نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۱، ص. ۸۵۳-۸۴۲

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.4, Sept.-Oct. 2012, p.842-853

بررسی آبشویی عمقی نیترات تحت شرایط کود-آبیاری جویچه‌ای ذرت

یاسر عباسی[1*]- عبدالمجید لیاقت[2]- فریبرز عباسی[3]

تاریخ دریافت:۸۹/۱۲/۱۱
تاریخ پذیرش:۹۱/۴/۴

چکیده

مدیریت مناسب آب و کود از مولفه‌های مهم تولید است که علاوه بر تاثیر بر عملکرد محصول و کارایی مصرف آب و کود، آلودگی‌های زیست-محیطی را نیز متاثر می‌کند. در این تحقیق، به منظور بررسی اثر کودآبیاری بر آبشویی نیترات به زیر ناحیه ریشه، آزمایشی مزرعه‌ای در حضور گیاه ذرت در مزرعه ۴۰۰ هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) اجرا شد. آزمایش انجام شده به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی بر روی جویچه‌های انتها باز به طول ۱۶۲ متر در ۱۲ بلوک آزمایشی صورت پذیرفت. فاکتور اول شامل سطوح آبی (W) (۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد آبیاری کامل) و فاکتور دوم شامل سطوح کودی (N) (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد توصیه کودی) به روش کودآبیاری بودند. نیتروژن مورد نیاز گیاه از کود اوره تامین که طی چهار مرحله به خاک اضافه شد. ۲۵ درصد کود مورد نیاز قبل از کشت به روش مرسوم، ۲۵ درصد در مرحله ۴ تا ۶ برگی، ۲۵ درصد در مرحله ساقه‌دهی و ۲۵ درصد نیز در زمان سنبله‌دهی به صورت کودآبیاری به گیاه داده شد. برای تعیین نیترات موجود در خاک، از تمام تیمارها در اعماق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و بعد از هوا خشک کردن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. سپس، مقدار نیترات موجود در هر نمونه به روش اسپکتروفوتومتر تعیین شد. برای اندازه‌گیری نیترات خروجی جویچه‌ها از طریق رواناب نیز نمونه‌برداری از زهاب خروجی هر تیمار صورت گرفت. نیترات موجود در گیاه از طریق نمونه‌برداری و آنالیز نیترات گیاهی تعیین شد. به منظور تعیین نیترات انتقال یافته به پایین ناحیه ریشه، از بیلان جرمی نیترات استفاده شد. نتایج نشان داد سطح آبی ۱۲۰ درصد باعث نفوذ عمقی آب به پایین ناحیه ریشه به مقدار ۸۵ میلی‌متر گردید. در حالی که سطح آبی ۶۰ درصد باعث نفوذ عمقی به میزان ۱۷ میلی‌متر شد. همچنین هر دو عامل آب و کود به میزان زیادی بر آبشویی نیترات مؤثر بودند. در تمام تیمارها آبشویی نیترات با سطح کودی و سطح آبی رابطه‌ای مستقیم داشت. بیشترین آبشویی نیترات در تیمارهای سطح کودی ۱۰۰ درصد صورت گرفت که با کاهش سطح آبی، آبشویی نیترات نیز سیر نزولی داشت. در بعضی شرایط مثل سطح کودی ۸۰ درصد برای عمق ۴۰-۰ سانتی‌متر، تغییر سطح آبی از ۶۰ تا ۱۰۰ درصد اثری بر آبشویی نداشت. بنابراین، انتخاب سطح آبی در این شرایط با در نظر گرفتن سایر گزینه‌ها مثل عملکرد باید صورت گیرد. با توجه به اینکه ذرت گیاهی با عمق توسعه ریشه حدود ۸۰ سانتی‌متر می‌باشد، بنابراین، با توجه به اینکه در مزرعه محل آزمایش متوسط عمق خاک زراعی حدود ۸۰سانتی‌متر، و لایه‌های پایین‌تر از آن عمدتا شن (Gravel) بودند، مبنای آبشویی عمقی در این تحقیق عمق ۸۰ سانتی‌متری در نظر گرفته شد. در تمام تیمارهای سطوح آبی ۶۰ و۸۰درصد، آبشویی نیترات از این عمق اتفاق نیفتاد.

واژه های کلیدی: آبشویی نیترات، سطح آبی، سطح کودی، بیلان جرمی، ذرت

مقدمه

با توجه به نیاز روزافزون به افزایش عملکرد در واحد سطح، از کود اوره به عنوان یکی از عناصر مورد نیاز گیاه به میزان قابل توجهی استفاده می‌شود. روش‌های مختلفی برای استفاده از این نهاده به کار می‌رود که از جمله روش کودآبیاری است. این روش که استفاده از مواد غذایی مورد نیاز گیاه همراه آب آبیاری می‌باشد، یک روش موثر و مقرون به صرفه می‌باشد که باعث افزایش عملکرد محصول و کاهش آلودگی‌های ناشی از استفاده بی‌رویه از کودها می‌شود. با وجود پیشرفت‌هایی که در استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار صورت گرفته است، روش آبیاری سطحی مخصوصا روش جویچه‌ای جایگاه قابل قبولی را در سراسر دنیا دارد. بنابراین، استفاده از کودآبیاری در روش‌های آبیاری سطحی نسبت به روش‌های سنتی کوددهی که مقدار کود مورد نیاز گیاه در یک یا دو مرحله و به صورت خشک، پخش می‌شود، از نظر تلفات کود، استفاده از نیروی کارگری، کاهش انرژی و تراکم خاک به علت استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی برتری

۱و۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه آبیاری و آبادانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: abasi.info@yahoo.com)
۳- دانشیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (کرج)

Archive of SID
www.SID.ir

دارد. از دیگر مزایای این روش به کار بردن مواد غذایی مورد نیاز گیاه به مقدار کم و برابر نیاز گیاه است که در این صورت از انتقال و هدر رفت املاح به ناحیه پایین ریشه و یا به صورت رواناب کاسته می‌شود. نگرانی که در این روش وجود دارد در رابطه با یکنواختی و کارایی سیستم آبیاری می‌باشد (۷) که با کاهش یکنواختی توزیع آب آبیاری، یکنواختی و کارایی استفاده از کود نیز کاهش می‌یابد. پلایان و فاسی (۱۶) یکنواختی کودآبیاری سطحی را با استفاده از یک سری آزمایشات مزرعه‌ای در نوارهای آبیاری انتها بسته ارزیابی و نتیجه گرفتند که یکنواختی توزیع کود در نیمه پایین (DU_{LH}) از ۳ تا ۵۲ درصد تغییر می‌کند در حالی که یکنواختی توزیع آب در نیمه پایین (DU_{LH}) از ۶۴ تا ۹۷ درصد متغیر بود (منظور از یکنواختی توزیع در نیمه پایین (DU_{LH}) اندازه‌گیری یکنواختی بر اساس ۵۰ درصد داده‌هایی است که کمترین مقادیر را تشکیل می‌دهند (۱۵)).

انتقال املاح از جمله نیترات در خاک، تحت تاثیر فاکتورهای زیادی مثل ویژگی‌های فیزیکی خاک، لایه‌بندی خاک، ویژگی‌های خود املاح، شرایط اقلیمی و روش‌های مدیریت آب و کود است. همچنین با توجه به اینکه معمولا ویژگی‌های خاک از نقطه‌ای به نقطه دیگر متغیر است، لذا در آزمایش‌هایی که در مقیاس بزرگ اجرا می‌شوند، این فاکتورها نیز تغییر می‌کنند. چن و همکاران (۱۰) در تحقیقی در خصوص انتقال عمقی نیترات، نتیجه گرفتند که در شرایط اشباع، نیترات موجود در خاک به سرعت به ناحیه پایین خاک منتقل می‌شود. همچنین درصد رس خاک و دانسیته حجمی خاک از دیگر عواملی بودند که نفوذ عمقی نیترات را تحت تاثیر قرار دادند، طوری که با افزایش رس و یا دانسیته خاک شدت انتقال نیترات نیز بیشتر می‌شد. روش آبیاری نیز یکی از فاکتورهایی است که انتقال املاح را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به عنوان مثال انتقال املاح در آبیاری بارانی بیشتر به صورت یک بعدی است. در حالی که در روش‌های جویچه‌ای و قطره‌ای، انتقال املاح به ترتیب دو بعدی و سه بعدی است (۱۳). ترااینو و همکاران (۲۰) در آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند که آبشویی اترازین[1] و دیگر مواد شیمیایی در روش آبیاری جویچه‌ای سریعتر از روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای است. قیصری و همکاران (۱۲) به بررسی آبشویی نیترات در یک مزرعه ذرت و تحت شرایط سطوح مختلف آبیاری و کوددهی پرداختند. آنها در آزمایشات خود از سه سطح کود و چهار سطح آبی استفاده کردند که در نتیجه بیشترین تلفات کود را از عمق ۶۰ سانتی‌متری به میزان ۸/۴۳ کیلوگرم برهکتار برای سطح کودی ۱۴۲ کیلوگرم برهکتار و سطح آبی ۱۱۳ درصد نقصان رطوبتی خاک[2] گزارش کردند. زیاوزونگ و همکاران (۲۱) تحقیقی به منظور مطالعه آبشویی نیترات تحت شرایط الگوی کشت سبزی‌جات گلخانه‌ای انجام دادند. آنها در مطالعه خود آبشویی نیترات را از لایسیمترهایی که در زمین‌های مورد مطالعه قرار داده بودند، برآورد کردند. نتایج آنها نشان داد که تحت شرایط فعالیت-های زراعی سنتی، مقدار آبشویی به میزان زیادی متغیر است. طوری که در لایه یک‌متری عمق خاک، مقدار آبشویی نیترات از ۱۵۲ تا ۳۴۷ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. همچنین آنها گزارش کردند که استفاده زیاد از کود نیتراتی باعث کاهش کارایی کود شده و کیفیت آبهای زیرزمینی منطقه را دچار مشکل کرده است. آرنسون و برگستورم (۹) در یک مطالعه لایسیمتری با کشت بید در یک دوره سه ساله، آبشویی نیترات را در ارتباط با مقدار نیترات و آب استفاده شده و نوع خاک مورد مطالعه قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند که نوع خاک و مقدار کود استفاده شده به شدت آبشویی نیترات را تحت تاثیر قرار داده است. در حالی که شدت آبیاری اثر کمتری بر آبشویی داشته است. آنها که مطالعه خود را با هدف بررسی استفاده از پساب‌ها انجام داده بودند، پیشنهاد نمودند که در استفاده از پساب‌ها باید به مقدار نیترات موجود در پساب توجه نمود.

نظر به اینکه آگاهی از انتقال املاح از لایه سطحی خاک به لایه-های زیرین خاک و آب زیرزمینی و یا انتقال سطحی املاح به علت تاثیر فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی موجود در خاک که به صورت مکانی و زمانی تغییر می‌کنند بسیار پیچیده است، لذا مدل‌های ریاضی می‌توانند نقش مهمی در این رابطه ایفا کنند. سابیلون و مرکلی (۱۸) یک مدل شبیه‌سازی حرکت آب و املاح در آبیاری جویچه‌ای را برای کاربرد بهینه کود در آبیاری جویچه‌ای ارائه کردند. نتایج 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. مدل‌هایی که جریان آب را در زیر خاک شبیه‌سازی می‌کنند، براساس حل عددی معادله ریچاردز می‌توانند به دقت نفوذ آب در خاک و دینامیک آب در خاک را شبیه‌سازی کنند. همچنین این مدل‌ها می-توانند اثرات تغییر در محتوای خاک را با شرایط هیدرولیکی سطح خاک و شرایط نفوذ آب به خاک منطبق کنند (۲۲) که از این موارد می‌توان به مدل HYDRUS -1D (۱۹) اشاره کرد. این مدل یکی از مدل‌های پیشرفته در ارتباط با حرکت یک بعدی آب، املاح و گرما در خاک می‌باشد. این مدل شامل حل عددی معادله ریچاردز برای بررسی حرکت آب در خاک و معادلات انتقال – انتشار برای بررسی حرکت املاح و گرما در خاک است. این مدل قادر به شبیه‌سازی در شرایط اشباع و غیر اشباع بوده و توانایی تخمین خصوصیات خاک به روش معکوس را دارد. عباسی و همکاران (۶) و میل‌هول و همکاران (۱۴) به منظور بررسی انتقال املاح جویچه‌های آبیاری، نتیجه گرفتند که عمق آب نقش مهمی در افزایش ریسک آبشویی نیترات دارد. گنجه (۳) یکنواختی توزیع کود در روش کودآبیاری جویچه‌ای را ارزیابی کرد

1- Atrazine
2- Soil Moisture Deficit

Archive of SID

www.SID.ir

و نتیجه گرفت که بین DU_{LH} در سه زمان تزریق (تزریق در نیمه اول، نیمه دوم و کل آبیاری) اختلاف معنی‌داری وجود داشت طوری که تزریق در نیمه دوم نسبت به نیمه اول و کل آبیاری بهتر بود. همچنین ایشان در تحقیق خود از مدل کودآبیاری عباسی و همکاران (۷) استفاده کردند که نتایج مدل نیز تزریق کود را در نیمه دوم بهترین حالت نشان داد. نوابیان (۵) 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. وی در شرایط حضور گیاه ذرت و تزریق کود در نیمه دوم آبیاری، میزان تلفات نیترات از طریق نفوذ عمقی را ۱/۵ درصد تخمین زد. مطالعه حاضر با هدف تعیین مدیریت مناسب آب و کود بر آبشویی نیترات در کودآبیاری جویچه ای ذرت صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

مطالعه مورد نظر در سال ۱۳۸۸ در زمینی به مساحت دو هکتار در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) انجام شد. شیب عمومی مزرعه ۰/۰۰۶ متر بر متر بود و سطح آب زیر زمینی عمیق بود. خاک مزرعه لومی (رس ۱۵/۷۳ درصد، سیلت۴۲/۸۴ درصد و شن ۴۱/۴۱ درصد) و عمق خاک زراعی به طور متوسط ۸۰ سانتی‌متر بود. pH خاک که با استفاده از pHسنج و از روی عصاره خاک بدست آمد، تقریبا خنثی بود. همچنین پارامترهای θ_{FC} و θ_{PWP} با استفاده از منحنی مشخصه رطوبتی محاسبه شدند (جدول۱). نتایج جدول ۱ به منظور اطلاع از شرایط اولیه و موجود خاک مزرعه مورد آزمایش تا عمق توسعه ریشه به دست آمده است. به طوری که بتوان یک تصویر کلی از وضعیت خاک مزرعه مورد مطالعه را ارزیابی نمود. بنابرین، نمونه‌برداری‌ها تنها برای سه عمق به فواصل ۲۵ سانتی متر صورت گرفت. لیکن سایر نمونه برداری‌ها برای آنالیز رطوبت خاک و نیترات آبشویی شده، در چهار عمق به فواصل ۲۰ سانتی‌متر انجام شد.

آب آبیاری مزرعه از یک حلقه چاه در محل مزرعه تامین می‌شد. آزمایش‌ها در سطوح آبی ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی (W_i) و سطوح کودی ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی (N_j) در ۱۲ تیمار آزمایشی W_iN_j (*i* سطح آبی و *j* سطح کودی)، به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شدند. با توجه به اینکه آزمایش‌ها در شرایط مزرعه‌ای در جویچه‌های با طول ۱۶۲ متر (هر آزمایش نیز شامل ۶ جویچه) اجراء شد، امکان لحاظ تکرار میسر نبود. لذا، مقایسه میانگین‌ها و آنالیز آماری در مقاله ارایه نشده است. 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. به دلیل محدودیت‌های آزمایش در شرایط مزرعه (به ویژه کاهش هزینه اجرای آزمایش‌ها)، تنها در برخی از تیمارها لوله‌های رطوبت‌سنج ترایم نصب شد. بنابراین، امکان اندازه‌گیری رطوبت خاک و برآورد نیاز آبی بر اساس حد ظرفیت زراعی وجود نداشت. همچنین دلیل انتخاب روش تشت تبخیر، امکان استفاده از داده‌های کوتاه مدت برای دور آبیاری ۶ تا ۱۰ روز (مطابق عرف منطقه محل اجرای طرح) بود که از نزدیک‌ترین ایستگاه محل اجرای طرح (دو کیلومتری) دریافت می‌شد، بود. کود سوپر فسفات تریپل با توجه به نیاز خاک پیش از کاشت در تمام تیمارها به صورت 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 سنبله زدن) مورد استفاده قرار گرفت (۴). با توجه به اینکه در روش‌های سنتی مقدار زیادی از کود مصرفی به علت مصرف یکباره آن تلف می‌شود، بنابراین کود موردنیاز با استفاده از روش کودآبیاری که امکان کوددهی را در هر مرحله از رشد فراهم می‌کند، به مزرعه تزریق می‌شود. در این تحقیق به دلیل اینکه ذرت دارای چهار مرحله رشد رویشی است، عملیات کودآبیاری در چهار مرحله حساس رشد در طول فصل زراعی انجام شد. مرحله سنبله‌دهی ذرت نیز مرحله‌ای است که هماهنگ با دوره گل‌دهی می‌باشد و ذرت در آن مرحله به مقدار زیادی آب و کود نیاز دارد (۴).

هر بلوک شامل پنج جویچه بود که دو جویچه کناری به عنوان حاشیه و سه جویچه میانی به عنوان جویچه اصلی در نظر گرفته شدند. فاصله جویچه‌ها ۷۵سانتی‌متر و طول آن‌ها برابر طول مزرعه (۱۶۲ متر) بود. جریان ورودی و خروجی جویچه‌ها با استفاده از فلوم WSC کنترل شد. برای تعیین زمان پیشروی، تیمارها به فواصل ۱۰ متر میخ‌کوبی شدند. به منظور کنترل بیشتر وضعیت رطوبت در مزرعه، از لوله‌های رطوبت سنج ترایم (TRIME FM) که با استفاده از حسگرهای الکتریکی میزان رطوبت خاک در عمق مورد نظر اندازه-گیری می‌کند، استفاده شد. برای تعیین نیاز آبی از داده‌های تشت تبخیر ایستگاه سینوپتیک کرج در فاصله ۲ کیلومتری مزرعه مورد مطالعه استفاده شد. ضریب گیاهی (Kc) دوره‌های مختلف رشد ذرت از طریق ضرایب نشریه ۵۶ سازمان جهانی خوار و بار (۸) تعیین شد. بنابراین، برای تعیین نیاز آبی هر تیمار مقدار نیاز آبی تیمار ۱۰۰ درصد با توجه به ETc در دور آبیاری ۶ روز تعیین و مقدار آب مورد نیاز دیگر تیمارها به صورت درصدی از تیمار آبیاری کامل محاسبه شد. زمین مورد مطالعه در سال قبل از کشت، آیش و برای مطالعه مورد نظر با استفاده از لِولِر تسطیح شد. آبیاری تمام تیمارها به صورت همزمان و با دور آبیاری حدود ۶ روز مطابق عرف منطقه صورت

Archive of SID

www.SID.ir

می‌گرفت. به منظور شکل‌گیری اولیه مزرعه، مقدار آب آبیاری تا ۳۰ روز اول بعد از کاشت (مرحله اول رشد) به مقدار مساوی و به صورت کامل انجام شد. تزریق کود به تیمارهای کودآبیاری ۳۰، ۴۲، و ۵۴ روز بعد از کاشت صورت گرفت. همچنین با توجه به تحقیقات قبلی علیزاده و همکاران (۱) در مزرعه مورد مطالعه بهترین زمان تزریق کود از نظر تلفات نیترات، ۲۰ دقیقه آخر آبیاری بود که بر این اساس تزریق کود در ۲۰ دقیقه آخر آبیاری صورت گرفت. به منظور بررسی توزیع نیترات در طول و عمق جویچه‌ها و همچنین برآورد تلفات سطحی توسط رواناب از انتهای تیمارها و نفوذ عمقی نیترات از خاک رخ، نمونه‌برداری آب به فواصل ۲۰ متری از ابتدا تا انتهای تیمارها و از سه جویچه وسط برداشت شد.

با توجه به اینکه نیترات از املاح متحرک[1] است که به شدت در خاک نفوذ می‌کند و در صورت عدم مدیریت مناسب آب و کود، به صورت نفوذ عمقی تلف می‌شود، لذا برای بررسی این پدیده قبل و بعد از هر کود آبیاری، نمونه‌برداری از خاک مزرعه تا عمق توسعه ریشه که به طور متوسط ۸۰ سانتی‌متر بود صورت گرفت. به علت اینکه مقداری از نیترات اضافه شده به خاک در ناحیه پایین عمق توسعه ریشه ذخیره می‌شود، همچنین عمق توسعه ریشه تابع زمان است و در مراحل بعدی رشد ریشه مورد استفاده قرار می‌گیرد، لذا همه نمونه-برداری تا عمق نهایی توسعه ریشه (حدود ۸۰ سانتی‌متر) صورت گرفت. نمونه‌ها در اعماق ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ سانتی-متر با استفاده از اُگر نمونه‌برداری برداشت شدند. نمونه‌های خاک بعد از نشانه‌گذاری بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک، برای آزمایش تعیین نیترات در دمای بین ۰-۴ درجه سیلیسیوس در سردخانه نگهداری شدند. برای تعیین نیترات موجود در نمونه‌ها ابتدا به نسبت ۱ به ۵ (۱ خاک، ۵ آب) با هم مخلوط و با استفاده از دستگاه شیکر به مدت یک ساعت تکان داده شدند تا نیترات کاملا از ذرات خاک جدا شود. سپس نمونه‌های محلول آب و خاک با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ عصاره‌گیری شدند. نمونه‌ها سپس به روش اسپکتروفوتومتر (۱۶) جهت تعیین نیترات آنالیز شدند. همچنین نمونه-هایی برای تعیین جرم مخصوص خاک از اعماق مذکور برداشت شد. در این صورت با داشتن جرم مخصوص، رطوبت خاک و غلظت نیترات که از تجزیه نمونه‌ها به دست آمد، مقدار نیترات موجود در خاک رخ قابل محاسبه بود.

مقدار نیترات آبشویی شده از خاک رخ ، با استفاده از بیلان جرمی بین مقدار نیترات اولیه خاک، نیترات وارد شده به خاک رخ ، نیترات خروجی از انتهای جویچه‌ها و مقدار نیترات برداشت شده توسط گیاه برای عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰سانتی‌متری به صورت رابطه ۱ محاسبه گردید:

نیترات آبشویی شده= (نیترات اولیه خاک+ نیترات ورودی+ نیترات موجود در آب آبیاری)- (نیترات خروجی از انتهای جویچه‌ها + مقدار نیترات برداشت شده توسط گیاه + نیترات باقی‌مانده در خاک) (۱)

لازم به ذکر است که چرخه نیتروژن در خاک بسیار پیچیده است. زمانی که نیترات به صورت خشک استفاده می‌شود مقداری از آن تصعید و مقداری نیز تحت اثر فرآیند نیترات‌زدایی قرار می‌گیرد. نیترات‌زایی نیز در شرایطی اتفاق می‌افتد که مواد آلی در شرایط مرطوب خاک به میزان قابل توجهی در خاک وجود داشته باشد. در تحقیق حاضر که در یک منطقه نسبتا گرم و خشک و با مقدار مواد آلی کم (کمتر از نیم درصد) انجام شده است، از این فرآیند چشم‌پوشی شده است. در این تحقیق با توجه به اینکه کود به صورت محلول و در زمان ۲۰ دقیقه آخر آبیاری که شرایط اشباع کوتاه مدت می‌باشد، استفاده شد. بنابراین، این مولفه‌ها از بیلان جرمی نیترات حذف شدند. مقدار نیترات موجود در آب آبیاری نیز اندازه‌گیری و به مولفه‌های معادله بیلان جرمی اضافه شد.

برای تعیین نیترات ذخیره شده در گیاه، از تمام تیمارها به طور تصادفی نمونه‌برداری از گیاه صورت گرفت. نمونه‌های گیاهی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آون قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها بعد از آسیاب شدن، عصاره‌گیری و به روش اسپکتروفوتومتر آنالیز شدند.

هرچند که مبنای محاسبه میزان نیاز آبی، داده‌های تشت تبخیر بود اما به منظور تعیین تغییرات زمانی رطوبت در مزرعه، مقدار رطوبت در چند نقطه از مزرعه نیز با استفاده از ترایم اندازه‌گیری شد. اندازه-گیری رطوبت با استفاده از ترایم تقریبا هر روز مخصوصا قبل و بعد از آبیاری صورت گرفت. تخمین آب نفوذ یافته به ناحیه پایین ریشه (عبور از عمق ۸۰ سانتی‌متری) با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده رطوبت حجمی با دستگاه رطوبت سنج ترایم صورت گرفت. بدین منظور، مقدار رطوبت حجمی اندازه‌گیری شده قبل از آبیاری با بیشترین رطوبت ثبت شده بعد از آبیاری مورد مقایسه قرار گرفت. تفاوت این دو به عنوان رطوبت انتقال یافته به ناحیه پایین ریشه محاسبه گردید.

برای بررسی یکنواختی توزیع آب و کود در طول جویچه‌ها، نمونه‌های آب از آب جاری داخل جویچه‌ها در نقاط به فواصل ۲۰ متر و به فاصله زمانی ۴ تا ۵ دقیقه در زمان کودآبیاری، برداشت و غلظت نیترات آنها تعیین شد. مقدار کود نفوذیافته به داخل خاک در هر نقطه از طول جویچه، با استفاده از معادله جریان آب و معاله نفوذ کود (معادله ۲) تعیین و سپس با استفاده از رابطه کریستیانسن، یکنواختی توزیع آب و کود محاسبه گردید.

1- mobile

Archive of SID

www.SID.ir

$$F_z = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Z_i^{t+\Delta t} - Z^{t}{}_i) \times \frac{(C_i^{t+\Delta t} + C^{t}{}_i)}{2} \times \Delta x_i}{L} \quad (۲)$$

در معادله ۲، Z_i عمق آب نفوذ یافته به خاک در فاصله زمانی t، C_i غلظت نیترات نمونه آب برداشت شده از آب سطحی داخل جویچه، Δx_i فاصله نمونه‌برداری در طول جویچه و L طول کل جویچه می‌باشد.

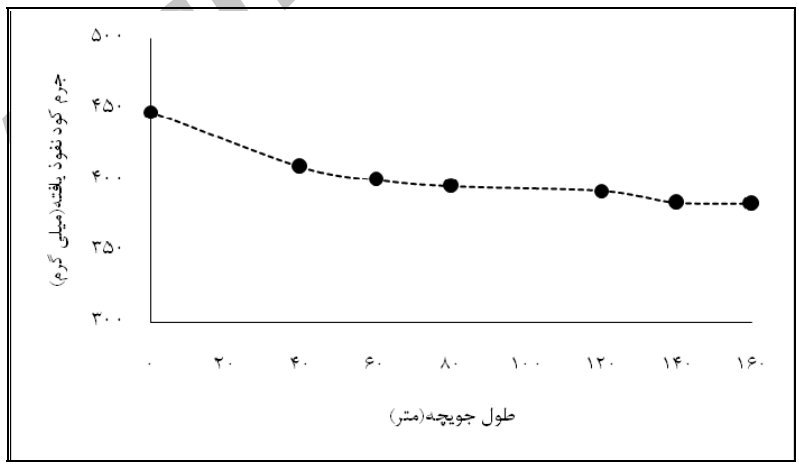
نتایج و بحث

با توجه به اینکه در کودآبیاری، انتقال کود توسط آب صورت می‌گیرد لذا توزیع مقدار کود در طول جویچه به یکنواختی توزیع آب در جویچه وابسته است. نتایج حاصل از تعیین یکنواختی توزیع آب و کود در جویچه‌ها نشان داد که یکنواختی توزیع به طور قابل قبولی بالا بوده است (جدول۲) و با نتایج سابیلون و مرکلی (۱۸) که ضریب یکنواختی CU کود در کودآبیاری جویچه‌ای را بین ۹۲/۰ تا ۱۰۰/۰ درصد اندازه‌گیری کردند، قابل مقایسه است. تحت اثر عدم یکنواختی توزیع آب، مقدار کودی که در نقاط مختلف جویچه نفوذ می‌کند نیز تغییر می‌کند که در اینجا نتایج حاصل از این قسمت از محاسبات با استفاده از معادله جریان و معادله نفوذ کود (معادله ۲) در نقاط مختلف جویچه در شکل ۱ به طور شماتیک آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مقدار کود نفوذ یافته در ابتدای جویچه به علت اختلاف زمان بین مرحله ورود جریان محلول کود به جویچه تا زمان خروج از انتهای آن که حدود ۱۵دقیقه طول کشید، قدری بیشتر از انتهای جویچه است، اما با توجه به یکنواختی بالایی که از توزیع آب در جویچه‌ها حاصل شده است، توزیع کود نیز بسیار یکنواخت است.

نتایج حاصل از بررسی تغییرات زمانی رطوبت در شکل ۲ برای یکی از تیمارهای ۱۲۰ درصد نیاز آبی به عنوان نمونه آورده شده است. آبیاری با سطح ۱۲۰ درصد نیاز آبی به این دلیل انجام شده است که در شرایط مزرعه معمولا بیش‌آبیاری اتفاق می‌افتد. به همین دلیل نیاز به بررسی این موضوع در تحقیق حاضر احساس می‌شد. نتایج نشان داد که تغییرات رطوبت به طور قابل قبولی در فاصله رطوبت ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی قرار دارد. البته گاها مقدار رطوبت بیشتر از ظرفیت زراعی به دست آمده که مربوط به مراحل بعد از آبیاری بوده که هنوز رطوبت به نقطه ظرفیت زراعی نرسیده بود.

جدول۱- برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه

عمق (cm)	ρ_b (g/cm^3)	θ_{FC} (٪جرمی)	θ_{PWP} (٪جرمی)	pH	EC (dS/m)	آنیون‌ها (meq/lit)			کاتیون‌ها (meq/lit)	
						HCO_3^{-2}	Cl^-	SO_4^{-2}	$Mg^{2+}+Ca^{2+}$	Na^+
۰-۲۵	۱/۴۹	۱۵/۷۵	۸/۹۶	۷/۴۴	۲/۰۳	۲/۶۰	۶/۳۳	۱۲/۶۹	۱۶/۳۳	۵/۸۷
۲۵-۵۰	۱/۵۷	۱۵/۵۰	۹/۱۱	۷/۵۹	۲/۰۱	۳/۶۰	۷/۰۰	۱۱/۲۵	۱۶/۳۳	۶/۲۱
۵۰-۷۵	۱/۵۶	۱۶/۳۳	۸/۱۶	۷/۴۷	۱/۷۸	۲/۶۷	۵/۶۷	۱۲/۰۹	۱۴/۰۰	۶/۴۸



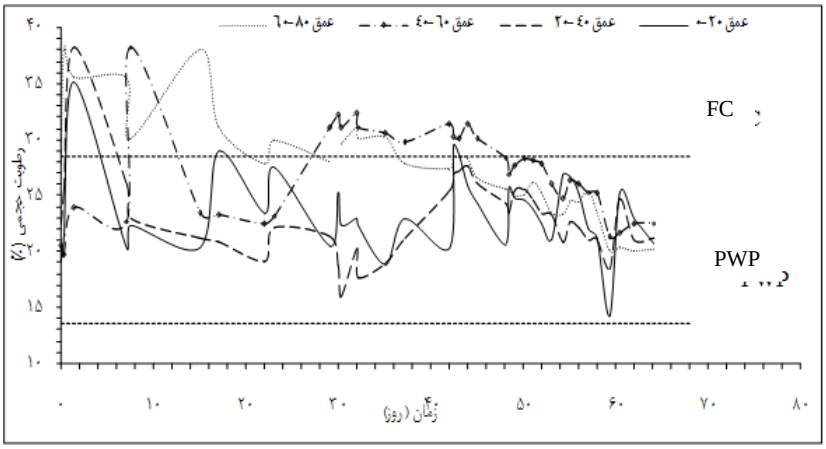
شکل۱- نمونه‌ای از پروفیل طولی نفوذ کود به داخل جویچه‌میانی در تیمار $W_{60}N_{80}$

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- ضریب یکنواختی (CU) آب و کود در برخی تیمارهای آزمایشی

نوبت کودآبیاری در مراحل مختلف رشد	تیمار	یکنواختی توزیع (٪)	
		کود	آب
۷ برگی	W60N100	۸۰/۹۰	۸۴/۵۱
۷ برگی	W100N80	۸۷/۶۷	۹۱/۶۹
ساقه‌رفتن	W100N100	۸۷/۷۵	۹۷/۷۱
ساقه‌رفتن	W80N100	۸۷/۶۰	۹۱/۶۹
ساقه‌رفتن	W100N80	۹۵/۳۵	۹۶/۲۷
سنبله‌دهی	W120N80	۹۶/۶۴	۹۲/۰۳
سنبله‌دهی	W100N80	۹۴/۰۸	۹۲/۵۸
سنبله‌دهی	W120N60	۹۲/۱۰	۹۲/۰۲



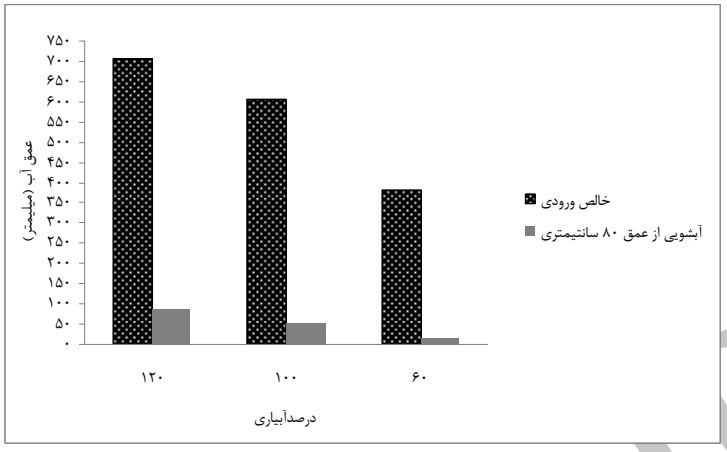
شکل ۲- تغییرات زمانی رطوبت خاک در عمق‌های مختلف خاک در تیمار آبی ۱۲۰ درصد و سطح کودی ۱۰۰ درصد (W120N100)

اندازه‌گیری رطوبت خاک در زمان‌های بلافاصله قبل و بعد از آبیاری و در زمان بین دو آبیاری صورت گرفت. به طور معمول، حداقل رطوبت خاک در زمان قبل از آبیاری اتفاق افتاد. همچنین این اندازه-گیری‌ها به صورت پیوسته در طول دوره ۸۰ روز (که عمده عملیات کودآبیاری و اندازه‌گیری توزیع نیترات در خاک انجام می‌شد) دنبال شد. به همین دلیل رطوبت برآورد شده می‌تواند معرف زمان بین دو آبیاری نیز باشد. مقایسه حداقل رطوبت‌های اندازه‌گیری شده با نقطه پژمردگی نشان می‌دهد که آبیاری‌ها در رطوبتی از خاک با نقصان رطوبتی (SMD) حدود ۵۰ درصد صورت گرفته که یک رطوبت معمول مدیریت آبیاری ذرت می‌باشد.

بررسی انتقال آب به اعماق پایین‌تر از ۸۰ سانتی‌متر نشان داد که تیمارهای با حداقل سطح آبیاری (۶۰ درصد) کمترین تلفات آب به میزان حدود ۱۷میلی‌متر معادل ۴/۵ درصد آب آبیاری را به دنبال داشت (شکل۳). بنابراین، به دلیل مقدار ناچیز نفوذ عمقی آب، آبشویی نیترات نیز از عمق ۸۰ سانتی‌متر در هیچ تیمار کودی با این سطح آبی اتفاق نیفتاد. لازم به ذکر است آبشویی نیترات به اعماق پایین‌تر از ۸۰ سانتی‌متر با استفاده از بیلان جرمی به دست آمده است و نمونه-برداری‌ها نیز تا عمق ۸۰ سانتی‌متر انجام شده است. مقدار انتقال آب به عمق پایین‌تر از ۸۰ سانتی‌متر در تیمارهای آبیاری ۱۲۰ درصد نیز به مقدار ۸۵ میلی‌متر معادل ۱۲ درصد آب آبیاری اتفاق افتاد. تیمار آبی ۱۰۰ درصد نیز شرایط بینابینی داشتند. به طوری که نفوذ عمقی آب به طور متوسط برابر ۵۲ میلی‌متر معادل ۸/۵ درصد آب آبیاری بود (امکان تعیین نفوذ عمقی آب در تیمار ۸۰ درصد آبی به علت عدم نصب لوله ترایم میسر نشد).

نتایج حاصل از بیلان جرمی نیترات در لایه‌های مختلف خاک نشان داد که در یک سطح کودی مشخص، با افزایش مقدار آب آبیاری، مقدار آبشویی نیترات نیز افزایش می‌یافت. با توجه به اینکه لایه سطحی خاک (عمق ۲۰ سانتی‌متر) مورد شستشوی مستقیم آب آبیاری بود، بنابراین در اکثر تیمارها، آبشویی نیترات در این لایه به طور چشمگیری بیشتر از لایه‌های زیرین بود.

Archive
www.SID.ir



شکل۳- مقادیر آب خالص داده شده و نفوذ عمقی آب در تیمارهای سطوح آبی ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد

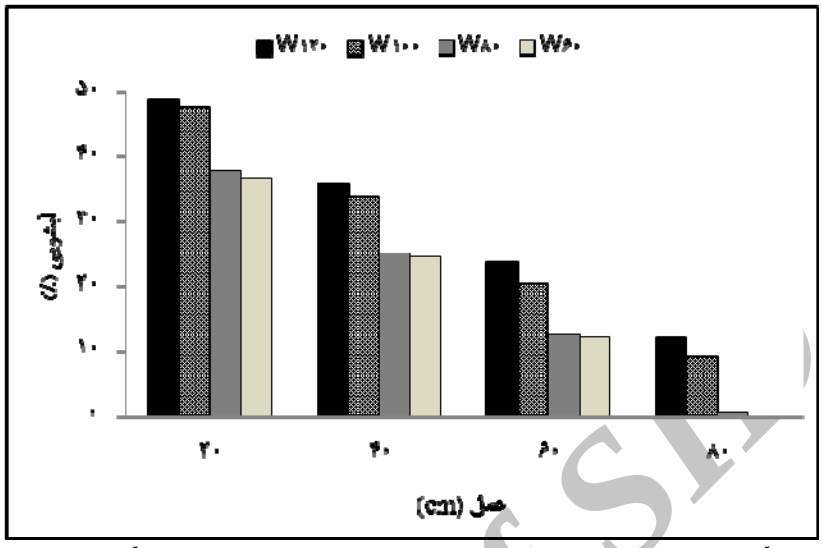
در تیمارهـــــای W120N100، W100N100، W80N100 و W60N100 که مقدار نیترات در آنها ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده و مقدار آب در آنها به ترتیب ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و۶۰ درصـد بـود، افـزایش مقدار آبشویی نیترات از لایه‌های مختلف خاک تحت اثـر آب آبیـاری، بیانگر اثر افزایش آب آبیاری بر آبشویی نیترات بود (شکل۴). در عمق ۴۰ سانتی‌متر، مقدار شستشوی نیترات نسبت به عمق۲۰ سانتی‌متـری بـه طـور چشـمگیری کـاهش یافـت. در تیمارهـای W120N100 و W100N100 با توجه به اینکه مقدار آب در آنها نسبت بـه دو تیمـار W80N100 و W60N100 بیشترین مقـدار اسـت، بنـابراین تفـاوت شستشوی نیترات در این دو تیمار نسبت به دو تیمار دیگر نیـز کـاملا محسـوس بـود. ایـن در حـالی اسـت کـه آبشـویی نیتـرات در تیمـار W120N100 نسـبت بـه W100N100 و همچنـین W80N100 نسبت به W60N100 تفاوت ناچیزی داشت. نکته قابـل اشـاره ایـن است که افزایش آب آبیاری از ۶۰ به ۸۰ درصد اثر چندانی بر آبشویی نیترات در عمق ۴۰سانتی‌متر نداشته است ولی با تغییر از ۸۰ بـه ۱۰۰ درصد و ۱۲۰ درصد، آبشویی افزایش محسوسی داشته است. در عمق ۶۰ سانتی‌متری روند تغییرات آبشویی نیترات از سطح آبی ۶۰ تا ۱۲۰ درصد مشابه روند تغییرات در آبشویی نیترات در عمق ۴۰ سانتی‌متری بود. طوری که تلفات عمقی در سـطح آبـی ۶۰ و ۸۰ درصـد بـا هـم تفاوت معنی‌داری نداشتند و از سطح آبـی ۸۰ بـه ۱۰۰ و ۱۲۰ درصـد، مقدار آبشویی به سرعت افزایش یافت. به علت اینکه در این ۴ تیمـار بیشترین سطح کودی (۱۰۰ درصد) اعمال شده است، بنابراین با وجود اینکه کاهش مقدار آبیاری به ۶۰ و ۸۰ درصد، مقدار آبشویی را نسبت به سطوح ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد آبی، بسیار کاهش داده اسـت، امـا هنـوز آبشویی نیترات می‌تواند نگران کننـده باشـد. ایـن مسـئله مخصوصـاً زمانی مشکل آفرین است که این درصد از آبشویی (حدوداً ۱۰ درصد) در سطح وسیعی اتفاق افتد، که بـا توجـه بـه قابلیـت بـالای آبشـویی نیترات، باعـث آلـودگی آبهـای زیرزمینـی خواهـد شـد. میـل‌هـول و همکاران (۱۴) در تحقیقی مشابه، مقدار آبشویی نیتـرات را حـدود ۱۰ درصد برآورد کردند کـه نتیجـه حاصـل از ایـن تحقیـق در محـدوده تحقیق آنها می‌باشد. در عمق ۸۰ سانتی‌متری هنـوز آبشـویی نیتـرات وجود دارد. اما در این لایـه فقـط سـطوح آبیـاری ۱۰۰و ۱۲۰ درصـد هستند که باعث آبشویی نیترات شده‌اند و با کاهش آبیاری بـه ۸۰ یـا ۶۰ درصد آبشویی به صفر رسید. نکته‌ای که از این قسمت بر می‌آیـد این است در این سطح کودی، افزایش سطح آبیاری تا ۸۰ درصد هیچ مسئله‌ای برای آبشویی نیترات به پایین ناحیه ریشه به وجـود نخواهـد آورد. ولی برای سطوح بالاتر آبیاری باید بسیار احتیاط کـرد. بنـابراین، در این سطح کودی و برای این نوع از خاک، سطح آبیاری ۸۰ درصـد می‌تواند گزینه مناسبی برای مدیریت آبیاری باشد. همچنـین مقایسـه سطوح مختلف آبیاری در این سـطح کـودی نشـان داد کـه وضـعیت آبشویی نیترات در سطح آبی ۶۰ مشابه ۸۰ درصد و ۱۰۰ مشـابه ۱۲۰ درصد است که در این صورت انتخاب سطح آبی ۱۲۰ درصد به جـای ۱۰۰ و یا ۸۰ درصد به جای ۶۰ از نظر آبشویی نیترات تفاوتی نـدارد و برای تصمیم نهایی باید سایر مسـائل از جملـه عملکـرد و یـا کـارایی مصرف آب و کود را مد نظر قرار داد.

نتـــایج بـــیلان جرمـــی نیتـــرات در تیمارهـــای W120N80، W100N80، W80N80 و W60N80 در شـکل ۵ آمـده اسـت. مقایسه آبشـویی در ایـن تیمارهـا بـرای عمـق ۲۰ سـانتی‌متـری بـا تیمارهای سطح کودی ۱۰۰ درصد نشان می‌دهد که میزان آبشویی به میزان قابل توجهی کمتر است. علت اصلی کاهش آبشویی را می‌توان

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش مقدار کود استفاده شده در این تیمارها و افزایش سرعت جذب نیترات توسط گیاه (به دلیل کاهش غلظت نیترات) نسبت داد.



شکل ٤- مقایسه آبشویی نیترات از لایه‌های مختلف خاک در سطح کودی ۱۰۰ درصد و سطوح آبی ٦۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد

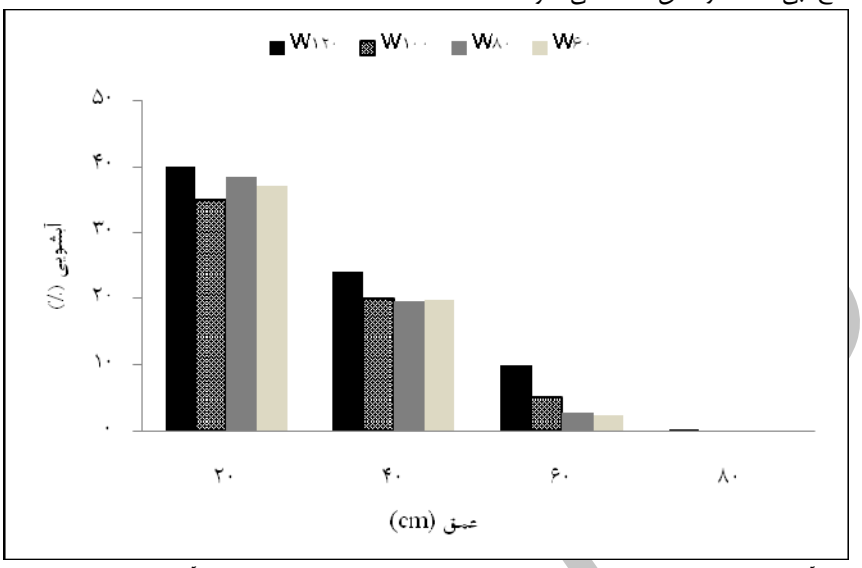
در عمق ۲۰ سانتی‌متری همانطور که مشاهده می‌شود، تیمار W100N80 روند متفاوتی نسبت به سایر تیمارها در این لایه دارد. در تیمارW120N80 به علت بیشتر بودن عمق آب آبیاری، پتانسیل آبشویی بیشتر از تیمار آبی ۱۰۰ درصد است. اما در تیمارهای W80N80 و W60N80، علت بالاتر بودن آبشویی نیترات نسبت به تیمار W100N80 را می‌توان در نکته بالا (بالا بودن پتانسیل اسمزی و کاهش جذب نیترات) جستجو کرد. طبق انتظار، در عمق ۴۰ سانتی‌متری میزان آبشویی نسبت به عمق ۲۰ سانتی‌متری کاهش یافت اما در مقایسه با عمق ۴۰ سانتی‌متری در تیمارهای سطح کودی ۱۰۰ درصد، رفتار تیمارها قدری متفاوت شده است. به این معنا که در این حالت میزان آبشویی تیمارهای W100N80، W80N80 و W60N80 بسیار به هم نزدیک هستند که حاکی از آن است که مقدار آبشویی در این لایه برای سطح آبیاری ۶۰ تا ۱۰۰ درصد ، مستقل از سطح آبیاری بوده و نتیجه آبشویی یکسان بدست آمد. در حالی که با تغییر سطح آبیاری به ۱۲۰ درصد، میزان آبشویی رشد صعودی داشت. در عمق ۶۰ سانتی‌متری، تفاوت آبشویی تحت تاثیر سطح آبیاری خود را بیشتر نشان داد. طوری که به وضوح آبشویی تیمار ۱۲۰ درصد آبی بیشتر از ۱۰۰ درصد و آبشویی تیمار ۱۰۰ درصد بیشتر از دو تیمار آبی ۸۰ و ۶۰ درصد بود. این در حالی بود که در عمق ۴۰ سانتی‌متری از سطح آبی ۶۰ تا ۱۰۰ درصد، آبشویی تقریبا یکسان بود. البته در مجموع کاهش آبشویی نیترات در عمق ۶۰ سانتی‌متری برای تمام تیمارهای سطح کودی ۸۰ درصد، به زیر ۱۰ درصد کاهش یافت (آبشویی تیمار W60N80، ۲/۵ درصد و تیمار W120N80، ۱۰ درصد). همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود، در عمق ۸۰ سانتی‌متری هیچگونه آبشویی برای تیمارهای W100N80، W80N80 و W60N80 به زیر ناحیه ریشه اتفاق نیفتاد و مقدار آبشویی W120N80 تنها به مقدار ناچیز ۰/۲ درصد بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در سطح کودی ۸۰ درصد، مقدار آبیاری تا سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی، هیچ مسئله‌ای برای آبشویی نیترات به وجود نخواهد آورد و برای سطوح بالاتر آبیاری تا ۱۲۰ درصد نیز با اعمال مدیریت صحیح آبیاری، آبشویی نیترات قابل رفع است.

نتایج بررسی آبشویی نیترات در تیمارهای W120N60 ، W100N60 ، W80N60 و W60N60 در شکل ۶ نشان داده شده است. هر چند که در تیمار W60N60، مقدار آبشویی قدری کمتر از سایر تیمارهای این سطح کودی بود، اما به طور کلی می‌توان گفت در عمق ۲۰ سانتی‌متر برای تمام سطوح آبیاری، مقدار آبشویی تقریبا فرقی با هم نداشتند. همچنین در عمق ۲۰ سانتی‌متری، مقدار آبشویی در مقایسه با تیمارهای با سطح کودی ۱۰۰ درصد، به نصف کاهش یافت. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که صرف‌نظر از سطح آبی، سطح کودی به میزان قابل توجهی بر آبشویی نیترات اثرگذار است. در عمق ۴۰ سانتی‌متر، نتیجه بدست آمده مشابه تیمارهای سطح کودی ۸۰ درصد بود. به این معنا که آبشویی در تیمارهای آبی ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد در یک سطح بود، ولی با تیمار آبی ۱۲۰ درصد تفاوت فاحشی داشت. همچنین مقدار آبشویی در

Archive of SID

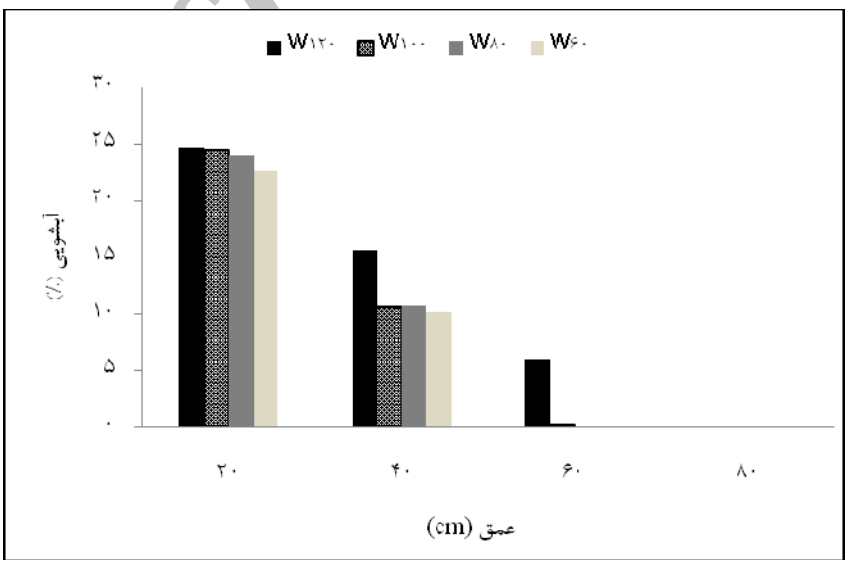
www.SID.ir

تیمارهای W100N60، W80N60 و W60N60 به حدود نصف نسبت به سطح کودی ۱۰۰درصد کاهش یافت. ولی در تیمار W120N60 تغییر زیادی در آبشویی حاصل نشد که بیانگر اثر سطح آبی بر آبشویی در این سطح آبی است. در عمق ۶۰ سانتی‌متر، فقط تیمار W120N60 حدود ۶ درصد آبشویی نیترات داشت و در تیمار W100N60 مقدار ناچیز ۰/۴ درصد آبشویی اتفاق افتاد.



شکل۵- مقایسه آبشویی نیترات از لایه‌های مختلف خاک در سطح کودی ۸۰ درصد و سطوح آبی ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد

در حالی که در تیمارهای با سطح آبی ۶۰ و ۸۰ درصد هیچ آبشویی وجود نداشت. از این می‌توان نتیجه گفت که در سطوح آبی ۶۰ و ۸۰ درصد در سطح کودی ۶۰ درصد، تمام نیترات وارد شده به خاک در ناحیه بالایی ریشه تجمع پیدا می‌کند که معمولا متراکم‌ترین ناحیه ریشه است. بنابراین در گیاهان با نیاز نیتروژنی زیاد، تقریبا تمام نیتروژن ذخیره شده در خاک توسط گیاه جذب می‌شود. قیصری و همکاران (۲) آبشویی نیترات را در آبیاری بارانی برای کشت ذرت بررسی و نتیجه گرفتند که در صورت آبیاری به اندازه FC برای عمق بیش از ۳۵ سانتی‌متری، مقدار زیادی از نیتروژن نیتراتی را به ناحیه پایین‌تر از ۳۰ سانتی‌متری منتقل می‌کند که نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج آنها هماهنگی دارد.



www.SID.ir

شکل٦- مقایسه آبشویی نیترات از لایه‌های مختلف خاک در سطح کودی ٦٠ درصد و سطوح آبی ٦٠، ٨٠، ١٠٠ و ١٢٠ درصد

نتیجه‌گیری

آبشویی نیترات به عنوان آنیونی که قابلیت آبشویی بالایی دارد و نیاز زیادی به این ماده برای رشد گیاه وجود دارد، تحت تاثیر هر دو سطح آب و کود می‌باشد. همچنین در سیستم‌های آبیاری سطحی امکان کنترل آبیاری نسبت به سیستم‌های مکانیزه کمتر است. آبیاری سطحی یکی از روش‌هایی است که هنوز هم در سطح وسیعی در دنیا استفاده می‌شود، بنابراین مسئله آبشویی نیترات نمود بیشتری پیدا کرده است. در این تحقیق، به منظور بررسی اثر کودآبیاری در آبیاری جویچه‌ای بر آبشویی نیترات در حضور کشت ذرت دانه‌ای، یک آزمایش مزرعه‌ای با طرح پایه بلوک کامل تصادفی با دو عامل آب و کود (شامل چهار سطح آبی و سه سطح کودی) انجام شد. برای تعیین آبشویی هر یک از تیمارها، بیلان جرمی نیترات در فصل زراعی بین کل مقدار نیترات وارد شده، نیترات اولیه خاک، نیترات خروجی از طریق رواناب و نیترات جذب شده توسط گیاه گرفته شد. نتایج نشان داد که انتقال رطوبت به زیر ناحیه ریشه (عمق ۸۰ سانتی‌متر) از ۱۲ درصد کل آب آبیاری برای سطح آبی ۱۲۰ تا ۴/۵ درصد، برای سطح آبی ۶۰ درصد نوسان می‌کند. علاوه بر این هر دو عامل آب و کود به میزان زیادی بر آبشویی نیترات اثرگذار بودند. این نتایج با نتایج گاردناس و همکاران (۱۱) که به منظور بررسی آبشویی نیترات با استفاده از مدیریت‌های مختلف آب و کود انجام شده بود سازگاری خوبی دارد. در بعضی شرایط مثل سطح کودی ۸۰ درصد برای عمق ۴۰ سانتی‌متر، تغییر سطح آبی از ۶۰ تا ۱۰۰ درصد اثری بر آبشویی نداشت. بنابراین، انتخاب سطح آبی در این شرایط با در نظر گرفتن سایر گزینه‌ها مثل عملکرد باید صورت گیرد. در تمام تیمارها آبشویی نیترات با سطح کودی و سطح آبی رابطه‌ای مستقیم داشت. بیشترین آبشویی نیترات در تیمارهای سطح کودی ۱۰۰ درصد صورت گرفت و با کاهش سطح آبی، آبشویی نیز سیر نزولی داشت. با توجه به اینکه ذرت گیاهی با عمق ریشه حدود ۸۰ سانتی‌متری است، بنابراین مبنای آبشویی عمقی نیترات در این تحقیق ۸۰ سانتی‌متر بود که در تمام تیمارها، هیچگونه آبشویی از این عمق برای سطح آبی ۶۰ و۸۰ درصد اتفاق نیفتاد. در تیمارهای با سطح آبی ۱۰۰و ۱۲۰ درصد، فقط در سطح کودی ۱۰۰ درصد به مقدار حدود ۱۰ درصد آبشویی نیترات وجود داشت که در محدوده نتایج سایر محققین (۱۴) بود. به هر حال انتخاب سطح مناسب آب و کود که بر اساس آن بتوان ضمن حفظ عملکرد مناسب، به عدم آلودگی‌های زیست محیطی مخصوصا آب-های زیرزمینی توجه نمود، در شرایط مختلف خاک، اقلیم، مدیریت آبیاری و نوع گیاه متفاوت است. بنابراین، می‌طلبد که تحقیقات مختلف با در نظر گرفتن فاکتورهای فوق نیز صورت گیرد تا براساس آن بتوان شرایط بهینه‌ای از عملکرد، محیط زیست و نهایتا کشاورزی پایدار اتخاذ نمود.

منابع

۱- علیزاده ح.ع.، عباسی ف. و لیاقت ع. ۱۳۸۹. ارزیابی یکنواختی توزیع و تلفات نیترات در کودآبیاری جویچه‌ای. مجله علوم آب و خاک. ۱۴ (۱): ۴۵-۵۷.

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

۳- گنجه ا. ۱۳۸۵. ارزیابی یکنواختی توزیع در کودآبیاری جویچه‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۱۱۰ صفحه.

۴- ملکوتی م.ج. و ریاضی همدانی س.ع. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک. ترجمه. ۸۰۰ صفحه.

۵- نوابیان م. ۱۳۸۷. بهینه‌سازی طراحی و مدیریت کودآبیاری جویچه‌ای برای کاهش آلودگی نیترات. رساله دکتری رشته آبیاری و زهکشی. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. ۲۰۹ صفحه.

6- Abbasi F., Feyen J., and Van Genuchten M.Th. 2004. Two dimensional simulation of water flow and solute transport below furrows: model calibration and validation. J. Hydrol. 290: 63–79.

7- Abbasi F., Simunek J., Van Genuchten M.Th., Feyen J., Adamsen F.J., Hunsaker D.J., Strelkoff T.S., and Shouse P. 2003. Overland Water Flow and Solute Transport: Model Development and Field-Data Analysis. J. Irrig. Drain. Engng. 129 (2): 71–81.

8- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirement. FAO Irrig. Drain. Paper No.56. FAO, Rome, Italy, 300pp.

Archive of SID

www.SID.ir

9- Aronsson P.G., and Bergstrom L.F. 2001. Nitrate leaching from lysimeter-grown short-rotation willow coppice in relation to N- application, irrigation and soil type. Biomass and Bioenergy. 21: 155–164.
10- Chen X., Wu H., and Wo F. 2007. Nitrate vertical transport in the main paddy soils of Tai Lake region, China . Geoderma 142: 136–141.
11- Gardenas A.I., Hopmans J.W., Hanson B.R., and Simunek J. 2005. Two-dimensional modeling of nitrate leaching forvarious fertigation scenarios under micro-irrigation. Agric. Water Manage. 74:219–242.
12- Ghaysari M., Mirlatifi S.M., Homaee M., Asadi M.E., and Hoogenboom G. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agri. Water Manage. 96:946–954.
13- Hanson B.R., Simunek J., and Hopmans J.W. 2006. Evaluation of urea–ammonium–nitrate fertigation with drip irrigation using numerical modeling. Agric. Water Manage. 86: 102–113.
14- Mailhol J.C., Crevoisier D., and Triki K. 2007. Impact of water application conditions on nitrogen leaching under furrow irrigation: experimental and modelling approaches. Agric. Water Manage. 87: 275–284.
15- Merriam J.L., and Keller J. 1978. Farm irrigation system evaluation: A guide for management. Department of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State University, Logan, Utah.
16- Narayana B., and Sunil K. 2009. A spectrophotometric method for determination of nitrite and nitrate. Eurasian J. Anal. Chem. 4 (2): 204-214
17- Playan E., and Faci J.M. 1997. Border irrigation: Field experiment and a simple model. Irrig. Sci., 17(4):163–171.
18- Sabillón G.N., and Merkley G.P. 2004. Fertigation guidelines for furrow irrigation. Spanish J. Agric. Res., 2(4): 576–587.
19- Simunek J., Sejna, M., and Van Genuchten M.Th. 1998. The HYDRUS-1D software package for simulating the movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media, version 2.0." U. S. Salinity Laboratory, USDA-ARS, Riverside, Calif.
20- Troiano J., Garretson C., Krauter C., Brownell J., and Huston J. 1993. Influence of amount and method of irrigation water application on leaching atrazine. J. Environ. Qual., 22(2): 290–298.
21- Xiao-Zong S., Chang-Xing Zh., Xiao-Lan W., and Ji L. 2009. Study of nitrate leaching and nitrogen fate under intensive vegetable production pattern in northern China. C. R. Biologies, 332: 385–392.
22- Zerihun D., Sanchez C.A., Furman A., and Warrick A.W. 2005. Coupled surface-subsurface solute transport model for irrigation borders and basins. II: Model evaluation. J. Irrig. Drain. Eng., 131(5): 407–419.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.4, Sept.-Oct. 2012, p.842-853

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۱، ص. ۸۵۳-۸۴۲

Evaluation of Nitrate Deep Leaching under Maize Furrow Fertigation

Y. Abbasi[1*]- A. Liaghat[2]- F. Abbasi[3]

Received: 2-3-2011
Accepted: 24-6-2012

Abstract

Suitable management of water and fertilizer is one of the important factors, affecting water and fertilizer efficiency and environmental pollution. In this study, nitrate deep leaching was evaluated in a furrow irrigated experimental field in Karaj. Experiments were conducted in randomized complete blocks in free-drainage furrows having 162 m length in 12 experimental blocks. The first factor consisted of 60%, 80% 100% and 120% of required irrigation water and the second factor 60%, 80% and 100% of nitrate fertilizer requirement applied by fertigation method. Nitrogen requirement was determined based on soil analysis and applied in four stages of the crop growth: before cultivation, in seven leaves, shooting and earring stages in which the first part (before cultivation) was applied by manual distribution and other three parts by fertigation. To determine soil nitrate concentrations, soil samples were taken from depths 20, 40, 60, and 80 cm in all of treatments. After air-drying, soil samples were passed through 2 mm sieve. Then, nitrate concentration of samples were analyzed by spectra photometer. Nitrate losses through runoff were measured by sampling of outlet water. Accumulated nitrate in maize was determined by randomized sampling of plants in all treatments. Finally, to determine nitrate leaching, nitrate mass balance was made. Results showed that 120% water level treatment provided 12% water deep percolation from root zone, while 60% water level treatment resulted in 4.5% water deep percolation. Both water and fertilizer levels had pronounced effect on nitrate leaching. The highest nitrate leaching occurred in 100% fertilizer level treatment decreasing by water reduction level. In some cases such as 80% fertilizer level, water level of 60% and 80% didn't have any effect on nitrate deep percolation. Therefore, water level selection in this situation depends on other factors such as yield. Considering maize as a plant with root depth to be about 80 cm, water and nitrate deep percolation was evaluated up to 80 cm soil depth for all treatments. 60% and 80% water levels did not provide nitrate leaching below the mentioned root zone depth.

Keywords: Nitrate leaching, Water level, Nitrate level, Mass balance, Maize

Archive of SID

1,2- MSc Student and Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran
(*-Corresponding Author Email: abasi.info@yahoo.com)
3- Associate Professor, Agricultural Engineering Reasearch Institute, AERI, Karaj

www.SID.ir