بررسی مدیریت آبیاری و کود بر کیفیت رواناب خروجی در آبیاری جویچه‌ای

مریم نوابیان[۱] و عبدالمجید لیاقت[۲*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۱/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۳/۱۰)

چکیده

مدیریت و طراحی بهینه آبیاری و کوددهی می‌توانند عامل کنترل‌کننده انتقال آلاینده‌ها باشند. به طوری که هرگونه ترکیب مدیریت آب و مواد مغذی که منجر به کاهش رواناب و نفوذ عمقی، ایجاد فرصت مناسب برای نفوذ املاح، کاهش رسوبات و اعمال تدریجی کود شود در کنار توجه به مسایل اقتصادی و سهولت کاربرد می‌تواند قابل توجه باشند. در این تحقیق، تأثیر دو روش مدیریت آبیاری کاهش دبی و دبی ثابت در آبیاری جویچه‌ای و دو روش مدیریتی کوددهی به صورت جامد و مایع بر خروج مواد مغذی نیتروژن، فسفر و پتاسیم به صورت رواناب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که مدیریت آبیاری کاهش دبی به همراه مدیریت پخش غیریک‌نواخت کود جامد در مورد هر سه عنصر به دلیل کاهش خروج مواد مغذی از مزرعه دارای برتری بود. ولی بررسی خروجی نیترات در ۶ مدیریت مختلف اعمال شده نشان داد که مدیریت آبیاری کاهش دبی و اعمال سه مرحله‌ای کود جامد، کودآبیاری و کودآبیاری (با نسبت‌های ۱/۴، ۱/۲ و ۱/۴) به دلیل نتایج مشابه با مدیریت کاهش دبی و اعمال سه مرحله‌ای کود جامد و تأثیر بیشتر بر یک‌نواختی رشد گیاهان در طول جویچه و سهولت کاربرد، توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آب‌های سطحی، مدیریت آبیاری، مدیریت کوددهی، مواد مغذی

مقدمه

کشاورزی و سامانه‌های مرتبط با آن علاوه بر آثار مفید می‌توانند منجر به اثرات بالقوه منفی روی کیفیت آب و زیست بوم شوند. غنی شدن (Eutrophication) آب‌های سطحی به واسطه تخلیه زه‌آب حاصل از آبشویی کودهای شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم صورت می‌گیرد. فرار مواد مغذی به درون زه‌آب علاوه بر ایجاد معضلات زیست محیطی، باعث تخریب و تغییر زیست بوم منطقه، تهدید سلامت انسان شده و از دیدگاه زراعی و اقتصادی نیز منجر به کاهش کارایی تولید محصول می‌گردد. این مسأله هم‌چنین افزایش هزینه راهبری در تأسیسات تأمین آب آشامیدنی شهرها، گرفتگی کانال‌های آبیاری را در پی خواهد داشت. از آنجا که غلظت املاح، مواد مغذی و دیگر مواد شیمیایی در زه‌آب‌های سطحی و زیرزمینی به طراحی و مدیریت سامانه‌های زه‌کشی و روش‌های آبیاری بستگی دارد، تجزیه و تحلیل انتقال املاح در گزینه‌های متفاوت طراحی و مدیریت آنها از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد.

۱. استادیار مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲. استادیار آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: aliaghat@ut.ac.ir

از اواخر دهه ۱۹۶۰ زیان‌های ناشی از نیتروژن زمین‌های زراعی که از طریق زه‌کش‌های سطحی یا زیرزمینی به آب‌های سطحی می‌پیوستند یک نگرانی بین‌المللی بوده است (۱ و ۲). مطالعات بسیاری نشان از عاملیت بخش کشاورزی بر وجود منابع فراوان نیتروژن و فسفر در آب‌های سطحی دارند (۵، ۶، ۷ و ۸).

منبع نیتروژن کود مصرفی بر میزان و نوع نیتروژن موجود در آب‌های سطحی تأثیر دارد. انتقال نیتروژن آلی به رواناب سطحی به همراه رسوبات صورت می‌گیرد. در نتیجه هر گونه عملیاتی که منجر به انتقال رسوب شود بر میزان نیتروژن آلی در آب‌های سطحی تأثیر می‌گذارد. کود نیتروژن مصرفی به صورت معدنی نیز به دلیل قابلیت حلالیت بالا، به صورت محلول در رواناب یافت و به آب‌های سطحی منتقل می‌گردد. میزان فسفر در آب‌های سطحی به اندرکنش میان فسفر محلول و فسفر قابل جذب توسط ذرات کلوییدی خاک بستگی دارد (۹). جذب فسفر در خاک و میزان انتقال فسفر به صورت محلول یا همراه با رسوبات به آب‌های سطحی، از ضریب پخشیدگی فسفر، هیدرولیک جریان، فسفر محلول در خاک، زمان و دمای واکنش، شرایط خاک و روش و مدیریت آبیاری تأثیر می‌پذیرد (۴، ۱۲ و ۱۵). پتاسیم نیز به صورت محلول در رواناب و یا همراه رسوبات کلوییدی خاک به آب‌های سطحی انتقال می‌یابد.

نوع، زمان و میزان کود به کارگرفته شده، نحوه کاربرد (به صورت پالسی یا پیوسته)، پوشش گیاهی، عملیات شخم، روش و مدیریت آبیاری و زه‌کشی از عوامل تأثیرگذار بر تلفات مواد مغذی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و آلودگی آب‌های سطحی و محیط زیست به شمار می‌روند (۱۱). از آنجا که در مناطق خشک و نیمه خشک، آبیاری علت اصلی انتقال املاح و آلودگی می‌باشد، در نتیجه هر گونه ناکارآمدی در آبیاری منجر به افزایش تلفات می‌گردد. مطالعاتی که در ۲۰ سال اخیر روی تأثیر آبیاری بر انتقال املاح صورت گرفته است نشان می‌دهد که انتقال املاح به طور محسوسی از روش و رژیم آبیاری تأثیر می‌پذیرد (۳). از میان روش‌های آبیاری، آبیاری جویچه‌ای به دلیل رواج بیشتر و راندمان پایین‌تر نسبت به سایر روش‌های آبیاری از پتانسیل بیشتری در تولید زه‌آب و در نتیجه آلایندگی آب‌های سطحی برخوردار است (۱۴). در آبیاری جویچه‌ای (شامل جویچه‌های یک در میان، انتها بسته و انتها باز) بافت خاک، شیب جویچه، شرایط سطح خاک (نرمی و زبری، رطوبت و خشکی خاک)، میزان نفوذپذیری و سرعت پیشروی آب در جویچه بر یک‌نواختی توزیع آب و کود تأثیر دارد (۱۶). اعمال مدیریت آبیاری با بهره‌گیری از پارامترهای مدیریتی زمان، میزان و نسبت کاهش دبی آبیاری با افزایش شاخص‌های آبیاری منجر به کاهش خروج مواد مغذی به صورت رواناب و نفوذعمقی می‌گردد (۱۶). به دلیل این‌که آبیاری در سطح خاک صورت می‌گیرد (به جز آبیاری زیرزمینی) تأثیر روش‌های مختلف آبیاری در انتقال املاح را می‌توان در شرایط مرزی ورود آب و املاح به لایه‌های زیرین و سطح خاک جستجو نمود (۱۳). در چنین سیستم‌هایی توزیع مکانی و سرنوشت املاح تا حدود زیادی به تصمیم‌گیری‌های طراحی و مدیریتی بستگی دارد (۱۳). یک‌نواختی، کارایی و عمق کاربرد آب بر یک‌نواختی کاربرد املاح تأثیرگذار است. در یک مطالعه جامع، عباسی و همکاران (۳) نشان دادند که عمق جریان آب و مدت زمان آبیاری نقش مهمی در انتقال و توزیع رطوبت و املاح در زیر جویچه‌های آبیاری دارد. هم‌چنین منتگلو و گلهار (۱۰) نشان دادند که انتقال املاح به پارامترهای هیدرولیکی خاک نظیر بار مویینگی، رطوبت، منحنی رطوبتی و هدایت آبی اشباع بستگی دارد.

تأثیرپذیری انتقال املاح از مدیریت آبیاری و کوددهی به گونه‌ای است که از مدیریت تلفیقی آنها می‌توان به عنوان راه‌کار مناسب به دلیل لحاظ نمودن آثار متقابل و هم زمان مصرف آب و کود یاد کرد. در این راستا کودآبیاری به لحاظ قابلیت مکانیزاسیون، کاهش هزینه‌های انرژی و کارگری، افزایش یک‌نواختی توزیع کود و سهولت اعمال مدیریت تلفیقی آب و کود مورد توجه محققین بسیاری قرار گرفته است.

هدف این تحقیق، ارزیابی روش‌های مختلف مدیریتی آبیاری و کوددهی در آبیاری جویچه‌ای برای کاهش انتقال عناصر مغذی از سطح مزرعه به صورت رواناب است.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی و ارائه روش مدیریتی مناسب آبیاری و کوددهی برای کاهش تلفات مواد مغذی، آزمایش‌هایی در مزرعه تحقیقاتی گروه آب دانشگاه تهران واقع در کرج در سال ۱۳۸۶ انجام شد. در این مطالعه، ۶ جویچه آزمایشی به طول ۸۳ متر و فاصله ۷۵ سانتی‌متر با شیب ۰/۰۰۳۵ در بافت خاک لومی رس ایجاد گردید. هم‌چنین دو جویچه جانبی (Buffer) در طرفین هر جویچه آزمایشی برای ایجاد شرایط واقعی حرکت آب و املاح در جویچه‌ها در نظرگرفته شدند. به دلیل وسعت کشت ذرت و نیاز بالای آن به سه عنصر غذایی مورد بحث، مطالعات صحرایی کشت ذرت در این تحقیق مورد توجه قرار گرفت. فسفر و پتاسیم مورد نیاز با توجه به نیاز ذرت و مقدار موجود آنها در خاک محاسبه و به صورت کود قبل از کشت با لایه سطحی خاک مخلوط شد تا هنگام آبیاری به تدریج در اختیار گیاه قرار گیرد. نیتروژن مورد نیاز نیز بر حسب نیاز ذرت، عملکرد مورد انتظار و مقدار موجود نیتروژن در خاک محاسبه و در سه مرحله رشد گیاه به صورت جامد یا کودآبیاری مورد استفاده قرار گرفت. کود در سه مرحله دو روز و سه هفته پس از کشت و زمان ۴۵ سانتی‌متری شدن ارتفاع گیاه اعمال شد.

دو روش مدیریتی اعمال آبیاری شامل دبی ثابت و دبی کاهشی و دو روش مدیریتی اعمال کود شامل جامد و مایع (کودآبیاری) به عنوان تیمارهای این تحقیق مد نظر قرار گرفتند. به طور خلاصه تیمارهای این مطالعه برای ارزیابی روش‌های مدیریتی اعمال آب و کود عبارت بودند از (جدول ۱):

در مدیریت تحت رژیم دبی ثابت، بر اساس بافت خاک و طول جویچه دبی ورودی ۰/۴۵ لیتر بر ثانیه و مدت زمان آبیاری برای دستیابی به نیاز آبیاری ۴۶ میلی‌متر ۲۷۰ دقیقه لحاظ شد. در مدیریت تحت رژیم کاهش دبی پس از تکمیل فاز پیشروی دبی ورودی به ۰/۲۲۵ لیتر بر ثانیه کاهش و مدت زمان آبیاری به ۴۲۰ دقیقه افزایش یافت. مقدار مورد نیاز مواد مغذی نیتروژن و فسفر بسته به مقادیر موجود در خاک (۰/۰۳۵ درصد ازت کل خاک و میانگین ۸ میلی‌گرم فسفر قابل جذب بر کیلوگرم خاک در پروفیل خاک مورد آزمایش) و برای دست‌یابی به عملکرد محصول ۷ تن بر هکتار ذرت به ترتیب ۳۵۰ و ۱۳۵ کیلوگرم بر هکتار به دست آمدند. فسفر مورد نیاز هر جویچه محاسبه و قبل از کاشت گیاه به صورت کود فسفات پتاسیم با لایه سطحی خاک مخلوط گردید. نیتروژن مورد نیاز به صورت کود نیترات پتاسیم با نسبت‌های ۱/۴، ۱/۲ و ۱/۴ در سه مرحله به صورت کود مایع و جامد در جویچه‌های ۱ و ۲، سه مرحله به صورت کود مایع نیترات پتاسیم با نسبت‌های ۱/۳، ۱/۳ و ۱/۳ در جویچه‌های ۳ و۴ و سه مرحله اعمال کود جامد با نسبت‌های ۱/۳، ۱/۳ و ۱/۳ در جویچه‌های ۵ و ۶ در اختیار گیاه قرار گرفت. پتاسیم نیز با توجه به نسبت موجود آن در کود نیترات پتاسیم در اختیار گیاه قرار گرفت. در سیستم اعمال کود مایع (کودآبیاری) غلظت ورودی کود برای تزریق در نصف مدت زمان آبیاری تنظیم گردید. بنابراین کود با غلظت ۲۸۰/۲۷ گرم بر لیتر در روش مدیریتی دبی ثابت با شدت‌های ۰/۰۰۰۴۲۸ لیتر بر ثانیه در ۱/۴ اعمال کود، ۰/۰۰۰۸۵۶ لیتر بر ثانیه در اعمال ۱/۲ کود و در روش مدیریتی کاهش دبی با شدت‌های ۰/۰۰۰۲۷۵ لیتر بر ثانیه در ۱/۴ اعمال کود، ۰/۰۰۰۵۵ لیتر بر ثانیه در اعمال ۱/۲ کود به کار گرفته شدند. کودهای جامد نیترات و فسفات مورد استفاده با تراکم بیشتر در ابتدای جویچه و تراکم کمتر در انتهای جویچه برای کاهش تلفات مواد مغذی در رواناب توزیع شدند. هیدروگراف غلظت کود نیترات و پتاسیم ورودی در کودآبیاری با توجه به تیمارهای تحقیق در شکل ۱ و ۲ نشان داده‌شده است. مرحله ۲ کود آبیاری در تیمارهای ۳ و ۴ به دلیل بارندگی اعمال نشد.

برای ارزیابی و مقایسه روش‌های مدیریتی اعمال آب و کود، نمونه‌های رواناب خروجی از جویچه‌ها در بازه‌های زمانی ۵ دقیقه در زمان‌های اعمال و قطع کود و در بازه‌های

جدول ۱. خلاصه تیمارهای مدیریت آب و کوددهی در این تحقیق

شماره تیمار	شماره جویچه	روش مدیریت آبیاری	روش مدیریت کوددهی
۱	۱	کاهش دبی	مرحله ۱: کود جامد، مرحله ۲: کودآبیاری، مرحله ۳: کودآبیاری
۲	۲	دبی ثابت	مرحله ۱: کود جامد، مرحله ۲: کودآبیاری، مرحله ۳: کودآبیاری
۳	۳	کاهش دبی	مرحله ۱: کودآبیاری، مرحله ۲: کودآبیاری، مرحله ۳: کودآبیاری
۴	۴	دبی ثابت	مرحله ۱: کودآبیاری، مرحله ۲: کودآبیاری، مرحله ۳: کودآبیاری
۵	۵	کاهش دبی	مرحله ۱: کود جامد، مرحله ۲: کودجامد، مرحله ۳: کودجامد
۶	۶	دبی ثابت	مرحله ۱: کود جامد، مرحله ۲: کودجامد، مرحله ۳: کودجامد

۱۵ دقیقه‌ای در طول انجام آزمایش تا پایان آبیاری برداشت شد. نمونه‌ها به سرعت به آزمایشگاه منتقل و غلظت نیترات، فسفر و پتاسیم آنها اندازه‌گیری شدند. نیترات و فسفر کل موجود در نمونه‌های رواناب به روش اسپکتوفتومتری و پتاسیم به روش فلیم فتومتر تعیین گردیدند. حجم آب ورودی و خروجی جویچه‌ها با استفاده از فلوم تیپ ۲ اندازه‌گیری شدند.

نتایج و بحث

برای بررسی و ارزیابی تأثیر ۶ روش مدیریت آب و کود این تحقیق بر انتقال عناصر مغذی و آلودگی آب‌های سطحی، مقادیر مواد مغذی نیترات، فسفر و پتاسیم موجود در رواناب نسبت به زمان رسم شدند. شکل‌های ۳ تا ۱۰ به بحث در این موارد می‌پردازند.

فسفر

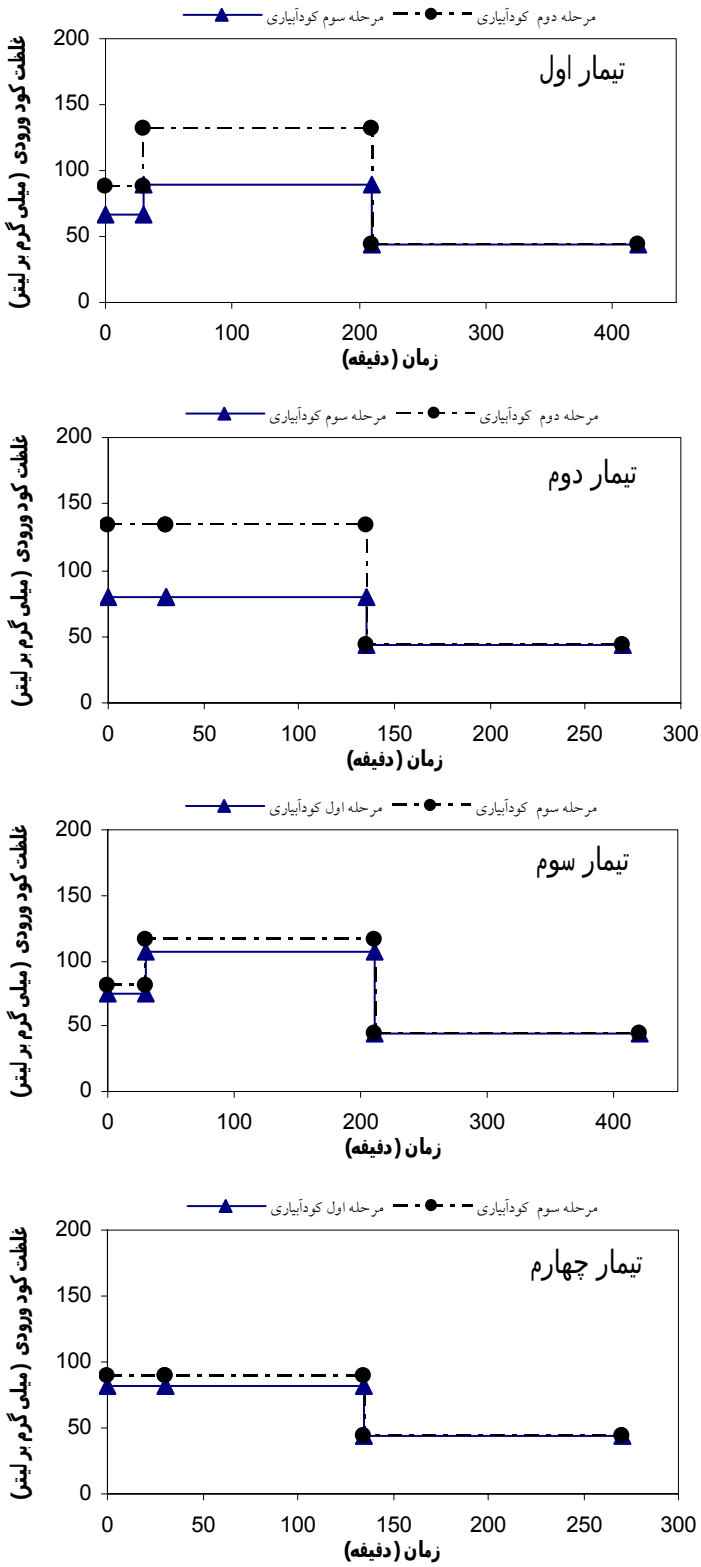
شکل ۳ میزان فسفر خروجی از جویچه‌های ۱، ۳ و ۵ (تحت مدیریت آبیاری کاهش دبی) و شکل ۴ میزان فسفر خروجی در جویچه‌های ۲، ۴ و ۶ (تحت مدیریت دبی ثابت) را نشان می‌دهند.

بر اساس نتایج به دست آمده میزان فسفر در رواناب نسبت به زمان روند نزولی و لگاریتمی داشت. هم‌چنین شدت لحظه‌ای فسفر خروجی در مدیریت کاهش دبی به دلیل کاهش حجم آب آبیاری و ایجاد شرایط فرصت بیشتر برای انحلال فسفر در آب نسبت به مدیریت دبی ثابت بیشتر بود. اما میزان فسفر خروجی در طول آبیاری در مدیریت کاهش دبی در مقایسه با مدیریت دبی ثابت به دلیل کاهش حجم رواناب کمتر به دست آمد (جدول ۲). اختلاف معنی‌داری در بین دو روش مدیریتی دبی ثابت و کاهش دبی در خروج فسفر در سطح ۵ درصد مشاهده نشد.

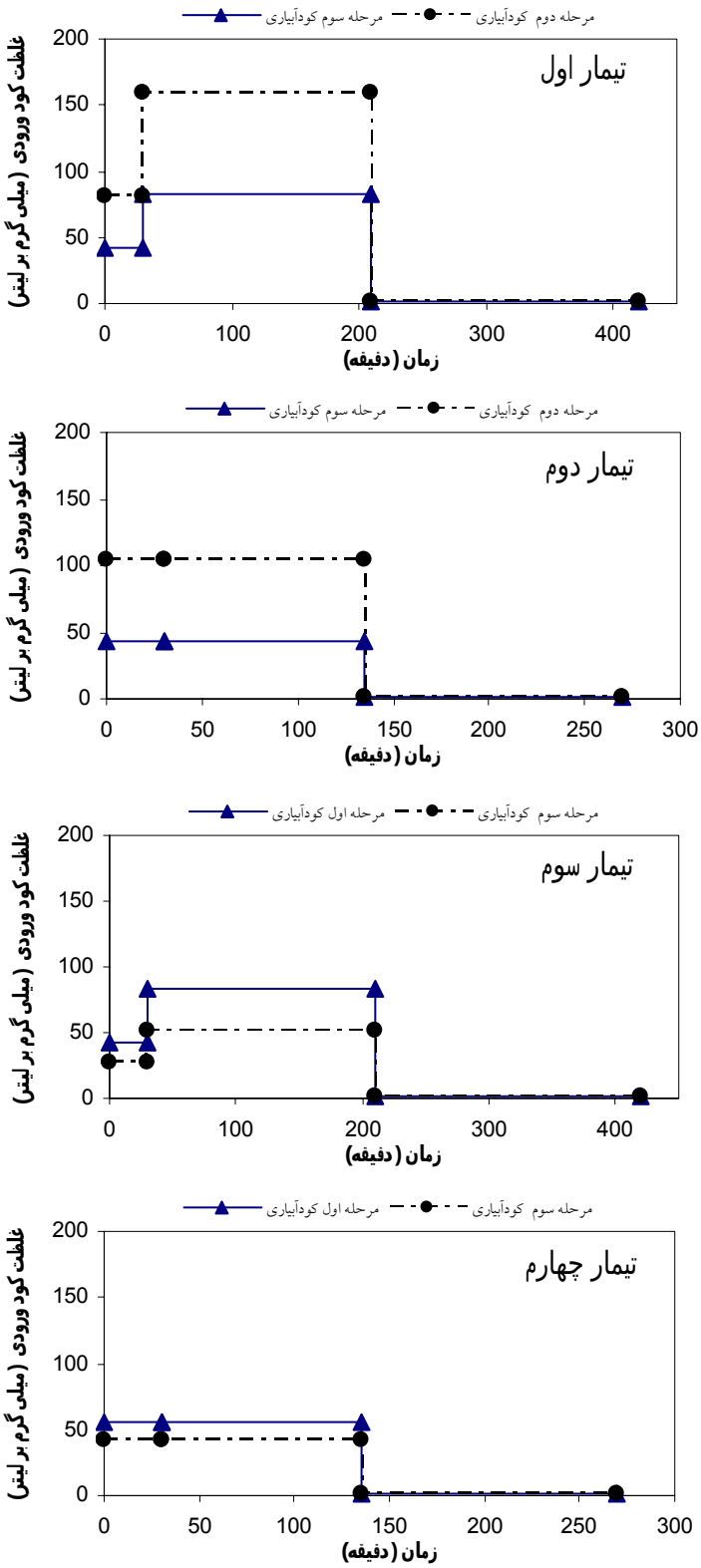
پتاسیم

شکل ۵ میزان پتاسیم خروجی از جویچه‌های شماره ۵ و ۶، شکل ۶ پتاسیم خروجی از جویچه‌های ۳ و ۴ و شکل ۷ پتاسیم خروجی از جویچه‌های ۱و ۲ را نشان می‌دهند. مطابق با نتایج به دست آمده، میزان پتاسیم خروجی در تیمارهای ۵ و ۶ به ازای هر مرحله اعمال کود افزایش می‌یابد. چنین رویکردی را می‌توان به عدم توانایی جذب پتاسیم توسط ذرات خاک نسبت داد. هم‌چنین در هر مرحله از کوددهی به دلیل جذب تدریجی این ذرات توسط خاک از میزان خروج پتاسیم کاسته شده و روند تغییرات آن نسبت به زمان از فرم لگاریتمی تبعیت می‌نماید. مقایسه میزان خروجی پتاسیم در دو مدیریت آبیاری کاهش دبی و دبی ثابت در اعمال پخش جامد کود، حاکی از آن است که مدیریت کاهش دبی نسبت به مدیریت دبی ثابت روش مناسب‌تری برای کاهش خروج این ماده مغذی می‌باشد (جدول ۳).

در تیمارهای ۳ و ۴ که میزان پتاسیم خروجی در شرایط



شکل ۱. میزان کود ورودی نیترات در تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴



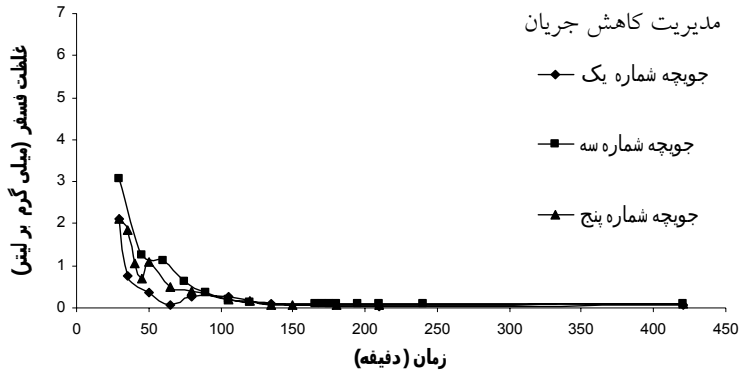
شکل ۲. میزان کود ورودی پتاسیم در تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۴

جدول ۲. میزان فسفر خروجی در جویچه‌های آزمایشی

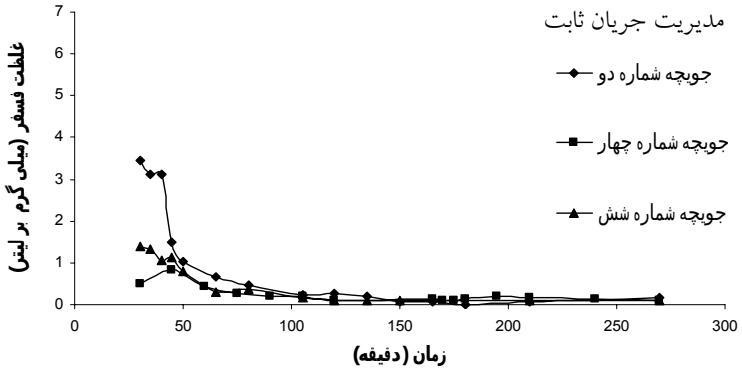
	میزان فسفر خروجی (میلی‌گرم)					
شماره جویچه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
مرحله قبل از کاشت	۳۹۳/۵۹	۱۸۴۲/۷۹	۲۱۷/۴۰	۵۸۷/۳۲	۳۴۶/۸۳	۹۸۰/۶۷

جدول ۳. میزان پتاسیم خروجی در جویچه‌های آزمایشی

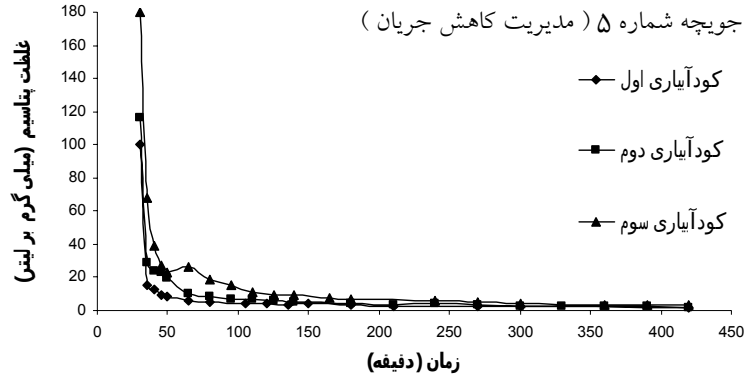
	میزان پتاسیم خروجی (گرم)			
شماره جویچه	مرحله ۱ کوددهی	مرحله ۲ کوددهی	مرحله ۳ کوددهی	کل کود خروجی
۱	۲۲/۱۳	۱۷۰/۰۱	۹۲/۷۴	۲۸۴/۸۹
۲	۲۳/۳۱	۲۳۶/۷۷	۴۸/۱۸	۳۰۸/۲۶
۳	۴۷/۹۷		۲۷/۵۹	۷۵/۵۶
۴	۱۰۳/۷۴		۷۴/۵۲	۱۷۸/۲۶
۵	۱۸/۹۲	۱۸/۸۸	۱۸/۲۵	۵۶/۰۵
۶	۳۰/۷۲	۴۷/۹۶	۴۲/۰۴	۱۲۰/۷۲

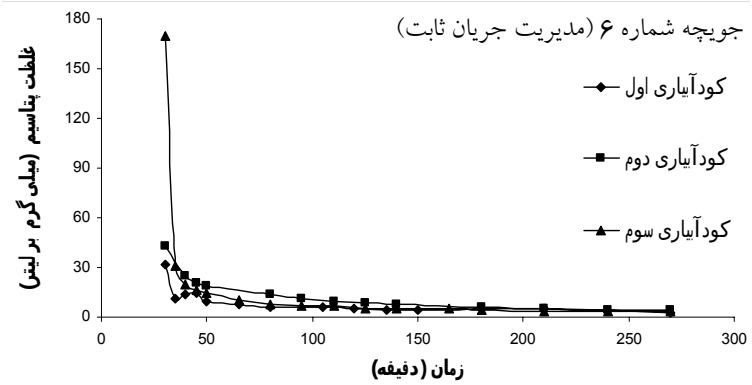


شکل ۳. میزان فسفر کل خروجی در مدیریت آبیاری کاهش دبی



شکل ۴. میزان فسفر کل خروجی در مدیریت آبیاری دبی ثابت





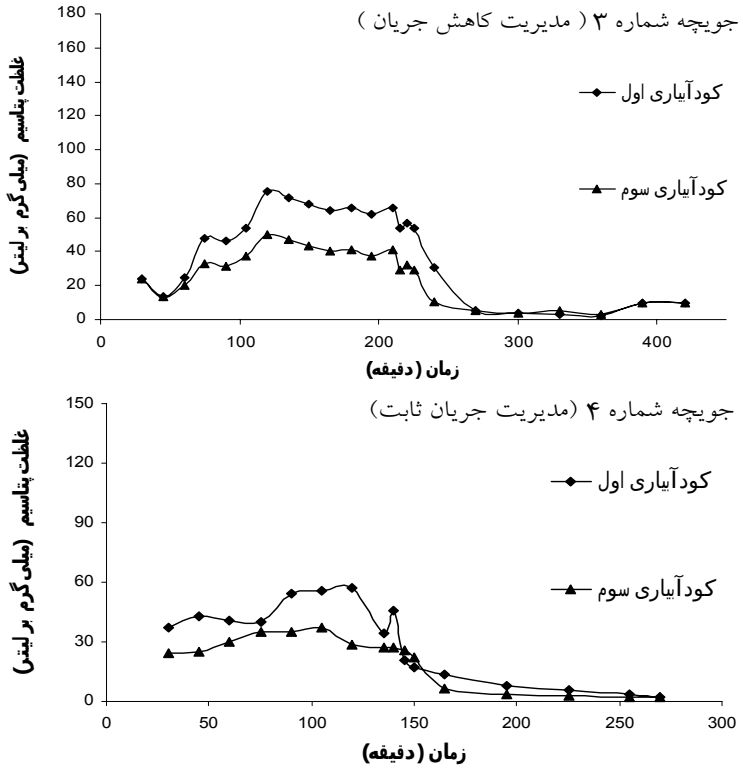
شکل ۵. میزان پتاسیم خروجی در تیمارهای ۵ و ۶

اعمال کود آبیاری و تحت دو مدیریت دبی ثابت و کاهش دبی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که به ازای هر مرحله اعمال کود به دلیل تأثیر حضور گیاه بر هیدرولیک جریان، میزان پتاسیم خروجی کاهش یافت. هم‌چنین به دلیل افزایش غلظت کود نیترات پتاسیم بعد از اعمال مدیریت کاهش دبی، اگرچه شدت لحظه‌ای خروج پتاسیم در این روش مدیریتی بیشتر از دبی ثابت بود، ولی میزان کل پتاسیم خروجی در مدیریت کاهش دبی کمتر به دست آمد.

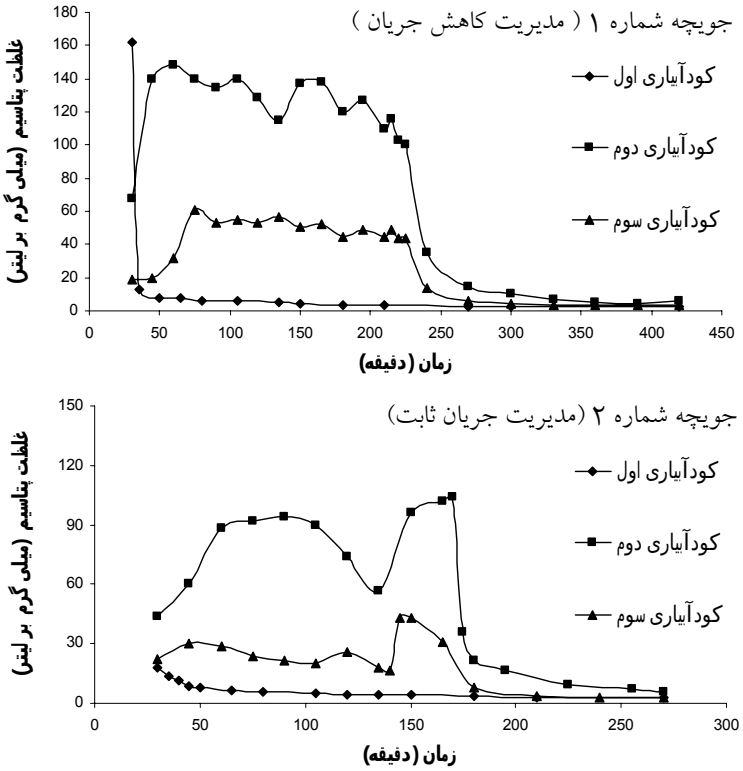
نتایج تیمارهای ۱ و ۲، علاوه بر تایید نتایج تیمارهای ۳، ۴، ۵ و ۶، میزان پتاسیم خروجی در روش پخش جامد را کمتر از پتاسیم خروجی در روش کود آبیاری نشان داد. چنین عملکردی را می‌توان ناشی از سرعت جذب کم پتاسیم به ذرات خاک دانست به‌گونه‌ای که در روش کوددهی جامد به دلیل فرصت مناسب برای جذب پتاسیم نسبت به شرایط کودآبیاری میزان جذب توسط ذرات خاک بیشتر بوده و در نتیجه خروجی پتاسیم کمتر می‌گردد.

نیترات

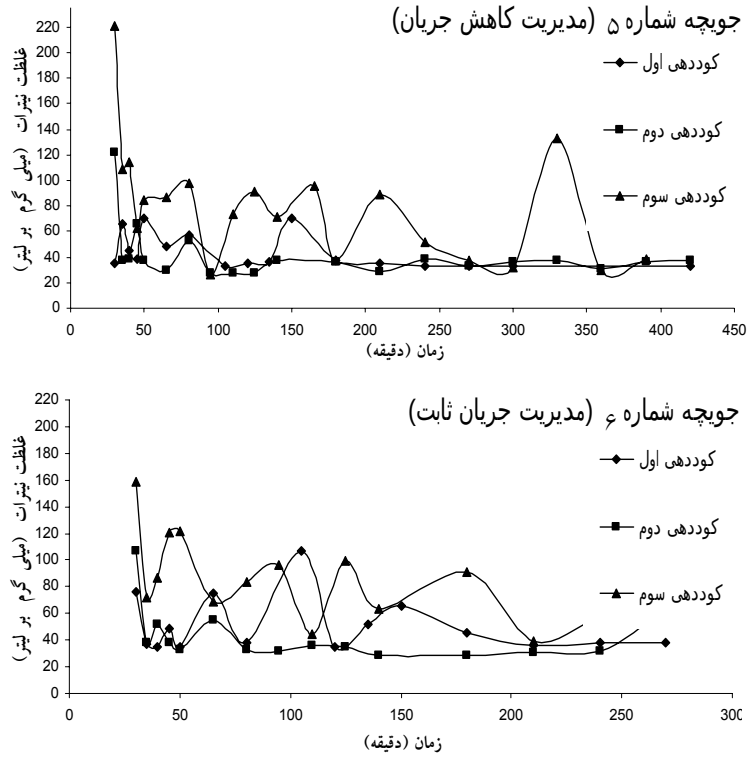
ارزیابی نیترات خروجی در تیمارهای ۵ و ۶ (شکل ۸)، نشان داد که به ترتیب مرحله ۳، مرحله ۱ و مرحله ۲ بیشترین میزان خروجی را داشتند. این نتیجه را می‌توان حاکی از کاهش نفوذ نیترات در مرحله ۳ دانست. اگرچه در مقایسه با مرحله ۱، مرحله ۲ نیز از کاهش میزان نفوذ برخوردار است اما به دلیل حضور گیاه و تأثیر بر هیدرولیک جریان، میزان رواناب و درنتیجه نیترات خروجی از جویچه در مقایسه با تیمار ۱ کاهش می‌یابد. میزان نیترات خروجی نسبت به زمان دارای نوسان و روند نزولی بوده‌است. این نوسان را می‌توان به دلیل انحلال آنی نیترات پتاسیم در آب آبیاری و انتقال توده‌ای آن به انتهای



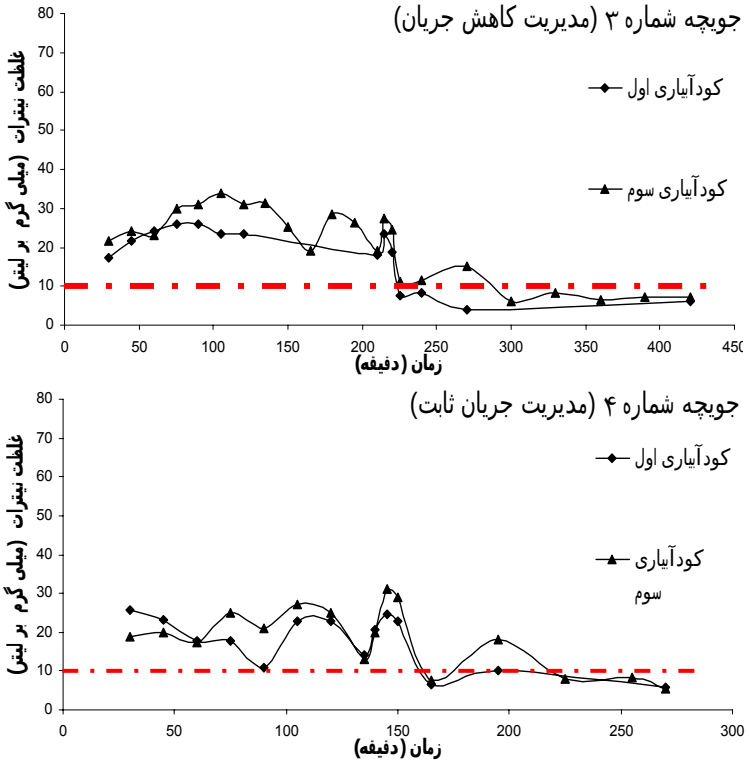
شکل ۶. میزان پتاسیم خروجی در تیمارهای ۳و ۴



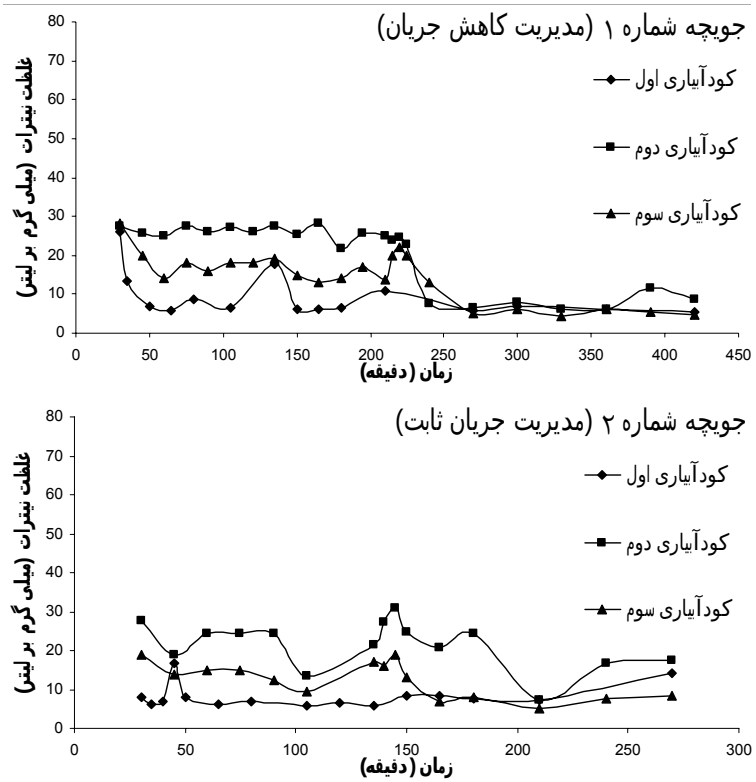
شکل۷. میزان پتاسیم خروجی در تیمارهای ۱ و ۲



شکل ۸ . میزان نیترات خروجی در تیمارهای ۵ و ۶



شکل ۹. میزان نیترات خروجی در تیمارهای ۳ و ۴



شکل ۱۰. میزان نیترات خروجی در تیمارهای ۱ و ۲

جدول ۴. میزان نیترات خروجی در جویچه‌های آزمایشی

شماره جویچه	میزان نیترات خروجی (میلی‌گرم)			
	مرحله ۱ کوددهی	مرحله ۲ کوددهی	مرحله ۳ کوددهی	کل کود خروجی
۱	۲۶۷۱۴/۲۱	۵۶۰۸۳/۶۱	۵۲۰۴۹/۹۳	۱۳۴۸۵/۷۶
۲	۵۱۳۲۹/۷۹	۱۲۱۶۰/۵۸	۳۹۳۸۹/۵۹	۲۱۲۳۲/۹۷
۳	۱۱۲۲۹/۷۸		۳۲۸۳۶/۹۱	۴۴۰۶۶/۶۹
۴	۵۷۳۹۲/۸۶		۹۹۶۵۰/۶۴	۱۵۷۰۴/۵۰
۵	۲۹۴۸۷/۲۲	۲۷۹۰۱/۸۱	۶۴۲۰۷/۶۳	۱۲۱۵۹۶/۶۷
۶	۶۴۹۵۹/۶۷	۵۱۸۷۵/۹۸	۱۲۷۷۶/۹۶	۲۴۴۶۰/۶۲

جویچه دانست.

بررسی تیمارهای ۳ و ۴ نیز علاوه بر تأیید میزان خروجی بیشتر در مرحله ۳ نسبت به مرحله ۱ نشان داد که مدیریت دبی ثابت نقش بیشتری در خروج نیترات از انتهای جویچه نسبت به مدیریت کاهش دبی دارد (شکل ۹). علت خروج بیشتر نیترات در مرحله ۳ نسبت به مرحله ۱ را می‌توان در ایجاد سله در سطح خاک و در نتیجه کاهش نفوذپذیری خاک دانست.

تیمارهای ۱ و ۲ نیز نشان دادند که روش پخش کود به

صورت جامد نسبت به روش کودآبیاری به دلیل ایجاد فرصت بیشتر برای نفوذ نیترات در خاک، نیترات کمتری را از انتهای جویچه خارج می‌نماید (جدول ۴). شایان ذکر است که نحوه توزیع غیریک‌نواخت کود جامد در طول جویچه که در این تحقیق به کار گرفته شد، قطعاً تأثیر بسزایی در کاهش خروج نیترات داشته است.

نتیجه‌گیری

مدیریت آبیاری و کوددهی تأثیر بسزایی بر میزان فرار مواد مغذی و تخلیه آنها به آب‌های سطحی دارند. بنابراین هر گونه روش ترکیبی از مدیریت آبیاری و کوددهی که منجر به افزایش فرصت نفوذ مواد مغذی به پروفیل خاک، کاهش انتقال ذرات خاک و اعمال تدریجی کود باشد در کنار مسایل اقتصادی و سهولت کاربرد می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

مقادیر کل نیترات خروجی طی سه مرحله اعمال کود در تیمارهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ نشان داد که تیمار ۵ به دلیل حفظ کاراتر نیترات در مزرعه از مقبولیت بیشتری برخوردار می‌باشد. اما کاربرد تیمار ۱ به دلیل برتری‌های روش کود آبیاری نسبت به پخش جامد کود در سهولت کاربرد، قابلیت مکانیزاسیون، توزیع یک‌نواخت‌تر در طول جویچه و رشد یک‌نواخت گیاه توصیه می‌گردد.

پتاسیم کل خارج شده از تیمارهای ۱ تا ۶ نیز نشان داد که تیمار مدیریت آبیاری کاهش دبی با اعمال کود جامد در سه مرحله روش کارآمدتری در جلوگیری از خروج پتاسیم می‌باشد. ارزیابی فسفر کل خروجی نیز مبین بهتر بودن روش مدیریتی کاهش دبی است.

در نگاه کلی این تحقیق راه‌کار مدیریتی تیمار ۱ را برای ماده مغذی نیتروژن و تیمار ۵ را برای کاربرد مواد مغذی پتاسیم و فسفر پیشنهاد می‌نماید. اگرچه مدیریت کاهش دبی دارای برتری بیشتری در جلوگیری از خروج کل مواد مغذی می‌باشد اما غلظت لحظه‌ای خروج مواد مغذی در این روش نسبت به دبی ثابت بیشتر است (شکل ۹). خروج مواد مغذی خارج از حد مجاز تخلیه به آب‌های سطحی آن هم با غلظت‌های لحظه‌ای بالا در طول دوره رشد گیاه که مقارن با دوره بحرانی (کمیت و کیفیت پایین) آبراهه‌های طبیعی و رودخانه‌ها، معضلی است که در جامع‌نگری مسایل منابع آب و روندیابی آلاینده‌ها در آب‌های سطحی به خوبی نمایان است. بنابراین در یک سیستم جامع‌نگر منابع آب، بهترین راه‌کار مدیریتی کاهش آلایندگی آب‌های سطحی تنها ارائه روشی برای کاهش مقادیر کل خروجی نمی‌باشد بلکه باید به غلظت لحظه‌ای خروج آلاینده‌ها توجه بیشتری نمود. بنابراین اظهار نظر بهینه درباره بهترین راه‌کار مدیریتی منوط به ویژگی‌های تخلیه‌کننده‌های طبیعی، تأثیر روش ارائه شده بر خروج آلاینده‌ها در غالب نفوذعمقی به آب‌های زیرزمینی و تأثیر بر کاهش روند خروج لحظه‌ای و کلی آلاینده‌ها به آب‌های سطحی می‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱. آذری، ا.، ز. لیاقت و ص. دربندی. ۱۳۸۱. *زه‌کشی کمیت و کیفیت جریان برگشتی*. چاپ اول، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، تهران.

۲. مهردادی، ن.، م. عادل و م. زرنکابی. ۱۳۸۰. *مدیریت کیفیت زه‌آب‌های کشاورزی*. چاپ اول، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، تهران.

3. Abbasi, F., F. Adamsen, D. Hunsaker, J. Feyen, P. Shouse and M. T. van Genuchten. 2003 a. Effects of flow depth on water flow and solute transport in furrow irrigation: field data analysis. J. Irrig. Drain Eng. 129(4): 237-246.
4. Biorneberg, D. L., D. T. Westerman, J. K. Aasea, A. J. Clemmensb and T. S. Strelkoff. 2006. Sediment and phosphorus transport in irrigation furrows. J. Environ. Qual. 35: 786-794.
5. Cessna, A. J., J. A. Elliot, L. Tollefson and W. Nicholachuk. 2001. Herbicide and nutrient transport from a district

into the southern Saskatchewan River. J. Environ. Qual. 30: 1796-1807.
6. Chicheston, F. W. 1976. The impact of fertilizer use and crop management on nitrogen content of subsurface water draining from upland agriculture watershed. J. Environ. Qual. 5: 413-416.
7. Hallberng, G. R., J. L. Baker and G. W. Randall.1986. Utility of tile line effluent studies to evaluate the impact of agriculture practices on ground water. *In*: Proc. Conf. Agric. Impacts ground water, Omaha, NE. 11-13 August. 298-326.
8. Isermann, K. 1990. Share of agriculture in nitrogen and phosphorus emissions into the surface waters of western Euroupe against the background of their eutrophication. Fert. Res. 26: 253-269.
9. Maguire, R. O., A. C. Edwards, J. T. Sims, P. J. A. Kleiman and A. N. Sharpley. 2002. Effect of mixing soil aggregates on the phosphorus concentration in surface water. J. Environ. Qual. 31: 1294-1299.
10. Mantoglou, A. and L. Gelhar. 1987. Capillary tension head variance, mean siol moisture content and effective specific siol moisture capacity of transient unsaturated flow in stratified soils. Water Resour. Res. 23 (1): 47-56.
11. Nord, E. A. and L. E. Lanyon. 2003. Managing material transfer and nutrient flow in an agriculture watershed. J. Environ. Qual. 32: 562-570.
12. Torrent, J. and A. Dergado. 2001. Using phosphorus concentration in soil solution to predict phosphorus desorption to water. J. Environ. Qual. 30: 1829-1835.
13. Wang, D., S. Yates, J. Simunek and M. T. van Genuchten. 1997. Solute transport in simulated conductivity fields under different irrigations. J. Irrig. Drain. Eng. 123(5): 336-343.
14. Waskom, R. M. 1994. Best management practices for irrigation management. Colorado State University, Bulletin XCM-173.
15. Westerman, D. T., D. L. Bjornberg, J. K. Aasea and C. W. Robbins. 2001. Phosphorus losses in furrow irrigation runoff. J. Environ. Qual. 30: 1009-1015.
16. Yonts, C. D. and E. Eisenhauer. 2007. Management Recomandation for Blocked end Furrow Irrigation. Published by University of Nebraska, USA.