ارزیابی یک‌نواختی توزیع و تلفات نیترات در کودآبیاری جویچه‌ای

حمزه علی علیزاده[1*]، فریبرز عباسی[2] و عبدالمجید لیاقت[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۴/۲ ، تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۰/۲۶)

چکیده

در این تحقیق به منظور مطالعه و بررسی اثرات کود آبیاری بر یک‌نواختی توزیع و مقدار تلفات کود از طریق رواناب سطحی در آبیاری جویچه‌ای، ۱۲ آزمایش در مقیاس بزرگ تحت کشت ذرت دانه‌ای در جویچه‌های انتها باز در یک خاک لومی انجام شد. تعداد جویچه‌های هر آزمایش ۵ عدد، طول جویچه‌ها ۱۶۵ متر، فاصله بین جویچه‌ها ۷۵ سانتی‌متر و شیب عمومی مزرعه ۰/۰۰۶ متر بر متر بود. کود مصرفی مورد نیاز مطابق توصیه کودی از منبع کود اوره و طی چهار تقسیط مساوی (قبل از کاشت، مرحله هفت برگی، مرحله ساقه رفتن و مرحله سنبله‌زدن) اضافه گردید. کود اوره مورد نیاز در مرحله اول به روش معمول و در سه مرحله دیگر به روش کودآبیاری اعمال گردید. مدت زمان تزریق کود در کودآبیاری‌ها متغیر و در مرحله اول، دوم و سوم به ترتیب در ۶۰، ۳۵ و ۲۰ دقیقه پایانی آبیاری صورت گرفت. نتایج نشان داد که یک‌نواختی توزیع نیمه پایین آب و کود برای همه آزمایش‌ها بالا و به ترتیب بین ۸۸/۰ تا ۹۹/۰ و ۸۹/۷ تا ۹۶/۰ درصد، یک‌نواختی توزیع چارک پایین آب و کود برای همه آزمایش‌ها به ترتیب بین ۸۱/۶ تا ۹۸/۲ و ۸۵/۷ تا ۹۱/۵ درصد و تلفات نیترات به صورت رواناب سطحی بسته به مدت زمان تزریق و دبی خروجی بین ۵/۷ تا ۴۲/۰ درصد متغیر بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که بین تلفات کود از طریق رواناب سطحی در سطوح مدت زمان تزریق در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بود. نتایج آزمون دانکن برای مقایسه میانگین آزمایش‌ها نشان داد که بین تلفات کود در سطح مدت زمان تزریق ۶۰ دقیقه و ۳۵ دقیقه در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بوده ولی بین سطوح ۳۵ و ۲۰ دقیقه تفاوت معنی‌دار وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: کودآبیاری، تلفات کود، یک‌نواختی توزیع، آبیاری جویچه‌ای

مقدمه

روش‌های استفاده و کاربرد کودهای شیمیایی روز به روز در حال گسترش و پیشرفت هستند. ولی برای استفاده صحیح و دقیق از کودها به واسنجی، کنترل و کاربری دقیق تجهیزات مربوط به این امر نیاز است. در آسیا، آفریقا و آمریکای لاتین (اکثر کشورهای جهان سوم) کودپاشی با دست هنوز هم به شکل گسترده‌ای استفاده می‌شود. کودها باید براساس یک برنامه مدیریت تغذیه‌ای که کل عناصر غذایی قابل دسترس موجود در مزرعه را مدنظر قرار می‌دهد، مصرف شوند. این برنامه ترجیحاً باید برای هر مزرعه و بر اساس تاریخچه کاشت و تجزیه

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۲. عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hamzeh.alizadeh2008@gmail.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]

خاک آن به شکل انحصاری صورت بگیرد. هر گاه این امر میسر نباشد، باید از توصیه‌های کودی منتشر شده توسط دولت و بنگاه‌های ترویج کشاورزی و تولید کنندگان کود استفاده کرد که البته این توصیه‌ها می‌تواند براساس تجربه‌های شخصی کشاورز دستخوش دگرگونی‌هایی شود. زمان مصرف کودها نیز مهم است، زیرا نیازهای گیاه در مراحل مختلف نموی، متفاوت است. به عنوان مثال پاشش سطحی نیتروژن در مراحل آخر رشد، مقدار پروتئین گندم را افزایش می‌دهد. عدم تأمین عناصر غذایی کافی، عملکرد محصولهای کشاورزی را کاهش می‌دهد، اما مصرف بیش از اندازه نیز باعث هدرروی منابع می‌شود. در این روش گاهی، کاشت بذر و کاربرد کودها همزمان و در قالب یک عملیات صورت می‌گیرد و کود در نزدیکی بذرها قرار می‌گیرد (کوددهی نواری). کوددهی نیتروژن در مراحل بعدی به شکل پاشش سطحی انجام می‌گیرد. در وضعیت خشک و حتی در اراضی فاریاب، خاک سطحی ممکن است برای مدت زمان طولانی خشک بماند، در چنین حالتی فعالیت ریشه در ناحیه سطحی خاک خیلی کم خواهد بود، بنابراین چنانچه کود در این قسمت وارد خاک گردد، چندان مؤثر نخواهد بود، مگر آن که کود به ناحیه مرطوب خاک اضافه شود (۱۳).

مؤثرترین و کارآمدترین مدیریت پخش کود زمانی حاصل می‌شود که در طول دوره رشد گیاه و زمانی که گیاه به مواد غذایی بیشتری نیازمند است، بتوان مقدار کافی مواد غذایی محلول را در خاک مرطوب با تهویه مناسب در اختیار ریشه گیاه قرار داد. آب آبیاری سریع‌ترین، موثرترین و کم هزینه‌ترین وسیله برای نیل به اهداف فوق است. در مناطقی که کودآبیاری انجام نمی‌گیرد کشاورزان به ناچار مقدار زیادی کود را هنگام کاشت به کار می‌برند (۲۲). در این راستا مشاهده می‌شود کمتر از ۵۰ درصد کود نیتروژنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مابقی از طریق آبشویی، رواناب و تصعید گازی از دسترس گیاه خارج و تلف می شود. صرف نظر از ارزش اقتصادی، تلفات این نهاده مهم سبب مشکلات زیست محیطی می‌شود (۹ و ۲۷). کودآبیاری در سیستم‌های آبیاری تحت فشار به علت قابل کنترل بودن و بازده آبیاری بیشتر، رایجتر است. پاپادوپولوس (۲۱) اثر مصرف کودهای شیمیایی را به روش کودآبیاری بر کارآیی مصرف کود و عملکرد محصولات مختلف مانند سیب-زمینی، گوجه فرنگی، هویج، خیار، هندوانه و توت فرنگی مورد آزمایش قرار داد و نتیجه گرفت که کارآیی مصرف کود و عملکرد در این روش بیشتر از روش پخش سطحی است. قیصری و همکاران (۱۵) نشان دادند که کودآبیاری در آبیاری بارانی باعث کاهش چشمگیر آبشویی نیترات می‌شود. هم‌چنین نتایج آنها نشان داد که در تیمارهای کم‌آبیاری، تلفات نیترات از طریق آبشویی قابل اغماض بوده و در تیمارهایی که آب آبیاری بیشتر از نیاز آبی گیاه بود، مصرف بیشتر کود نیتراتی باعث افزایش شدت آبشویی نیترات می‌شد. نتایج تحقیقات بهت و همکاران (۱۰) و محمد (۲۰) بر روی کودآبیاری با آبیاری قطره‌ای نشان می‌دهد که این روش پخش کود علاوه بر افزایش عملکرد، باعث افزایش کارایی مصرف دو نهاده بسیار مهم آب و کود می‌شود. رالستون و همکاران (۲۳) گزارش کردند که با مصرف پیاپی ازت با آبیاری قطره‌ای نسبت به روش‌های رایج کوددهی، جذب ازت وکارآیی مصرف آن افزایش می‌یابد. زوو و همکاران (۳۰) نشان دادند که استفاده از کودآبیاری در آبیاری قطره‌ای در مقایسه با روش پخش سطحی تلفات نیترات را کاهش و مقدار نیترات معدنی شده در خاک را افزایش می‌دهد. چامپیون و بارسولامی(۱۲) با مصرف ازت (به صورت محلول اوره- نیترات آمونیم) به همراه آب آبیاری نشان دادند که عملکرد ذرت نسبت به روش‌های رایج کوددهی ۱۲ درصد افزایش یافت و کارآیی مصرف کود بیشتر گردید. داسبرگ و اُر (۱۴) نشان دادند که در کود آبیاری، امکان مصرف نوبتی عناصرغذایی، براساس نیاز گیاه در طول دوره رشد وجود دارد. بنابراین هدر رفت کود کم و کارایی مصرف آن بیشتر است. گرندبری و همکاران (۱۶) نیز گزارش نمودند که با کودآبیاری می‌توان با مصرف ۲۰ تا ۵۰ درصد کود کمتر نسبت به روش‌های رایج کوددهی، عملکرد بیشتر و کیفیت بهتری به دست آورد. کودآبیاری در سیستم‌های آبیاری سطحی، به دلیل

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]

کافی نبودن روابط طراحی و دستورالعمل‌های مدیریتی چندان گسترش نیافته است. احتمال تلفات به صورت رواناب سطحی و نفوذ عمقی و نبود یک مدل ریاضی مناسب برای بررسی حرکت توأم آب و املاح روی و زیر سطح خاک از دیگر مشکلات کودآبیاری در روش‌های آبیاری سطحی است (۷). بولت و همکاران (۱۱) کودآبیاری در آبیاری موجی را با استفاده از یک مدل ریاضی بررسی نمودند. نتایج شبیه‌سازی آنها نشان داد که استفاده از کود در سیکل نهایی، بالاترین یک‌نواختی توزیع را دارد. نتایج آزمایشات جینز و همکاران (۱۹) در آبیاری کرتی نشان داد که کودآبیاری پتانسیل افزایش تلفات کود نیتراتی از طریق نفوذ عمقی را به همراه دارد. سابیلون و مرکلی (۴) یک مدل شبیه‌سازی حرکت آب و املاح در آبیاری جویچه‌ای را برای کاربرد بهینه کود در آبیاری جویچه‌ای ارائه کردند. نتایج شبیه‌سازی آنها نشان داد که برای دست‌یابی به کمترین تلفات کود، بهترین مدت زمان تزریق کود بین ۵ تا ۱۵ درصد کل زمان قطع جریان بوده و تزریق‌های طولانی‌تر به کاهش راندمان مصرف کود منجر می‌شود. عباسی و همکاران (۷) یک‌نواختی کودآبیاری در آبیاری جویچه‌ای را در یک خاک لومی در کرج ارزیابی و نشان دادند که این روش از یک‌نواختی توزیع بالایی برخوردار بوده و در صورت مدیریت صحیح، آبشویی و تلفات کود به صورت نفوذ عمقی عامل تهدید کننده‌ای در این روش کوددهی نیست. جلینی و عباسی (۱) نیز در آزمایشی مشابه در یک خاک سبک بافت در مشهد نشان دادند که یک‌نواختی توزیع نیمه‌پایین کود در جویچه‌های انتها باز بین ۸۸/۶ تا ۹۷/۷ درصد متغیر بود. نتایج این تحقیقات نشان داد که تزریق کود در تمام مدت زمان آبیاری و یا تزریق کود در نیمه دوم آبیاری یک‌نواختی بیشتری را ایجاد می‌نمایند. انتقال نیترات توسط جریان سطحی به طراحی و مدیریت آبیاری، میزان و یک‌نواختی کاربرد کود، نحوه کاربرد کود (پالسی یا پیوسته)، زمان شروع، مدت و غلظت تزریق کود بستگی دارد (۲۵ و ۲۹). زریهان و همکاران (۲۸) توزیع کود در خاک را به عواملی مانند نوع خاک، پارامترهای هیدرولیکی خاک، پارامترهای انتقال و نحوه کاربرد کود (میزان، زمان و نحوه تزریق) نسبت دادند.

در آبیاری جویچه‌ای معمولاً سیستم به گونه‌ای است که غالباً رواناب از میزان نفوذ عمقی بیشتر است. از سوی دیگر حلالیت بالا و ویژگی خنثی بودن نیترات، باعث خروج آن با غلظتی مشابه غلظت ورودی می‌گردد. به طوری‌که غلظت نیترات در رواناب همواره بیشتر از غلظت نیترات خارج شده از منطقه ریشه (نفوذ عمقی) می‌باشد. این عوامل نشان دهنده اهمیت بیشتر کاهش خروج نیترات از طریق رواناب سطحی نسبت به نفوذ عمقی است. بنابراین هر پارامتر طراحی و مدیریتی که منجر به کاهش رواناب گردد، بر بهبود کاهش تلفات نیترات بیشتر موثر است (۶). مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کاهش تلفات نیترات از طریق رواناب دبی ورودی و زمان تزریق کود است. نوابیان (۶) یک مدل جامع بهینه‌یابی کودآبیاری جویچه‌ای برای آبیاری با رژیم کاهش جریان و رژیم جریان ثابت ارائه کرد. این مدل با بهینه کردن دبی ورودی، زمان قطع آبیاری، زمان شروع کودآبیاری، مدت زمان تزریق کود برای کمینه کردن تلفات کود از طریق رواناب سطحی و نفوذ عمقی را ارائه می‌دهد. پلایان و فاسی (۲۲) سیستم کودآبیاری سطحی را به گونه‌ای پیشنهاد کردند که نیترات خروجی توسط رواناب با منابع آب با کیفیت مناسب‌تر ترکیب شده و سپس در اراضی پایین دست مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق هم بر همین اساس (ترکیب هرزآب با منابع آب با کیفیت‌تر) به منظور کاهش رواناب سطحی، از رژیم کاهش جریان استفاده شد. هم‌چنین به دلیل این که هرچه زمان شروع تزریق کود دیرتر از زمان شروع آبیاری باشد، یک‌نواختی توزیع کود بیشتر و تلفات رواناب سطحی کمتر خواهد شد (۱، ۳، ۷ و ۲۲)، لذا تزریق کود در زمان‌های انتهایی آبیاری صورت گرفت. نظر به این‌که بیش از ۹۰ درصد اراضی آبی جهان با سیستم‌های آبیاری سطحی آبیاری می‌شوند (۲۶)، ضرورت تحقیق در خصوص کودآبیاری با روش‌های آبیاری سطحی بیشتر آشکار می‌گردد. هدف اصلی از این تحقیق بررسی اثرات کودآبیاری بر یک‌نواختی توزیع و تلفات نیترات به صورت رواناب در آبیاری

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]

جویچه‌ای تحت کشت ذرت دانه‌ای است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) با طول جغرافیایی ۵۰/۵۸ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵/۵۶ شمالی و ارتفاع ۱۳۱۲ متری از سطح دریا انجام شد. برخی ویژگی‌های خاک مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش‌های مزرعه‌ای در ۱۲ بلوک کامل تصادفی (T1 تا T12) جویچه‌های انتها باز اجرا گردید. توصیه کودی طبق آزمون تجزیه خاک، و آب مورد نیاز برای آبیاری کامل بر اساس تبخیر از سطح تشت کلاس A و اعمال ضرایب تشت تبخیر (Kp) و گیاهی (Kc) (۸) تعیین گردید. کودهای پتاسیم و سوپر فسفات تریپل با توجه به نیاز خاک پیش از کاشت در تمام تیمارها بصورت یکسان در سطح خاک پخش گردید. نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق کود اوره تأمین و همراه آب آبیاری (در تیمارهای کودآبیاری) طی دوره رشد در چهار تقسیط مساوی (قبل از کاشت، مرحله هفت برگی، مرحله ساقه رفتن و مرحله سنبله‌زدن) مورد استفاده قرار گرفت. تعیین زمان مناسب اعمال تقسیط‌های کودی بر اساس دوره‌های حساس ذرت به مواد غذایی صورت گرفت (۵). پنج جویچه برای هر بلوک (سه جویچه اصلی برای برداشت و دو جویچه کناری به عنوان حاشیه)، دو جویچه برای تفکیک هر بلوک از بلوک مجاور، دو جویچه برای حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله جویچه‌ها از هم ۷۵ سانتی‌متر و طول جویچه‌ها طول قطعه زراعی (۱۶۵ متر) در نظر گرفته شد. در همه آبیاری‌ها، به منظور کاهش رواناب و تلفات کود از رژیم کاهش جریان استفاده شد. به این صورت که با رسیدن مرحلهٔ پیشروی به انتهای مزرعه، دبی ورودی به حدود دو سوم دبی اولیه کاهش داده شد. زمان‌های پیشروی و پسروی به فواصل ۲۰ متری در جویچه‌های آزمایشی یاداشت برداری گردید. برای اعمال تیمارهای آبی، ابتدا با استفاده از داده‌های تشت تبخیر (داده‌های روزانه اداره هواشناسی کرج) نیاز آبی هر تیمار تعیین و سپس با استفاده از دبی‌های ورودی و خروجی مقدار آب خالص مورد نیاز هر تیمار اعمال‌گردید. دبی‌های ورودی با استفاده از کنتور حجمی و دبی‌های خروجی از طریق فلوم‌های WSC اندازه‌گیری گردید. دور آبیاری به استثنای مراحل انتهایی رشد که نیاز آبی کاهش می‌یافت، ۶ روز در نظر گرفته شد. بذر مصرفی ذرت از نوع هیبرید دابل کراس ۳۷۰ بود که با تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار در ۳۱ خرداد ماه کاشته شد. مبارزه با علف‌های هرز از طریق سمپاشی قبل از کاشت و وجین دستی در طول دوره رشد انجام شد.

برای تزریق کود به جویچه‌ها از بشکه‌های بزرگ (۲۲۰ لیتری) استفاده گردید. به طوری‌که در هر آزمایش برای هر بلوک یک محلول کود از طریق بشکه بزرگ وارد بشکه کوچکتری (۴۰ لیتری) می‌شد. در بشکه کوچک شناوری جهت ثابت نگه داشتن دبی تزریق کود نصب گردید. نحوه تزریق کود به آب آبیاری در تیمارهای آزمایشی در شکل ۱ به صورت شماتیک ارائه شده است.

برای تخمین یک‌نواختی توزیع و جرم کود نفوذ یافته، نمونه‌برداری از محلول آب- کود در طول جویچه‌ها به فواصل مکانی ۲۰ متر و فواصل زمانی حدود ۳ دقیقه انجام شد. هم‌چنین برای برآورد مقدار کود تلف شده به صورت رواناب، نمونه‌برداری از آب خروجی از انتهای جویچه‌ها به فواصل زمانی ۵ دقیقه (زمانی کودآبیاری) انجام شد.

جرم کود نفوذ یافته در واحد طول بین دو گام زمانی متوالی با استفاده از غلظت املاح محلول در آب و مقدار آب نفوذ یافته از رابطه زیر محاسبه گردید (۲):

$$F_z = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Z_i^{t+\Delta t} - Z^t{}_i) \times \frac{(C_i^{t+\Delta t} + C^t{}_i)}{2} \times \Delta x_i}{L} \qquad [1]$$

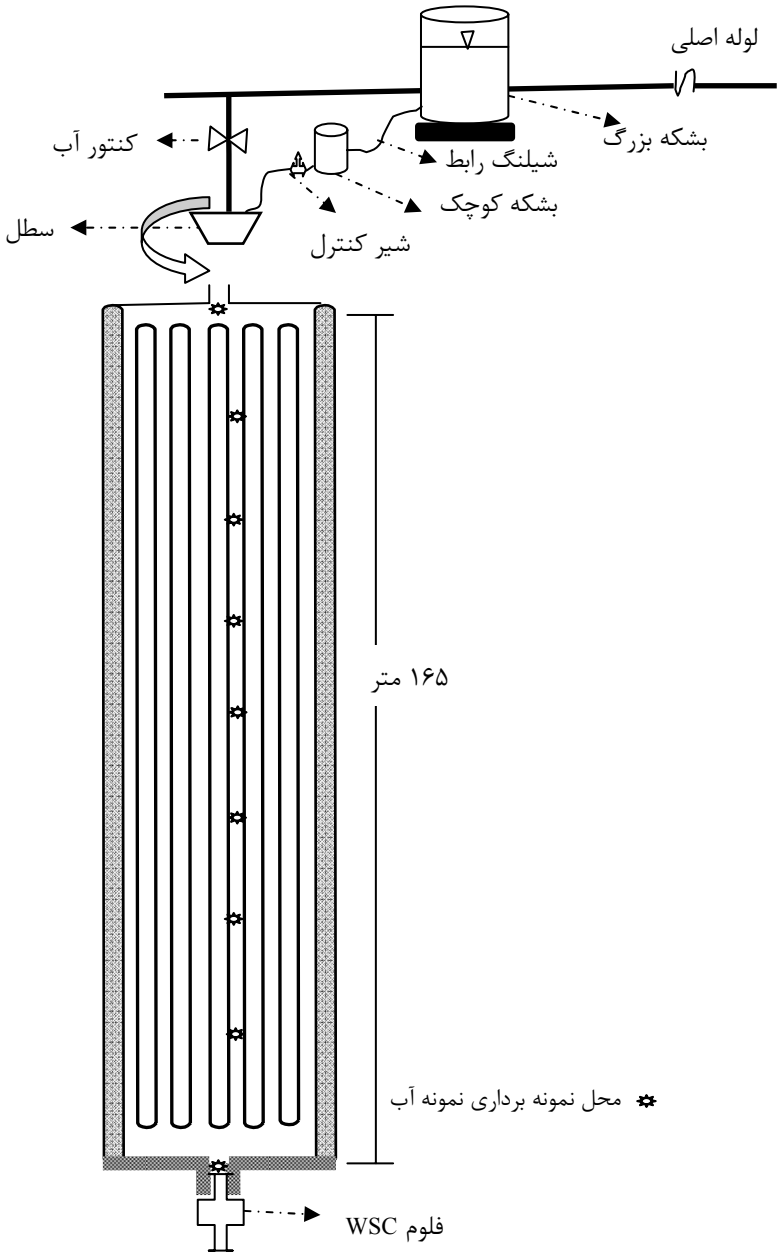
که در آن ، F_z جرم کود نفوذ یافته در واحد طول (ML^{-1})، $C^t{}_i$، $C_i^{t+\Delta t}$، $Z^t{}_i$، $Z_i^{t+\Delta t}$ به ترتیب غلظت کود (ML^{-3}) و حجم آب نفوذ یافته در واحد طول (L^3L^{-1}) در گره iام و در زمان‌های t و $t+\Delta t$، Δx_i اندازه گام مکانی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های خاک مورد آزمایش

عمق خاک cm	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	EC (dS/m)	pH
۰–۲۰	لوم	۱/۳۴	۱/۱۶	۷/۷۷
۲۰–۴۰	لوم	۱/۴۶	۰/۸۲	۷/۶۷
۴۰–۶۰	لوم	۱/۴۷	۰/۸۰	۷/۸۵
۶۰–۸۰	لوم	۱/۵	۰/۸۷	۷/۶۹



شکل ۱. نحوه تزریق کود به آب آبیاری در تیمارهای آزمایشی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]

(L)، n تعداد نقاط نمونه‌برداری در طول مزرعه و L طول مزرعه است. برای محاسبه Z^t_i، $Z_i^{t+\Delta t}$ در فرمول فوق ابتدا پارامترهای نفوذ با استفاده از روش حجم ورودی و خروجی برآورد و سپس با قرار دادن زمان تماس آب در هر گره مقدار آب نفوذ یافته تا آن زمان محاسبه گردید.

جرم کود تلف شده به صورت رواناب از انتهای مزرعه با استفاده از غلظت و حجم رواناب خروجی به صورت زیر برآورد گردید (۲):

$$F_z = \sum_{t=0}^{t_t} \frac{(Q_R{}^{t+\Delta t} + Q_R{}^{tt})}{2} \times \frac{(C_R{}^{t+\Delta t} + C^t{}_R)}{2} \qquad [2]$$

که در آن، F_R جرم کود تلف شده همراه رواناب (M)، $C^t{}_R$ و Q_R به ترتیب غلظت کود مورد نظر در آب آبیاری (ML^{-3}) و شدت جریان خروجی ($L^{-3}T^{-1}$) از انتهای مزرعه و t_t زمان کل آبیاری (T) است.

یک‌نواختی توزیع کود با استفاده از شاخص‌های یک‌نواختی توزیع چارک پایین (Distribution Uniformity of Low Quarter) (DU_{LQ})، یک‌نواختی توزیع نیمه پایین (Distribution Uniformity of Low Half) (DU_{LH}) و ضریب یک‌نواختی کریستیانسن (Coefficient of Uniformity) (CU) که از متداول‌ترین شاخص‌های ارزیابی یک‌نواختی توزیع هستند، استفاده شد (۴). یک‌نواختی توزیع کود به شدت تحت تأثیر معیارهای طراحی و مدیریت آبیاری، روش و رژیم آبیاری، دبی ورودی، بافت خاک، ویژگی‌های نفوذپذیری، ضریب زبری، نوبت آبیاری و مدت زمان تزریق کود به سامانه آبیاری قرار می‌گیرد. در کودآبیاری در صورتی که عوامل طراحی آبیاری و کودآبیاری به درستی انتخاب شوند، حتی دست‌یابی به یک‌نواختی توزیع کود بیشتر از یک‌نواختی توزیع آب امکان‌پذیر است. براساس تحقیقات عباسی و همکاران (۳) تزریق کود در نیمه دوم آبیاری، یا در زمان‌های انتهایی آبیاری، یک‌نواختی توزیع بیشتری را موجب می‌شود. به همین دلیل، در این تحقیق نیز تزریق کود در زمان‌های انتهایی آبیاری انجام شد. در زمان نمونه‌گیری، نمونه‌های تهیه شده در محیطی خنک نگهداری و پس از اتمام آزمایش نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و غلظت نیترات آنها با استفاده از دستگاه Spectrophotometer اندازه گیری گردید. معادله نفوذ برای هر یک از آزمایش‌ها با استفاده از روش دبی ورودی- خروجی تعیین گردید (مصطفی‌زاده و موسوی، ۱۳۸۵). ضریب گیاهی (KC) دوره‌های مختلف رشد ذرت از طریق ضرایب ارائه شده در نشریه ۵۶ سازمان جهانی خوارو بار (۸) تعیین شد.

برای تعیین بهترین مدت زمان تزریق کود، مدت زمان تزریق کود برای همه بلوک‌ها در مرحله هفت برگی، ساقه‌رفتن و در مرحله سنبله‌دهی به ترتیب به طور متوسط ۶۰، ۳۵ و ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شد. برای بررسی اثرات مدت زمان تزریق بر تلفات کود از طریق رواناب، از روش تجزیه واریانس (ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن با استفاده از نرم افزار MSTATC استفاده شد.

نتایج و بحث

یک‌نواختی توزیع و ضرایب یک‌نواختی آب و کود برخی تیمارهای آزمایشی در مراحل مختلف کودآبیاری در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که یک‌نواختی توزیع و ضریب یک‌نواختی آب و کود در همه آزمایش‌ها بسیار بالاست. به طوری‌که یک‌نواختی توزیع نیمه پایین آب و کود برای همه تیمارها به ترتیب بین ۸۸/۰ تا ۹۹/۰ و ۸۹/۷ تا ۹۶/۰ درصد و یک‌نواختی توزیع چارک پایین آب و کود بین ۸۱/۶ تا ۹۸/۲ و۸۵/۷ تا ۹۱/۵ درصد می‌باشد. هم‌چنین ضریب یک‌نواختی (CU) آب و کود در همه موارد بالا و از لحاظ عددی تقریبا با یک‌نواختی توزیع نیمه پایین برابری داشت. در اغلب موارد یک‌نواختی توزیع آب و کود بسیار به هم نزدیک است. ضریب یک‌نواختی کریستیانسن (CU) آب در آبیاری جویچه‌ای بسیار بالا (به جز آزمایش T8) و بین ۹۵/۴ تا ۹۹/۰ درصد متغیر است. ضریب یک‌نواختی (CU) کود نیز برای همه تیمارها زیاد و بین ۹۱/۱ تا ۹۵/۶ در تغییر است. سابیلون و مرکلی (۲۴) ضریب یک‌نواختی CU کود در آبیاری جویچه‌ای را در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]

جدول ۲. توزیع یک‌نواختی آب و کود در برخی تیمارهای آزمایشی

نوبت کودآبیاری	آزمایش	یک‌نواختی توزیع چارک پایین (DU_{LQ})		یک‌نواختی توزیع نیمه پایین (DU_{LH})		ضریب یک‌نواختی کریستیانسن (CU)		مدت زمان تزریق کود (دقیقه)
–	-	کود	آب	کود	آب	کود	آب	–
مرحله ۷ برگی	T8	۸۹/۴	۸۱/۶	۹۳/۸	۸۸/۰	۹۱/۴	۸۱/۰	۵۲
مرحله ۷ برگی	T10	۹۱/۵	۹۲/۴	۹۶/۰	۹۶/۰	۹۵/۵	۹۵/۴	۵۲
مرحله ساقه رفتن	T3	۸۵/۷	۹۷/۸	۹۴/۰	۹۸/۷	۹۳/۰	۹۸/۷	۳۱
مرحله ساقه رفتن	T7	۸۹/۰	۹۵/۱	۸۹/۷	۹۷/۱	۹۲/۰	۹۷/۵	۳۰
مرحله ساقه رفتن	T10	۸۷/۳	۹۸/۲	۹۱/۸	۹۸/۹	۹۱/۱	۹۹/۰	۳۵
مرحله سنبله دهی	T1	۸۷/۰	۹۷/۰	۹۳/۸	۹۸/۰	۹۳/۳	۹۹/۰	۲۶
مرحله سنبله دهی	T3	۹۱/۰	۹۱/۳	۹۲/۳	۹۳/۶	۹۰/۷	۹۲/۸	۲۱

کودآبیاری جویچه‌ای در یک خاک بدون پوشش زراعی بین ۹۲/۰ تا ۱۰۰/۰ درصد اندازه‌گیری کردند که قابل مقایسه با نتایج این تحقیق در حضور کشت ذرت می‌باشد. عباسی و همکاران (۳) یک‌نواختی توزیع نیمه‌پایین کود در کودآبیاری جویچه‌ای را در یک خاک لومی بدون پوشش زراعی بین ۸۶/۶ تا ۹۵/۹ و جلینی و عباسی (۱) یک‌نواختی توزیع نیمه پایین کود در یک خاک لوم شنی بدون پوشش زراعی را بین ۸۸/۶ تا ۹۷/۸ گزارش نمودند که با نتایج این تحقیق مشابهت دارد. عباسی و همکاران (۷) در یک خاک لوم ماسه‌ای بین ۶۲/۰ تا ۸۷/۰ درصد و یک‌نواختی توزیع آب بین ۷۱/۰ تا ۸۵/۰ درصد گزارش گردید. دلیل اصلی پایین بودن یک‌نواختی توزیع کود در آن آزمایش‌ها در مقایسه با آزمایش‌های این تحقیق آن است که کود را در آبیاری اول تزریق نمودند. بالا بودن ضریب زبری مانینگ و نفوذپذیری خاک در آبیاری اول موجب کاهش یک‌نواختی توزیع آب و به تبع کود می‌شود. یک‌نواختی توزیع کود در سایر آزمایش‌ها اندازه‌گیری نگردید. به دلیل اجرای همه آزمایش‌ها تحت شرایط تقریباً یکسان و بالا بودن یک‌نواختی توزیع آب، به نظر می‌رسد که یک‌نواختی توزیع کود نیز در سایر آزمایش‌ها مشابه مقادیر جدول ۲ بوده است.

تلفات نیترات و آب آبیاری از طریق رواناب سطحی آزمایش‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در اکثر موارد درصد تلفات کود بسیار کمتر از تلفات آب آبیاری است. این نتایج به علت اینکه کود در اواخر زمان آبیاری تزریق شده است، قابل پیش‌بینی بود. بین میزان تلفات آب و کود هیچ ارتباطی وجود ندارد. زیرا میزان تلفات کود تحت تأثیر دبی خروجی در زمان تزریق کود و مدت زمان تزریق کود است. درصد تلفات آب از جویچه‌ها در مرحله سنبله‌دهی بیشتر از مرحله به ساقه‌رفتن و مرحله ۷ برگی است. ضریب زبری جویچه‌ها و به تبع آن نفوذپذیری جویچه‌ها به دلیل آبیاری‌های متعدد در طول فصل رشد و با گذشت زمان کاهش یافته و باعث افزایش دبی خروجی و افزایش درصد تلفات آب از طریق رواناب می‌شود. صرف نظر از مدت زمان تزریق کود، تلفات کود و آب از طریق رواناب سطحی به ترتیب ۵/۷ تا ۴۲/۰ درصد و ۸/۵ تا ۴۴/۶ درصد می‌باشد. سابیلون و مرکلی (۲۴) درصد تلفات آب از طریق رواناب سطحی را بین ۲۰/۰ تا ۶۷/۰ درصد و تلفات کود از طریق رواناب سطحی را بین ۳/۰ تا ۵۵/۰ درصد گزارش کردند. نتایج این دو تحقیق نشان‌دهنده نقش مهم مدیریت در کنترل میزان تلفات آب و کود می‌باشد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد تلفات کود و آب در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]

جدول۳. تلفات آب و نیترات از طریق رواناب سطحی در آزمایش‌های تحت مطالعه

مرحله کودآبیاری	آزمایش	مدت زمان تزریق (دقیقه)	درصد تلفات به صورت رواناب	
			کود	آب
	T1	۵۰	۱۰/۶	۱۸/۰
	T2	۸۵	۲۷/۳	۲۹/۳
	T3	۸۰	۳۱/۸	۳۴/۳
	T4	۴۰	۲۹/۷	۳۲/۰
	T5	۷۱	۳۸/۰	۳۴/۰
مرحله ۷ برگی	T6	۵۲	۷/۰	۱۳/۷
	T7	۵۳	۱۱/۸	۱۴/۰
	T8	۵۲	۹/۳	۸/۵
	T9	۷۶	۲۸/۴	۲۳/۴
	T10	۴۹	۱۸/۶	۲۰/۵
	T11	۸۰	۴۲/۰	۲۶/۲
	T12	۵۵	۳۶/۹	۳۷/۱
میانگین	–	۶۰	۲۴/۳	۲۴/۲۵
	T1	۳۵	۴/۸	۱۹/۶
	T2	۵۰	۱۲/۰	۳۲/۴
	T3	۳۱	۱۰/۰	۲۵/۹
	T4	۳۰	۳۸/۳	۱۸/۲
	T5	۲۷	۱۷/۴	۴۴/۵
مرحله ساقه رفتن	T6	۳۰	۱۰/۳	۲۸/۵
	T7	۳۰	۷/۵	۳۳/۰
	T8	۲۵	۲۱/۷	۲۱/۲
	T9	۳۲	۱۷/۷	۲۹/۵
	T10	۳۵	۶/۰	۳۴/۲
	T11	۵۰	۱۵/۵	۲۱/۴
	T12	۳۵	۱۰/۴	۱۵/۹
میانگین		۳۴	۱۴/۳	۲۷/۱
		۱۸	۸/۳	۳۲/۰
	T2	۲۳	۵/۷	۲۳/۵
	T3	۲۲	۸/۴	۳۵/۸
	T4	۲۵	۱۱/۵	۳۵/۵
	T5	۲۶	۱۷/۰	۴۴/۵
	T6	۲۰	۸/۹	۴۴/۶
مرحله سنبله‌دهی	T1	۲۱	۱۰/۰	۳۹/۲
	T8	۲۳	۶/۳	۲۰/۳
	T9	۱۸	۶/۳	۱۳/۲
	T10	۲۰	۵/۵	۱۱/۱
	T11	۲۷	۲۲/۳	۳۸/۷
	T12	۲۰	۹/۰	۳۱/۹
میانگین	–	۲۲	۹/۹	۳۰/۸

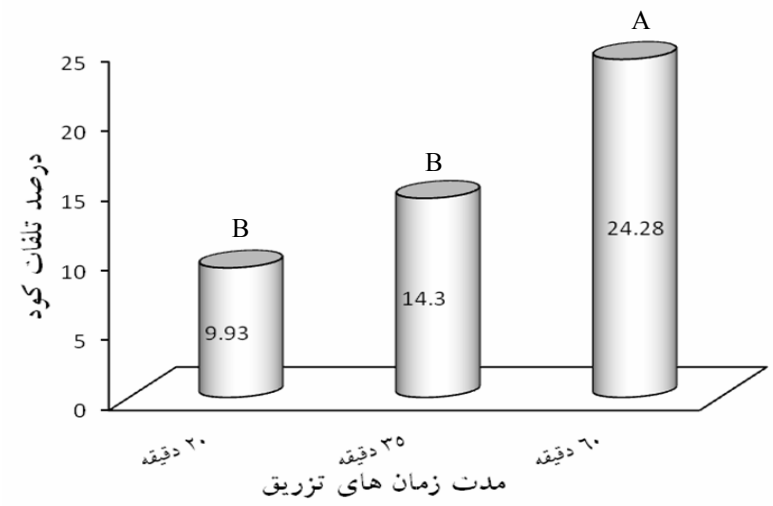
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]

جدول ۴. تجزیه واریانس تلفات آب و نیترات در مدت زمان‌های تزریق مختلف

منابع تغییرات	صفت	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	P	CV
زمان	درصد تلفات کود	۲	۱۲۹۹/۱۸	۶۴۹/۵۹	۷/۴۹	۰/۰۰۲۱**	۵۷/۵
	درصد تلفات آب	۲	۲۶۳/۷۸	۱۳۱/۸۹	۱/۳۸	۰/۲۶۴ns	۳۵/۰

** و ns : به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۰/۰۱ و ns غیر معنی‌دار



شکل ۲. مقایسه میانگین سطوح مختلف مدت زمان تزریق کود با آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵

سطوح مختلف زمان تزریق کود در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر مدت زمان تزریق کود بر درصد تلفات کود از طریق رواناب سطحی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بوده ولی بر درصد تلفات آب معنی‌دار نمی‌باشد. بدیهی است که مدت زمان تزریق کود تأثیری بر تلفات آب نداشته و اختلاف تلفات آب در آزمایش‌های مختلف به طور عمده مربوط تفاوت مکانی خصوصیات نفوذپذیری و دبی ورودی جویچه‌ها بوده است. علت تفاوت مقدار تلفات کود نیز به مدت زمان تزریق کود وابسته است. عباسی و همکاران (۳) درصد تلفات کود از طریق رواناب سطحی در یک خاک لومی بدون پوشش زراعی را برای تزریق در نیمه دوم آبیاری ۲۵/۱ و تزریق کود در کل زمان آبیاری ۳۹/۴ درصد گزارش نمودند که بسیار بیشتر از نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌باشد. علت اختلاف را می‌توان در متفاوت بودن مدت زمان تزریق کود دانست. در تحقیقات عباسی و همکاران (۳) مدت زمان تزریق کود ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه بود.

به منظور مقایسه میانگین آزمایش‌ها در سطوح مختلف زمان تزریق کود، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ انجام شد (شکل ۲). نتایج نشان می‌دهد که بیشترین درصد تلفات کود به مقدار ۲۴/۳ درصد در مدت زمان ۶۰ دقیقه (زمان شروع کودآبیاری یک ساعت قبل از قطع آبیاری) اتفاق افتاده و با سایر سطوح تفاوت معنی‌دار دارد. بین سطوح تزریق کود ۳۵ و ۲۰ دقیقه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که هر چه زمان تزریق کود به زمان قطع آبیاری نزدیک‌تر باشد، درصد تلفات کود از طریق رواناب کاهش می‌یابد. این نتایج با نتایج پلایان و فاسی (۲۲) و عباسی و همکاران (۷) مطابقت دارد. سابیلون و مرکلی (۲۴) گزارش کردند که برای دست‌یابی به کمترین تلفات کود،

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]

بهترین مدت زمان تزریق کود بین ۵ تا ۱۵ درصد (در اغلب موارد ۵ درصد) کل زمان قطع جریان بوده و تزریق‌های طولانی‌تر منتج به کاهش راندمان مصرف کود می‌شود. در این تحقیق، زمان تزریق ۲۰ دقیقه ۵/۵ درصد کل زمان آبیاری بود (زمان آبیاری به طور متوسط در آزمایش‌های مختلف حدود ۶ ساعت بود) که با نتایج سابیلون و مرکلی (۲۴) مشابهت دارد.

در مجموع با توجه به نتایج این مطالعه و نتایج تحقیقات قبلی (۱، ۳ و ۷) به نظر می‌رسد که رژیم کاهش جریان و تزریق کود در ۳۰-۲۰ دقیقه انتهایی زمان آبیاری بهترین مدیریت اعمال کود در کودآبیاری جویچه‌ای باشد. به طوری که با این مدیریت کودی می‌توان یک‌نواختی توزیع کود را به بیش از ۹۶ افزایش و میزان تلفات را به ۵/۷ درصد و یا حتی کمتر از آن کاهش داد. زمان و مدت زمان تزریق کود، دبی جریان هنگام تزریق کود، و پارامترهای نفوذپذیری خاک از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر یک‌نواختی توزیع و میزان تلفات کود در کودآبیاری جویچه‌ای است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، یک‌نواختی توزیع و تلفات نیترات در آبیاری جویچه‌ای ذرت‌دانه‌ای در یک خاک لومی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که در صورت مدیریت صحیح، تلفات کود به صورت رواناب در کودآبیاری جویچه ای اندک و یک‌نواختی توزیع آن زیاد خواهد بود. کارآیی این روش کوددهی به شدت تحت تأثیر عوامل طراحی و مسائل مدیریتی است. نتایج نشان داد که در صورت مدیریت صحیح و انتخاب بهینه عوامل آبیاری، یک‌نواختی توزیع کود به یک‌نواختی توزیع آب بسیار نزدیک و حتی در برخی موارد بیشتر از آن است. در حالی که نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که تزریق کود در نیمه دوم آبیاری و در زمان‌های انتهایی آبیاری دارای بیشترین یک‌نواختی توزیع است، درصورت عدم مدیریت صحیح، پتانسیل تلفات کود به صورت رواناب سطحی در روش کودآبیاری بسیار بالا خواهد بود. در مجموع با توجه به نتایج تحقیقات قبلی عباسی و همکاران (۷) در خاک بدون پوشش گیاهی و نتایج این مطالعه به نظر می‌رسد که تزریق کود در زمان‌های انتهایی آبیاری، استفاده از رژیم کاهش جریان و کاهش مدت زمان تزریق کود (تا حدود ۲۰ دقیقه) بهترین گزینه مدیریتی در کودآبیاری جویچه‌های انتها باز باشد.

منابع مورد استفاده

۱. جلینی، م. و ف. عباسی. ۱۳۸۸. ارزیابی یک‌نواختی کود آبیاری و تلفات کود در آبیاری جویچه‌ای. مجله علوم و صنایع کشاورزی (ویژه آب و خاک) ۲۳ (۲): ۸۶- ۷۵.

۲. عباسی، ف. ۱۳۸۶. *فیزیک خاک پیشرفته*. انتشارات دانشگاه تهران.

۳. عباسی، ف.، ع. م. لیاقت و ا. گنجه. ۱۳۸۸. ارزیابی یک‌نواختی کودآبیاری در آبیاری جویچه‌ای. مجله خاک و آب ۳۹ (۱): ۱۲۹-۱۱۷.

۴. مصطفی‌زاده، ب. و ف. موسوی. ۱۳۸۵. *آبیاری سطحی (تئوری و عمل)*. انتشارات فرهنگ جامع، تهران.

۵. ملکوتی، م. ج. و س. ع. ریاضی همدانی. ۱۳۷۰. *کودها و حاصلخیزی خاک*. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۶. نوابیان، م. ۱۳۸۷. بهینه‌سازی، طراحی و مدیریت کود آبیاری جویچه‌ای برای کاهش آلودگی نیترات. رساله دکتری رشته آبیاری و زه‌کشی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

7. Abbasi, F., J. Simunek, M. Th. van Genuchten, J. Feyen, F. J. Adamsen, D. J. Hunsaker, T. S. Strelkoff and P. Shouse. 2003. Overland water flow and solute transport: Model development and field data analysis. J. Irrig. Drain. Eng. 129(2): 71-81.

8. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrig. Drain. Paper No.56. FAO, Rome, Italy.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]

9. Bacon, P. E. 1995. Nitrogen Fertilization in the Environment. Marcel Dekker Inc., New York.
10. Bhat, R., S. Sujatha and D. Balasimha. 2007. Impact of drip fertigation on productivity of arecanut. Agric. Water Manag. 90: 101-111.
11. Boldt, A. L., D. G. Watts, D. E. Eisenhauer and J. S. Schepers. 1994. Simulation of water applied nitrogen distribution under surge irrigation. Trans. ASAE 37(4): 1157-1165.
12. Champion, D. F. and R. C. Bartholomay. 1992. Fertigation through surge valves. Available on www: url:http://WWW.prsurge.com/csufert.htm.
13. Chaudhary M. R. and S. S. Prihar. 1974. coparison of banded and broadcast fertilizer applications in relation to compaction and irrigation in maize and wheat. Agron. J. 66:560-564.
14. Dasberg, S. and. Or, D. 1999. Drip Irrigaition. Springer-Verlog, New York, USA.
15. Gheysari, M., S.M. Mirlatifi, M. Homaee, M. E. Asadi and G. Hoogenboom. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agric. Water Manag. 96: 946–954.
16. Granberry, D.M., K.A. Harrison, W.T. Kelley. 2000. Drip Irrigation. Cooperative Extension Service University of Georgia, USA.
17. Hou, Z., P. Li., B. Li, J. Gong and Y. Wang. 2007. Effects of fertigation scheme on N uptake and N use efficiency in cotton. Plant Soil. 290:115–126.
18. Jaynes, D. B., R. S. Bowman and R. C. Rice. 1988. Transport of conservativetracers in the field under continuous flood irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 618-624.
19. Jaynes, D. B., R. C. Rice and D. J. Hunsaker. 1992. Solute transport during chemigation of a level basin. Trans. ASAE 35 (6): 1809-1815.
20. Mohammad, M.J. 2004. Utilization of applied fertilizer nitrogen and irrigation water by drip-fertigated squash as determined by nuclear and traditional techniques. Nutr. Cycl. Agroecosys. 68 (1): 1–11.
21. Papadopoulos, P. 1992. Fertigation of vegetable in plastic houses. Present situation and future prospects. Acta Hort. 323: 151-179.
22. Playan, E. and J. M. Faci. 1997. Border irrigation: Field experiment and a simple model. Irrig. Sci. 17(4):163-171.
23. Rolston, D. E., R. J. Miller and A. E. Scholback. 1986. Fertilization. PP:317-344. *In*: Nakayama, F.S. and D. A. Bucks, Trikle Irrigation for Crop Production, Eds. Elsevier, Amesterdam.
24. Sabillón, G. N. and G. P. Merkley. 2004. Fertigation guidelines for furrow irrigation. Span. J. Agric. Res. 2(4): 576–587.
25. Smith, D. R., P.R. Owens, A.B. Leytem and E. A. Warnemuende. 2007. Nutrient losses from manure and fertilizer applications as impacted by time to first runoff event. Environ. Pollut. 147(1): 131-137.
26. Tiercelin, J. R. and A. Vidal. 2006. Traite´ d'Irrigation. 2nd ed., Lavoisier, France.
27. Wiesler, F. 1998. Comparative assessment of the efficacy of various nitrogen fertilizers. *In*: Rengel, Z. (Ed.), Nutrient Use in Crop Production. Food Product Press, NY.
28. Zerihun, D., A. Furman, C. A. Sanchez and W. A. Warrick. 2003. Calculation of recession in basins and closed-end furrows: Problems and simplified solutions. Proc., 2nd Int. Conf. on Irrigation and Drainage: Water for a Sustainable World-Limited Resources and Expanding Demand, United States Committee on Irrigation and Drainage, Denver.
29. Zerihun, D. and C. A. Sanchez. 2002. Guidelines for improved irrigation practices for furrow irrigated vegetable production. Paper presented at the 2002 ASAE Annual International Meeting/CIGR World Congress. Hyatt Regency, Chicago, Illinois, July 29–31, 2002.
30. Zhou, J. B., J. G. XI, Z. J. Chen and S. X. Li. 2006. Leaching and transformation of nitrogen fertilizers in soil after application of N with irrigation: A Soil Column Method. Pedosphere 16(2): 245-252.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-11-06]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1389.14.51.4.7]