مجله مدیریت آب و آبیاری، دوره ۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰، ص ۲۸-۱۵

کنترل شوری و تلفات نیترات در زهاب تحت مدیریت سطح ایستابی

حسین مولوی *[۱]، مسعود پارسی‌نژاد [۲] و عبدالمجید لیاقت [۳]
(E-mail: molavihossein@gmail.com)
(تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۱۴ - تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۴)

چکیده

زهکشی کنترل شده یکی از راهکارهای کاهش اثرات منفی زیست محیطی سیستم‌های زهکشی مرسوم است. این تحقیق، به بررسی اثر زهکشی کنترل شده بر روی کیفیت و کمیت زهاب تولیدی و به‌طور مشخص میزان نمک و نیترات موجود در زهاب و همچنین جذب نیترات توسط ذرت علوفه‌ای (رقم SC 704) در منطقه کرج با بافت خاک لوم - شنی پرداخته است. سه تیمار در قالب طرح کاملاً تصادفی، شامل دو تیمار کنترل سطح ایستابی در عمق‌های ۴۰ (CD40) و ۶۰ سانتی‌متر (CD60) و یک تیمار زهکشی آزاد (FD)، با سه تکرار درنظر گرفته شد. زمان آبیاری باتوجه به تخلیه رطوبتی در تیمار FD به میزان ۶۵ درصد تعیین شد. مقدار آبیاری تمام تیمارها، براساس جبران کمبود رطوبتی برای رسیدن به حد ظرفیت زراعی و با اعمال راندمان کاربرد ۷۰ درصد صورت پذیرفت. فرضیه تحقیق بر این اساس بود که تلفات آبیاری در طول فصل باعث بالا آمدن سطح ایستابی شود، اما نتایج نشان داد که در تیمارهای CD، تلفات ۳۰ درصدی آبیاری در طول دوره اعمال تیمار، به‌دلیل مصرف مفید گیاه از مقادیر آب نفوذ یافته باعث بالا آمدن سطح ایستابی تا عمق‌های کنترل موردنظر نشد، لذا بین دو تیمار CD اختلاف معنی‌داری حاصل نگردید. در تیمار FD، به‌دلیل فراهم بودن شرایط دفع زهاب، میزان مصرف مفید آب و درنتیجه عملکرد گیاه کاهش یافت. اثر مدیریت سطح ایستابی بر بیلان نیترات و نمک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. حجم زهاب خروجی در تیمار FD معادل ۳۴/۸ درصد مقدار آبیاری ناخالص و در تیمارهای زهکشی کنترل شده برابر صفر بود. در تیمار FD، به‌دلیل وجود شرایط مساعد برای آب‌شویی و خروج زهاب، مقادیر نمک و نیترات خروجی از طریق زهاب تولیدی، به‌ترتیب برابر ۶۳ و ۲۰/۸ درصد مقدار نمک و نیترات ورودی بود، درحالی‌که آب‌شویی نمک و نیترات، در تیمارهای CD به‌دلیل وجود شرایط کنترل زهاب مشاهده نشد. در پایان دوره کشت، مقادیر اندازه‌گیری شده بیانگر تجمع بیشتر نیترات در پروفیل خاک تحت تیمار FD بود. این امر بیانگر این واقعیت است که در تیمارهای CD درمقایسه با تیمار FD، جذب نیتروژن گیاه افزایش داشته و عملکرد بالاتر محصول را منتج شده است. همچنین در انتهای فصل رشد اگرچه تجمع نمک بیشتری در پروفیل خاک در تیمارهای CD، به سبب فقدان آب‌شویی مشاهده شد ولی این امر می‌تواند با آب‌شویی املاح در خارج از فصل رشد مدیریت شود.

کلمات کلیدی: آب‌شویی، ذرت علوفه‌ای، زهاب، زهکشی کنترل شده، شوری، نیترات

---

۱ – دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده علوم آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز – ایران **(نویسنده مسئول مکاتبه*)**
۲ – دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده علوم آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز – ایران
۳ – استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده علوم آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز – ایران

مقدمه

تدابیر مختلفی به‌منظور کاهش تلفات نیتروژن از زهکش‌ها وجود دارد که می‌توان به کاهش میزان مصرف کودهای نیتروژنه، هم‌زمان‌سازی نیاز گیاه به نیتروژن و زمان کوددهی (کود آبیاری)، استفاده از گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن (بقولات)، بالا بردن کیفیت کود، مکانیزه کردن کشاورزی، افزایش فاصله زهکش‌ها و کنترل سطح ایستابی با استفاده از زهکشی کنترل شده، اشاره نمود (۳، ۸ و ۲۲). زهکشی کنترل شده یکی از روشهای مدیریت سطح ایستابی است که دارای مزایای زیادی از جمله کاهش حجم زهاب، کاهش تلفات کودهای شیمیایی، کاهش آلودگی محیط زیست، افزایش تعرق، افزایش عملکرد نسبی و کارایی مصرف آب می‌باشد. در زهکشی کنترل شده، آبیاری از سطح صورت گرفته و فقط با کنترل خروجی زهکش‌ها آب در خاک حفظ می‌شود تا گیاه بتواند مدت زمان بیشتری از آن استفاده کند. به‌طورکلی، درخصوص مزایای مدیریت سطح آب، تحقیقات محدودی در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران صورت گرفته است، درحالی‌که در برخی از مناطق ایران، پتانسیل اجرای زهکشی کنترل شده در جهت بهبود کارایی سیستم‌های زهکشی موجود و افزایش کارایی مصرف آب و عملکرد محصول وجود دارد.

تحقیقات نشان داد سیستم‌های کنترل نشده باعث زهکشی اضافی می‌گردند، به این منظور سطح ایستابی کم عمق را جهت طراحی زهکشی پیشنهاد شد و همچنین در مورد عمق مناسب سطح ایستابی، سطح ایستابی تأثیر کاملاً مشخصی در کاهش تجمع نمک در زهاب خروجی دارد (۴ و ۱۷). بر پایه تحقیقات صورت گرفته در آمریکا، زهکشی کنترل شده را روش بالقوه‌ای برای کاهش نیترات، در اثر پدیده دنیتریفیکاسیون معرفی شد (۲۲). نتایج تحقیقات نشان داد که زهکشی کنترل شده باعث افزایش راندمان کوددهی، کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (۵). همچنین، تحقیقی به منظور بررسی تأثیرات زهکشی کنترل شده بر شستشوی نیترات و عملکرد محصول ذرت در یک خاک لوم – شنی انجام شد (۲۲). نتایج تحقیقات آنها نشان داد که زهکشی کنترل شده نسبت به زهکشی معمولی باعث افزایش راندمان مصرف آب ۱۱، افزایش عملکرد محصول به میزان ۶۴، کاهش تلفات نیتروژن به میزان ۳۶ و کاهش بار نیتروژن تخلیه شده به میزان ۴۱ درصد می‌شود. طبق گزارشات دیگر محققین، کنترل و مدیریت سطح ایستابی علاوه بر کاهش غلظت NO_3^--N باعث می‌شود دیگر مواد شیمیایی نظیر PO_4-P (فسفر به صورت فسفات) و سموم نباتی توسط باکتری‌های خاک طی فعالیت‌های بیولوژیکی به ترکیبات بی‌ضرر تبدیل گردند (۱۴). در پژوهشی بر روی ۱۴ خاک مختلف به منظور بررسی تأثیر زهکشی کنترل شده در کاهش تلفات نیترات به منظور کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و افزایش محصول صورت گرفت، نتایج نشان داد مدیریت آب تحت زهکشی کنترل شده، باعث کاهش حجم زهاب درمقایسه با زهکشی متداول به میزان ۴۰ تا ۵۰ درصد می‌شود (۲۲). تأثیر زهکشی کنترل شده در افزایش عملکرد کاملاً مشهود بود به گونه‌ای که عملکرد به‌طور میانگین به میزان پنج درصد افزایش یافت. طبق تحقیقات صورت گرفته، شیوه-های مدیریتی مؤثر بر کاهش تلفات NO_3^--N عبارتند از: نوع و مقدار کود مصرفی، زمان و روشهای کوددهی، نوع سیستم کشت و زرع، کنترل سطح ایستابی که مرتبط به شیوه‌های آبیاری و زهکشی و فواصل زهکش‌ها می‌باشد (۲۱). همچنین گزارشات حاکی است زهکشی کنترل شده ضمن افزایش ذخیره آب موردنیاز گیاه با کاهش حجم آب زهکشی شده سبب افزایش دنیتریفیکاسیون و کاهش تلفات نیترات از طریق آب‌شویی می-شود. زهکشی کنترل شده روی حجم زهاب و نمک خروجی تأثیر مثبتی داشته است اما بایستی تجمع نمک در محیط ریشه را مدیریت نمود (۲). محققین در سیستم زهکشی کنترل شده

شبکه آبیاری ین نـان واقـع در چـین، کـاهش حجـم، شـوری و نیترات در زهاب را مشاهده نمودند (۱۶). در آزمایـشات چهـار ساله صحرایی بر روی زهکـشی کنتـرل شـده، کـاهش معنـی‌دار فسفر و نیتروژن را در خروجی‌هـا گـزارش شـد (۲۴). پـس از اصلاح اراضی و شستشوی املاح و بهبود کیفیت آب زیرزمینـی به‌وسیله ابنیه زهکشی کنترل شده می‌توان با مدیریت سـفره آب زیرزمینی و کنترل زهاب، مـصرف آب آبیـاری و حجـم زهـاب خروجی را کاهش داد و علاوه بر کاهش اثـرات منفـی زیـست محیطی زهاب، در مصرف آب آبیاری نیز صرفه‌جویی نمود (۱). محققین در یک مطالعه دو ساله لایسیمتری بر روی گیاه یونجـه، کاهش حجم زهاب را با کنترل سطح ایستابی و آبیاری زیرزمینی در کرج گزارش نمودند (۱۹). آنان مـشاهده کردنـد کـه حجـم زهاب، بار تخلیه نیترات و هدایت الکتریکی زهاب در تیمارهای کنترل سطح ایستابی (۳۰، ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری نسبت به زهکشی آزاد کاهش می‌یابد.

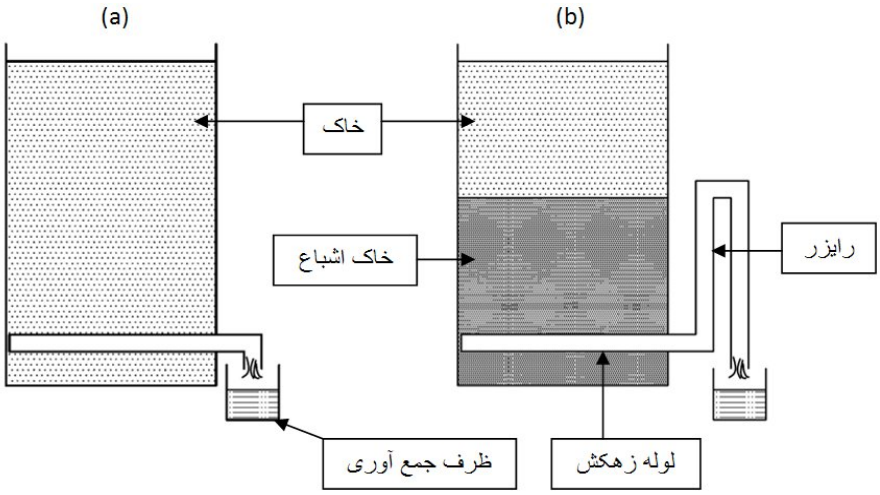
هـدف از ایـن تحقیـق، بررسـی امکـان اسـتفاده از روش زهکشی کنترل شده در اقلیم خشک و نیمه خـشک ایـران بـوده است تا میزان تأثیر این روش بر کیفیت و کمیت زهاب تولیـدی و به‌طور مشخص میـزان نمـک و نیتـرات موجـود در زهـاب و همچنین، جذب نیترات توسـط ذرت علوفـه‌ای (رقـم SC 704) مشخص شود.

مواد و روشها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، در شهر کرج واقع در استان البرز انجام شد. محل اجرای آزمایش در ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه طول جغرافیایی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۱۲/۵ متر است. متوسط بارندگی سالانه در منطقه ۲۶۰ میلی‌متر می‌باشد. در این مطالعه، سه تیمار در قالب طرح کاملاً تصادفی، شامل دو تیمار کنترل سطح ایستابی در عمق‌های ۴۰ (CD40) و ۶۰ سانتی‌متر (CD60) و یک تیمار زهکشی آزاد (FD)، با سه تکرار درنظر گرفته شد. مطالعه در ایستگاه لایسیمتری و با استفاده از خاک با بافت سبک که به‌طور یکنواخت و با تراکم یکسان (۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) پر شده بود، انجام گردید. خاک مورد استفاده، دارای ۷۱ درصد شن، ۱۵ درصد رس و ۱۴ درصد سیلت (خاک لوم – شنی) و ضریب هدایت هیدرولیکی ۳۴/۷ سانتی‌متر در روز بود.

نه لایسیمتر از جنس پلی‌اتیلن بـه قطـر ۶۰ و ارتفـاع ۱۰۰ سانتی‌متر، جهـت کـشت ذرت علوفـه‌ای (رقـم SC704) مـورد استفاده قرار گرفت. برای خارج کردن آب اضافی از لایسیمترها، لوله زهکش بـه قطـر پـنج و طـول ۶۰ سـانتی‌متـر در عمـق ۸۰ سانتی‌متری از سطح خاک نصب و به منظور جلـوگیری از ورود ذرات خاک و شستشوی آن توسط جریان آب به درون لوله‌های زهکش از نوعی صافی ژئوتکستایل استفاده شد. علاوه بر صافی ژئوتکستایل، در جهت سهولت جریـان تخلیـه در اطـراف لولـه زهکش از پوشش گراول به ضخامت پنج سانتی‌متر استفاده شد.

در تیمار FD خروجی زهکش آزاد بود ولی در تیمارهـای کنترل سطح ایستابی (CD)، خروجـی زهکـش بـه‌وسـیله تعبیـه رایزرهایی در محل خروجی محدود گردید (شکل ۱). بـا تغییـر طول رایزر امکان کنترل سطح آب در اعماق مختلف فراهم بـود. جمـع‌آوری و انـدازه‌گیـری زهـاب خروجـی در تیمـار FD، بـا استفاده از ظروفی در زیر لوله زهکش انجام شـد. در تیمارهـای CD، به‌وسیله نصب دو زانویی و یک لولـه بـه انتهـای رایزرهـا، زهاب خروجی بـه داخـل ظـروف جمـع‌آوری زهـاب هـدایت گردید. طرح شماتیک لایسیمترها برای اعمال تیمارهای مختلف، در شکل (۱) قابل مشاهده است.



شکل ۱ - نمای شماتیک لایسیمترهای تحت زهکشی آزاد (a) و زهکشی کنترل شده (b)

کشت مـوردنظر ذرت (رقـم SC704) بـود کـه در تـاریخ ۱۳۸۹/۲/۲۸ کاشته شد. در هر لایسیمتر چهار بذر بـه فاصـله ۲۰ سانتی‌متر از هم قرار داده شد. تا مرحله اسـتقرار گیـاه، بـه دلیـل عمق کم ریشه‌ها، آبیاری در تمام تیمارها به یک مقـدار مـشابه و به صورت سطحی و براساس میزان تبخیر از تشت کـلاس A بـا استفاده از اطلاعات ایستگاه هواشناسـی کـه در مجـاورت محـل مطالعه بود، انجام شد. سپس اعمـال تیمـار از تـاریخ ۱۳۸۹/۴/۴ صورت پذیرفت. اندازه‌گیری انجام شده نشان داد که آب آبیاری مورد استفاده دارای شوری ۰/۸ دسـی‌زیمـنس بـر متـر و میـزان نیترات ۹/۵ میلی‌گرم در لیتر بود. در طول فصل کشت هیچ‌گونـه بارندگی رخ نداد و تمامی کمبود رطوبتی خاک از طریق آبیـاری تأمین گردید. اندازه‌گیری‌های انجام شده بـا اسـتفاده از دسـتگاه صفحه فشاری نشان داد، رطوبت حجمی خاک مورد اسـتفاده در نقاط ظرفیت زراعی (FC) و پژمردگـی دایـم (PWP) بـه‌ترتیـب برابر ۲۲/۲ و ۱۰/۶ درصد است. باتوجه به خصوصیات شیمیایی خاک و مشاوره با کارشـناس تغذیـه خـاک و گیـاه، کـود پتاسـه (سولفات پتاسیم) و فسفره (سوپرفسفات) در یک نوبـت قبـل از کاشـت و معـادل ۲۵۰ و ۱۲۰ کیلـوگرم در هکتـار و کـود اوره معادل ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله کاشت، هشت برگی و سنبله‌دهی به صورت سطحی و یکسان در بین تمـام تیمارهـا استفاده گردید (جدول ۱). براسـاس سـطح لایـسیمترهای مـورد استفاده، برای هر لایسیمتر ۱۲ گرم کود اوره در طول دوره رشـد استفاده شد. جهت تعیین میزان نیترات خالص در کود داده شده، ۱۲ گرم کود در یک لیتر آب حـل و سـپس میـزان نیتـرات ایـن محلول از طریق دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. بـر ایـن اساس، میزان نیترات مورد استفاده در هر مرحله کـودهی ۹۰۷/۲ میلی‌گرم و در کل دوره رشد ۲۷۲۱/۶ میلی‌گرم بوده است.

جدول ۱ - خصوصیات شیمیایی خاک لایسیمترها

pH	EC (dS/m)	SAR	نیتروژن (٪)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	کلسیم (mg/kg)	منیزیم (mg/kg)	سدیم (mg/kg)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	منگنز (mg/kg)
۷/۷	۰/۲	۱/۲۳	۰/۰۱۴	۱۰/۳	۱۳۶	۱۶۰	۱۷	۶۱	۵/۸۱	۲/۶۴	۸/۵

زمان آبیاری کلیه لایسیمترها براساس MAD = ۰/۶۵ در تیمار زهکشی آزاد درنظر گرفته شد. به عبارت دیگر، هر زمان که ۶۵ درصد از رطوبت قابل استفاده گیاه در تیمار زهکشی آزاد تخلیه می‌شد، آن‌گاه در تمام تیمارها آبیاری باتوجه به مقدار لازم جهت رفع کمبود رطوبتی خاک برای رسیدن به نقطه ظرفیت زراعی و با منظور داشتن راندمان آبیاری (۷۰ درصد) انجام می‌گرفت.

اندازه‌گیری رطوبت با استفاده از دستگاه Profile Probe (type PR2) انجام شد. به‌دلیل در دسترس نبودن لوله استاندارد برای دستگاه Profile Probe، از لوله پلیکا به عنوان جایگزین استفاده شد. دستگاه Profile Probe و لوله پلیکا برای خاک مورد آزمایش با روش وزنی کالیبره شد (شکل ۲). رابطه ریاضی و قانون‌مندی بین مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت به روش وزنی (متغیر وابسته) و مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت با دستگاه رطوبت‌سنج (متغیر مستقل) صورت پذیرفت و با همبستگی بسیار بالا در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد (P-value = ۰/۰۰۱) یافت شده است که رابطه خط برگشت با ضریب تعیین ۰/۹۶ و خطای استاندارد ۲/۷۶ ارائه شده است (شکل ۲). لازم به ذکر است در این رابطه مقادیر درصد جرمی رطوبت از طریق وزن مخصوص ظاهری محاسبه شده (۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب) به درصد حجمی تبدیل و سپس اقدام به یافت رابطه همبستگی شد.

بدین‌ترتیب، رطوبت حجمی خاک در هشت عمق ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ سانتی‌متر در طول دوره اعمال تیمار قرائت و مقادیر آبیاری تعیین می‌شد.

آبیاری موردنیاز در هر نوبت براساس قرائت رطوبت، در هر یک از لایه‌های ۱۰ سانتی‌متری پروفیل خاک محاسبه و از طریق رابطه زیر تعیین می‌گردید. درنهایت، مقدار آبیاری خالص کل محاسبه و پس از منظور داشتن راندمان، مقدار کل آبیاری محاسبه می‌شد.

$$d_n = \sum_{i=1}^{8} 10 \times (\theta_{FC} - \theta_i) \qquad (۱$$

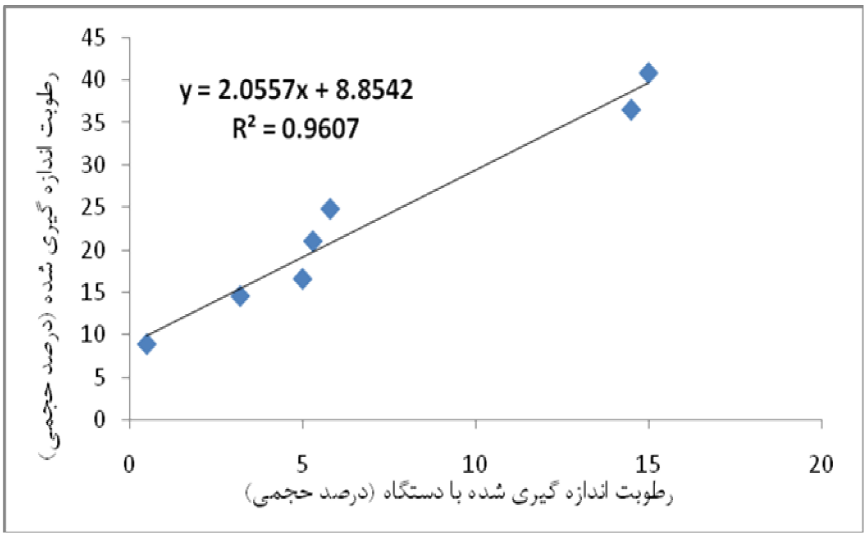
در این رابطه، d_n مقدار آبیاری خالص در هر نوبت، θ_{FC} مقدار رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی و θ_i مقدار رطوبت حجمی خاک در هر لایه می‌باشد.

بدین‌ترتیب، نحوه محاسبه مقادیر آبیاری و همچنین وضعیت اولیه رطوبت خاک در کلیه تیمارها مشابه درنظر گرفته شد. در طول دوره اعمال تیمار، میزان آبیاری و زهاب خروجی و همچنین میزان نمک و نیترات زهاب خروجی در تمام تیمارها اندازه‌گیری شد. در تاریخ ۱۳۸۹/۶/۶ محصول برداشت شد. سپس میزان EC و نیترات در لایه‌های مختلف با گرفتن عصاره اشباع و به‌ترتیب با استفاده از دستگاه EC متر و اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند.

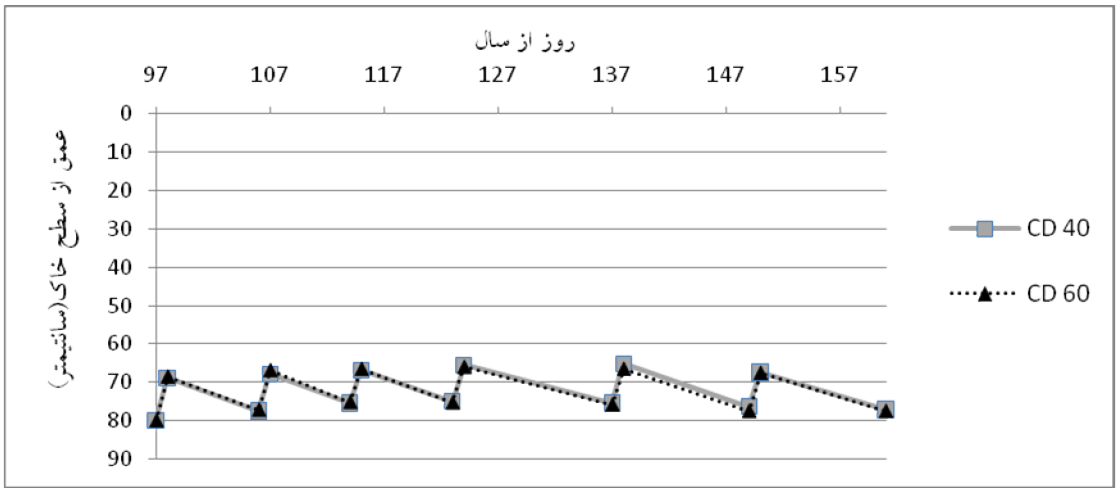
نتایج و بحث

نوسانات سطح ایستابی و زهاب خروجی

براساس اطلاعات جمع‌آوری شده، سطح ایستابی در دو تیمار CD به سطوح تراز کنترل سطح آب موردنظر نرسیده و حجم زهاب خروجی برابر صفر بود. بعد از هر آبیاری، در اثر نفوذ عمقی آب مازاد، سطح ایستابی تا حدی بالا آمده، اما تا زمان آبیاری بعد اکثر ذخیره رطوبتی به مصرف گیاه رسیده و سطح ایستابی در اغلب موارد به حد اولیه برگشته است (شکل ۳). این نتایج بیان‌گر آن است که تلفات عمقی در شرایط زهکشی کنترل شده برخلاف شرایط زهکشی آزاد که به زهاب تبدیل می‌شده عمدتاً به‌وسیله گیاه جذب و باعث افزایش عملکرد محصول شده است. در همین راستا، وزن خشک علوفه در تیمارهای FD، CD40 و CD60 به‌ترتیب برابر ۳/۹۴، ۶/۳۸ و ۶/۵۶ کیلوگرم بر مترمربع بود که نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بین عملکرد تحت زهکشی آزاد درمقایسه با تیمارهای زهکشی کنترل شده می‌باشد.



شکل ۲ – نمودار کالیبراسیون لوله پلیکا و دستگاه Profile Probe برای خاک مورد استفاده



شکل ۳ – نوسانات سطح ایستابی در تیمارهای CD40 و CD60

حجم کل زهاب خروجی در تیمار زهکشی آزاد برابر ۳۴/۸ درصد مقدار کل آبیاری در طول دوره اعمال تیمار (۱۵۶/۸ لیتر) گردید، درحالی زهاب خروجی از تیمارهای CD40 و CD60 مشاهده نشد. در تیمار زهکشی آزاد به‌دلیل وجود جریانات ترجیحی در پروفیل خاک، درصد تلفات به صورت زهاب، از ۳۰ درصد تلفات عمقی درنظر گرفته شده بیشتر گردیده است، درحالی‌که درصورت وجود جریان ترجیحی در تیماهای CD، این مقادیر آب، به صورت ذخیره رطوبتی در خاک باقی مانده و در فاصله بین دو آبیاری در اختیار گیاه قرار گرفته است. همچنین، در کارولینای شمالی تأثیر زهکشی کنترل شده در کاهش حجم زهاب درمقایسه با زهکشی سنتی را به میزان ۴۰ تا ۵۰ درصد گزارش شد (۲۲).

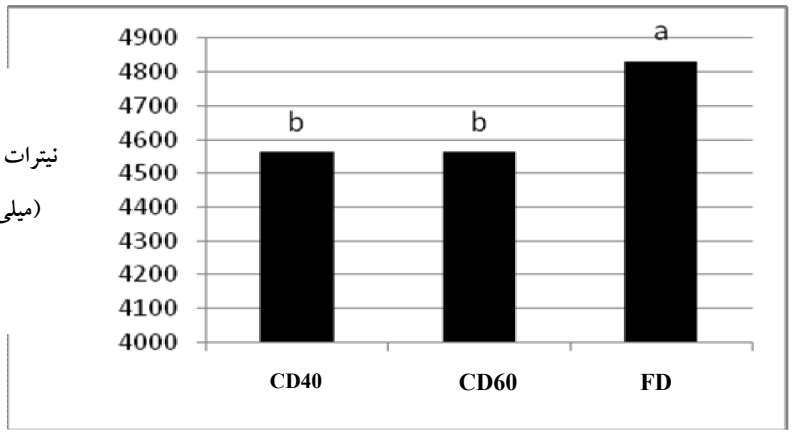
بیلان نیترات

در محاسبه بیلان نیترات باتوجه به کیفیت آب آبیاری، میزان نیترات ورودی به خاک هم از طریق آب آبیاری و هم از طریق کود اوره لحاظ گردید. میزان NO_3^--N آب آبیاری مورد استفاده ۹/۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. به دلیل تفاوت موجود در وضعیت زهکشی تیمارها، زهاب تولیدی و نگهداشت رطوبتی نیز در بین آنها متفاوت بود، به‌طوری‌که مقادیر آبیاری در تیمارهای CD به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار FD کمتر بود. مقدار آبیاری در کل دوره رشد گیاه برای تیمارهای FD، CD40 و CD60 به‌ترتیب برابر ۲۲۲/۲، ۱۹۴/۱ و ۱۹۳/۸ لیتر بود (جدول ۲). براساس آزمون مقایسه میانگین‌ها (دانکن) تفاوت معنی‌داری بین مقادیر آبیاری در دو تیمار CD مشاهده نمی‌شود چرا که این دو تیمار به‌دلیل نرسیدن به تراز کنترل سطح ایستابی از شرایط مشابهی برخوردار بودند. بنابراین، مقادیر نیترات ورودی از طریق آبیاری برای تیمارهای FD، CD40 و CD60 به‌ترتیب برابر ۲۱۱۱/۲، ۱۸۴۳/۷ و ۱۸۴۱ میلی‌گرم به‌دست آمد.

جدول ۲ – مقادیر آبیاری در تیمارهای مورد آزمایش برحسب میلی‌متر

تیمارها	نوبت آبیاری						متوسط	مجموع
	قبل از اعمال تیمار	۱	۲	۳	۴	۵	۶		
CD40	۲۱۸/۳	۸۲/۷	۷۳/۴	۶۵/۲	۷۱/۷	۶۹/۳	۶۶/۴	۷۱/۴	۶۴۶/۹
CD60	۲۱۸/۳	۸۳/۵	۷۳/۷	۶۴/۱	۷۰/۲	۶۵/۱	۷۱/۰	۷۱/۳	۶۴۵/۹
FD	۲۱۸/۳	۸۶/۹	۸۶/۶	۸۵/۳	۸۶/۱	۸۷/۶	۸۹/۸	۸۷/۱	۷۴۰/۸

باتوجه به اطلاعات حاصل از جدول آنالیز شیمیایی خاک و باتوجه به توصیه کارشناس خاک و گیاه، کود اوره در سه قسط و در کل معادل ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور مشابه به تمامی تیمارها داده شد (جدول ۱). همان‌گونه که در بخش مواد و روشها ذکر گردید، میزان نیترات خالص ورودی در هر قسط کوددهی ۹۰۷/۲ میلی‌گرم و در کل دوره رشد ۲۷۲۱/۶ میلی‌گرم بوده است. در شکل (۴)، کل نیترات ورودی از طریق آبیاری و کوددهی نمایش داده شده است.



شکل ۴ – میزان نیترات ورودی از طریق آبیاری و کوددهی در تیمارهای مختلف در طول دوره رشد

جدول آنالیز واریانس نشان داد، اثر مدیریت سطح ایستابی بر مقدار آب مصرفی و درنتیجه کل نیترات ورودی در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. باتوجه به نتایج به‌دست آمده، بین دو تیمار CD به دلایل مذکور اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود اما اختلاف بین تیمار FD و تیمارهای CD در سطح یک درصد معنی‌دار است که این اختلاف، ناشی از تفاوت در مقادیر آبیاری در طول دوره اعمال تیمار و شرایط متفاوت زهکشی در بین تیمارها بوده است (شکل ۴).

همان‌گونه که ذکر گردید، در تیمارهای CD به‌دلیل نرسیدن سطح ایستابی به ترازهای کنترل موردنظر، زهابی خارج نشد، اما در تیمار FD، زهاب خروجی ۳۴/۸ درصد میزان آبیاری در طول دوره اعمال تیمار بود. برای محاسبه میزان نیترات زهاب خروجی در تیمار FD، حجم زهاب خروجی و غلظت نیترات آن در هر آبیاری اندازه‌گیری شد (جدول ۳). بر این اساس، مقدار کل نیترات خروجی از طریق زهاب در تیمار FD، برابر ۱۰۰۵/۳ میلی‌گرم به‌دست آمد.

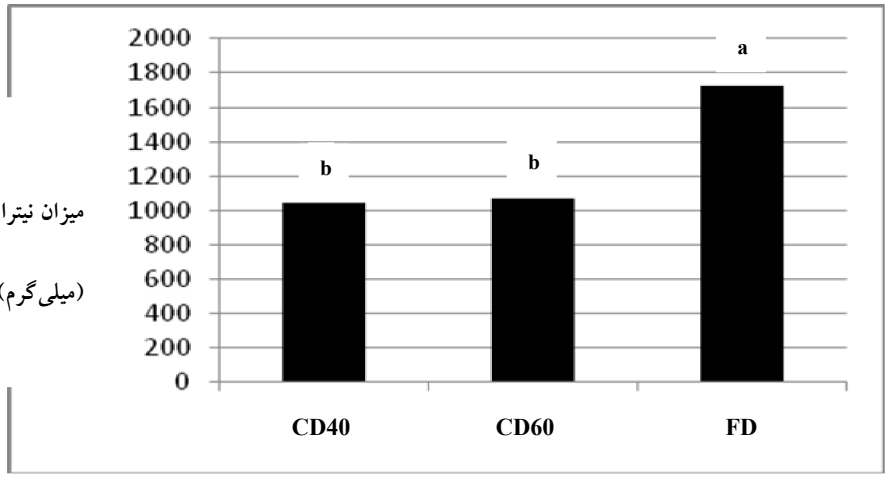
غلظت نیترات موجود در زهاب تولیدی در آبیاری اول و چهارم بیشتر بوده که علت آن اعمال قسط دوم و سوم کوددهی اوره، هم‌زمان با این دو آبیاری می‌باشد (جدول ۳). بنابراین عدم کنترل تراز خروجی زهکش، در تیمار FD، باعث آب‌شویی مقادیر قابل توجهی از نیترات و تخلیه آن از طریق زهاب تولیدی گردیده است. در شرایط زهکشی آزاد ۲۰/۸ درصد کل نیترات ورودی از طریق زهاب هدر رفته است، از این رو، مقادیر قابل توجهی از نیترات در تیمار FD، بلافاصله بعد از هر آبیاری، از دسترس گیاه خارج است. لازم به‌ذکر است، تا مرحله استقرار گیاه به دلیل عمق کم ریشه‌ها، آبیاری در تمام تیمارها به یک مقدار مشابه به صورت سطحی، بدون اعمال راندمان آبیاری و براساس میزان تبخیر از تشت کلاس A انجام شد. لذا در دوره قبل از اعمال تیمار به‌دلیل عدم اعمال راندمان آبیاری، خروج زهابی مشاهده نشد. یک پژوهش سه ساله در کانادا نشان داد در مزارعی که سالیانه با ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کوددهی می‌شده، نمونه‌های کیفی زهاب در ۷۹ درصد موارد متجاوز از حد مطلوب بوده است (۶). با اجرای صحیح سیستم زهکشی کنترل شده، مقدار کاهش ازت و فسفر در زهاب را بیش از ۵۰ درصد گزارش شد (۷).

جدول ۳ – مقدار زهاب خروجی و غلظت نیترات آن در هر آبیاری برای تیمار FD بعد از اعمال تیمارها

نوبت آبیاری	حجم زهاب خروجی (لیتر)	غلظت نیترات زهاب خروجی (ppm)	مقدار نیترات زهاب خروجی (mg)
۱	۸/۰	۲۲/۹	۱۸۲/۸
۲	۹/۲	۱۶/۴	۱۵۱/۲
۳	۹/۵	۱۳/۶	۱۲۸/۹
۴	۸/۹	۳۰/۷	۲۷۴/۴
۵	۹/۷	۱۵/۶	۱۵۱/۷
۶	۹/۳	۱۲/۵	۱۱۶/۳
مجموع	۵۴/۶	–	۱۰۰۵/۳

در پایان فصل رشد با نمونه‌برداری از لایه‌های ۱۰ سانتی‌متری پروفیل خاک در تمام تیمارها، غلظت نیترات عصاره اشباع در هر لایه به‌دست آمد. در ادامه باتوجه به حجم تخلخل هر لایه از پروفیل خاک، میلی‌گرم نیترات موجود در هر لایه محاسبه گردید.

اثر مدیریت سطح ایستابی بر میزان کل نیترات موجود در پروفیل خاک در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بین تیمار FD با تیمارهای CD در میزان کل نیترات باقیمانده در پروفیل خاک اختلاف معنی‌داری وجود دارد (شکل ۵). میزان کل نیترات باقیمانده در پروفیل خاک در انتهای فصل رشد در تیمار FD، به‌ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۶۱ برابر تیمارهای CD40 و CD60 بود. همچنین پژوهشگران گزارش نمودند زهکشی کنترل شده نه تنها باعث کاهش حجم زهاب و مقدار نیترات در آن شده، بلکه از غلظت نیترات در ناحیه توسعه ریشه نیز کاسته است (۹).



شکل ۵ – میزان نیترات باقیمانده در خاک در پایان فصل رشد در تیمارهای مختلف

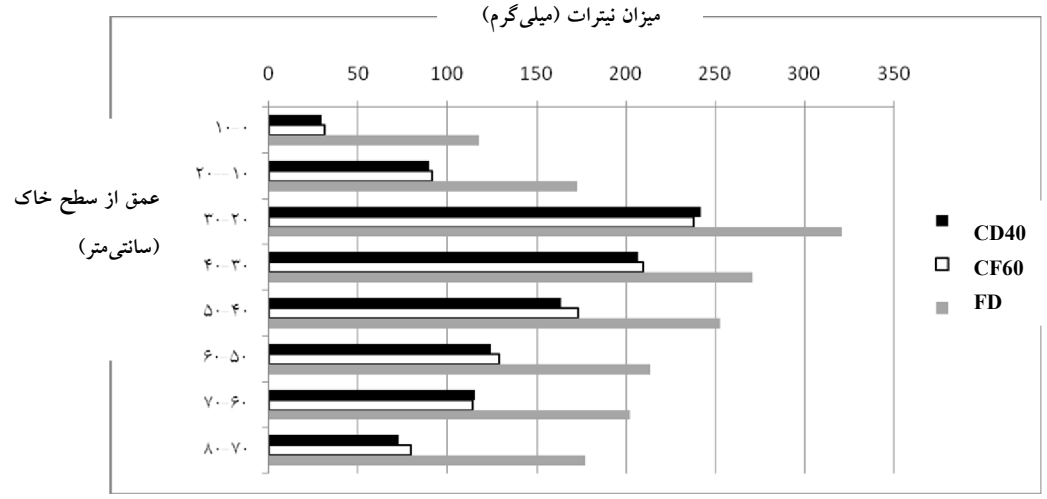
پروفیل نیترات خاک برای تمام تیمارها در شکل (۶) نمایش داده شده است. میزان نیترات موجود در لایه‌های مشابه از تیمار FD، با تیمارهای CD دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد، درحالی‌که در دو تیمار CD به‌دلیل نرسیدن سطح ایستابی به تراز زهکشی موردنظر، اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

اگر نیترات توسط گیاهان استفاده نشود، از طریق نیترات‌زدایی، آب‌شویی نیترات و تبخیر سطحی تلف می‌شود (۱۵).

روند تغییرات نیترات در پروفیل خاک برای تمام تیمارها به صورتی است که تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک میزان نیترات افزایش می‌یابد، اما در عمق‌های پایین‌تر از ۳۰ سانتی‌متر این روند کاهشی می‌گردد. نیترات بیشترین حلال‌پذیری را در آب، در میان ترکیب‌های نیتروژن داراست و به دلیل داشتن بار منفی توسط ذرات خاک قابل جذب نمی‌باشد، بنابراین حرکت آن کاملاً تحت تأثیر حرکت آب در خاک است. به عبارتی تبخیر، تعرق و نفوذ عمقی روی حرکت نیترات در خاک مؤثر است، لذا لایه‌های سطحی خاک به دلیل شرایط مساعد برای تبخیر و تعرق بیشتر و همچنین آب‌شویی بیشتر در تمام تیمارها از مقادیر کمی از نیترات برخوردارند. در لایه‌های عمیق‌تر علت اصلی که می‌تواند موجب روند کاهشی نیترات در پروفیل خاک باشد، پدیده دنیتریفیکاسیون است، زیرا در لایه‌های عمیق‌تر به‌دلیل رطوبت بالاتر و ایجاد شرایط بی‌هوازی، شرایط برای تبدیل نیترات به ترکیب‌های گازی نیتروژن آماده می‌گردد. درنتیجه با افزایش عمق و رطوبت از میزان نیترات در خاک

کاسته شده است. زهکشی کنترل شده، ضمن افزایش ذخیره آب موردنیاز گیاه با کاهش حجم آب زهکشی شده و با فراهم کردن محیط بی‌هوازی سبب افزایش دنیتریفیکاسیون و کاهش تلفات نیترات از طریق آب‌شویی می‌شود (۱۰، ۱۱ و ۲۴).

طبق نتایج به‌دست آمده، بین دو تیمار CD به‌دلیل داشتن شرایط مشابه اختلاف معنی‌داری ایجاد نگردیده است (شکل ۶). بیشتر بودن مقادیر نیترات در پروفیل خاک در تیمار FD نسبت به تیمارهای CD نشان می‌دهد از کل نیترات ورودی مقادیر بیشتری در تیمارهای CD صرف پدیده دنیتریفیکاسیون و جذب گیاه شده است. لذا می‌توان نتیجه گرفت، نه تنها تیمارهای زهکشی کنترل شده به‌دلیل داشتن تراز بالاتر زهکشی، دارای ذخیره رطوبتی بیشتر و کافی بوده‌اند، بلکه باعث حفظ بیشتر نیترات در پروفیل خاک شده و از این طریق، زمینه مساعد جذب نیترات بیشتر توسط گیاه فراهم می‌آورند. اما از یک سو، چون ضخامت لایه اشباع در تیمارهای CD کم بوده (حدود ۱۰ سانتی‌متر)، مقدار تلفات نیترات از طریق پدیده دنیتریفیکاسیون نمی‌تواند پدیده غالب کاهش نیترات در تیمارهای CD باشد، لذا می‌توان اذعان داشت، جذب نیترات توسط گیاه نقش بیشتری در کاهش نیترات پروفیل خاک داشته است. از سوی دیگر، حرکت نیترات در خاک به حرکت آب در خاک کاملاً وابسته است، به‌طوری‌که در تیمارهای CD به دلیل وجود صعود مویینه بیشتر از لایه تحتانی، زمینه برای حرکت نیترات از اعماق پروفیل خاک به سمت لایه‌های سطحی بهتر فراهم شده است. بنابراین، یکی دیگر از دلایل عمده جذب بهتر نیترات در تیمارهای CD، صعود مویینه نیترات به همراه آب به لایه‌هایی است که تراکم ریشه بیشتر و درنتیجه، جذب آب و نیترات بهتر صورت می‌پذیرد. در تحقیقات متعددی نیز گزارش شده است زهکشی کنترل شده باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه، بهبود کیفیت آب و افزایش محصول می‌شود (۸ و ۲۰).



شکل ۶ - پروفیل نیترات خاک در تیمارهای مختلف

بیلان نمک

ورود نمک در کلیه تیمارها از طریق آب آبیاری بود. املاح موجود در آب آبیاری و در شرایط اولیه خاک مورد استفاده به‌ترتیب دارای شوری ۰/۸ و ۰/۲ دسی‌زیمنس بر متر بودند. میزان نمک ورودی و خروجی در تیمارهای مختلف به‌ترتیب باتوجه به میزان آبیاری صورت پذیرفته و حجم زهاب خروجی و با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید:

$$TDS\ (mg/lit) = 640\ EC \qquad (۲)$$

بدیهی است که مقادیر نمک ورودی در تیمار FD نسبت به تیمارهای CD به دلیل میزان آبیاری بیشتر، بالاتر بود. به‌دلیل

عدم وجود زهاب در تیمارهای CD، خروج نمک از این طریق، در این تیمارها مشاهده نگردید، اما در تیمار FD، براساس اندازه‌گیری‌های کیفیت و حجم زهاب بعد از هر آبیاری، میزان املاح خروجی برابر با ۷۱۶۱۶/۲ میلی‌گرم نمک به‌دست آمد. این میزان نمک خروجی در تیمار FD، ۶۳ درصد کل املاح ورودی می‌باشد. بنابراین، در تیمارهای زهکشی کنترل شده هیچ‌گونه املاحی از طریق زهاب تخلیه نشده، درحالی‌که در تیمار زهکشی آزاد، به سبب شرایط مناسب برای آب‌شویی نمک زیادی را از طریق زهاب تولیدی دفع کرده است.

در شکل (۷)، پروفیل شوری خاک تمام تیمارها، در انتهای فصل رشد ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، به‌طورکلی میزان تجمع املاح موجود در خاک در تیمار FD نسبت به تیمارهای CD به‌طور معنی‌داری کمتر بوده است. دلیل این امر، وجود آب‌شویی مناسب در تیمار زهکشی آزاد است که باعث گردیده ۶۳ درصد نمک ورودی از طریق زهاب خارج گردد. از طرفی در تیمارهای CD، به دلیل عدم وجود زهاب، املاح ورودی تجمع پیدا کرده‌اند و باعث شورتر شدن پروفیل خاک نسبت به تیمار FD شده است، اما باتوجه به اینکه حد آستانه تحمل به شوری در ذرت علوفه‌ای ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد و اینکه متوسط شوری پروفیل خاک در تیمارهای CD در طول دوره اعمال تیمار پایین‌تر از این حد بود، عدم تخلیه املاح در طول فصل موجب کاهش محصول نشده است. بدیهی است تداوم این مدیریت می‌تواند در درازمدت سبب تجمع املاح در خاک شود که این معضل را می‌توان با مدیریت آب‌شویی در خارج از فصل کشت کنترل کرد. مطالعات انجام شده نیز مؤید نتایج به‌دست آمده در این مطالعه درخصوص کاهش حجم زهاب، تجمع بیشتر نمک و افزایش شوری خاک می‌باشد (۱۳). اگرچه زهکش کنترل شده منجر به کاهش خروج املاح می‌گردد، اما برای جلوگیری از شوری خاک، آب‌شویی خاک را می‌توان در زمانی که شوری خاک به حد آستانه گیاه رسیده باشد و یا در فصل زمستان که محدودیت منابع آب وجود ندارد، انجام داد (۱۲).

در تمام تیمارها، لایه‌های سطحی به دلیل تبخیر – تعرق بیشتر، دارای EC بیشتری می‌باشند. از طرفی در تمام تیمارهای از سطح خاک به عمق خاک تقریباً روندی کاهشی در شوری خاک مشاهده می‌گردد، اما در تیمار FD، در اعماق خاک، به‌دلیل آب‌شویی بیشتر نسبت به تیمارهای CD، مقادیر نمک بیشتری تجمع نموده‌اند. همچنین در تیمارهای CD به‌دلیل وجود ذخیره رطوبتی بیشتر در لایه‌های تحتانی و زمینه مساعد توزیع مجدد رطوبت، در عمق‌های پایین‌تر پروفیل شوری یکنواخت‌تری را نسبت به تیمار FD رقم زده است.

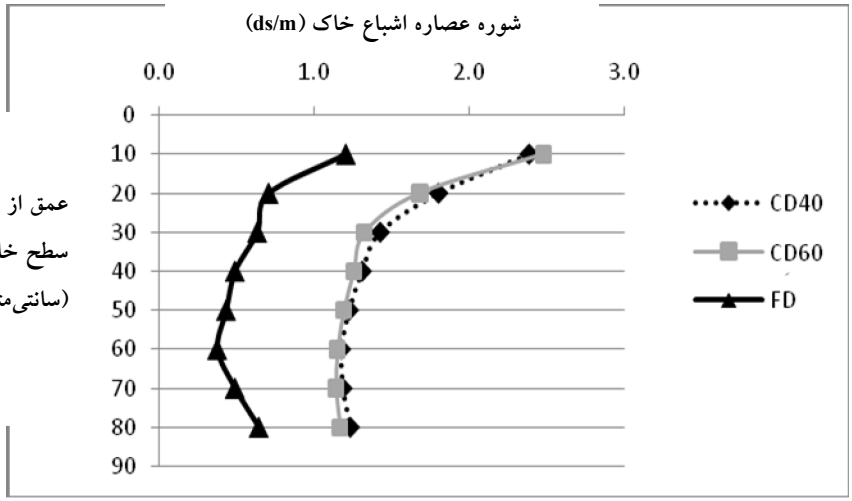
نتیجه‌گیری

به‌دلیل تفاوت موجود در وضعیت زهکشی تیمارها، زهاب تولیدی و نگهداشت رطوبت در بین آبیاری‌ها متفاوت بود. در شرایطی که میزان تلفات آبیاری در حد زیادی باشد با کنترل کردن میزان زهکشی، سطح آب موجود در لایه تحتانی می‌تواند تا تراز زهکش‌های کنترل شده بالا بیاید. در این مطالعه، به‌دلیل مصرف آب از لایه‌های تحتانی در شرایط زهکشی کنترل شده و محدود بودن میزان تلفات آبیاری (در طول یک فصل اعمال تیمار)، سطح آب در حد تراز زهکش‌ها بالا نیامد و درنتیجه اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای CD حاصل نگردید، اما تفاوت موجود در بین تیمارهای CD در میزان مصرف مفید گیاه، زهاب تولیدی، عملکرد و جذب نیترات توسط گیاه در مقایسه با زهکشی آزاد بود.

اثر مدیریت سطح ایستابی بر بیلان نمک و نیترات در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مقدار آبیاری در کل دوره رشد گیاه برای تیمارهای FD، CD40 و CD60 به‌ترتیب برابر ۲۲۲/۲، ۱۹۴/۱ و ۱۹۳/۸ لیتر بود که بر این اساس مقادیر نیترات و نمک ورودی نیز متفاوت بود. در تیمارهای CD، به‌دلیل عدم وجود زهاب، خروج نیترات و نمک از این طریق مشاهده نشد. میزان کل نیترات باقیمانده در پروفیل خاک در انتهای فصل رشد در تیمار FD، به‌ترتیب ۱/۶۵ و ۱/۶۱ برابر تیمارهای CD40 و CD60 بود که نشان می‌دهد نه تنها در تیمارهای CD نیتراتی از طریق زهاب خارج نگردیده بلکه مقادیر نیترات بیشتری به‌وسیله گیاه جذب شده است. در تیمار FD، به دلیل فراهم بودن شرایط آب‌شویی و دفع زهاب، ۶۳ درصد نمک ورودی و ۲۰/۸ درصد نیترات ورودی از طریق زهاب تولیدی خارج شد. مقادیر شوری

پروفیل خاک در تیمار FD در انتهای دوره کشت نشان داد، به‌دلیل امکان آب‌شویی در طول فصل، شوری در تمامی اعماق تیمار FD نسبت به تیمارهای CD کمتر بود، اما درنهایت وجود شرایط مناسب برای جذب آب و نیترات بیشتر، در تیمارهای زهکشی کنترل شده باعث افزایش عملکرد این تیمارها نسبت به تیمار زهکشی آزاد گردید.

زهکشی کنترل شده می‌تواند با افزایش راندمان مصرف کود زمینه را برای کاهش مقدار کود مصرفی فراهم آورد که این به نوبه خود باعث کاهش غلظت نیترات آب‌شویی شده و کاهش خسارات ناشی از آن به محیط زیست می‌شود. درنهایت، می‌توان گفت روش زهکشی کنترل شده، شیوه‌ای مناسب، در جهت ارتقای سطح کارایی سیستم‌های زهکشی مرسوم به لحاظ اقتصادی و زیست محیطی می‌باشد.



شکل ۷ – پروفیل شوری در انتهای دوره رشد در تیمارهای مختلف

منابع مورد استفاده

۱ . مریدنژاد ع ر (۱۳۸۷) بازنگری برخی ضوابط طراحی شبکه‌های زهکشی کشور. مجموعه مقالات پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. صص ۱۷۴–۱۵۱.

2 . Ayars JE, Christen EW and Hornbuckle JW (2006) Controlled drainage for improved water management in arid regions irrigated agriculture. Agricultural Water Management 86: 128-139.

3 . Di HJ and Cameron KC (2002) Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. Nutr. Cycl. Agroecosyt. 46: 237-256.

4 . Doering EJ, Benz LC and Reichman GA (1982) Shallow-water-table concept for drainage design in semiarid and subhumid regions. IN American Society of Agricultural Engineers (ed.) Advances in Drainage, Proceedings of the fourth National Drainage Symposium. Vol. ASAE Publication 12-82, American Society of Agricultural Engineers, St Joseph, Mich. Pp. 34-41.

5 . Drury CF, Tan CS, Gaynor JD, Oloya TO and Welacky TW (1996) Influence of controlled drainage-subirrigation on surface and tile drainage nitrate loss. J. Environ. Qual. 25: 317-324.

6 . Drury CF, McKenney DJ, Findlay WI and Gaynor JD (1993) Influence of tillage on nitrate loss in surface runoff and tile drainage. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 797-802.

7 . Evans RO, Skaggs RW and Gilliam JW (1995) Controlled drainage versus conventional drainage effects on water quality. Irrig. Drain. Eng. 121(4): 271-276.

8 . Fisher MJ, Fausey NR, Subler SE, Brown LC and Bierman PM (1999) Water table management, nitrogen dynamics and yields of corn and soybean. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 1786-1795.

9 . Fausy NR, Brown LC, Belcher HW and Kanwar RS (2001) Drainage and water quality in great lakes and Corn Belt states. Irrig. and Drain Engrg. ASCE. 121(4): 283-288.

10 . Gilliam JW, Baker JL and Reddy KR (1999) Water Quality Effects of Drainage in Humid Regions. In R. W. Skaggs and J. Van Schilfgaarde (eds.) Agricultural Drainage. Agronomy Monograph No. 38. American Society of Agronomy. Madison, WI. Pp. 801-830.

11 . Goss MJ, Barry DAJ and Rudolph DL (1998) Contamination in Ontario farmstead domestic wells and its association with agriculture. 1. Results from drinking water wells. Contamin. Hydrol. 32: 267-293.

12 . Hornbuckle J, Christen E, Ayars J and Faulker RD (2005) Controlled water table management as a strategy for reducing salt loads from subsurface drainage under perennial agriculture in semi-arid Australia. Irrigation and Drainage Systems 19: 145-159.

13 . Hornbuckle J, Christen EW, Ayars JE and Faulkner RD (2003) Controlled water table management as a strategy for reducing salt loads from subsurface drainage under perennial agriculture in semi-arid Australia, 9th Int. Drainage workshop.

14 . Jebellie SJ, Prasher SO and Clemente RS (1999) Effect of subirrigation on the mobility of atrazine. Transaction of ASAE 42(2): 391-402.

15 . Kimetu JM, Mugendi DN, Bationo A, Palm CA, Mutuo PK, Kihara J, Nandwa S and Giller K (2006) Partial balance of nitrogen in a maize cropping system in humic nitisol. Nutrient Cycling in Agroecosystems 76: 261-270.

16 . Luo W, Jia Z, Fang S, Wang N, Liu J, Wang L, Tian S and Zhang Y (2006) Outflow reduction and salt and nitrogen dynamics at controlled drainage in the YinNan Irrigation District, China. Agr. Water Management 95: 809-816.

17 . Madramootoo CA (1996) Drainage practices and biological systems for environmental protection. Proc., 6th ICID Drainage workshop: Drainage and the envir., Slovenian Nat. Committee on Irigg. and Drainage, Ljubljana, Slovenian. Pp. 50-59.

18 . Ng HYF, Tan CS, Drury CF and Gaynor JD (2001) Controlled drainage and subirrigation influences tile nitrate loss and corn yields in a sandy loam soil in Southwestern Ontario. Agriculture, Ecosystems and Environment 90: 81-88.

19 . Noory H and Liaghat A (2009) Water Table Management to Improve Drainage Water Quality in Semiarid Climatic Conditions of Iran. Irrigation and Drainage Engineering (ASCE) 135(5): 665-670.

20 - Osmond DL, Gilliam JW and Evans RO (2002) Riparian Buffers and Controlled Drainage to Reduce Agricultural Nonpoint Source Pollution, North Carolina Agricultural Research Service Technical Bulletin 318, North Carolina State University, Raleigh, NC.

21 . Randall GW and Goss MJ (2001) Nitrate losses to surface water through subsurface, tile drainage. In R. F. Follett and J. L. Hatfield (ed.). Nitrogen in the environment: Sources, problems, and management. Elsevier Science B.V., The Netherlands. Pp. 95-122.

22 . Skaggs RW, Mohamed AY and Evans RO (2005) Agricultural drainage management: Effects on water conservation, N loss and crop yields. 2nd Agricultural Drainage and Water Quality Field Day, University of Minnesota – Southwest Research & Outreach Center, Lamberton Minnesota.

23 . Skaggs RW, Breve MA and Gilliam JW (1994) Hydrologic and water quality of agricultural drainage. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 24: 1-32.

24 . Wesström I and Messing I (2007) Effects of controlled drainage on N and P losses and N dynamics in a loamy sand with spring crops. Agr. Water Management 87: 229-240.

Control of Salinity and Nitrate Losses in Drainage Water under Water Table Management

H. Molavi* [1], M. Parsi nejad [2] and A. M. Liyaghat [3]

(E-mail: molavihossein@gmail.com)

Abstract

Controlled drainage is one of the strategies to reduce negative environmental effects in conventional drainage systems. This study examines the effect of controlled drainage on quality and quantity of drainage water, specifically amounts of salt and nitrate in drainage water, and nitrate uptake by maize (SC 704) with sandy loam soil texture in Karaj. The experiment was performed as a randomized complete design including three treatments with three replications: free drainage (FD) and controlled drainage with 40 cm (CD40) and 60 cm (CD60) controlled water tables. Irrigation intervals were based on MAD = 0.65 in FD treatment. For all treatments, irrigation depths were determined based on deficiency of soil moisture from field capacity with 70 percent application efficiency. According to the research hypothesis, irrigation losses cause rising water table during the season, but the results showed that 30 percent irrigation losses during implementation in CD treatments did not raise the water table to the expected control levels due to increased consumption of plant. So between two water table control treatments, there was no significant difference. In FD treatment, which drainage water discharge was facilitated, both plant water consumption and yield were reduced. Effect of water table management was significant ($p< 0.01$) on nitrate and salt balance. Volume of drainage water in FD treatment was 34.8 percent of total gross irrigation whereas in CD treatments no drainage water was produced. In FD treatment, due to appropriate leaching conditions, salt and nitrate levels in drainage water was 63 and 20.8 percent of amount of input salt and nitrate, respectively. While in CD treatments due to controlled conditions, salt and nitrate leaching was not observed. At the end of cultivation period, measured values showed that nitrate accumulation in soil profile were greater in FD treatment than CD treatments. This observation shows that under CD treatments, as compared with FD treatment, plant nitrogen absorption is increased which is reflected by higher crop production. At the end of the growing season, however due to lack of leaching in CD treatments, a higher salt accumulation is observed in soil profile but this can be managed with leaching of salts during the off-season periods.

Keywords: Controlled drainage, Drainage water, Leaching, Maize, Nitrate, Salinity

---

1 – M.Sc. Former Student, Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil Sciences, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Alborz - Iran **(Corresponding Author*)**

2 – Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil Sciences, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Alborz - Iran

3 – Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Water and Soil Sciences, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Alborz - Iran