در هر سه تیمار نوع آبیاری مقدار نیترات اندازه‌گیری شده در تمام نقاط مختلف خاک کشت شده با گوجه‌فرنگی بیشتر از ذرت می‌باشد. با توجه به یکسان بودن شرایط انجام آزمایش برای هر دو گیاه، یکی از دلایل این امر شاید به دلیل جذب بیشتر نیترات توسط ذرت باشد. همچنین با توجه به شکل (۳) مشاهده می‌گردد که تغییرات نیترات در خاک ذرت دارای روند منظم‌تری نسبت به گوجه‌فرنگی می‌باشد. این تغییرات نامنظم ممکن است به دلیل فرآیندهای ناشناخته نظیر نیتریفیکاسیون و دی‌نیتریفیکاسیون باشد. با توجه به شکل (۳) همچنین مشاهده می‌گردد که مقدار نیترات خاک از الگوی جذب آب توسط ریشه (قانون ۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰) پیروی نمی‌کند.



الف: تیمار فاضلاب تصفیه شده

ب:تیمار فاضلاب تصفیه شده-آب

ج: شاهد

شکل (۳): اثر نوع گیاه تحت تأثیر تیمارهای مختلف نوع آب آبیاری

در جدول (۶) مقایسه میانگین برخی از شاخص‌های اندازه‌گیری شده ذرت و گوجه‌فرنگی تحت تأثیر تیمارهای مختلف نوع آبیاری آورده شده است. با توجه به جدول مذکور مشاهده می‌گردد که بهترین عملکرد ذرت و گوجه‌فرنگی مربوط به تیمار فاضلاب تصفیه شده (پساب) می‌باشد و تیمارهای یکی در میان فاضلاب تصفیه شده-آب و آب معمولی در رتبه‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند. همچنین بین تیمار پساب و آب معمولی اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌گردد. با توجه به یکسان بودن شرایط آزمایش برای هر سه تیمار و همچنین بر اساس نتایج به دست آمده، استفاده از فاضلاب تصفیه شده به دلیل دارا بودن

عناصر غنی برای رشد گیاه می‌تواند تا حدودی نیازهای غذایی گیاهان را برطرف نماید. همچنین کاربرد فاضلاب تصفیه شده نیاز به مصرف کودهای شیمیایی، بالاخص کود اوره کمتر می‌گردد. این نتیجه با نتایج ولی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۱) و Monte and Sousa. (1992) که طی آزمایشاتی که روی ذرت انجام دادند، نشان دادند مقدار عملکرد محصول آبیاری شده با فاضلاب تصفیه شده در مقایسه با آب شیرین بیشتر بوده است، همخوانی دارد. گزارش تحقیقات عرفانی و همکاران (۱۳۸۰) نیز که برتری تیمار فاضلاب تصفیه شده بر عملکرد گوجه‌فرنگی را نسبت به آب معمولی نشان داد، نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند.

جدول (۶): تجزیه واریانس تأثیر نوع آب آبیاری بر برخی شاخص‌های عملکرد ذرت و گوجه‌فرنگی

تیمار	گوجه‌فرنگی			ذرت		
	وزن تر اندام هوایی(گرم)	میانگین قطر میوه (سانتی‌متر)	شاخص سطح برگ (cm^2/cm^2)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص سطح برگ (cm^2/cm^2)
پساب	۲۲۷/۵^a	۴/۴۵^a	۰/۸۵^a	۲۵۳/۷^a	۲۶۶/۳^a	۱/۲۱^a
پساب-آب	۲۲۶/۲^b	۴/۱۲^b	۰/۸۰^b	۲۵۰/۱^b	۲۲۲/۹^b	۱/۰۷^b
آب معمولی	۱۹۴/۶^c	۳/۶۵^c	۰/۷۶^c	۲۴۹/۲^c	۱۹۱/۷^c	۱/۰۱^c

نتیجه‌گیری

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر فاضلاب تصفیه شده بر مقدار نیترات موجود در خاک انجام گرفت. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که به دلیل واکنش‌پذیر بودن نیترات در خاک، تغییرات نیترات در خاک دارای روند کاملاً منظمی نمی‌باشد. بیشترین مقدار نیترات اندازه‌گیری شده مربوط به نزدیکترین نقطه به گیاه می‌باشد. آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری سبب افزایش نیترات خاک می‌گردد. به طوری که مقدار نیترات خاک به صورت معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد (آب معمولی) بود. نوع گیاه نیز تأثیر معنی‌داری بر نیترات خاک دارد و این به دلیل تفاوت در نیاز این گیاهان به نیترات می‌باشد. به طوری که در تمامی نقاط اندازه‌گیری شده مقدار نیترات خاک کشت شده با گوجه‌فرنگی بیشتر از نیترات خاک کشت شده با گیاه ذرت می‌باشد. بررسی شاخص‌های عملکرد وزن‌تر اندام‌های هوایی، شاخص سطح برگ، قطر میوه گوجه‌فرنگی و وزن هزار دانه ذرت هم عملکرد بهتر تیمار فاضلاب تصفیه شده را نشان داد، لذا استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری می‌تواند نیاز به کود شیمیایی ازت برای گیاه را کم کند و از آلودگی‌های خاک و آب توسط کود ازت بکاهد.

منابع

احمد پور، س. ر.، م. ع. بهمنیار، س. سالک گیلانی و ا. فرقانی. ۱۳۹۰. کاربرد لجن فاضلاب غنی شده با کود شیمیایی بر برخی خصوصیات شیمیایی و فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز قلیایی و اوره آز در خاک. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۸(۱): ۱۰۳-۱۲۱.

حسن اقلی، ع. ر.، م. لیاقت و م. میرابزاده. ۱۳۸۱. تغییرات میزان مواد آلی خاک در نتیجه آبیاری با فاضلاب خانگی و خود پالایی آن. مجله آب و فاضلاب، ۴۲: ۲-۱۲.

حسین‌زاده، م.، م. کوشافر و ع. یوسفی. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر آبیاری با پساب ورمی کمپوست بر غلظت آلاینده نیترات و برآورد خطرپذیری آن در میوه گوجه فرنگی به روش توزیع غیریکنواخت نمک در محیط ریشه. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم.صفحه ۴۳۲-۴۲۸.

صالحی، آ.، ع. ر.، علی عرب، ن. شهسواری و ل. طاهری آزاد. ۱۳۸۷ . تأثیر طولانی مدت آبیاری با پساب فاضلاب شهری تهران بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی خاک تحت جنگل‌کاری کاج تهران. صفحه‌های ۳۴ تا ۳۷ . سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان

عابدی کوپایی، ج.، م. افیونی، ب. مصطفی زاده، س .ف. موسوی و ر . باقری. ۱۳۸۲ . تأثیر آبیاری بارانی و سطحی با پساب تصفیه شده بر شوری خاک. مجله آب و فاضلاب، ۱۵(۲): ۹۵-۸۹.

عرفانی، ع.، غ. حق نیا و امین زاده ا، ۱۳۸۰ . تاثیر آبیاری با فاضلاب تصفیه شده خانگی بر عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۱۵(۱): ۶۵-۷۶.

علیزاده، ا. ۱۳۸۹. طراحی سیستم‌های آبیاری(جلد اول) طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی، چاپ چهارم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

فریدونی، م. ج.، ه. فرجی و ح. ر.، اولیایی. ۱۳۹۲. تأثیر پساب شهری تصفیه شده و نیتروژن بر عملکرد کمی، کیفیت دانه ذرت شیرین و برخی ویژگی‌های خاک در منطقه یاسوج. نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۳ (۳): ۵۶-۴۳.

قاسمی، س. ع.، ش. دانش و ا.، علیزاده. ۱۳۹۰. ارزیابی پتانسیل تأمین آب آبیاری و ارزش کودی پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۵): ۱۱۷۲-۱۱۸۳.

ولی نژاد، م.، ب. مصطفی زاده و ع. م. میرمحمدی میبدی. ۱۳۸۱ . اثر پساب تصفیه شده شاهین شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی .ذرت تحت سیستم های آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۹(۱): ۱۱۵-۱۰۳.

Abedi-Koupai, J., B. Mostafazadeh-Fard, M. Afyuni and M. R. Bagheri. 2006. Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region. Plant, soil and Environment. 52(8): 335-344.

Asano, T. and A. D. Levine. 1996. Wastewater reclamation and reuse: Post, present and future. J. Water. Sci.Technol. 33(10-11): 1-14.

Bahri, A. 1999. Agricultural Reuse of wastewater and Global water Management. Water Science and Technology. 40(4-5): 339-346.

Fonseca, A. F., A. j. Melfi and F. A. Monteiro. 2007. Treated sewage effluent as a source of water and nitrogen for Tifton 85 bermudagrass. agricultural water management, 87: 328-336.

Jenkins, C. R., I. Papadopoulos. and Y. Stylianou. 1994. Pathogens and wastewater use of irrigation in Cyprus. *In*: Proceeding of Int. Conf. on Land and Water. Valenzano, Bari, Italy, 4-8.

Khajanchi-La., P., S. Minhas and R. K. Yadav. 2015. Long-term impact of wastewater irrigation and nutrient rates II.Nutrient balance, nitrate leaching and soil properties underperi-urban cropping systems. Agricultural Water Management, 156: 110-117.

Kiziloglu, F. M., M. Turan. U.Sahin. Y. Kuslu and A. Dursun. 2008. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (Brassica olerecea L.var. botrytis) and red cabbage (Brassica olerecea L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. Agricultural Water Management, 95: 716- 724.

Meli, S., M. Porto, A. Belligno. S. A. Bufo. A. Mazzatura and A. Scopa. 2002. Influence of Irrigation with Lagooned Urban Wastewater on Chemical and Microbiological Soil Parameters in a Citrus Orchard under Mediterranean Condition. The Sci. of the Total Environ. 285: 69-77.

Monte, H. M and M. S. E, Sousa. 1992. Effects on crop of irrigation with facultative pound effluent, Wat. Sci. Techol, 26(7-8): 1606-161

Oron, G., L. Gillerman., A. Bick, Y. Mnaor, N. Buriakovsky and J. Hagin. 2007. Advanced low quality waters treatment for unrestricted use purposes: Imminent challenges. Desalination, 213: 189-198.

Pescode, M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO, Irrigation and Drainage Paper No. 47, 118 p.

Rattan, R. K., S. P. Datta, P. K. Chhonkar, K. Suribabu and A. K Singh. 2005. Long-term Impact of Irrigation with Sewage Effluents on Heavy Metal Content in Soils, Crops and Groundwater a case study. Agriculture, Ecosys. and Environ. 109: 310–322.

Tolk, J. A., T. A. Howell, and S. R. Evett. 1999. Effect of mulch, irrigation, and soil type on water use and yieldof maize. Soil Tillage Res. 50:137–147.

Wang J. F., G. X. Wang. and H. Wanyan. 2007. Treated wastewater irrigation effect on soil, crop and environment: wastewater recycling in the loess area of China. Journal of Environmental Sciences, 19: 1093-1099.

World Health Organization. 2006. WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, Volume 2 of Wastewater use in agriculture, Geneva.

Evaluation of Nitrate Distribution in Soil Irrigated by Treated Urban Wastewater under Corn and Tomatoes Cultivation

B. Karimi[1], Z. Fathi Tileko[2], C. Abdi[3]

Abstract

Treated municipal wastewater (TMW) as a non-conventional water resource, is well recognized as one of the most important factors of water resources management in arid and semi- arid religion. The main goal of this research is evaluating the effect of irrigation with TMW on nitrate distribution in the soil profile under greenhouse conditions. This experiment was carried out in randomized complete block design based on a factorial experiment with three replications. Three irrigation levels were considered consisting of TMW, alternative TMW-water and tap water. Soil samples extracted from four different depths (0, 7.5, 15 and 22.5 cm) and three horizontal distances into plant location (0, 5 and 10 cm). The results showed that nitrate of TMW had significantly greater amount in comparison with water (27.1 mg/lit for TMW, 19.6 mg/lit one among irrigation TMW- water and 4.5 mg/lit for water). Nitrate concentrations have largely been observed in the closest point of the plant. Also, diagrams, which have been drawn in order to compare the irrigation treatment on the cultivated plants, showed that amount of nitrate in the soil profile of tomato root's region was significantly higher in comparison to corn. This could be due to plants unequal required nitrate. Based on the results obtained, using of TMW can reduce require nitrogen fertilizer for plants and it can also do to help reduce pollution of soil and water by nitrogen fertilizer.

Keywords: Greenhouse, horizontal distance, Soil Nitrate, vertical distance.

[1] Assistant professor of Water Sciences and Engineering Department, Agriculture Faculty, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

[2] M.S. Student of Water Sciences and Engineering Department, Agriculture Faculty, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

[3] M.S. Student of Water Sciences and Engineering Department, Agriculture Faculty, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran