نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۵، آذر - دی ۱۳۹۰، ص. ۱۱۰۵-۱۰۹۶

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 5, Nov-Des 2011, p. 1096-1105

تاثیر مدیریت آب زیرسطحی بر زه‌آب تولیدی، عملکرد، الگوی توزیع ریشه، تبخیر و تعرق و کارایی مصرف آب

(مطالعه موردی: ذرت علوفه‌ای-کرج)

حسین مولوی[1*]- مسعود پارسی نژاد[2]- عبدالمجید لیاقت[3]

تاریخ دریافت:۸۹/۸/۱۱
تاریخ پذیرش:۹۰/۳/۲۴

چکیده

یکی از راهکارهای افزایش کارایی اقتصادی و زیست محیطی سیستم‌های زه‌کشی سنتی، زه‌کشی کنترل شده است. این تحقیق به بررسی اثر زه‌کشی کنترل شده بر عملکرد، الگوی توزیع ریشه و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای (رقم SC 704) در اقلیم کرج پرداخته است. سه تیمار در قالب طرح کاملا تصادفی، شامل دو تیمار کنترل سطح ایستابی در عمق‌های ۴۰ (CD40) و ۶۰ سانتی‌متر (CD60) و یک تیمار زه‌کشی آزاد (FD)، با سه تکرار در نظر گرفته شد. ایستگاه لایسی‌متری مجهز به سیستم زهکشی و سیستم کنترل سطح ایستابی بود. زمان‌بندی و مقدار آبیاری کلیه لایسی‌مترها با توجه به زمان رسیدن رطوبت خاک به حد تخلیه رطوبتی، به‌میزان ۶۵ درصد، تعیین شد. مقدار آبیاری تمام تیمارها، بر اساس جبران کمبود رطوبتی برای رسیدن به حد ظرفیت زراعی و با اعمال راندمان ۷۰ درصد صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که در تیمارهای CD، به‌دلیل مصرف مفید گیاه از مقادیر آب نفوذ یافته موقعیت سطح ایستابی در دو تیمار CD، تفاوت معنی‌داری نداشت. علی‌رغم اینکه میزان ناخالص آبیاری در تیمار FD بیشتر از تیمارهای CD بود ولی در تیمار FD، به‌دلیل فراهم بودن شرایط دفع زه‌آب، میزان مصرف مفید توسط گیاه کاهش یافت. اثر مدیریت سطح ایستابی بر روی عملکرد، حجم آبیاری، وزن خشک ریشه و کارایی مصرف آب در سطح ۱درصد معنی‌دار بود. حجم زه‌آب خروجی تیمارFD، ۳۴/۸ درصد مقدار آبیاری ناخالص و برای تیمارهای زه‌کشی کنترل شده برابر صفر درصد بود. وزن خشک علوفه در تیمارهای FD، CD40 و CD60 به‌ترتیب برابر ۳/۹۴، ۶/۳۸ و ۶/۵۶ کیلوگرم بر مترمربع بود. وزن خشک کل ریشه، در تیمارFD نسبت به تیمارهای CD، به‌میزان ۴۳/۷ درصد بیشتر شد. همچنین مدیریت سطح ایستابی باعث تغییر محسوس الگوی توزیع ریشه، در تیمارهای CD نسبت به FD گردید. تیمار FD با کارایی مصرف آب۵/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب دارای حداقل کارایی مصرف آب در بین تیمارها بود، در حالی که کارایی مصرف آب آبیاری برای تیمارهای CD40 و CD60 به‌ترتیب ۹/۸۷ و ۱۰/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. در نهایت، نتایج به‌دست آمده نشان داد، راهکارهای مدیریتی تخلیه زه‌آب با استفاده از روش زه‌کشی کنترل شده، علاوه بر کنترل میزان زه‌آب تولیدی می‌تواند در کارایی مصرف آب گیاهان موثر باشد.

واژه های کلیدی: الگوی توزیع ریشه، ذرت علوفه‌ای، زه‌کشی کنترل شده، عملکرد، کارایی مصرف آب

مقدمه

اجرای سیستم‌های زه‌کشی سنتی معمولاً باعث زه‌کشی بیش از حد اراضی و در نتیجه هدررفت بیشتر آب و کودهای شیمیایی می‌گردد، در حالی که با توجه به مسائل کمبود آب و ملاحظات زیست محیطی خارج کردن آب از زمین باید فقط در مواقع لزوم انجام شود. زه‌کشی کنترل شده از روش‌های مدیریت سطح ایستابی که می‌تواند در جهت افزایش کارایی مصرف آب گیاهان و کنترل زه‌آب تولیدی موثر واقع شود. در این روش، با مدیریت تراز خروجی زهکش، می‌توان سطح آب را در داخل خاک در حدی مطلوب حفظ کرد، به‌طوری‌که گیاه بتواند به کمک نیروی موئینه‌ای از آب ذخیره شده، استفاده کند و در عین حال، به گیاه آسیبی از نظر ماندابی شدن وارد نگردد. زه‌کشی کنترل شده نباید با آبیاری زیرزمینی اشتباه گرفته شود، هر چند مفهوم این دو به یکدیگر نزدیک است. در آبیاری زیرزمینی جریان ورود و خروج آب برخلاف روش‌های معمول آبیاری می‌باشد، به‌طوری‌که در این روش، از طریق لوله‌های زهکش جریان آب وارد می‌شود و با مدیریت سطح ایستابی در حد معین، از طریق صعود مویینگی در

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و استاد گروه آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: molavihossein@gmail.com)

اختیار گیاه قرار می‌گیرد، اما 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. بنابراین در آبیاری زیرزمینی سطح ایستابی همیشه در عمق مورد نظر ثابت است اما در زه‌کشی کنترل شده، عمق سطح ایستابی دارای نوسان می‌باشد.

اسکگز و همکاران (۱۵) بیان نمودند، در وضعیت‌هایی که آب کافی در دسترس نیست زه‌کشی کنترل شده از تخلیه بیش از حد آب، جلوگیری می‌کند و همین‌طور آغاز تنش آبی گیاه را به تاخیر می‌اندازد. پارسونز و همکاران (۱۱) افزایش ۴ تا ۱۱ درصدی عملکرد ذرت را طی آزمایش پنج ساله زه‌کشی کنترل شده مشاهده نمودند. آهونن (۶) در فندلاند تحقیقاتی بر روی زه‌کشی کنترل شده در کشت سیب زمینی انجام داد که ۱۰ درصد افزایش محصول را مشاهده نمود. وستروم و همکاران (۱۸) در جنوب سوئد اثرات زه‌کشی کنترل شده بر روی حجم زه‌آب خروجی بررسی نمودند. آزمایشات آنها در یک کرت ۰/۲ هکتاری با خاک شن لومی و چهار لوله زهکش با فاصله ۱۰ متر از هم بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۸ انجام شد. نتایج نشان داد که زه‌کشی کنترل شده اثر بسیار مشهودی بر حجم زه‌آب خروجی داشت، به‌طوری‌که زه‌آب خروجی در سال اول ۷۹ درصد و در سال دوم ۹۴ درصد نسبت به زه‌کشی معمول کاهش داشت. مجیا و همکاران (۹) در یک تحقیق دو ساله اثرات مدیریت سطح ایستابی را بر روی ذرت و سویا بررسی نمودند. تیمارهای آنها شامل دو سطح ایستابی در عمق‌های ۵۰ ($CWT_{0.5}$) و ۷۵ ($CWT_{0.75}$) سانتی‌متری و یک تیمار زه‌کشی آزاد با عمق آب زیرزمینی یک متر بود. نتایج نشان داد که در سال ۱۹۹۵ محصول ذرت در تیمار $CWT_{0.5}$، ۱۳/۸ درصد و در تیمار $CWT_{0.75}$، ۲/۸ درصد بیشتر از محصول به‌دست آمده در زه‌کشی آزاد بود. تحقیقات پتل و همکاران (۱۲) در بررسی آبیاری زیرزمینی در مناطق خشک در شرایط شبیه‌سازی شده این مناطق در ایالت کبک کانادا، افزایش ۵۹ درصد محصول سیب زمینی و کاهش ۶۰ درصد آب آبیاری نسبت به زه‌کشی آزاد را نشان داد. ان‌جی و همکاران (۱۰) تحقیقی را به منظور بررسی تأثیرات زهکشی کنترل شده بر شستشوی نیترات و عملکرد محصول انجام دادند؛ نتایج تحقیقات آنها نشان داد که زهکشی کنترل شده نسبت به زهکشی معمولی باعث افزایش کارایی مصرف آب به میزان ۱۱ درصد، افزایش عملکرد محصول به میزان ۶۴ درصد، کاهش تلفات نیتروژن به میزان ۳۶ درصد می‌شود. در پژوهشی که توسط اسکگز و همکاران (۱۷) در کارولینای شمالی 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 که مدیریت آب تحت زهکشی کنترل شده، باعث کاهش حجم زه‌آب در مقایسه با زهکشی متداول به میزان ۴۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌شود و بتبع آن بیانگر کاهش تلفات نیترات نیز هست. همچنین آنان بیان نمودند، تأثیر زهکشی کنترل شده در افزایش عملکرد کاملاً مشهود بود به گونه‌ای که عملکرد به طور میانگین به میزان ۵ درصد افزایش یافت. راموسکا و همکاران (۱۴) بیان کردند، مزایای زه‌کشی کنترل شده در مقایسه با زه‌کشی سنتی در سال‌های خشک بیشتر و معنی‌دار تر بود. نوری و همکاران (۵) در یک مطالعه لایسی‌متری، کاهش حجم زه‌آب را با کنترل سطح ایستابی و آبیاری زیرزمینی در کرج گزارش نمودند. آنان مشاهده کردند که حجم زه‌آب، بار تخلیه نیترات و هدایت الکتریکی زه‌آب در تیمارهای کنترل سطح ایستابی (۳۰، ۵۰ و ۷۰ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری نسبت به زهکشی آزاد، کاهش می‌یابد. در تیمارهای سطح ایستابی ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر به ترتیب، حجم زه‌آب ۵۰ و ۴۱ درصد نسبت به زهکشی آزاد کاهش یافت. اسمعیل‌نیا و همکاران (۱) در مقایسه زه‌کشی کنترل شده، آبیاری زیرزمینی و زه‌کشی آزاد، گزارش نمودند بیشترین عملکرد گوجه فرنگی، برای روش زه‌کشی کنترل شده و کمترین آن برای روش زه‌کشی آزاد به‌دست آمد.

بر اساس تحقیقات صورت پذیرفته زه‌کشی کنترل شده از روش‌هایی است که دارای مزایای زیادی از جمله کاهش حجم زه‌آب تولیدی، کاهش تلفات کودهای شیمیایی، کاهش آلودگی محیط زیست، افزایش تعرق، افزایش نسبی عملکرد و کارایی مصرف آب می‌باشد. این درحالی است که در خصوص مزایای مدیریت سطح آب، تحقیقات محدودی در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران صورت گرفته است. در صورتی که 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. از این نظر، با توجه به لزوم استفاده بهینه از منابع آب محدود به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، و همچنین افزایش حساسیت به لزوم رعایت ملاحظات زیست محیطی در جهت پایداری منابع طبیعی، هدف از این تحقیق بررسی استفاده از روش زه‌کشی کنترل شده در اقلیم خشک و نیمه‌خشک ایران بوده است، تا میزان تاثیر این روش بر عملکرد، توزیع ریشه و کارایی مصرف آب از یک سو و کنترل حجم زه‌آب تولیدی از سوی دیگر مشخص شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج 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 کاملا تصادفی، شامل دو تیمار کنترل سطح ایستابی در عمق‌های ۴۰

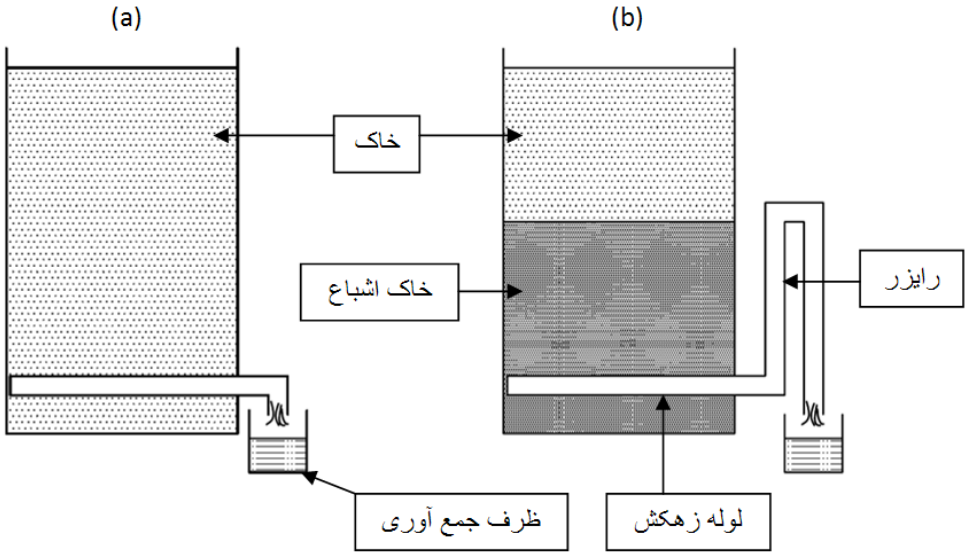
(CD40) و ۶۰ سانتی‌متر (CD60) و یک تیمار زه‌کشی آزاد (FD)، با سه تکرار در نظر گرفته شد. مطالعه در ایستگاه لایسی‌متری و با استفاده از خاک با بافت سبک، که به‌طور یکنواخت و با تراکم یکسان پر شده بود، انجام گردید. به تهیه خاک با بافت سبک و یکنواخت گردید. خاک مورد استفاده، دارای ۷۱ درصد شن، ۱۵ درصد رس و ۱۴ درصد سیلت (خاک لوم شنی) با وزن مخصوص ظاهری ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌مترمکعب بود.

نه لایسی‌متر از جنس پلی اتیلن به قطر ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰سانتی‌متر، جهت کشت ذرت علوفه‌ای (رقم704 SC) مورد استفاده قرار گرفت. برای خارج کردن آب اضافی از لایسی‌مترها، لوله زهکش به قطر ۵ سانتی‌متر و طول ۶۰ سانتی‌متر در عمق ۸۰ سانتی‌متری از سطح خاک نصب و به منظور جلوگیری از ورود ذرات خاک و شستشوی آن توسط جریان آب به درون لوله های زهکش از نوعی صافی ژئوتکستایل استفاده شد. علاوه بر صافی ژئوتکستایل، در جهت سهولت جریان تخلیه در اطراف لوله زهکش از پوشش گراول به ضخامت ۵ سانتی‌متر استفاده شد.

در تیمار FD خروجی زهکش آزاد بود ولی در تیمارهای کنترل سطح ایستابی (CD)، خروجی زهکش به وسیله تعبیه رایزرهایی در محل خروجی محدود گردید (شکل ۱). با تغییر طول رایزر امکان کنترل سطح آب در اعماق مختلف فراهم بود. جمع آوری و اندازه-گیری زه‌آب خروجی در تیمار FD، با استفاده از ظروفی در زیر لوله زهکش انجام شد. در تیمارهای CD، بوسیله نصب دو زانویی و یک لوله به انتهای رایزرها، زه‌آب خروجی به داخل ظروف جمع‌آوری زه‌آب هدایت گردید. طرح شماتیک لایسی‌مترها برای اعمال تیمارهای مختلف، در شکل ۱ قابل مشاهده است.

کشت مورد نظر ذرت (رقم SC 704) بود که در تاریخ ۱۳۸۹/۲/۲۸ کاشته شد. در هر لایسی‌متر چهار بذر به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم قرار داده شد. تا مرحله استقرار گیاه، به‌دلیل عمق کم ریشه‌ها، آبیاری در تمام تیمارها به یک مقدار مشابه و به صورت سطحی و بر اساس میزان تبخیر از تشت کلاس A با استفاده از اطلاعات ایستگاه هواشناسی که در مجاورت محل مطالعه بود، انجام شد. سپس اعمال تیمار از تاریخ ۱۳۸۹/۴/۴ صورت پذیرفت. اندازه-گیری انجام شده نشان داد، آب آبیاری مورد استفاده، دارای شوری ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر بود. در طول فصل کشت هیچ‌گونه بارندگی رخ نداد و تمامی کمبود رطوبتی خاک از طریق آبیاری تامین گردید. اندازه‌گیری‌های انجام شده با استفاده از دستگاه صفحه فشاری (Pressure Plate) نشان داد، رطوبت حجمی خاک مورد استفاده در نقاط ظرفیت زراعی (FC) و پژمردگی دائم (PWP) به‌ترتیب برابر ۲۲/۲ و ۱۰/۶ درصد است. با توجه به خصوصیات شیمیایی خاک (جدول ۱) و مشاوره با کارشناس تغذیه خاک و گیاه، کود پتاسه (سولفات پتاسیم) و فسفره (سوپر فسفات) در یک نوبت قبل از کاشت و معادل ۲۵۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره معادل ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله کاشت، هشت‌برگی و سنبله‌دهی به صورت سطحی و یکسان در بین تمام تیمارها استفاده گردید.

زمان آبیاری کلیه لایسی‌مترها بر اساس تخلیه مجاز رطوبتی در تیمار زه‌کشی آزاد و به‌میزان ۶۵ درصد در نظر گرفته شد، به عبارتی هر زمان که، ۶۵ درصد از رطوبت قابل استفاده گیاه در تیمار زه‌کشی آزاد تخلیه می شد، آنگاه در تمام تیمارها آبیاری با توجه به مقدار لازم جهت رفع کمبود رطوبتی خاک برای رسیدن به نقطه ظرفیت زراعی و با منظور داشتن راندمان آبیاری انجام می گرفت.



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

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک لایسی‌مترها

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

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 واسنجی شد که رابطه آن در زیر ارائه شده است:

$$y=2.055x + 8.854 \qquad R^2=0.96 \qquad (۱)$$

که در آن y، مقادیر اندازه‌گیری وزنی رطوبت و x، رطوبت اندازه‌گیری شده با دستگاه است. لازم به ذکر است در این رابطه رطوبت‌ها برحسب درصد رطوبت حجمی می‌باشد.

بدین ترتیب رطوبت حجمی خاک در ۸ عمق ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ و ۸۰ سانتی‌متر در طول دوره اعمال تیمار قرائت و مقادیر آبیاری تعیین می‌شد. آبیاری مورد نیاز در هر نوبت براساس قرائت رطوبت، در هر یک از لایه‌های ۱۰ سانتی‌متری نیمرخ خاک محاسبه و از طریق رابطه زیر تعیین می‌گردید. در نهایت، مقدار آبیاری خالص کل محاسبه و پس از منظور داشتن راندمان، مقدار کل آبیاری محاسبه می شد.

$$d_n = \sum_{i=1}^{8} 10 \times (\theta_{FC} - \theta_i) \qquad (۲)$$

که 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.

بدین ترتیب نحوه محاسبه مقادیر آبیاری و همچنین وضعیت اولیه رطوبت خاک در کلیه تیمارها مشابه در نظر گرفته شد. در طول دوره اعمال تیمار، میزان آبیاری و زه‌آب خروجی در تمام تیمارها اندازه‌گیری می‌شد.

برای محاسبه کارایی مصرف آب آبیاری از معادله زیر استفاده شد (۱۳):

$$IWUE = \frac{Y}{I} \qquad (۳)$$

که در آن IWUE: کارایی مصرف آب آبیاری بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، Y: عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم و I: کل آب آبیاری در طول فصل رشد بر حسب مترمکعب می‌باشد.

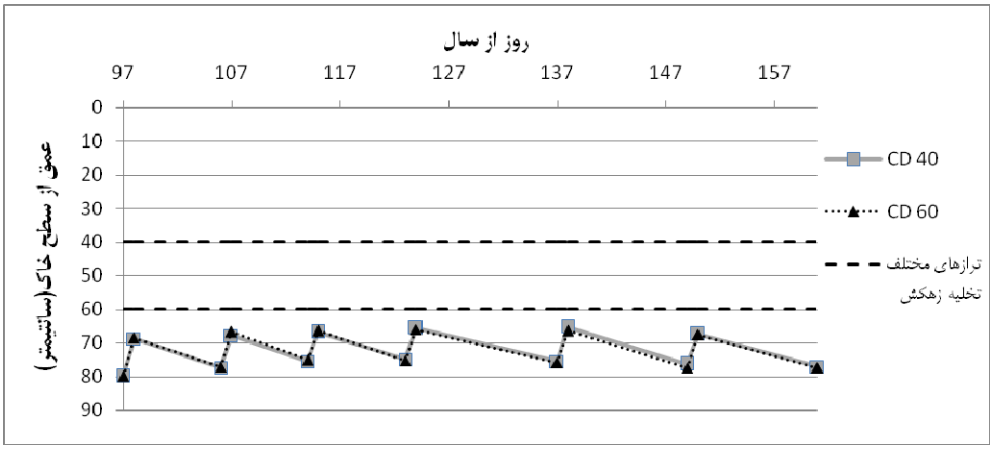
در تاریخ ۶ شهریور ماه ۱۳۸۹ محصول برداشت شد. سپس وزن تر و خشک علوفه ذرت، ارتفاع ذرت و وزن خشک ریشه در لایه‌های مختلف با استفاده از ترازوی‌های دیجیتالی و با دقت بالا اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن (Duncan) مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نوسانات سطح ایستابی و زه‌آب خروجی

نوسانات سطح ایستابی در تیمارهای زه‌کشی کنترل شده در شکل ۲ نمایش داده شده است. همانطور که مشخص است، سطح ایستابی در دو تیمارCD به سطوح تراز کنترل سطح آب مورد نظر (۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک) نرسیده و لذا حجم زه‌آب خروجی برابر صفر بود. براساس قرائت های انجام شده، بعد از هر آبیاری، در اثر نفوذ عمقی آب مازاد، سطح ایستابی بالا آمده، اما تا زمان آبیاری بعد اکثر ذخیره رطوبتی مصرف شده و سطح ایستابی در اغلب موارد به نقطه اولیه برمی‌گشته است. این نتایج بیانگر آن است که، آب مازاد در شرایط زه‌کشی کنترل شده بر خلاف شرایط زه‌کشی آزاد که به زه‌آب تبدیل می‌شده عمدتا بوسیله گیاه جذب شده است.

حجم کل زه‌آب خروجی در تیمار زه‌کشی آزاد برابر ۳۴/۸ درصد مقدار کل آبیاری گردید درحالی حجم زه‌آب خروجی از تیمارهای CD40 و CD60 برابر صفر درصد کل آبیاری بود. هر قدر هم برای شبیه‌سازی لایسی‌متر به شرایط طبیعی تلاش شود، وجود جریانات ترجیحی بخصوص از دیواره‌های لایسی‌مترها اجتناب ناپذیر خواهد بود، لذا در تیمار زه‌کشی آزاد بیشتر شدن درصد تلفات عمقی به صورت زه‌آب، از ۳۰ درصد تلفات عمقی در نظر گرفته شده، می‌تواند به‌دلیل وجود این جریانات در نیمرخ خاک بوده باشد. گیلیام و همکاران (۸) بیان کردند، زه‌کشی کنترل شده در دوره های خشکسالی، ممکن است باعث حذف زه‌آب خروجی شود. همچنین داراز خان و همکاران (۷) به بررسی اثر متقابل زه‌کشی کنترل شده (تراز کنترل سطح ایستابی ۱ متر) و مقدار آبیاری بر نوسانات سطح ایستابی و عملکرد محصول در منطقه‌ای که دارای منابع آب محدود و افت سطح ایستابی زیاد (حدود ۵/۳ متر) بود، پرداختند. آنها اعلام کردند، مقادیر بالایی از تلفات آبیاری می‌تواند با روش زه‌کشی کنترل شده در خاک ذخیره و در دوره خشکی مصرف شود و از این طریق باعث افزایش محصول و کارایی مصرف آب گردد، اما بالا آمدن سطح ایستابی بسته به موقعیت زمین و میزان آبیاری دارد.



شکل ۲- نوسانات سطح ایستابی در تیمارهای CD40 و CD60

عملکرد

نتایج جدول آنالیز واریانس (جدول ۲) نشان داد، مدیریت سطح ایستابی بر روی وزن تر و خشک علوفه و همچنین ارتفاع گیاه در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری داشته است. اثر مدیریت آبیاری بر روی وزن خشک و تر علوفه در شکل ۳ و بر روی ارتفاع ذرت در شکل۴ نمایش داده شده است. میانگین وزن خشک و تر علوفه و ارتفاع ذرت در تیمارهای CD دارای اختلاف معنی‌داری در مقایسه با تیمار زه‌کشی آزاد می‌باشد، اما به‌دلیل شرایطی که در قسمت قبل شرح داده شد، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای CD مشاهده نمی‌شود. وزن خشک علوفه در تیمارهای CD40 و CD60 به‌ترتیب ۱/۶ و ۱/۷ برابر وزن خشک علوفه در تیمار FD می‌باشد. حسین پور و امامزاده‌ای (۲) نشان دادند، کنترل سطح ایستابی در عمق ۶۰-۶۵ سانتی‌متری یک خاک لومی به روش زه‌کشی کنترل شده، باعث افزایش معنی داری در عملکرد سویا در مقایسه با زه‌کشی آزاد گردید. همچنین اسکگز و همکاران (۱۶) دو تیمار زه‌کشی کنترل شده و زه‌کشی آزاد را در ۴ هکتار خاک لوم شنی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، عملکرد گوجه فرنگی و ذرت در تیمار زه‌کشی کنترل شده به‌ترتیب ۴۴ و ۶۴ درصد بیشتر از تیمار زه‌کشی آزاد بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس پارامترهای گیاهی و مقدار آبیاری در پاسخ به روش زه‌کشی

		میانگین مربعات (M.S)			
منابع تغیرات	درجه آزادی	مقدار آبیاری ناخالص	وزن خشک علوفه	ارتفاع گیاه	وزن خشک ریشه
مدیریت سطح ایستابی	۲	۸۰۰/۹۴ **	۰/۵۸ **	۱۵۳۹/۴۲ **	۴۶۴۳۸/۲۲ **
خطا	۶	۳/۰۸	۰/۰۰۴	۲/۸۴	۱

ns و*و**: بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

شکل ۳- وزن تر و خشک علوفه در تیمارهای مختلف[1]

شکل ٤- ارتفاع ذرت در انتهای فصل در تیمارهای مختلف

۱- حروف انگلیسی درج شده در بالای نمودارهای ستونی ارائه شده در این تحقیق، بیانگر سطوح معنی‌دار بودن بین تیمارهای مختلف و در سطح احتمال ۱درصد است.

کاهش نسبی عملکرد تیمار FD را می‌توان بعلت عدم دسترسی به آب کافی با توجه به حد تخلیه رطوبتی اعمال شده (MAD=۰/۶۵) دانست. ذرت گیاهی است که در هنگام مواجه با تنش خشکی بلافاصله برگ‌های خود را جمع و لوله‌ای شکل می‌نماید. در تیمار FD قبل از اعمال آبیاری‌ها بوضوح برگ‌های لوله‌ای شکل ذرت مشاهده می‌شد که نشان از تنش خشکی در این تیمار داشت. در حالی که برگ‌های ذرت در تیمارهای CD، در قبل از آبیاری‌ها نشان از شادابی گیاه داشت. در واقع زهکشی کنترل شده با کنترل دبی خروجی موجب می‌گردد ذخیرهٔ رطوبت در خاک محفوظ بماند و تلفات ازت و کودهای شیمیایی که از طریق زه‌آب انجام می‌شود به حداقل برسد، بدین ترتیب گیاه می‌تواند از خطرکمبود آب، با توجه به آب و کود ذخیره شده در امان بماند (۴).

کارایی مصرف آب آبیاری

مقادیر ناخالص آبیاری در تیمارهای مختلف در نمودار شکل ۵ ارائه شده است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر مدیریت سطح ایستابی بر حجم آبیاری ناخالص در سطح یک درصد معنی دار است. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد، تیمارهای کنترل سطح ایستابی با تیمار شاهد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند ولی اختلاف معنی داری بین تیمار CD40 و CD60 وجود ندارد.

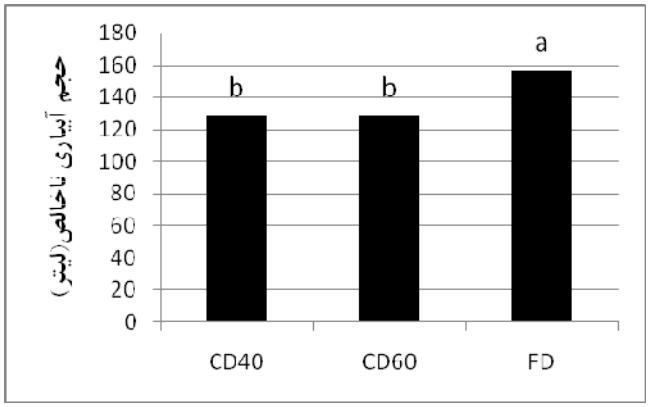
اعمال کنترل در تیمارهای CD باعث گردیده تا از خروج تلفات آبیاری جلوگیری شده و زمینه ذخیره بیشتر رطوبت در خاک فراهم شود. ذخیره آب، طی روزهای بین دو آبیاری از طریق صعود موئینه، باعث توزیع مجدد رطوبت نیمرخ خاک شده و علی رغم طولانی بودن دور آبیاری، با توجه به ضریب تخلیه رطوبتی اعمال شده، تیمارهای CD از کمبود رطوبتی کمتری رنج بردند. بدین ترتیب حجم آبیاری ناخالص تیمار FD، نسبت به تیمارهای CD به‌ترتیب ۱۲/۷ درصد بیشتر شده است.

مصرف خالص (تبخیر و تعرق) در تیمار FD، با در نظر گرفتن مقدار زه‌آب خروجی و مقدار آبیاری ناخالص و در تیمارهای زه‌کشی کنترل شده با احتساب مقدار آب ذخیره شده در خاک و حجم ناخالص آبیاری محاسبه گردید. بر این اساس مصرف خالص در تیمارهای FD، CD40 و CD60 به‌ترتیب ۳۴۰/۳۴، ۴۱۶/۱۲ و ۴۱۶/۶۱ میلی‌متر به‌دست آمد (شکل ۶). علی‌رغم حجم آبیاری ناخالص بیشتر در تیمارFD، این تیمار دارای مصرف خالص کمتری نسبت به سایر تیمارها می‌باشد زیرا هر چه آب راحت‌تر در اختیار گیاه باشد شدت تبخیر و تعرق نیز افزایش می‌یابد.

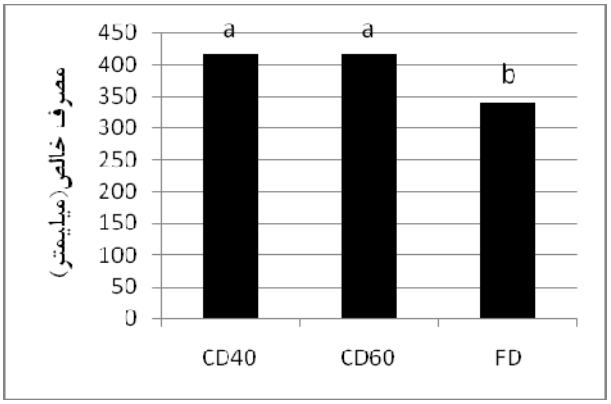
از آنجاکه قبل از اعمال تیمار براساس تشت تبخیر کلاسA، به تمامی تیمارها ۶۵/۵ لیتر آب داده شد که این مقدار نیز، در محاسبه کل آب آبیاری در طول فصل و در نتیجه کارایی مصرف آب آبیاری منظور گردیده است.

نتایج نشان داد، کم بازده‌ترین تیمار، تیمار FD با کارایی مصرف آب ۵/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. کارایی مصرف آب برای تیمارهای CD40 و CD60 به‌ترتیب ۹/۸۷ و ۱۰/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد (شکل ۷).

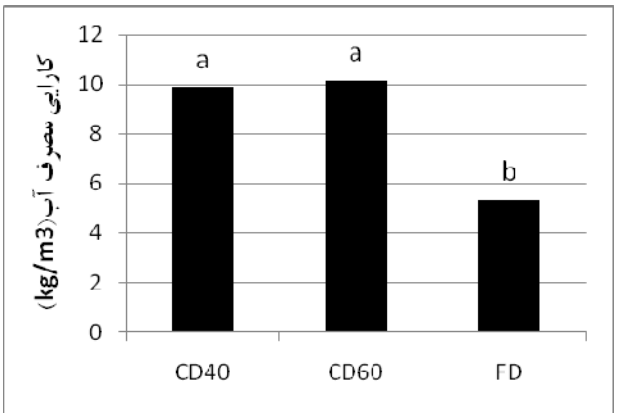
به عبارتی کارایی مصرف آب تیمارهای CD40 و CD60 به‌ترتیب ۱/۸۵ و ۱/۹ برابر کارایی مصرف آب تیمار زه‌کشی آزاد می‌باشد. بنابراین تیمارهای زه‌کشی کنترل شده علاوه بر این که آب کمتری مصرف نموده‌اند، دارای عملکرد بیشتری نیز بوده‌اند و در نتیجه از کارایی مصرف آب بالاتری نیز برخوردار می‌باشند. اسمعیل نیا و همکاران (۱) در یک مطالعه لایسی‌متری، به مقایسه زه‌کشی کنترل شده، آبیاری زیرزمینی و زه‌کشی آزاد در یک خاک لومی تحت کشت گوجه فرنگی پرداختند. نتایج نشان داد، کارایی مصرف آب در تیمارهای آبیاری زیرزمینی ($۲/۰۱ kg/m^3$) و زه‌کشی کنترل شده ($۰/۹۷ kg/m^3$) بیشتر از زه‌کشی آزاد ($۰/۵۶ kg/m^3$) بود.



شکل ۵- حجم ناخالص آبیاری در تیمارهای مختلف در طی اعمال تیمار



شکل ٦- مصرف خالص آب در تیمارهای مختلف طی اعمال تیمار

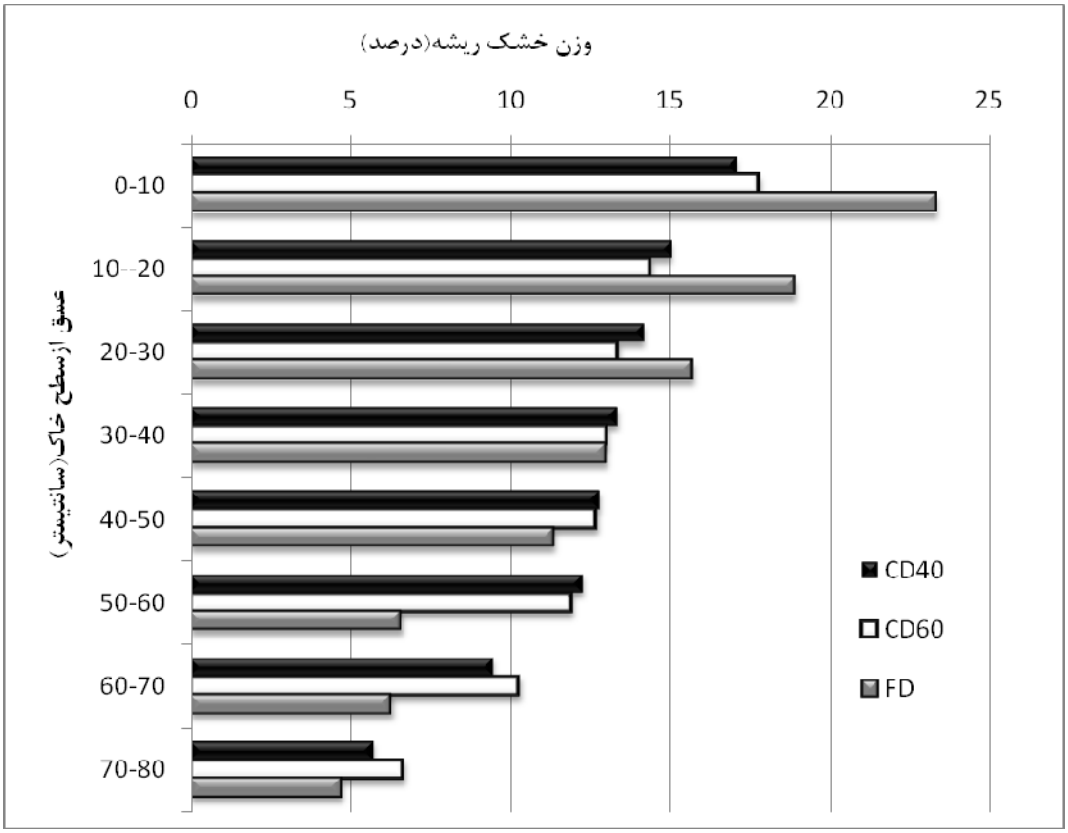


شکل ۷- کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف طی اعمال تیمار

جهت تعیین الگوی توزیع ریشه، خاک لایسی‌مترها به صورت لایه‌های ۱۰ سانتی‌متری خارج گردید و سپس با استفاده از یک الک، ریشه‌های هر لایه از خاک، جدا و پس از شستشو، درون آون قرار داده شد. اثر مدیریت سطح ایستابی بر وزن خشک ریشه در سطح ۱ درصد معنی دار است. وزن خشک ریشه در تیمار FD، CD40 و CD60 به‌ترتیب برابر ۴۹۳/۵، ۷۰۶/۲ و ۷۱۲/۶ گرم به‌دست آمد. مقایسه میانگین وزن خشک ریشه در تیمارهای گوناگون نیز اختلاف معنی‌دار را بین تیمارهای CD با تیمارFD نشان می‌دهد. اما همانطور که اشاره شد، به‌دلیل یکسان بودن شرایط بین تیمارهای CD اختلاف معنی داری بین تیمار CD40 وCD60 مشاهده نمی‌شود.

الگوی توزیع ریشه

الگوی توزیع ریشه در شکل ۸، برحسب درصد وزن خشک ریشه نشان داده شده است. به طور کلی وزن خشک ریشه کل نیمرخ خاک در تیمارFD از تیمارهای CD40 و CD60 به‌ترتیب به‌میزان ۴۳/۱ و ۴۴/۴ درصد بیشتر است. عملکرد گیاه نسبت مستقیمی با تراکم ریشه دارد زیرا گیاه برای افزایش تراکم ریشه‌های خود نیاز به انرژی دارد. این انرژی از طریق فتوسنتز تامین می‌گردد و لازمه فتوسنتز، باز بودن روزنه‌ها برای جذب دی‌اکسیدکربن و تعرق می‌باشد لذا تیمارهای زه‌کشی کنترل شده که دارای تبخیر و تعرق بیشتری بوده‌اند، عملکرد و تراکم ریشه بیشتری نیز دارند. الگوی توزیع ریشه در تیمار FD تاحدود زیادی از الگوی متداول ۴۰-۳۰-۲۰-۱۰ درصد پیروی می‌نماید اما در تیمارهای CD، الگوی توزیع ریشه به‌دلیل ذخیره رطوبتی بیشتر در قسمت تحتانی توسعه ریشه دستخوش تغییر شده است. بنابراین، تراکم ریشه در قسمت تحتانی ریشه تفاوت محسوسی نسبت به تیمار FD داشت. این موضوع بیان‌گر این واقعیت است که علی‌رغم اینکه سطح ایستابی در لایه‌های پایین‌تر از عمق ۶۰ سانتی‌متر بوده، اما به‌دلیل عدم تخلیه آب اضافی و وجود صعود مویینگی، رطوبت بیشتر در قسمت فوقانی ریشه باعث ترغیب بیشتر رشد ریشه در اعماق بالاتر از ۶۰ سانتی‌متر شده است. شریفی و همکاران (۳) نیز، در تحقیقی در یک خاک سیلتی لوم و تحت کشت سورگوم نشان داد، زه‌کشی کنترل شده میتواند الگوی توزیع ریشه را تا حدود زیادی دستخوش تغییر نماید. به گونه‌ای که در زه‌کشی کنترل شده (که تراز کنترل سطح ایستابی در عمق۴۰ سانتی‌متر از سطح خاک بود) در لایه‌های بالای سطح ایستابی به‌دلیل وجود شرایط صعود مویینه بهتر، درصد بیشتری از ریشه نسبت تیمار زه‌کشی آزاد وجود داشت و همچنین اینکه در تیمار زه‌کشی کنترل شده حدود ۹۸ درصد توزیع ریشه در ۴۰ سانتی‌متر اول بود.



شکل ۸- الگوی توزیع ریشه در تیمارهای مختلف بر حسب درصد وزن خشک ریشه

نتیجه‌گیری

به‌دلیل تفاوت موجود در وضعیت زه‌کشی تیمارها، زه‌آب 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 لایه های تحتانی در شرایط زه‌کشی کنترل شده، محدود بودن میزان تلفات آبیاری (در طول یک فصل اعمال تیمار) و بلندمدت نبودن آزمایش، سطح آب در حد تراز زهکش‌ها بالا نیامد ولی تفاوت موجود در بین تیمارها در میزان مصرف مفید گیاه و زه‌آب تولیدی در مقایسه با زه‌کشی آزاد بود.

مدیریت سطح ایستابی بر روی حجم آبیاری، حجم زه‌آب خروجی، وزن خشک و تر علوفه، وزن خشک ریشه و کارایی مصرف آب در سطح یک در صد معنی‌دار بود. حجم آبیاری ناخالص در تیمار FD نسبت به تیمارهای CD بیشتر بود اما عدم تخلیه آب در تیمارهای CD، باعث گردید که آب بیشتری در اختیار گیاه قرار گیرد و درنتیجه مصرف خالص گیاه در تیمارهای زه‌کشی کنترل شده نسبت به تیمار شاهد بیشتر باشد. این افزایش تبخیر و تعرق در تیمارهای CD، باعث افزایش عملکرد و رشد ریشه نسبت به تیمارFD شد. عدم خروج زه‌آب از تیمارهای CD یک مزیت بزرگ در راستای حفظ محیط زیست و کاهش صرف هزینه‌های کلان در جهت دفع و مدیریت زه‌آب می‌باشد. مدیریت آب در تیمارهای CD باعث تغییر در الگوی توزیع ریشه را شد. کارایی مصرف آب تیمارهای CD40 و CD60 به‌ترتیب ۱/۸۵ و ۱/۹ برابر کارایی مصرف آب تیمار زه‌کشی آزاد است که این نتیجه، دال بر بازدهی روش زه‌کشی کنترل شده نسبت به روشهای مرسوم زه‌کشی است. در نهایت می‌توان اظهار داشت روش زه‌کشی کنترل شده، شیوه‌ای در راستای مدیریت بهینه و جامع منابع آب کشور و همچنین روشی مناسب برای اصلاح سیستم‌های زه‌کشی سنتی موجود در جهت افزایش بازدهی اقتصادی و زیست محیطی و همچنین حفظ منابع آبی کشور می‌باشد.

منابع

۱- اسمعیل‌نیا س.، لیاقت ع.، حیدری ن. و اکرم م. ۱۳۸۴. مطالعات لایسی‌متری روش‌های سطح ایستابی برای آبیاری گوجه فرنگی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۶ (۲۳): ۲۳-۱۳.

۲- حسین پور ف. و نوری امامزاده‌ای م. ر. ۱۳۸۷. مقایسه تاثیر زه‌کشی آزاد (سنتی) و زه‌کشی کنترل شده بر عملکرد سویا. دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زه‌کشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. بهمن ۱۳۸۷.

۳- شریفی ن. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر توامان شوری آب آبیاری و عمق سطح ایستابی در عملکرد محصول سورگوم. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه آبیاری و آبادانی. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج. دانشگاه تهران.

۴- علیزاده ا. ۱۳۸۴. رابطه آب، خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد.

۵- نوری ح.، لیاقت ع.، فرداد ح. و چایی‌چی م. ۱۳۸۶. بهبود کیفیت آب زهکشی با استفاده از مدیریت سطح ایستابی در یک منطقه نیمه خشک ایران. مجله آبیاری و زهکشی ایران، سال اول- شماره یک. صفحه ۴۸-۴۱.

6- Ahonen J. 1991. Aplication of controlled drainage and subirrigation in Finland. MSc Thesis, Helsinky Univ. of Technology. Lab. of Water Resources Engineering. Espoo. Finland

7- Daraz khan G., Latif M., and Hassan S. 2003. The Role of controlled drainage under drought conditions in an irrigated area in NWFP, Pakistan. Irrig. and Drain. 52: 147–162.

8- Gilliam J.W., and Skaggs R.W. 1986. Drainage control to reduce nitrate loss from agricultural field. Journal of environmental Quality 8 (1): 137-142.

9- Mejia M.N., Madramootoo C.A., and Broughton R.S. 2000. Infeluence of water tablr management on corn and soybean yields. Agricultural water management 46: 73-89.

10- Ng H.Y.F., Tan C.S., Drury C.F., and Gaynor J.D. 2001. Controlled drainage and subirrigation influences tile nitrate loss and corn yields in a sandy loam soil in Southwestern Ontario. J. Agriculture, Ecosystems and Environment. 90, 81–88.

11- Parsons J. E., Skaggs R.W., and Doty E.W. 1990. Simulation of controlled drainage in open – ditch drainage systems. Agric. Water Manage. 18: 301-316.

12- Patel R.M., Prasher S.O., and Bonnell R.B. 2000. Effect of water table depth, irrigation water salinity, and fertilizer application on root zone salt buildup. Canadian Agricultural Engineering Vol. 42. No.3 July/August/September: 111-115.

13- Payero J.O., Tarkalson D.D., Irmak S., Davison D., and Petersen J.L. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. Agric. Water Manage. 96, 1387–1397.

14- Ramoska E., Bastiene N., and Saulys V. 2009. Evaluation of controlled drainage efficiency in Lithuania.

15- Skaggs, R.W., N.R. Fausey, and B.H. Nolte. 1981. Water management model evaluation for north central OH. Trans. ASAE 24, 922–928.

16- Skaggs R.W. 1999. Water table management: Subirrigation and controlled drainage. In: Skaggs, R.W. and van Schilfgaarde, J. (eds.), Agricultural Drainage. pp. 695-718.

17- Skaggs R. W., Mohamed A.Y., and Evans R.O. 2005. Agricultural drainage management: Effects on water conservation, N loss and crop yields. 2nd gricultural Drainage and Water Quality Field Day, University of Minnesota – Southwest Research & Outreach Center, Lamberton Minnesota.

18- Wesström I., Messing I., Linnerar H., and Lindstroem J. 2000. Controlled drainage effects on drain outflow and water quality. Agr. Water Manage. 47, 85 – 100.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 5, Nov-Des 2011, p. 1096-1105

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۵، آذر - دی ۱۳۹۰، ص. ۱۱۰۵-۱۰۹۶

Impact of Subsurface Water Management on Drainage Water, Crop Yield, Root Distribution Pattern, Evapotranspiration and Water Use Efficiency

(Case study: Maize - Karaj)

H. Molavi[1*]- M. Parsinejad[2]-A. Liaghat[3]

Received:2-11-2010
Accepted:14-6-2011

Abstract

One of the ways to increase economic and environmental efficiency of drainage systems is water table management. Water table management consists of, controlled drainage and subirrigation. This study examines the effect of controlled drainage on yield, root distribution pattern and water use efficiency of maize (SC 704) in Karaj. The experiment was performed as a randomized complete design with three replicates including three treatments: free drainage (FD) and controlled drainage with 40 cm (CD40) and 60 cm (CD60) controlled water tables. Lysimetric station is equipped with drainage system and water table control system. Irrigation intervals in all of the lysimeters 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. The results showed that 30 percent irrigation losses during implementation of treatments in CD treatments did not cause rise of the water table to the desired control levels, due to extra consumption of plant. So between two water table control treatments there was no significant difference. In free drainage treatment which drainage water discharge was facilitated lower plant consumption were noted. Effect of water table management on yield, irrigation amount, root dry weight and water use efficiency was significant ($p<0.01$). Volume of drainage water in FD treatment was 34.8 percent of total gross irrigation and in CD treatments was zero percent. Despite the fact that amount of gross irrigation in FD treatment was more than CD treatments, but useful consumption was higher in CD treatments. Dry weight of silage in FD, CD40 and CD60 treatments were 3.94, 6.38 and 6.56 kg/m^2, respectively. Total root dry weight of FD treatment compared to CD treatments was 43.7 percent more. Also water table management led to remarkable changes in root distribution pattern in CD treatments compared to FD treatment. Lowest water use efficiency was in FD treatment with 5.32 Kg/m^3 while in CD40 and CD60 treatments were 9.87 and 10.16 Kg/m^3, respectively. Finally results showed that management strategies of drainage water discharge using controlled drainage, in addition to control of amount of drainage water can be effective on water use efficiency of plants.

Keywords: Controlled drainage, Maize, Yield, Water use efficiency, Root distribution pattern

1,2,3-MSc Student, Assistant Professor and Professor, Department of Irrigation Engineering, Agriculture and Natural Resources (Karaj), University of Tehran, Respectively
(*-Corresponding Author Email: molavihossein@gmail.com)