Archive of SID

اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار
تهران - ۸ اسفندماه ۱۳۹۲

تاثیر عمق و فاصله زهکش‌های زیرزمینی بر تلفات آبشویی نیترات از اراضی شالیزاری تجهیز و نوسازی شده

عبداله درزی نفت‌چالی
(استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، abdullahdarzi@yahoo.com)
سید مجید میرلطیفی
(دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، mirlat_m@modares.ac.ir)
علی شاهنظری
(استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، aliponh@yahoo.com)

چکیده

زهکشی زیرزمینی به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریت آب در مزرعه، نقش مهمی در فراهم نمودن شرایط کشت سالانه و تنوع زراعی در اراضی شالیزاری شمال کشور دارد. با این وجود، بهبود وضعیت زهکشی و تغییر محیط فیزیکی خاک می‌تواند نظم طبیعی موجود در خاک را دچار اختلال نماید. در این تحقیق، اثر چهار نوع سیستم زهکشی زیرزمینی دارای عمق و فاصله مختلف بر تلفاتآبشویی نیترات در اراضی شالیزاری تجهیز و نوسازی شده دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در طول دو فصل کشت برنج و یک فصل کشت کلزا مطالعه شد. روند تغییرات غلظت نیترات عصاره اشباع در هر دو فصل برنج مشابه بود و پس از گذشت ۴۵ تا ۶۰ روز از زمان نشاکاری به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن کاهش یافت. در فصل کلزا، وقوع بارندگی پس از مصرف کود اوره، سبب تشدید تلفات آبشویی نیترات شد. نتایج نشان داد که افزایش شدت زهکشی از طریق کاهش فاصله یا افزایش عمق زهکش‌ها، سبب کاهش تلفات نفوذ عمقی آب شده و خطر آلودگی نیتراته آب زیرزمینی را کاهش خواهد داد.

کلمات کلیدی:آلودگی آب زیرزمینی، تنوع زراعی، عصاره اشباع، مدیریت آب.

مقدمه

تقریبا ۷۵ درصد برنج جهان (Alberto et al., 2011) از حدود ۵۰ درصد کل شالیزارهای دنیا که فاریاب می‌باشند (Katoh et al., 2003) تولید می‌شود. این امر نشان می‌دهد که، مدیریت آب در شالیزارها می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در میزان سودمندی سایر نهاده‌های تولید (مواد غذایی، آفت‌کش، علف‌کش و ...) ایفا نماید. تلفات قابل توجه آب از شالیزارها(Garg et al., 2009) به-

www.SID.ir

Archive of SID

همراه مصرف زیاد کود شیمیایی برای تولید برنج(Liang et al., 2007)،سبب دفع مقدار زیادی از مواد غذایی از این اراضیمی-شود(Yoon et al., 2006b).

زهکشی زیرزمینی به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریت آب در مزرعه، جریان آب از داخل خاک را افزایش داده (Yoon et al., 2006b) و در نتیجه، نقش مهمی در دفع مواد شیمیایی محلول کشاورزی مانند نیترات دارند (Kalita et al., 2006) و یا سبب تسریع آبشویی مواد معدنی و نیترات و تشدید تجزیه هوازی مواد آلی در لایه شخم اراضی شالیزاری می‌شود (Furukawa et al., 2008). نیترات بسیار متحرک بوده و قابلیت حل آن در آب زیاد است. حرکت آب از ناحیه ریشه گیاه می‌تواند سبب شستشوی نیترات به سمت پایین و در نهایت ورود آن به آب زیرزمینی یا سطحی شود. آبشویی یک مساله اساسی در خاک‌های شنی با نفوذپذیری بالا می‌باشد. تلفات آبشویی نیترات به‌دو دلیل مهم است. نیترات در زیر ناحیه ریشه برای مصرف گیاه قابل استفاده نیست، در نتیجه به‌عنوان منبع قابل توجهی برای تلفات می‌باشد. مساله دیگر، مشکلات کیفیت آب پذیرنده در نتیجه تلفات زیاد نیترات است که می‌تواند سبب تخریب منابع آب شیرین و زیستگاه حیات وحش شود.

با توجهبه این‌که الگوی تلفات نیترات از اراضی کشاورزی به کاربری زمین، خاک و اقلیم بستگی دارد، شناخت الگوهای خاص تلفات آن در هر منطقه برای به حداقل رساندن تاثیر مواد غذایی خروجی از اراضی کشاورزی بر کیفیت آب، بسیار مهم است.در سال‌های اخیر، اهمیت زهکشی زیرزمینی برای بهبود بهره‌وری اراضی شالیزاری شمال کشور، تا حد زیادی برای سیاست‌گذاران مشخص شده است. با توجه به شرایط خاص اراضی شالیزاری مانند وجود لایه متراکم رسی در نزدیکی سطح خاک، نصب سیتسم-های زهکشی زیرزمینی در این اراضی، مستلزم احداث پایلوت زهکشی و ارزیابی اقتصادی، فنی، کشاورزی و زیست‌محیطی ترکیب-های مختلفی از عمق و فواصل زهکش است. عمق و فاصله زهکش‌های زیرزمینی معیارهای اساسی طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی می‌باشند که انتخاب بهینه آن‌ها، کارایی سرمایه‌گذاری‌های زهکشی را افزایش خواهد داد. با توجه به اهمیت محیط زیست در کشاورزی پایدار، در این تحقیق، اثر اعماق و فواصل مختلف زهکشی بر تلفات آبشویی نیترات در شالیزارهای تجهیز و نوسازی شده دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

حدود ۴/۵ هکتار از اراضی شالیزاری تجهیز و نوسازی شده دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در کیلومتر ۹ جاده ساری-دریا، برای انجام این تحقیق انتخاب شد. عرض و طول جغرافیایی منطقه به ترتیب ۳۶/۳۹ درجه شمالی و ۵۳/۰۴ درجه شرقی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵- متر می‌باشد. طبق آمار هواشناسی ۱۰ ساله (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰)، متوسط بارندگی منطقه ۶۱۶ میلی‌متر و متوسط دمای هوا ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد است.

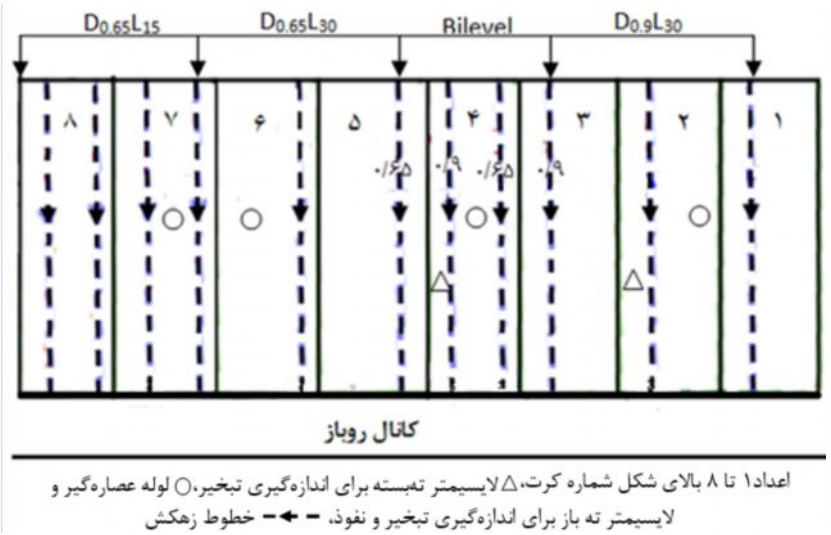
در اراضی مورد مطالعه سه سیستم زهکشی زیرزمینی معمولی متشکل از عمق ۰/۹ متر با فاصله ۳۰ متر ($D_{0.9}L_{30}$)، عمق ۰/۶۵ متر با فاصله ۱۵ متر ($D_{0.65}L_{15}$) و عمق ۰/۶۵ متر با فاصله ۳۰ متر ($D_{0.65}L_{30}$) و یک سیستم زهکشی زیرزمینی دوعمقی (Bilevel)متشکل از چهار خط زهکش به فاصله ۱۵ متر با اعماق نصب ۰/۶۵ متر و ۰/۹ متر به‌صورت یک در میان نصب شد. درجدول (۱) مشخصات تیمارهای زهکشی ارایه شد. شکل (۱) نیر شماتیک مزرعه مورد مطالعه، تیمارهای زهکشی و محل نصب تجهیزات اندازه‌گیریرا نشان می‌دهد.

جدول (۱): مشخصات تیمارهای زهکشی مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

شماره کرت	تیمار زهکشی	عمق زهکش (متر)	فاصله زهکش (متر)	شماره خط زهکش
۲	$D_{0.9}L_{30}$	۰/۹	۳۰	۲
۴	Bilevel	۰/۶۵	۱۵	۴
		۰/۹		۵
۶	$D_{0.65}L_{30}$	۰/۶۵	۳۰	۷
۷	$D_{0.65}L_{15}$	۰/۶۵	۱۵	۹



شکل (۱): آرایش تیمارهای زهکشی در مزرعه آزمایشی و موقعیت نصب تجهیزات

برای تهیه عصاره اشباع خاک، در ابتدای فصل اول کشت برنج و قبل از عملیات نشاکاری، لولههای سرامیکی عصارهگیر در عمق ۶۰ سانتیمتری مرکز کرتهای دو، چهار، شش و هفت (شکل ۱) نصب شدند. برآورد مقدار نفوذ عمقی در فصل برنج، با استفاده از روش مذکور در نشریه شماره ۲-۴۷۱ معاونت برنامهریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور (۱۳۸۸) انجام شد. برای اینکار، دو عدد عدد لایسیمتر تهبستهبرای اندازهگیری تبخیر (E)و چهار عدد لایسیمتر تهباز برای اندازهگیری تبخیر و نفوذ عمقی (E+Dp)در تیمارهای مختلف نصب شدند. کارگذاری لایسیمترها به گونهای انجام گرفت که نیمی از ارتفاع آن در داخل خاک نفوذ نماید. فاصله سطح آب داخل لایسیمترها تا لبه بالایی آن، بهصورت روزانه ثبت شد. در طول مدت اندازهگیری، سطح آب داخل لایسیمتر تقریبا مساوی سطح آب داخل کرت نگهداشته شد. با کسر مقادیر تبخیر و نفوذ عمقی از متوسط مقادیر تبخیر اندازهگیری شده از دو لایسیمتر تهبسته، مقدار نفوذ عمقی در هر کرت محاسبه شد. با توجه به مشکلات اندازهگیری نفوذ عمقی در فصل کلزا، ابتدا با استفاده از دادههای هواشناسی، مقدار تبخیر-تعرق گیاه کلزا بهوسیله نرمافزار Cropwat 8محاسبه شد (Darzi-Naftchali et al., 2013). در مرحله بعد، با کسر مقدار تبخیر-تعرق دورههای ۱۵ روزه از مقدار بارندگی و زهکشی آن دوره، مقدار نفوذ عمقی هر دوره محاسبه شد. در طول فصل کلزا، مقدار رواناب سطحی در تیمارهای مورد مطالعه تقریبا در حد صفر بود.

www.SID.ir

Archive of SID

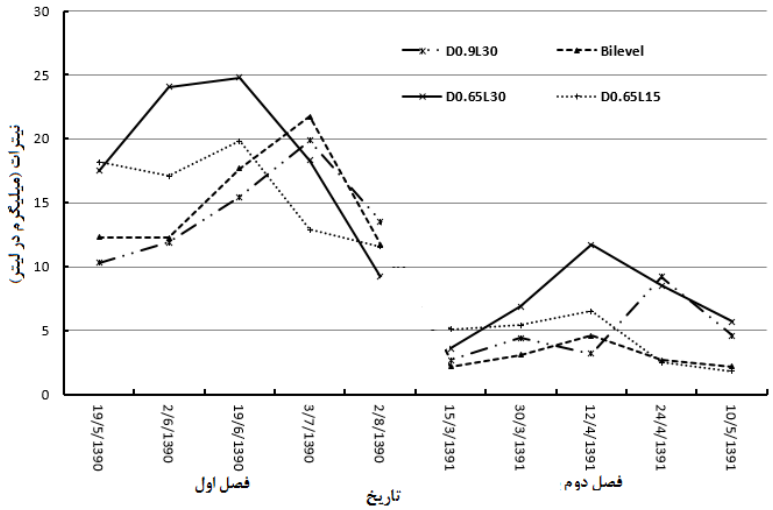
در دو فصل کشت برنج و یک فصل کشت کلزا، از تیر ۱۳۹۰ تا مرداد ۱۳۹۱، تقریبا ۱۵ روز یک‌بار از عصاره اشباع جمع شده در لوله‌های سرامیکی نمونه‌برداری شد. در آزمایشگاه، غلظت نیترات نمونه‌هابا استفاده از اسپکتروفتومتر مدل DR-4000 HACHتعیین شد. تلفات آبشویی نیتراتبه‌وسیله رابطه زیر محاسبه شد(Guo et al., 2004):

$$L=\sum(C_{di}\times V_{di}) \quad (1)$$

که در آن، L تلفات آبشویی نیترات از کرت (میلی‌گرم)، C_{di}غلظت نیترات عصاره اشباع خاک در دوره زمانی i (میلی‌گرم در لیتر) و V_{di} حجم نفوذ عمقی در طول دوره i (لیتر) می‌باشد.

نتایج و بحث

شکل (۱) روند تغییرات غلظت نیترات عصاره اشباع را در فصول کشت برنج نشان می‌دهد. در فصل اول برنج، غلظت نیترات عصاره اشباع با گذشت زمان از نشاکاری افزایش یافت و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود، در انتهای فصل کاهش یافت. حداکثر غلظت نیترات عصاره اشباع تیمارهای $D_{0.65}L_{30}$ و$D_{0.65}L_{15}$، ۴۵ روز پس از نشاکاری و در تیمارهای $D_{0.9}L_{30}$ و Bilevel، ۶۰ روز پس از نشاکاریمشاهده شد. در این فصل، کمترین و بیشترین مقدار نیترات عصاره اشباع برابر ۹/۲ و ۲۴/۸ میلی‌گرم در لیتر بود که هر دو مربوط به تیمار $D_{0.65}L_{30}$ (به‌ترتیب ۴۵ و ۶۰ روز پس از نشاکاری) بودند.روند تغییرات غلظت نیترات عصاره اشباع در فصل دوم برنج نیز مشابه فصل اول بود. با این وجود، میزان نیترات عصاره اشباع در این فصل، به مقدار زیادی کمتر از مقادیر مربوط به فصل اول بوده است.کمترین و بیشترین مقدار نیترات عصاره اشباع در فصل دوم ۲/۲ و ۱۱/۷ میلی‌گرم در لیتر بود که به‌ترتیب در تیمارهای Bilevel (۱۵ روز پس از نشاکاری) و $D_{0.65}L_{30}$(۴۵ روز پس از نشاکاری) مشاهده شد.



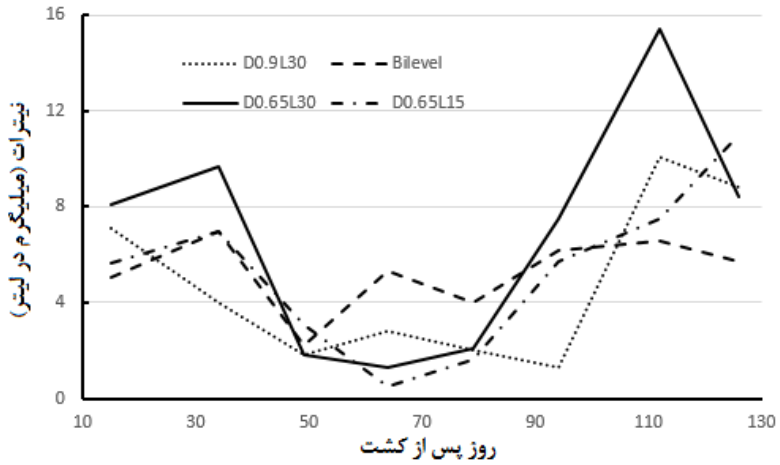
شکل (۲): روند تغییرات غلظت نیترات عصاره اشباع در فصول کشت برنج

شکل (۳) روند تغییر غلظت نیترات عصاره اشباع را در فصل کشت کلزا نشان می‌دهد. در این فصل، غلظت نیترات کلیه نمونه‌های عصاره اشباع به مقدار قابل توجهی کمتر از مقادیر متناظر در نمونه‌های فصل اول برنج بود. وقوع حدود ۶۵/۳ میلی‌متر بارندگی طی

www.SID.ir

Archive of SID

دو رخداد پنج و چهار روزه در فاصله ۱۲ روزه بین کوددهی اول (۱۰۰ روز پس از کشت) تا زمان نمونه‌برداری، عامل مهمی در افزایش غلظت نیترات عصاره اشباع روز ۱۱۲ پس از کشت بود. همچنین، وقوع حدود ۱۱/۴ میلی‌متر بارندگی در فاصله شش روزه بین کوددهی دوم (۱۲۰ روز پس از کشت) و آخرین نمونه‌برداری، سبب آبشویی بخشی از کود مصرفی شد. بر این اساس، تعیین زمان صحیح مصرف کود اوره، با توجه به قابلیت بالای آبشویی آن، نقش بسیار زیادی در کنترل تلفات نیترات و جلوگیری از آلودگی آب زیرزمینی دارد. در این فصل، کمترین و بیشترین غلظت نیترات عصاره اشباع برابر ۰/۵ و ۱۵/۴ میلی‌گرم در لیتر بود که به‌ترتیب در تیمارهای $D_{0.65}L_{15}$ و $D_{0.65}L_{30}$ مشاهده شد.



شکل (۳): روند تغییرات غلظت نیترات عصاره اشباع در فصل کلزا

در جدول (۲) متوسط غلظت نیترات عصاره اشباع عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک تیمارهای مختلف برای فصول کشت برنج و کلزا ارائه شد. در هر دو فصل برنج، کمترین و بیشترین میانگین غلظت نیترات به‌ترتیب مربوط به تیمارهای Bilevel و $D_{0.65}L_{30}$ بود که کاملا طبیعی به‌نظر می‌رسد. زیرا از میان تیمارهای مورد مطالعه، این دو سیستم زهکشی باید به‌ترتیب بیشترین و کمترین شدت زهکشی را فراهم می‌کردند. شدت بیشتر زهکشی به معنای دفع بیشتر آب و مواد غذایی محلول از طریق زهکش‌ها بوده و در نتیجه خطر کمتری از نظر آبشویی نیترات به سمت آب زیرزمینی در پی خواهد داشت. بیشترین غلظت نیترات عصاره اشباع فصل کلزا نیز مربوط به تیمار $D_{0.65}L_{30}$بود. بنابراین، فاصله بیشتر زهکش‌های زیرزمینی کم‌عمق، می‌تواند خطر آبشویی نیترات و آلودگی آب زیرزمینی را در مقایسه با فواصل کمتر، افزایش دهد. بورچل[1] (۲۰۰۳) گزارش کرد که غلظت نیترات آب زیرزمینی اعماق ۱۲۰-۹۰ و ۱۸۰-۱۵۰ سانتی‌متر در سیستم زهکشی کم‌عمق با عمق زهکش ۰/۷۵ متر و فاصله زهکش ۱۲/۵ متر (به‌ترتیب ۲۲/۹ و ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر) کمتر از مقادیر آن در سیستم زهکشی عمیق با عمق زهکش ۱/۵ متر و فاصله ۲۵ متر (به‌ترتیب ۳۹/۱ و ۱۵/۵ میلی‌گرم در لیتر) بود.

[1]Burchell

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲): میانگین غلظت نیترات عصاره اشباع (میلی‌گرم در لیتر)

تیمار	فصل اول برنج	فصل دوم برنج	فصل کشت کلزا
$D_{0.9}L_{30}$	۱۴/۲	۴/۸	۴/۷
Bilevel	۱۵/۱	۳	۵/۲
$D_{0.65}L_{30}$	۱۸/۸	۷/۳	۶/۸
$D_{0.65}L_{15}$	۱۵/۹	۴/۳	۵/۳

مقادیرتلفات نفوذ عمقی آب و تلفات آبشویی نیترات برای کل دوره مطالعه در جدول (۳) ارائه شد. میزان تلفات نفوذ عمقی آب در تیمارهای مختلف تا حد زیادی متاثر از نحوه عملکرد سیستم‌های زهکشی و میزان بارندگی در فصول مختلف بوده است. وقوع بارندگی زیاد در زمان زهکشی میان‌فصل و پایان‌فصل فصل اول برنج، نقشی اساسی در بیشتر بودن تلفات نفوذ عمقی آب در این فصل در مقایسه با مقدار آن در فصل دوم داشت. از سوی دیگر، فصل اول برنج بلافاصله پس از نصب سیستم‌های زهکشی زیرزمینی شروع شده بود. در هر دو فصل برنج، کمترین مقدار نفوذ عمقی آب در تیمار $D_{0.65}L_{30}$(به‌ترتیب ۱۳۲/۲ و ۱۲۲/۵ میلی-متر در فصل اول و دوم) رخ داد در حالی‌که بیشترین مقدار آن در فصل اول در تیمار Bilevel (۱۴۴/۱ میلی‌متر) و در فصل دوم در تیمار $D_{0.9}L_{30}$(۱۳۰/۸ میلی‌متر) مشاهده شد. اگرچه اختلاف قابل توجهی در میزان تلفات نفوذ عمقی آب در تیمارهای مختلف مشاهده نمی‌شود لکن، مقایسه مقادیر تلفات نفوذ عمقی آب در دو فصل کشت برنج نشان‌دهنده بهبود عملکرد زهکش‌های عمیق‌تر در طی مدت پس از نصب می‌باشد. در فصل کلزا، در مجموع ۳۹۴ میلی‌متر بارندگی به وقوع پیوست که حدود ۳۳/۵، ۲۷/۷، ۳۴ و ۲۱/۳ درصد آن در تیمارهای $D_{0.9}L_{30}$، Bilevel، $D_{0.65}L_{30}$ و $D_{0.65}L_{15}$به‌صورت نفوذ عمقی تلف شد. مقایسه مقادیر نفوذ عمقی فصل کشت کلزا نشان می‌دهد که می‌توان با احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی بهینه، تعادل مناسبی بین نفوذ عمقی و زه‌آب خروجی به آب‌های سطحی ایجاد نمود.

در فصل اول برنج، تلفات آبشویی نیترات در تیمارهای $D_{0.9}L_{30}$، Bilevel، $D_{0.65}L_{30}$ و$D_{0.65}L_{15}$به‌ترتیب برابر ۱۸/۸، ۲۱/۴، ۲۴/۳ و ۲۳ کیلوگرم در هکتار بود که بیشتر از نتایج برخی محققین؛ ۳ تا ۶ کیلوگرم در هکتار (Tabuchi et al., 1975)، ۹ تا ۱۲ کیلوگرم در هکتار (Cho et al., 2002)، ۷/۵۴ کیلوگرم در هکتار (Shin and Kwun, 1990)، ۸/۹۸ تا ۱۱/۹ کیلوگرم در هکتار (Yoon et al., 2006b)، ۱۴/۶ تا ۱۹/۲ کیلوگرم در هکتار (Yoon et al., 2006a)؛ قابل مقایسه با مقادیری مانند ۲۰/۳ کیلوگرم در هکتار (Cho et al., 2000) و ۱۱/۳ تا ۳۲/۳ کیلوگرم در هکتار (Kunimatsu, 1986) و کمتر از ۵۳ تا ۷۴ کیلوگرم در هکتار (Takeda et al., 1991) می‌باشد. تفاوت تلفات آبشویی نیتروژن در تحقیقات مختلف را می‌توان با تفاوت در خصوصیات خاک، مدیریت آب، عملیات زراعی، شرایط اقلیمی و سایر عوامل موثر، مرتبط دانست. در فصل دوم برنج، میزان تلفات آبشویی نیترات به‌مقدار قابل ملاحظه‌ای نسبت به فصل اول کاهش یافت. بهبود وضعیت زهکشی خاک، کشت کلزا پس از برداشت برنج فصل اول و وقوع بارندگی زیاد در فصل کلزا احتمالا سبب تخلیه بخش اعظم نیتروژن خاک در زمان پس از نصب سیستم‌های زهکشی شد که نتیجه آن تلفات آبشویی کمتر نیترات در فصل دوم برنج می‌باشد.

جدول (۳): مقادیر نفوذ عمقی آب و تلفات آبشویی نیترات در مدت مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

پارامتر	فصل کشت	تیمارهای زهکشی			
		$D_{0.9}L_{30}$	Bilevel	$D_{0.65}L_{30}$	$D_{0.65}L_{15}$
نفوذ عمقی (میلی‌متر)	فصل اول برنج	۱۳۶/۲	۱۴۴/۱	۱۳۲/۲	۱۴۲/۷
	فصل دوم برنج	۱۳۰/۸	۱۲۹/۲	۱۲۲/۵	۱۲۶/۳
	فصل کلزا	۱۳۲	۱۰۹	۱۳۴	۸۴
مجموع (میلی‌متر)		۳۹۹	۳۷۳/۳	۳۸۸/۷	۳۵۳
تلفات نیترات (کیلوگرم در هکتار)	فصل اول برنج	۱۸/۸	۲۱/۴	۲۵/۳	۲۳
	فصل دوم برنج	۵/۹	۴	۹/۳	۵/۷
	فصل کلزا	۵/۳	۵/۱	۷	۲/۱
مجموع (کیلوگرم در هکتار)		۳۰	۳۰/۵	۴۱/۶	۳۰/۸

کمترین و بیشترین تلفات آبشویی نیترات در فصل کلزا برابر ۲/۱ و ۷ کیلوگرم در هکتار بود که به‌ترتیب در تیمارهای $D_{0.65}L_{15}$و $D_{0.65}L_{30}$ به‌وقوع پیوست. مقایسه تلفات آبشویی نیترات در تیمارهای با عمق زهکش ۰/۶۵ متر نشان می‌دهد که فاصله زیاد بین زهکش‌ها سبب افزایش آلودگی آب زیرزمینی خواهد شد. مجموع تلفات آبشویی نیترات در کل دوره مطالعه نشان می‌دهد که بهبود راندمان مصرف آب از طریق کنترل تلفات نفوذ عمقی آب به‌ویژه در فصل کشت برنج، می‌تواند خطر آلودگی نیتراته آب زیرزمینی را کاهش دهد. همچنین، مصرف به‌موقع کود اوره در زمان حداکثر جذب گیاه و عدم مصرف آن در زمان بارندگی به‌ویژه در فصل کلزا، ضمن افزایش کارایی مصرف کود سبب کاهش اثرات زیست محیطی منفی خواهد شد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج این تحقیق، میزان تلفات نفوذ عمقی آب در اراضی شالیزاری مجهز به سیستم‌های زهکشی زیرزمینی، متاثر از عمق و فاصله زهکش‌ها، مدت زمان سپری شده از زمان نصب زهکش‌ها، تنوع زراعی و مدیریت آبیاری و میزان بارندگی است. بررسی تلفات آبشویی نیترات در کل دوره مطالعه نشان داد که بهبود راندمان مصرف آب از طریق کنترل تلفات نفوذ عمقی آب به‌ویژه در فصل کشت برنج، می‌تواند خطر آلودگی نیتراته آب زیرزمینی را کاهش دهد. همچنین برنامه‌ریزی مصرف کود اوره در زمان حداکثر جذب گیاه و عدم مصرف آن در زمان بارندگی به‌ویژه در فصل کلزا، می‌تواند با افزایش کارایی مصرف کود سبب کاهش اثرات زیست محیطی منفی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی از نظر تلفات آبشویی نیترات شود.

منابع

۱- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۸. نشریه شماره ۲-۴۷۱، مبانی و ضوابط طراحی، تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری، جلد دوم، آبیاری، ۲۰۶ ص.

2. Alberto, Ma.C.R.,Wassmann, R., Hirano, T., Miyata, A., Hatano, R., Kumar, A., Padre A., and Amante, M., 2011. Comparisons of energy balance and evapotranspiration between flooded and aerobic rice fields in the Philippines. Agricultural Water Management, (98): 1417–1430.
3. Burchell, M.R., 2003. Practices to reduce nitrate-nitrogen losses from drained agricultural lands.PhD diss. Raleigh, N.C., North Carolina State University.
4. Darzi, A., Mirlatifi, S.M., Shahnazari A., Ejlali, F. and Mahdian, M.H., 2013. Effect of subsurface drainage on water balance and water table in poorly drained paddy fields. Agricultural Water Management, 130: 61– 68.
5. Cho, J.Y., Han, K.W., and Choi, J.K., 2000. Balance of nitrogen and phosphorus in a paddy field of central Korea. Soil Sci. Plant Nutr., 46:343–354.

www.SID.ir

Archive of SID

6. Cho, J.Y., Han, K.W., Choi, J.K., Kim, Y.J. and Yoon, K.S., 2002. N and P losses from a paddy field plot in Central Korea. Soil Sci. Plant Nutr., 48:301–306.
7. Furukawa, Y., Shiratori, Y., and Inubushi, K., 2008. Depression of methane production potential in paddy soils by subsurface drainage systems. Soil Science and Plant Nutrition, 54:950–959.
8. Garg, K.K., Das, B.S., Safeeq, M., and Bhadoria, P.B.S., 2009. Measurement and modeling of soil water regime in a lowland paddy field showing preferential transport. Agricultural Water Management, 96: 1705–1714.
9. Guo, H.Y., Zhu, J.G., Wang, X.R., Wu, Z.H. and Zhang, Z., 2004. Case study on nitrogen and phosphorus emissions from paddy field in Taihu region. Environmental Geochemistry and Health (26): 209–219.
10. Kalita, P.K., Algoazany, A.S., Mitchell, J.K., Cooke, R.A.C., and Hirschi, M.C., 2006. Subsurface water quality from a flat tile-drained watershed in Illinois, USA. Agriculture, Ecosystems and Environment, 115: 83–193.
11. Katoh, M., Iwata,A., Shaku, I., Nakajima, Y., Matsuya, K., and Kimura, M., 2003. Impact of water percolation on nutrient leaching from an irrigated paddy field in Japan. Soil Use and Management, (19): 298-304.
12. Kunimatsu, T., 1986: Management and runoff of nutrients from farming land. Water Management Technol., 27: 713-720.
13. Liang, X.Q., Chen, Y.X., Li, H., Tian, G.M., Ni, W.Z., He, M.M. and Zhang, Z.J., 2007. Modeling transport and fate of nitrogen from urea applied to a near-trench paddy field. Environmental Pollution, 150: 313-320.
14. Shin, D.S. and S.K. Kwun, 1990. Input/output of nitrogen and phosphorus in a paddy field. Korean J. Environ. Agric., 9: 133-141.
15. Tabuchi, T., Takamura, S., Kubota H., and Suzuki, S., 1975. The water qualityand load of rivers during manuring period. Trans JSIDRE, 58:8–13.
16. Takeda, I., Kunimastu, T., Kobayashi, S., and Maruyama, T., 1991. Pollutants balance of a paddy field area and its loadings in the water system—Studies on pollution loadings from a paddy field area (II). Trans JSIDRE, 58: 63–72.
17. Yoon, K.S., Cho, J.Y., Choi, J.K., and Son, J.G., 2006a. Water management and N, P losses from paddy fields in Southern Korea. Journal of the American Water Resources Association: 1205-1216.
18. Yoon, K.S., Choi, J.K., Son, J.G. and Cho, J.Y., 2006b. Concentration profile of nitrogen and phosphorus in leachate of a paddy plot during the rice cultivation period in southern Korea. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37: 1957–1972.

www.SID.ir