نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال چهارم، شماره ۲،زمستان ۱۳۹۳

ISSN 2251-7480

بررسی تغییرات شیب طولی جویچه بر توزیع نیترات در کودآبیاری سطحی

پریوش رئیسیان فرد دشتکی[۱*]، سید حسن طباطبائی[۲]، محمدرضا نوری امام‌زاده‌ای[۳] و علیرضا حسین‌پور[۴]

۱*) کارشناسی ارشد؛ گروه مهندسی آبیاری؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: praeisiyanfard@yahoo.com

۲) دانشیار؛ گروه مهندسی آبیاری؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

۳) استادیار؛ گروه مهندسی آبیاری؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

٤) استاد؛ گروه مهندسی خاکشناسی؛ دانشکده کشاورزی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲٦

چکیده

پخش غیر یکنواخت کود در روش کودپاشی دستی یکی از مشکلات آبیاری سطحی است که لزوم تحقیقات بیش‌تر در زمینه کودآبیاری سطحی را ایجاب می‌کند. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر شیب طولی و زمان کودآبیاری در آبیاری جویچه‌ای است. به‌منظور بررسی نحوه توزیع کود، از کود اوره استفاده و نیترات به‌عنوان ماده معرف در نظر گرفته شد. این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار شامل تیمار شاهد(شیب طبیعی زمین، کودآبیاری در کل زمان آبیاری)، تیمارهای کودآبیاری در نیمه اول، کودآبیاری در نیمه دوم و کودآبیاری در کل زمان آبیاری با شیب مقعر و در سه تکرار انجام گرفت. تغییرات شیب طولی، زمان کودآبیاری، عمق نمونه‌برداری و فاصله از ابتدای جویچه بر روی توزیع نیترات در خاک بررسی شده است. با استفاده از آزمون LSD، مقایسه میانگین صورت گرفت. با تغییر زمان کودآبیاری توزیع نیترات تغییر کرد و تزریق کود در نیمه دوم زمان آبیاری، بالاترین میزان یکنواختی و جذب نیترات (۱۶۵۳/۵۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در خاک را نشان داد. نتایج نشان داد که شیب طولی عامل بسیار تأثیرگذار بر روی توزیع نیترات و ذخیره آن در اعماق مختلف خاک بود ($P<0.01$). در بررسی اثر متقابل زمان آبیاری، عمق خاک و فاصله از ابتدای جویچه بر یکدیگر نشان داد که هیچکدام از پارامترها بر یکدیگر اثر معنی‌داری ندارد.

کلید واژه‌ها: آبیاری جویچه‌ای؛ شیب مقعر؛ کود؛ کودآبیاری

مقدمه

کشاورزی امروز به سمت مدرن و خودکارشدن پیش می‌رود. پخش غیر یکنواخت کود در روش کودپاشی دستی یکی از مشکلات آبیاری سطحی است. استفاده بی‌رویه کود شیمیایی باعث بروز مشکلات زیست محیطی و همچنین بروز سرطان‌ها در انسان‌ها می‌شود. در روش پاشش دستی، امکان کنترل و استفاده مناسب و به اندازه کود وجود ندارد که با استفاده از کودآبیاری این مشکل کمتر می‌شود. تزریق کود به آب آبیاری شامل حل‌کردن کودهای محلول در آب و کاربرد آن از طریق سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی است. این روش در حال توسعه در آبیاری سطحی است. مناسب بودن کودآبیاری به

شرایط خاک و محصول، روش آبیاری، کیفیت آب، نوع کود و مسایل اقتصادی بستگی دارد. این روش در خاک‌های درشت بافت دارای امتیاز بیشتری نسبت به خاک‌های ریز بافت است. این مسئله به نوع کود و چگونگی حرکت آن در خاک بستگی دارد (نوابیان و همکاران، ۱۳۹۰).

پخش یکنواخت کود در خاک و توزیع یکنواخت آن در طول دوره رشد امکان‌پذیر است (عباسی و همکاران، ۱۳۸۸). تحقیقات انجام شده حاکی از آن است که کود-آبیاری باعث افزایش عملکرد "Anonymous" و کارایی مصرف آب و کود (واعظی و همکاران، ۱۳۸۸) می‌شود. با توجه به موارد ذکر شده و نظر به اینکه بیش از ۹۰ درصد اراضی آبی جهان به روش های سطحی آبیاری می‌شوند و همچنین پیش بینی می‌شود که در آینده هم آبیاری سطحی به عنوان یکی از رایج‌ترین سیستم‌های تامین آب در مزارع کشاورزی مطرح باشد و کودآبیاری به عنوان بهترین راه تامین مواد غذایی مورد نیاز محصولات کشاورزی خواهد بود. زیرا روش های معمول (پخش سطحی) هم گران هستند و هم اینکه فقط دوره کوتاهی از فصل داشت قابل پخش هستند. هانسون و همکاران، (*Hanson et. al*، ۱۹۹۵) در ایالت کالیفرنیا گزارش دادند که یکنواختی توزیع کود در روش‌های آبیاری نواری و جویچه‌ای، بالاتر از روش‌های دیگر در منطقه بود. گرچه در سیستم آبیاری تحت فشار بازده آبیاری بالا می‌باشد، ولی افزایش روزافزون هزینه‌های انرژی سبب گردیده است که بسیاری از محققین مطالعات قابل توجهی را در زمینه افزایش بازده آبیاری سطحی انجام دهند و این روش آبیاری را به عنوان جایگزین مناسبی برای روش‌های آبیاری تحت فشار پیشنهاد نمایند (مصطفی زاده و موسوی، ۱۳۸۵).

تلفات ناشی از آبشویی کود علاوه بر مدیریت آب به مدیریت کود نیز بستگی دارد. به کاربردن مقادیر زیاد آب و کود منجر به تلفات بیش از حد نیتروژن از طریق نفوذ عمقی شده و نیترات را از دسترس گیاهان خارج می‌کند. نتایج یک تحقیق در چین نشان می‌دهد در مناطقی که گیاهان با نیاز آبی و کودی زیاد کاشت می‌شود، آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات بیشتر از مناطقی است که غلات کاشته می‌شوند (Ju and Zhang, 2003). قیصری و همکاران (۱۳۸۵) اثرات سطوح مختلف کود نیتراتی و آب آبیاری بر آبشویی نیترات و عملکرد ذرت تحت مدیریت کودآبیاری بارانی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که اعمال مدیریت کودآبیاری موجب کاهش چشمگیر تلفات نیترات از طریق آبشویی می‌شود. آنها همچنین نشان دادند تلفات کود نیتراتی در تیمارهای کم آبیاری نا چیز بود. بنابراین برای دستیابی به حداکثر محصول و حداقل آبشویی نیترات مدیریت همزمان آب و کود ضروری است (Ghaysari *et.al.,* 2006; Ghaysari *et al.,* 2009). نتیجه تحقیقات بسیاری از پژوهشگران نشان می‌دهد که کوددهی صحیح و به موقع و مدیریت شایسته آب، خاک و گیاه می‌تواند مقدار شستشوی نیترات را به حداقل برساند (Bergstrom, 1987). عباسی و همکاران (Abbasi *et. al*., 2003) اظهار داشتند که تزریق کود در کل زمان آبیاری یا نیمه دوم آبیاری برای جویچه انتهای بسته با دبی ورودی مناسب، سبب یکنواختی بالاتر نسبت به حالت تزریق کود در نیمه اول آبیاری شده‌است. نتایج Sabillon و Merkley (۲۰۰۴) نشان داد که بهترین مدت زمان تزریق کود در حدود ۵ تا ۱۵ درصد زمان قطع جریان و بهترین زمان شروع تزریق کود در محدوده ۵ تا ۹۵ درصد زمان پیشروی در آبیاری جویچه ای حاصل شده‌است. آنها به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی اظهار داشتند که تزریق کود باید در یک مدت زمان کم و با شدت تزریق بالا صورت گیرد. پلایان و فاسی (Playan and Faci, 1997) با ارائه یک مدل کودآبیاری در آبیاری نواری اظهار کردند که تزریق کود در مدت زمان کم سبب کاهش یکنواختی توزیع کود می‌شود.

تدابیر مختلفی به منظور کاهش میزان تلفات نیتروژن از طریق نفوذ عمقی وجود دارد از جمله این مدیریت‌ها می‌توان به کاهش میزان مصرف کودهای ازته همزمان سازی نیاز گیاه به نیتروژن و زمان کوددهی (کودآبیاری)، استفاده از گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن (Di and Cameron, 2002)، افزایش فاصله زهکش‌ها (Fisher *et al.*, 1999) و کنترل سطح ایستابی با استفاده از زهکشی کنترل شده اشاره نمود. برخی مطالعات در زمینه کودآبیاری جویچه‌ای نشان دادند که برای دستیابی به شاخص‌های قابل قبول کودآبیاری باید مدیریت و طراحی آبیاری بهبود بخشیده شود (جلیلی و عباسی، ۱۳۸۸ و عباسی و همکاران، ۱۳۸۷). Izadi و همکاران (۱۹۹۶) بیان کردند که برای بهبود شاخص‌های آبیاری و در نتیجه افزایش راندمان کودآبیاری باید طراحی و مدیریت سیستم‌های آبیاری را ارتقا بخشید. عباسی و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند تلفات کود به صورت رواناب در آبیاری جویچه‌ای بین ۱۷/۷ تا ۵۰/۲ درصد متغیر می‌باشد از این رو مدیریت در آبیاری جویچه‌ای نقش موثری می‌تواند داشته باشد. تلفات نیترات در رواناب؛ در آبیاری جویچه‌ای، بسته به مدت زمان تزریق و دبی ورودی بین ۵/۷ تا ٤۲ درصد متغیر است (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۹). نوابیان و لیاقت (۱۳۸۹) مدیریت آبیاری همراه با مدیریت پخش کود جامد در مورد هر سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دلیل کاهش خروج مواد مغذی از مزرعه را پیشنهاد کردند.

بخشی (۱۳۹۰) با بررسی شیب‌های محدب و مقعر و همچنین کاهش سطح مقطع جویچه به این نتیجه رسید که راندمان آبیاری در جویچه‌های با شیب مقعر و همچنین جویچه‌های با سطح مقطع کاهشی دارای راندمان بسیار خوبی بوده و همچنین میزان عملکرد این جویچه‌ها نسبت به تیمار شکل و شیب جویچه ثابت و همچنین شیب محدب وضعیت مناسب‌تری داشته‌است. چان‌یانگ و همکاران (Chanyang *et al.*, 2013) در تحقیقات خود در مناطق کوهستانی شمال شرق آسیا گزارش دادند که شیب نقش قابل توجهی در توزیع رطوبت بازی می‌کند و نیز Lolanda و همکاران (۲۰۱۳) توپوگرافی را عامل اصلی کنترل و القا تغییرات در پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی در نظر گرفتند. کودآبیاری در آبیاری سطحی نسبت به روش های سنتی پخش کود دارای مزایای نسبی فراوانی است که از جمله می‌توان به نیاز کمتر به انرژی و کارگر ، کاهش هزینه ماشین‌آلات مورد نیاز، افزایش یکنواختی توزیع کود، رشد یکنواخت‌تر، افزایش عملکرد گیاهان و عدم فشردگی خاک و بهبود وضعیت زیست‌محیطی اشاره کرد (ابراهیمیان و همکاران، ۱۳۹۰). Jaynes و همکاران (۱۹۹۲) نشان دادند که توزیع مکانی و زمانی نیترات در آبیاری سطحی از متغیرهای طراحی و مدیریتی مانند کاربرد پیوسته یا پالسی نیترات، مدت‌زمان آبیاری و غلظت کود تاثیر می‌پذیرد. احتمال تلفات به صورت رواناب سطحی و نفوذ عمقی از مشکلات کودآبیاری در روشهای آبیاری سطحی می‌باشد (Abbasi *et al.*, 2003b).

این یافته‌ها بیانگر آن است که مطالعات بیش‌تری در کودآبیاری سطحی باید انجام گیرد. افزایش راندمان کودآبیاری در آبیاری سطحی مسئله‌ای است مهم که مستلزم تحقیقات تکمیلی می‌باشد. در این تحقیق به این مسئله و میزان تأثیر پارامترهای مؤثر در آن پرداخته می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی کارکرد سیستم کودآبیاری با تغییر شیب در آبیاری جویچه‌ای و شدت تأثیر پارامترهای زمان کودآبیاری، عمق و فاصله از ابتدای جویچه بر توزیع نیترات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در تابستان ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ٤۹ دقیقه شرقی، عرض ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۲۰۷۰ متر واقع در بخش مرکزی زاگرس است، انجام شد. آزمایش‌ها در شرایط مکانی مناسب با

شیب و بافت خاک یکنواخت و نزدیک به منبع آب انجام شد.

این تحقیق با ٤ تیمار و ۳ تکرار بصورت طرح آزمایشی بصورت بلوک‌های کامل تصادفی به منظور مقایسه تغییر شیب و اثر شیب با شرایط شیب یکنواخت بر روی توزیع نیترات انجام شد و در قسمت دوم آنالیز به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به دلیل مقایسه اثر فاکتورهای زمان کودآبیاری، فاصله از ابتدا و عمق در تیمارهای شیب مقعر انجام شد. در این قسمت از آنالیز آماری سه تیمار شیب مقعر لحاظ شد و تیمار شاهد حذف گردید.

مشخصات آب مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۲ و خصوصیات خاک در جدول ۳ آورده شده‌است.

جدول۱. تیمارهای تحقیق

شماره تیمار	نام تیمار	شیب	زمان کودآبیاری
۱	CTRL (شاهد)	ثابت	کل زمان آبیاری
۲	VS-T	مقعر	کل زمان آبیاری
۳	VS-FH	مقعر	نیمه اول زمان آبیاری
٤	VS-SH	مقعر	نیمه دوم زمان آبیاری

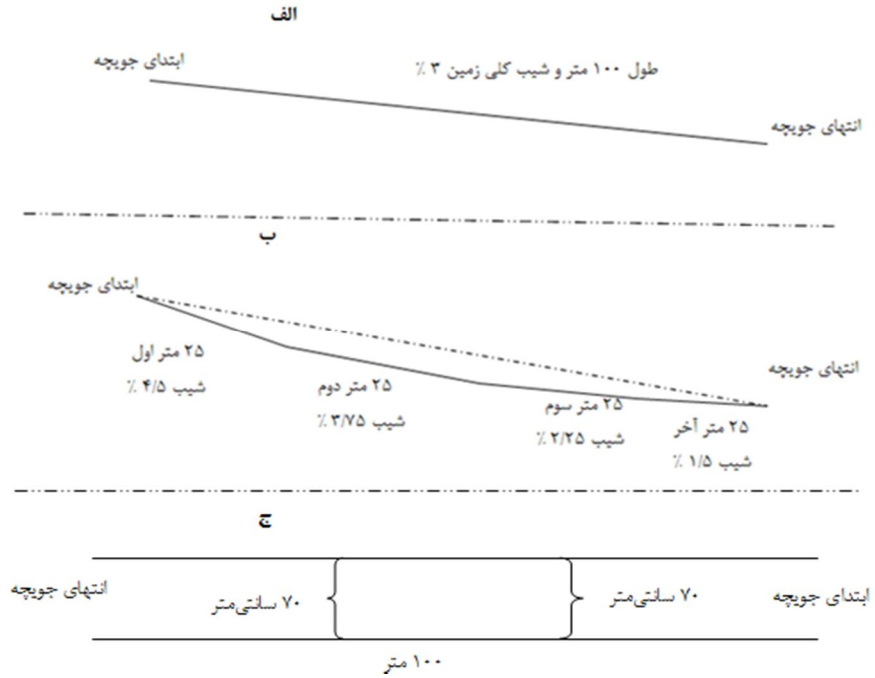
جدول۲- خصوصیات آب مورد استفاده

	pH	EC(dS/m)	TDS(mg/L)	TSS(mg/L)	SAR $(mmol/Lit)^{0.5}$	$N\text{-}NO^{-3}$
آب	۷/٥٤	۰/۳	۳۸	۰	۰/۱۳	۲/٦۱

جدول ۳. خصوصیات خاک

	pH	EC (dS/m)	بافت خاک	درصد رس	درصد شن	درصد سیلت	جرم ویژه ظاهری (gr/cm^3)	جرم ویژه حقیقی (gr/cm^3)	$N\text{-}NO^{-3}$
خاک	۱/۷	۰/۱۹	سیلت لوم	۲۱/٥	۲۸/۲	٥۰/۳	۱/۱٥	۲/٦۱	٤/٥٥

مزرعه موردنظر ابتدا توسط تراکتور شخم و سپس دیسک زده‌شد و بعد از آن جویچه‌هایی توسط نهرکن ایجاد شد. به کمک عملیات بندکشی و دوربین نقشه برداری شیب زمین یکنواخت‌سازی شد. شیب متوسط زمین در ابتدا ۳ درصد بود به منظوراجرای شیب مقعر، بدلیل زیادبودن حجم خاکبرداری و خاکریزی توسط لودر انجام و سپس دیسک و شخم زده شد (در قسمت شیب مقعر جویچه به ٤ قسمت تقسیم شد و شیب‌های ربع اول ٤/٥ درصد، ربع دوم ۳/۷٥ درصد، ربع سوم ۲/۲٥ درصد و ربع چهارم ۱/٥ درصد بود). نمایی از اجرای شیب مقعر و مقطع طولی و عرضی تیمارها بر سطح زمین در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱. نمایی از مقطع طولی و عرضی جویچه‌ها الف) شیب در تیمار CTRL ب) شیب در تیمارهای VS ج) مقطع عرضی در کل جویچه‌ها

در کنار هر کدام از جویچه‌ها یک جویچه بافر برای جلوگیری از تأثیر تیمارها بر یکدیگر احداث شد. دبی در آزمایش ۰/۹۰۷ لیتر بر ثانیه انتخاب شد. دبی ورودی در تمام تیمارها و دبی خروجی در تیمارهای شیب مقعر نیز تقریبا یکسان بود. اندازه گیری دبی ورودی و خروجی توسط فلوم wsc تیب ۲ انجام شد. این دبی بر اساس روش سعی و خطا و همچنین کنترل با نرم افزار WinSRFR31 و شبیه‌سازی با شرایط مزرعه توسط این نرم افزار، دبی انتخاب شد. انتخاب زمان آبیاری با استفاده از آزمایشات نفوذ و اندازه گیری زمان پیشروی، ۱۰۰ دقیقه انتخاب شد. آزمایشات کودآبیاری پس از دو آبیاری به مدت ۱۰۰ دقیقه انجام گرفت و آزمایشات در خاک لخت انجام گرفت.

کودآبیاری توسط تانک کودانجام شد بطوریکه به میزان ۱ کیلوگرم کود اوره با درصد خلوص ٤٦، را با ۱۰۰ لیتر آب مخلوط و حل شد و سپس توسط شیر سماوری به روش دستی دبی خروجی تنظیم شد در کل زمان آزمایش کود با دبی ثابتی از منبع خارج شد.

اندازه‌گیری نیترات با نمونه‌برداری از اعماق ۱۵، ۳۰، ٤٥و ٦٠ سانتی‌متر در فاصله ۰ و ۵۰ و ۱۰۰ متری از ابتدای جویچه و بدست‌آوردن عصاره اشباع از خاک، توسط الکترود نیترات istek (915 PDC) انجام شد. نمونه‌های خاکی با استفاده از روش برمنر و همکاران (Bremner *et al.*, 1986) از آنها عصاره‌گیری شد. تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار SAS و تحت آزمون مقایسه میانگین LSD انجام شده است. در قسمت اول تجزیه آماری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در قسمت دوم برای مقایسه اثر متقابل، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، توسط نرم افزار mstatc انجام شد.

نتایج و بحث

توزیع نیترات در اعماق مختلف و زمان کودآبیاری متفاوت

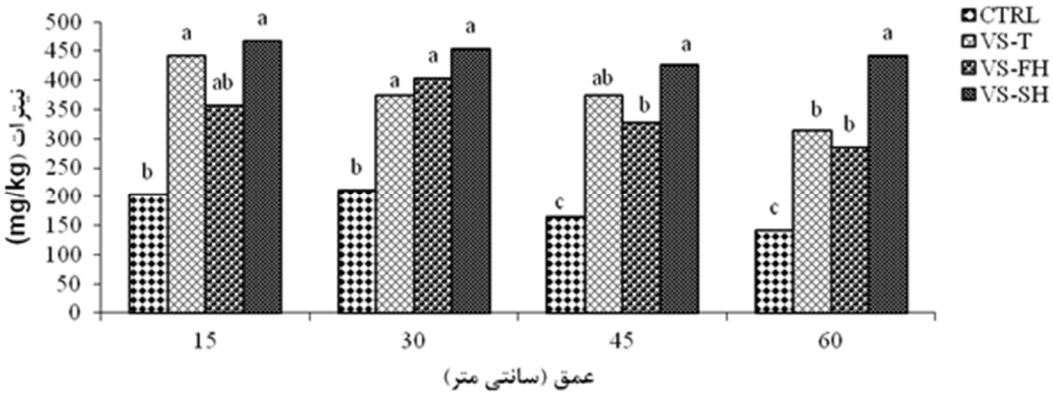
میزان نیترات در اعماق مختلف در طول جویچه اندازه‌گیری شد و جمع طولی هر کدام از عمق‌ها بدست

آمد. این نتایج در شکل ۲ آمده است. تأثیر اعماق در توزیع نیترات، در شکل ۲ قابل مشاهده است. در این بررسی بیشترین میزان نیترات در تمام اعماق مربوط به تیمار VS-SH که در آن کودآبیاری در نیمه دوم انجام شده است و به طور متوسط ٤٧٠ میلی گرم در لیتر در یک عمق بدست آمد، پس بهترین نتایج مربوط به این تیمار می‌باشد زیرا با تغییر شیب مطابق با هیدرولیک جریان در آبیاری سطحی نفوذ آب به خاک بیشتر است و در نتیجه افزایش نفوذ نیترات به داخل خاک را خواهیم داشت. کمترین میزان نیترات ذخیره شده به طور متوسط ۱۸۰ میلی گرم در لیتر در یک عمق مربوط به تیمار CTRL در اعماق مختلف گزارش شد. تیمارهای VS-T و تیمارVS-SH که در تمام عمق‌ها بالاترین میزان نیترات ذخیره شده را به خود اختصاص داده‌اند. در تیمار VS-SH میزان تفاوت در اعماق مختلف، کمتر می‌باشد. با توزیع مناسب رطوبت در نیمه اول آبیاری زمانیکه کودآبیاری در نیمه دوم انجام شود، نیترات راحت‌تر جذب خاک می‌شود و در نتیجه راندمان کودآبیاری بالا می‌رود. طبق نظر والاچ و همکاران (Wallach *et. al.,* 1991) انتقال املاح در خاک تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله ویژیگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قرار می‌گیرد از جمله شرایط فیزیکی مؤثر در اینجا شیب جویچه می‌باشد. . چان‌یانگ و همکاران (Chanyang *et al.,* 2013) و لواندا و همکاران (Lolanda *et al.,* 2013) شیب را یکی از پارامترهای موثر در تغییرات فیزیکی و شیمیایی دانسته‌اند و نتایج این تحقیق با نتایج آنها انطباق نشان می‌دهد. تأثیر زمان کودآبیاری نیز با نتایج محققان (Playan and Faci, 1997؛ Hou *et al.,* 2007؛Abbasi *et al.,* 2002 ؛ عباسی و همکاران، ۱۳۸۸؛ جلینی و عباسی، ۱۳۸۸؛ ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۳) انطباق نشان می‌دهد این محققان نیمه دوم زمان آبیاری را بهترین زمان برای انجام عملیات کودآبیاری دانسته‌اند.

جدول ٤. نتایج تجزیه واریانس در اعماق مختلف تیمارها

	درجه آزادی	عمق ۱۵ سانتی‌متر	عمق ۳۰ سانتی‌متر	عمق ٤٥ سانتی‌متر	عمق ٦٠ سانتی‌متر
بلوک	۲	۱۱٤۳۳/۰۱٥^{ns}	۱۰٥٦٥^{ns}	۱۲۳۰۸/۱۷^{ns}	٦٥۲۳/۸۲^{ns}
تیمار	۳	٤۲۸۱۱/۹۳*	۱۰٦۳۰۳/٦**	۱۱٥۲٤۳/۹۹**	۱۳۷۳۳۹/٦۲**
خطا	٦	٤۰۳۱۲/٤	۱۸٤۸۳/۹۷	۱۱۱۰۲/٦٥	۷۰۱۰/۲٦
CV (٪)	–	۲۲/۳٦	۱٥/۲٦	۱۳/۳۳	۱۱/٥۷

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد



شکل ۲. توزیع نیترات در اعماق مختلف در تیمارهای مختلف

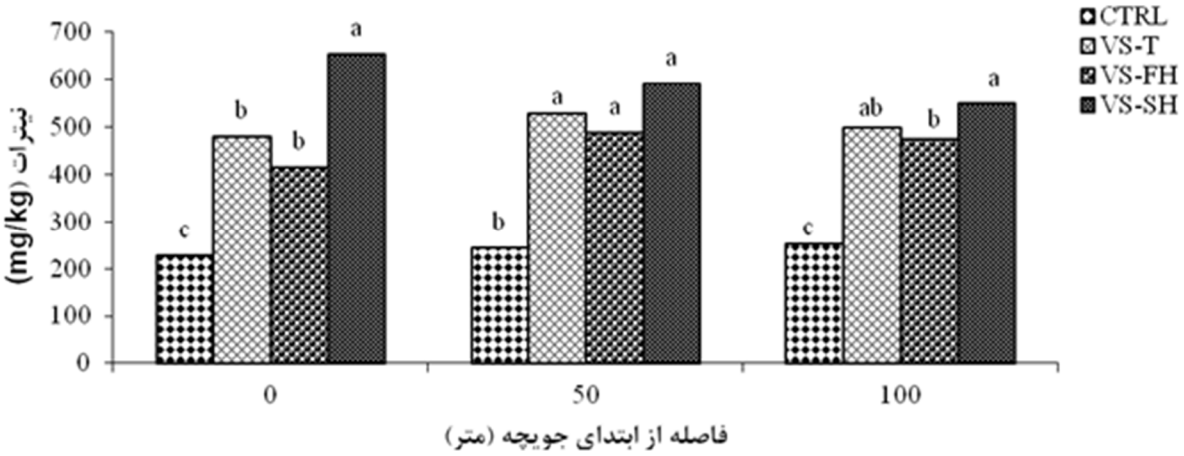
توزیع نیترات در فواصل و زمان کودآبیاری متفاوت

میزان نیترات دراعماق مختلف جویچه و در فواصل مختلف جمع شد در نتیجه شکل ٤ بدست آمد. همانطور که در شکل ٤ مشهود است در تیمار VS-SH بیشترین میزان نیترات جذب شده وجود دارد (به طور متوسط برای هر فاصله ٥٦٠ میلی‌گرم بر لیتر) و در رده بعدی تیمار VS-T (به طور متوسط برای هر فاصله ٥٠٠ میلی-گرم بر لیتر) قرار دارد و در رده آخر تیمار CTRL(به طور متوسط برای هر فاصله ۲۲۰ میلی‌گرم بر لیتر) که در این تیمار؛ شیب ثابت بوده و تغییری نداشته‌است، قرار دارد. نتایج قبلی را می‌توان در این قسمت نیز ملاحظه کرد و می‌توان نتیجه گرفت که نیمه دوم زمان آبیاری، زمان مناسب کودآبیاری از لحاظ جذب بیشتر نیترات می‌باشد. Abbasi و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که تزریق کود در کل زمان آبیاری یا نیمه دوم آبیاری برای جویچه انتهای بسته با دبی ورودی مناسب، سبب یکنواختی بالاتر نسبت به حالت تزریق کود در نیمه اول آبیاری شده‌است. در تیمار VS-SH این نتایج کاملا مشهود است زیرا با قرار دادن کودآبیاری در نیمه دوم زمان آبیاری، هم یکنواختی توزیع هم میزان نیترات جذب شده بالا رفته است. با کنترل زمان کودآبیاری و شیب می‌توان مدیریت بهتری بر روی کودآبیاری در آبیاری سطحی انجام داد زیرا با تغییر .شیب و زمان کودآبیاری میزان نیترات ذخیره شده تفاوت چشمگیری داشته است. نوابیان و لیاقت (۱۳۸۹) مدیریت آبیاری همراه با مدیریت پخش کود جامد در مورد هر سه عنصر نیترات ، فسفر و پتاسیم به دلیل کاهش خروج مواد مغذی از مزرعه را پیشنهاد کردند. طبق نظر Jaynes و همکاران (۱۹۹۲)، توزیع مکانی و زمانی نیترات در آبیاری سطحی از متغیرهای طراحی و مدیریتی مانند کاربرد پیوسته یا پالسی نیترات، مدت‌زمان آبیاری و غلظت کود تاثیر می‌پذیرد می‌توان پارامتر شیب را نیز را به متغیرهای طراحی مؤثر در کودآبیاری اضافه کرد.

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس در فواصل مختلف تیمارها

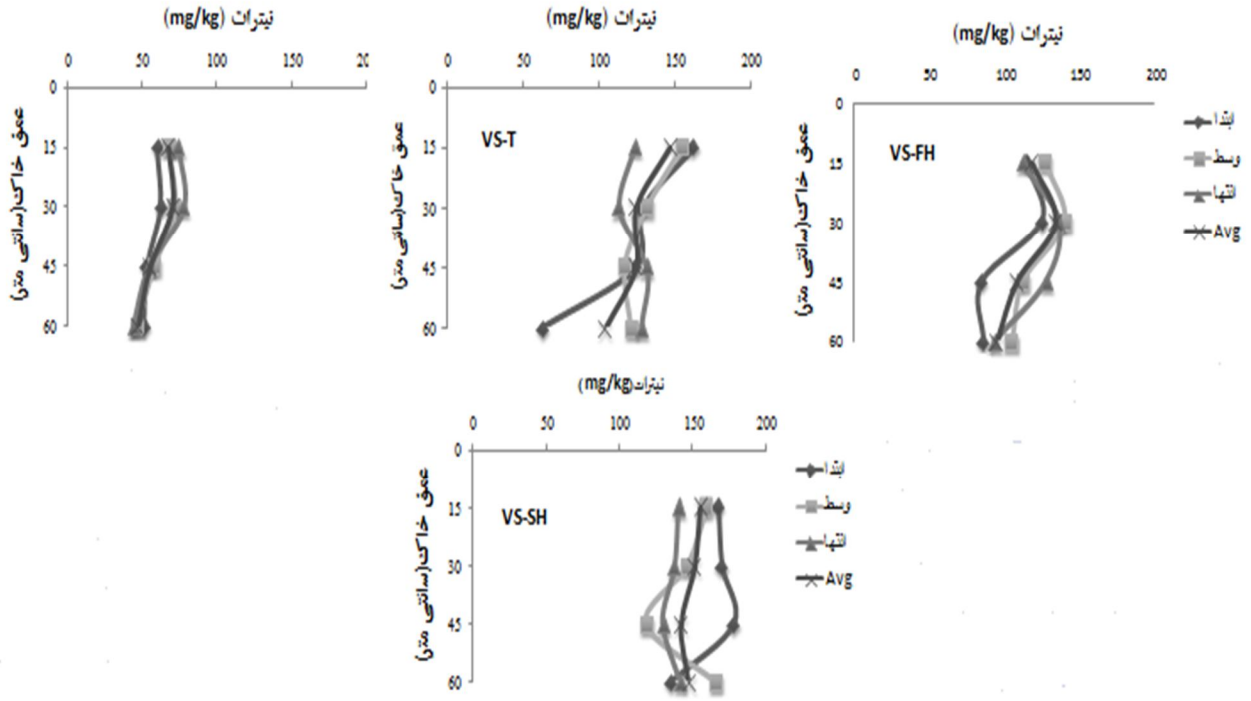
	درجه آزادی	فاصله صفر	فاصله ۵۰ متر	فاصله ۱۰۰ متر
بلوک	۲	۲۹۰۰۸/۳^{ns}	۸۰۲۰۷/٦٦^{ns}	۳۷۷٤/۲۹^{ns}
تیمار	۳	۲۷۷۳۸/٦٥**	۲۰٦٤۲۱/۱٦*	۱٥٦٤٦۳/٦۷**
خطا	٦	٤۲۸۱۲/۳۹	۸٥۰٦۸/۸	٦۳٥٥/٥٥
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۹/۱۳	۲٥/۸	۷/۳٦

ns،* و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۳. توزیع نیترات در فواصل مختلف در تیمارها

در شکل ٤ توزیع نیترات در اعماق و فواصل مختلف قابل مشاهده است. با توجه به این شکل امکان مقایسه بهتر و راحت‌تر انجام می‌پذیرد. در تیمار VS-SH میزان نیترات بیشتری ذخیره شده است و کمترین مقدار به تیمار CTRL اختصاص دارد.



شکل ٤. توزیع نیترات در اعماق مختلف و فواصل مختلف در تیمارهای مختلف

جدول ٦. نتایج تجزیه واریانس تاثیر زمان کودآبیاری، فاصله از ابتدا و عمق بر روی تیمارهای شیب مقعر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
بلوک	۲	۱۱۷۳۷/۹٦^{ns}
زمان کودآبیاری	۲	۱۱٤۱٤/٥۱*
فاصله از ابتدا	۲	٤۸۸/۱۱^{ns}
عمق	۳	۳٤٤۲/٤۹*
زمان * فاصله	٤	۱٥۳۸/۳٥^{ns}
زمان * عمق	٦	۱۰۲٦/٤۳^{ns}
فاصله * عمق	٦	۱٦۹۰/۰۱۹^{ns}
زمان* فاصله*عمق	۱۲	۷۱۷/۸۸^{ns}
خطا	۷۰	۱۲۳۰/۹۹

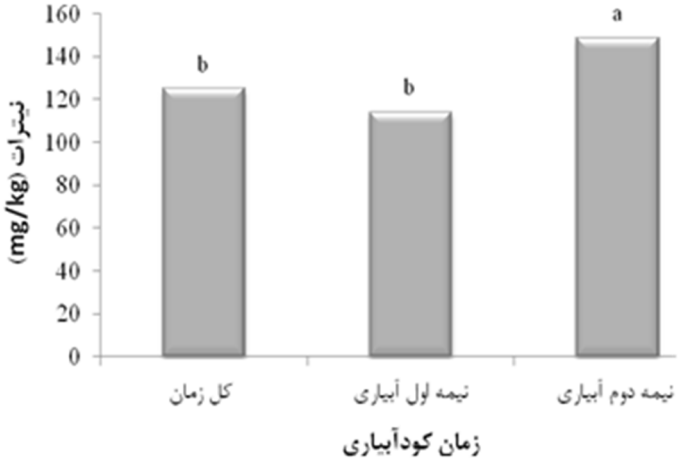
ns،* و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد

بررسی اثرات متقابل فاکتورهای زمان کودآبیاری، فاصله و عمق

همان‌طور که جدول ٥ نشان می‌دهد، زمان کودآبیاری و عمق نمونه برداری در سطح ٥ درصد معنی‌دار است و دیگر پارامتر فاصله از ابتدا، معنی دار نبوده است و این بدان معنی است که این پارامتر دارای توزیع خوبی در

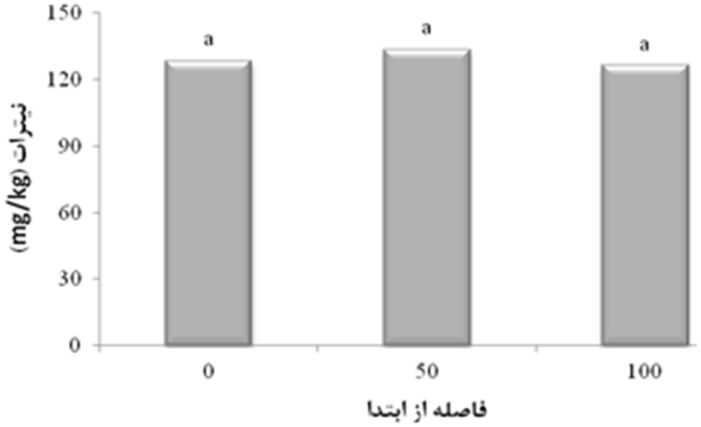
فواصل مختلف و تنها در اعماق و زمان کودآبیاری مختلف، تفاوت وجود دارد. زمان کودآبیاری یک عامل مهم در توزیع نیترات و روند گسترش آن در اعماق مختلف متفاوت است. هیچکدام از اثرات متقابل معنی‌دار نبوده است.

اثرات هر کدام از شکل‌های ۵ تا ۷ آمده است (هرکدام از پارامترهای اثر زمان آبیاری، فاصله و عمق نمونه‌برداری در شکل‌های ۵ تا ۷ به صورت میانگین از تیمارهای شیب مقعر بدست آورده شده است). در شکل ۵ اثر زمان کودآبیاری کاملا قابل ملاحظه است و تیمار کودآبیاری نیمه دوم زمان آبیاری، بهترین بازده را داشته است. تیمارهای کل زمان و نیمه اول آبیاری در یک کلاس آماری قرار داشته وتفاوتی با هم از لحاظ آماری نداشته‌اند. نیترات به صورت محلول در آب وارد خاک می‌شود و بسته به مثبت یا منفی بودن بار ذرات خاک جذب می‌شود. زمانیکه بار ذرات منفی باشد نیترات جذب نشده و توسط رواناب هدر می‌رود. این نتایج، نظرات برخی از محققان را تایید می‌کند (Playan and Faci, 1997؛ Hou et al., 2007؛Abbasi et al., 2002 ؛ عباسی و همکاران، ۱۳۸۸؛ جلینی و عباسی، ۱۳۸۸؛ ملکوتی و نفیسی، ۱۳۷۳).



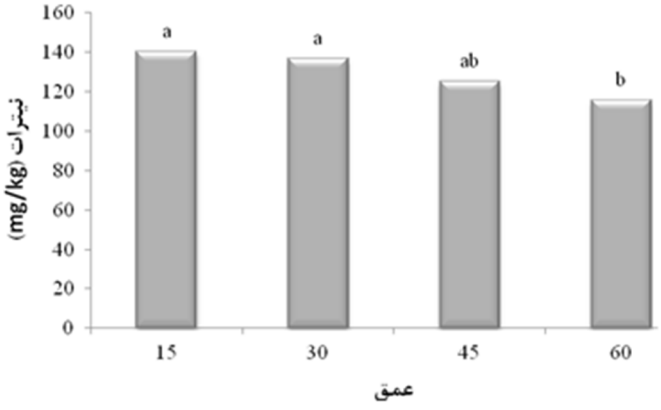
شکل ۵. مقایسه اثر زمان کودآبیاری بر نیترات در تیمارهای شیب مقعر

در شکل ٦ مقایسه اثر فواصل از ابتدای جویچه بر توزیع نیترات قابل مشاهده است، بطوریکه هیچکدام از فواصل تأثیر بر روی توزیع نیترات نداشته و همه در یک کلاس آماری قرار دارند. این مسئله نشان از توزیع مناسب کود در همه فواصل را داشت. بررسی‌ها نشان داد که با توزیع مناسب کود در همه فواصل، یکنواختی توزیع در تیمارها بالا رفته است و در نتیجه در هر سه تیمار توزیع مناسبی در فواصل مختلف گزارش شده است.



شکل ٦. مقایسه اثر فواصل بر روی نیترات در تیمارهای شیب مقعر

در شکل ۷ مقایسه اثر عمق بر توزیع نیترات مشهود است. بطوریکه در هر سه تیمار نتایج نشان داد از سطح تا عمق ۳۰ سانتی‌متر (بین دو عمق ۰ تا ۱۵ و ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر) توزیع یکسان و یکنواخت بوده است زیرا در یک کلاس آماری قرار داشته اند و در عمق ٤٥ سانتی‌متر نیز تفاوت چندانی با دو عمق اول نداشته و دارای حرف آماری مشترک با عمق‌های ۱۵ و ۳۰ بوده‌است. و در نهایت عمق ٦۰ سانتی‌متر دارای اشتراک آماری با عمق ٤٥ بوده است. می‌توان اینطور نتیجه گرفت که تیمار شیب مقعر برای گیاهان ریشه کوتاه، از لحاظ توزیع کود مناسب بوده و برای گیاهان ریشه عمیق توصیه نمی‌شود زیرا با افزایش عمق یکنواختی توزیع کاهش می‌یابد. بخشی (۱۳۹۰) گزارش داد که در تیمار شیب مقعر راندمان کاربرد آب در وضعیت خوبی است و از آنجا که توزیع نیترات بسته به توزیع آب در خاک دارد پس می‌توان تیمار مناسبی برای کشت و کار معرفی کرد.



شکل ۷. مقایسه اثر عمق بر روی نیترات در تیمارهای شیب مقعر

میزان نیترت ذخیره شده در هر سه تیمار شیب مقعر نسبت به تیمار CTRL افزایش نشان داده است در فواصل مختلف از ابتدای جویچه فاصله ۵۰ متری بیشترین میزان نیترات ذخیره شده را در کل تیمارها به خود اختصاص داد این امر بدلیل گود بودن جویچه نسبت به ابتدا و انتهای جویچه اتفاق افتاد. بیشترین میزان نیترات ذخیره شده در خاک به تیمار VS-SH با زمان کودآبیاری نیمه دوم آبیاری، اختصاص پیدا کرد (۱٦٥۳/٥۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در کل جویچه)، بدلیل توزیع مناسب رطوبت در نیمه اول آبیاری و در نتیجه افزایش جذب نیترات در

خاک را خواهیم داشت. تیمارVS-SH بدلیل توزیع مناسب و یکنواخت کود در خاک برای انجام عملیات کشاورزی توصیه می‌شود.

با توجه به نظر محققان قبلی، جلینی و عباسی (۱۳۸۸)، عباسی و همکاران (۱۳۸۷) و ایزدی و همکاران با تغییر پارامترهای طراحی، می‌توان راندمان کودآبیاری را بهبود بخشید و نتایج بدست آمده از این تحقیق نتایج محققان قبلی را تایید می‌کند. طبق نظر Lolanda و همکاران (۲۰۱۳) شیب پارامتر مؤثر در پارامترهای فیزیکی و شیمیایی است و در نتایج این تحقیق با نتایج محققان ذکر شده، انطباق داشته است و پیشنهاد می‌شود در اراضی با شیب طبیعی مقعر کودآبیاری سطحی را بدون نیاز به تسطیح، با راندمان بالا به کار برد بخشی (۱۳۹۰) نیز انجام آبیاری سطحی در شیب مقعر را با راندمان بالا توصیف کرد. زمان کود آبیاری نیز عامل بسیار مهم و تاثیر گذار است زیرا با تغییر شیب نیز اثر خود را بر تیمارها نشان داده است. با تغییر شیب و زمان کودآبیاری می‌توان راندمان کودآبیاری را بهبود بخشید. یکی از پارامترهای مؤثر در کودآبیاری تغییر شیب و تغییر زمان کودآبیاری می‌باشد و با تغییر هر کدام از آنها توزیع نیترات در خاک دستخوش تغییر قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

هر سه تیمار شیب مقعر در عمق‌های بالاتر توزیع یکنواخت‌تری را دارند و در نتیجه برای گیاهان ریشه کوتاه مانند ذرت توصیه می‌شود. در زمانیکه شیب طبیعی زمین به صورت مقعر است انجام کودآبیاری و مدیریت کود میسر است با توجه به این نتایج در زمین های تپه ماهوری هم می‌توان آبیاری سطحی و عملیات کودآبیاری را انجام داد اما اجرای آن به صورت مصنوعی و تغییر شیب توسط ماشین آلات صرفه اقتصادی ندارد. کودآبیاری بهتر است در نیمه دوم زمان آبیاری صورت گیرد زیرا جذب کود باخیس شدن خاک در نیمه دوم و درنتیجه حرکت بهتر محلول آب و کود در نیمه دوم آبیاری، افزایش می‌یابد.

فهرست منابع

ابراهیمیان، ح . لیاقت، ع .م . پارسی نژاد، م . عباسی، ف .و نوابیان، م .، ۱۳۹۰ . بررسی تلفات آب و نیترات و کارایی مصرف آب در کود آبیاری جویچه‌ای یک در میان. مجله پژوهش آب در کشاورزی (ب)، ۲۵ (۱): ۲۱-۲۹.

بخشی، و. ۱۳۹۰. تاثیر شیب طولی و سطح مقطع متغیر جویچه بر راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب در سیستم آبیاری جویچه‌ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد.

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

عباسی، ف. لیاقت، ع .م. و ا، گنجه . ۱۳۸۷.ارزیابی یکنواختی کودآبیاری در آبیاری جویچه‌ای. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۳۹ (۱): ۱۲۷ – ۱۱۷.

عباسی، ف .مأمن پوش، ع .باغانی، ج . و، کیانی، ع . ۱۳۸۸. ارزیابی بازدهی روش های آبیاری سطحی و نحوه کار آنها در سطح کشور .گزارش پژوهش نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شمارهٔ ۷۸/۴۹، کرج.

قیصری، م. میرلطیفی، س. م. همایی، م. و اسدی، م . ا. ۱۳۸۵. آبشویی نیترات در سیستم آبیاری بارانی تحت مدیریت کودآبیاری ذرت. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۲۹ (۷): ۱۱۸-۱۰۱.

مصطفی زاده فرد، ب. و موسوی، ف .۱۳۸۵. آبیاری سطحی(تئوری و عمل) (چاپ سوم). نشر کنکاش، اصفهان، ۵۸۳.

نوابیان، م.، لیاقت، ع.م.، کراچیان، ر. و عباسی، ف. ۱۳۹۰. بهینه‌سازی کودآبیاری جویچه‌ای از دیدگاه زیست‌محیطی. مجله آب و خاک، ۲٤.(٥) ۸۹۳ – ۸۸٤.

واعظی، ع. همایی، م . و ملکوتی، م.ج . ۱۳۸۱. اثر کودآبیاری بر کارایی مصرف کود و آب در ذرت علوفه‌ای . مجله خاک و آب،۱٦ (۲): ۱٦۰– ۱٥۲.

Abbasi, F., Adamsen, F.J., Hunsaker, D.J., Feyen, J., Shouse, P. and Genuchten, M.T. 2003. Effects of flow depth on water flow and solute transport in furrow irrigation: field data analysis. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 129:237-246.

Abbasi, F., Simunek, J., Genuchten, V., Feyen, J., Adamsen, F.J., Hunsaker, D.J., Strelkoff, T.S and Shouse, P. 2003b . Overland water flow and solute transport: model development and field-data analysis. Journal of irrigation and drainage Engineering, 129(2):71–81.

Bergstrom, L. 1987. Nitrate leaching and drainage from annual and perennial crops in tiledrained plots and lysimeters. Journal Environmental Quality, 16: 11-18.

Chanyang, S., Yong, J., Minha, C. 2013 . Temporal stability and variability of field scale soil moisture on mountainous hillslopes Northeast Asia. Geoderma Elsevier, 207-208:234-243.

Di, H.J. and Cameron K.C. 2002. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 46: 237–256.

Fisher, M.J., Fausey, N.R., Subler, S.E., Brown L.C., and Bierman, P.M. 1999. Water table management, nitrogen dynamics, and yields of corn and soybean. Soil Scicece. Society of America Journal, 63:1786-1795.

Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Homaee, M. Asadi, M.E. Hogenboom, G. 2009. Nitrate Leaching in a Silage maize filed under different irrigation and nitrogen fertilizer rate. Agricultural Water Management, 96: 946-954.

Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Bannayan, M., Homaee, M., Hoogenboom, G. 2006. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage agricultural water management 96 (5), 809-821.

Hanson, B., Bowers, W., Davidoff, B., Kasapligil, D., Carvajal, A. and Bendixen W. 1995. Field performance of micro-irrigation systems. In: Micro-irrigation for a changing world: Conserving resources/preserving the environment. Proc. 5th Int. Micro-irrigation Congress, Orlando 769-774.

Hou, Z., Li, P., Li, B., Gong, J and Wang, Y. 2007. Effects of fertigation scheme on N uptake and N use. Journal of plant and soil, 290:115–126.

Izadi, B., King, B., Westerman, D. and McCann, I. 1996. Modeling transport of bromide in furrow irrigation field. Journal of irrigation and drainage Engineerig, 122(2):90–96 .

Jaynes, D. B., Rice, R. C. and Hunsaker, D. J. 1992. Solute transport during chemigation of a level basin. Transactions American Society of Agricultural Engineers, 35 (6): 1809-1815.

Ju, X., Zhang, F. 2003. Nitrate accumulation and its implications to environment in north China. Ecology and Environment, 12(1): 24–28.

Lolanda, P., Paola, D. L., Gaetano, R., Fabio, S., Francesco, C. and Claudia, B. 2013. Contorol of climate and local topography on dynamic avolution of badland from southem Italy (Calabria). CATENA Elsevier, 109:83-95.

Playan, E. and Faci, J. M. 1997. Border fertigation: field experiment and a simple model. Irrigation Science, 17: 163-171.

Sabillon, G. N., and Merkley, G. P. 2004. Fertigation guidelines for furrow irrigation. Spanish Journal Agricultural Research, 2: 576–587.

Wallach, R., Israeli, M. and Zaslavsky, D. 1991. Small perturbation solution for steady non-uniform infiltration into soil surface of a general shape. Water Resources. Research 27 (7): 1665–1670.

ISSN 2251-7480

Effect of longitudinal furrow slope on nitrate distribution in surface fertigation

Parivash Raeisiyanfard Dashtaki[1*], Sayed Hassan Tabatabaei [2], Mohammad Reza Nouri Emamzadei[3] and Ali Reza Hossein Pur[4]

1*) M.Sc., Department of Irrigation, Faculty of Agricultural Engineering, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran
*Corresponding author email: praeisiyanfard@yahoo.com
2) Associate Professor, Department of Irrigation, Faculty of Agricultural Engineering, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran
3) Assistant Professor, Department of Irrigation, Faculty of Agricultural Engineering, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran
4) Professor, Department of Pedology, Faculty of Agricultural Engineering, University of Shahrekord, Shahrekord, Iran

Received: 13-09-2013 Accepted: 17-03-2015

Abstract

Non-uniform distribution which occurs during manual fertilizing is one of the biggest problems of surface irrigation. This issue needs more research in the field of surface fertigation. The aim of this study is to evaluate the roles of slope and fertigation timing in furrow irrigation. Urea fertilizer was used and nitrate was selected to be the reagent ingredient in order to study the distribution of fertilizer. The research was conducted in agricultural research field of Shahrekord University. A completely randomized block design was employed with four treatments and three replications. The treatments were Control treatment (natural slope, fulltime fertigation) and three periods of fertigation that were first half, second half and fulltime fertigation. Slope changes, fertigation duration, soil depth of the sampling and distance from the furrow beginnings effects were studied on nitrate distribution in the soil. The LSD test was used for statistical analysis. The results demonstrated that slope had a very significant effect on nitrate distribution and storage in the soil ($P<0.01$). Also, Changes in fertigation timing and duration caused variation in nitrate distribution and the second half fertigation treatment had the highest nitrate distribution uniformity and absorption of 1653.53 mg/kg. Studying simultaneous effects of fertigation timing, soil depth and distance form beginnings of the furrows exhibited that they had no significant impact on each other. Finally, slope and fertigation timing were reported to be the effective factors in the nitrate storage and distribution.

Keywords: concave slope; fertigation; fertilizer; furrow irrigation