

## تأثیر زهکشی کنترل شده و شوری آب آبیاری بر عملکرد سورگوم، کاهش زه آب و کارآیی مصرف آب

نگار شریفی مود<sup>۱\*</sup>، فرهاد میرزایی<sup>۲</sup> و مسعود پارسی نژاد<sup>۳</sup>

### چکیده

در زهکشی سنتی، سطح ایستابی از منطقه توسعه ریشه گیاه توسط زهکش پایین برده شده و نمک نواحی تحت آبیاری از نیمرخ آب آبشویی و به همراه زه آب به مکان دیگری منتقل می شود. در روش های کنترل سطح ایستابی، خروج زه آب از منطقه ریشه کاهش می یابد. زهکشی کنترل شده یکی از روش های مدیریتی کنترل سطح ایستابی در زیر عمق توسعه ریشه ها است. در این تحقیق از طریق شبیه سازی و با استفاده از مدل های فیزیکی (لایسیمتر) تأثیر سیستم زهکشی کنترل شده و کیفیت آب آبیاری در مقایسه با زهکشی آزاد بر روی محصول سورگوم مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور دو تیمار سطح آب زهکش شامل زهکشی آزاد و زهکشی کنترل شده و سه تیمار شوری آب آبیاری شامل ۰/۷۵، ۳/۴ و ۴/۸ دسی زیمنس بر متر در نظر گرفته شدند که در سه تکرار و در ۱۸ لایسیمتر مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد در تیمارهای زهکشی کنترل شده با توجه به امکان تأمین رطوبت خاک از طریق نیروی موینگی، جذب آب به وسیله گیاه در حد پتانسیل بوده است که منجر به افزایش عملکرد در حدود ۳/۵ برابر در مقایسه با تیمارهای زهکشی آزاد شده است. همچنین تیمارهای زهکشی کنترل شده تقریباً یک سوم آب مصرفی خود را از سطح ایستابی تأمین کردند. اثر توأمان سطح ایستابی و شوری آب آبیاری نشان می دهد که شرایط رطوبتی بالاتر در تیمارهای زهکشی کنترل شده، اثر تجمع املاح را در مقایسه با شرایط زهکشی آزاد تقلیل داده و در نهایت شوری آب آبیاری تأثیر حقیقی خود را از نظر کاهش عملکرد محصول برجای نگذاشته است.

**واژه های کلیدی:** زهکشی کنترل شده، شوری آب آبیاری، کارآیی مصرف آب و لایسیمتر.

**ارجاع:** شریفی مود ن. میرزایی ف. و پارسی نژاد م. ۱۳۸۹. تأثیر زهکشی کنترل شده و شوری آب آبیاری بر عملکرد سورگوم، کاهش زه آب و کارآیی مصرف آب. مجله پژوهش آب ایران. ۴(۶): ۵۹-۶۶.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران.

۲- استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران.

۳- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران.

\*نویسنده مسئول: [negar.irr80@gmail.com](mailto:negar.irr80@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۴/۲۰

## مقدمه

حدود ۱۷ درصد از کل اراضی جهان زیر کشت آبی قرار دارد، اما تولید این قسمت حدود ۳۴ درصد از تولید کل دنیا را شامل می‌شود. آبیاری و زهکشی در برآورده ساختن نیازهای غذایی جهان به شکل پایدار نقش حساسی را ایفا می‌کنند. در کشت‌های آبی، زهکشی از اهمیت به‌سزایی در مهار و تنظیم شوری و ماندابی شدن خاک و بهبود محیط زیست گیاه برخوردار است. در زهکشی سنتی سطح آب منطقه توسعه ریشه گیاه توسط زهکش پایین برده می‌شود و نمک نواحی آبیاری به‌همراه زه‌آب به مکان دیگری انتقال می‌یابد. تخلیه زه‌آب خروجی با کیفیت پایین به آب‌های موجود در طبیعت، برخی از زیست‌بوم‌های آبی را تخریب و از کاربری‌های مفید منابع آبی و خاکی پذیرنده می‌کاهد (جیا، ۲۰۰۶). موضوع زهکشی کنترل‌شده اولین بار در مناطق مرطوب مطرح شد (اکرم، ۱۳۸۶). تحقیقات انجام شده در زمینه زهکشی کنترل‌شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک اندک است. در زهکشی کنترل‌شده آبیاری از سطح خاک با روش‌های معمول آبیاری انجام می‌شود اما خروجی زهکش‌ها بسته شده و یا در ارتفاعی بالاتر از سطح لوله‌های زهکش قرار می‌گیرد تا آب موجود در خاک حفظ شود و آب آبیاری مدت بیشتری در منطقه ریشه‌ها بماند. به‌این‌ترتیب سطح ایستابی در خاک بالا آمده و به منطقه ریشه‌ها نزدیک می‌شود. در نتیجه گیاه راحت‌تر از آب موجود در خاک استفاده کرده و میزان تعرق و در نتیجه محصول افزایش خواهد یافت (اکرم، ۱۳۸۶).

تعیین عمق سطح ایستابی مهمترین و مشکل‌ترین قسمت در طراحی یک سیستم کنترل سطح ایستابی محسوب می‌شود. عمق مناسب برای سطح ایستابی با تعادل بین عمق مؤثر ریشه‌ها، ناحیه مویبندی و جریان رو به بالا به‌دست می‌آید.

میر و گرین (۱۹۸۰) در تحقیقاتی نشان دادند که گیاه گندم در خاک لومی با عمق آب زیرزمینی یک متر توانسته است ۲۸ تا ۳۶ درصد نیاز آبی خود را از آب زیرزمینی تأمین کند. جیا و ایوانز (۲۰۰۶) زهکشی زیستی و زهکشی کنترل‌شده را به‌عنوان بهترین راهکار مدیریتی برای کاهش ریسک انتقال مواد غذایی به آب‌های سطحی دانستند. تأثیرات مثبت تطابق زهکشی کنترل‌شده در مناطق خشک و

نیمه‌خشک از طریق کاهش زه‌آب‌ها و ذخیره آب آبیاری در چندین مطالعه توسط آبت (۲۰۰۱) و خیل و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده شده است (اکرم، ۱۳۸۷).

جیا و همکاران (۲۰۰۶) بررسی جامعی بر روی سیستم زهکشی منطقه بین‌نان<sup>۱</sup> چین انجام دادند و به بررسی عملی امکان زهکشی کنترل‌شده به‌منظور کاهش اثرات منفی زه‌آب‌ها در این منطقه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که برای اکثر محصولات آبی و برنج، زهکشی کنترل‌شده منجر به کاهش تخلیه زیرزمینی به‌میزان ۹۴ درصد خواهد شد. خان و همکاران (۲۰۰۳) در پی کمبود آب برای آبیاری از یک طرف و حجم زیاد زه‌آب‌ها از طرف دیگر در ناحیه مردان<sup>۲</sup>، نوشرا<sup>۳</sup> و چرسادا<sup>۴</sup> در پاکستان که منجر به کاهش عملکرد عمده محصولات و افت سطح آب زیرزمینی در حد مشکل‌سازی شده بود، از یک کلکتور زیرزمینی در خروجی زهکش برای بالا آوردن سطح سفره آب استفاده کردند و تأثیر سطح آب زیرزمینی، عمق آب آبیاری، عملکرد محصول، کارایی مصرف آب و میزان ذخیره آب را ارزیابی کردند و درنهایت راهکار آبیاری سنگین‌تر در مناطق با سطح ایستابی عمیق‌تر و آبیاری سبک‌تر در مناطق با سطح ایستابی کم عمق‌تر را ارائه دادند. آن‌ها فاصله عمودی ۱/۱ متر سطح ایستابی از سطح خاک را به‌عنوان مبنای طراحی قرار دادند. تأمین رطوبت با استفاده از کنترل بهینه سطح ایستابی منجر به ذخیره آب از ۲۳ تا ۱۲۹ درصد و افزایش کارایی مصرف آب تا ۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب شد که در نهایت منجر به افزایش محصول گندم تا ۶/۵ تن در هکتار شد.

کاهلون و اشرف (۲۰۰۵) تأثیر عمق سطح ایستابی بر نیاز آبی محصول را مورد مطالعه قرار دادند و عمق سطح ایستابی ۱/۵ تا ۲ متر را به‌عنوان عمق بهینه سطح ایستابی برای همه محصولات به‌جز چغندر قند ارائه دادند، زیرا چغندر قند زمانی که سفره آب در عمق دو متری یا پایین‌تر باشد عملکرد بیشتری نشان داده است. آنها همچنین دریافتند که بیشترین سهم سفره آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه

1- Yin Nan  
2- Mardan  
3- Nowshera  
4- Charsadda

حداقل آن ۲۳ و متوسط آن ۳۱/۴۳ درجه سانتی‌گراد بوده است که گرمترین دما در طول سال در اقلیم کرج است. گیاه کاشته شده سورگوم بود. سورگوم در طبقه‌بندی گیاهان از جهت شوری، جزء گیاهان نسبتاً مقاوم محسوب می‌شود. مبنای مقاومت آن مقدار بذر، شوری آستانه کاهش محصول در آن ۶/۸ و شیب خط کاهش عملکرد در آن ۱۶ است (علیزاده ۱۳۸۱). انتخاب یک گیاه به نسبت مقاوم برای آزمایش، امکان استفاده از زه‌آب‌های شور در کشت این نوع محصولات را مورد بررسی قرار می‌دهد. کشت گیاه سورگوم در ۱۵ تیرماه انجام شد، بوته‌ها با تراکم ۱۸۶۰۰۰ بوته در هکتار کشت شد. فاصله بین بذرها ۱۰ سانتی‌متر و بذرها در ۲ سانتی‌متری سطح خاک کشت شدند. راست ریشه سورگوم معمولاً تا عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر و ریشه‌های نازک آن تا ۳۵-۳۰ سانتی‌متر می‌رسد.

تیمارها شامل دو تیمار سطح آب زهکش شامل زهکشی آزاد<sup>۱</sup> و زهکشی کنترل‌شده<sup>۲</sup> و سه تیمار شوری آب آبیاری شامل آبیاری با شوری ۰/۷۵، ۳/۴ و ۴/۸ دسی‌زیمنس بر متر بودند که در ۳ تکرار و در ۱۸ لایسیمتر و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی<sup>۳</sup> مورد بررسی قرار گرفتند. در ابتدای فصل کشت به دلیل عمق کم ریشه‌ها آبیاری در تیمارها به یک اندازه و به یک مقدار به صورت سطحی انجام شد و از زمان استقرار گیاه و افزایش عمق ریشه‌ها، پس از تنظیم سطح ایستابی اعمال تیمارها آغاز شد. سطح ایستابی در تیمارهای زهکشی کنترل‌شده در عمق ۴۰ سانتی‌متر تثبیت شد و پس از شروع آبیاری‌ها، صعود و نزول سطح ایستابی در هر دور قبل و بعد از آبیاری قرائت شد. برای ثابت نگه داشتن سطح ایستابی در تیمارهای زهکشی کنترل‌شده، در محل زهکش ۵ سانتی‌متر بالاتر از کف لایسیمتر یک شیر قرار گرفت که از بیرون به یک لوله شفاف عمودی که در کنار لایسیمتر نصب شده بود و نقش پیرومتر را داشت وصل می‌شد که از طریق آن امکان قرائت سطح ایستابی در هر لحظه میسر بود. این شیر در طول انجام آزمایشات به حالت باز بود. برای ثابت نگه داشتن لوله پیرومتر از یک تکیه‌گاه در کنار آن استفاده شد. محل اتصال

در انتهای فصل رشد یعنی زمانی که گیاه به طور کامل رشد و توسعه یافته است. تحقیق حاضر بر آن است اثرات مثبت و منفی اجزاء روش فوق را بر گیاه به صورت میزان محصول و عملکرد و کارایی مصرف آب مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار دهد.

## مواد و روش‌ها

برای انجام تحقیق از ۱۸ لایسیمتر از جنس پلی‌اتیلن به قطر ۵۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر استفاده شد، برای کنترل سطح ایستابی از بالا لوله‌هایی از جنس پی‌وی‌سی<sup>۱</sup> به قطر ۳ سانتی‌متر و طول ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. روی لوله‌ها سوراخ‌هایی به قطر ۲ میلی‌متر و به فاصله ۲ سانتی‌متر تعبیه شد. به منظور جلوگیری از ورود ذرات خاک به درون لوله استفاده از صافی یا فیلتر مناسب در اطراف لوله امری ضروری است به همین دلیل از گونی و الیاف کنفی در دور لوله استفاده شد. در تیمارهای زهکشی کنترل‌شده تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر از سطح لایسیمتر ماسه دانه درشت شکسته (که در اصطلاح بنایی به نام نخودی‌ریز شناخته می‌شود) و سپس خاک با بافت سیلتی لومی (۱۰٪ رس، ۷۵٪ سیلت، ۱۴/۵٪ ماسه و ۰/۵٪ شن ریز) ریخته شد که در هر مرحله خاک کوبیده و متراکم شد. برای جلوگیری از ورود ذرات خاک به پایین و اختلاط آن‌ها، بین دو لایه از گونی استفاده شد که الیاف گونی مانع نفوذ ریشه نمی‌شود. در تیمارهای زهکشی آزاد تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر ماسه و سپس با خاک سیلتی لومی پر شد. از این نمونه ۱۸ عدد ساخته شد که بالاتر از سطح خاک و بر روی بلوک‌های سیمانی قرار گرفتند.

محل تحقیقات در ایستگاه تحقیقات آب، خاک و هوای گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در شهرستان کرج بود که متوسط بارندگی آن منطقه ۲۵۰ میلی‌متر است، در طول دوره آزمایش مقادیر بارندگی از آمار هواشناسی ایستگاه پردیس کشاورزی کرج گرفته شد. در طول دوره، بارندگی تنها به میزان ۰/۱ میلی‌متر در شهریور ماه اتفاق افتاد که تأثیر ناچیزی در افزایش ذخیره رطوبتی خاک داشت. حداکثر دما در طول دوره آزمایش ۴۰/۸ و

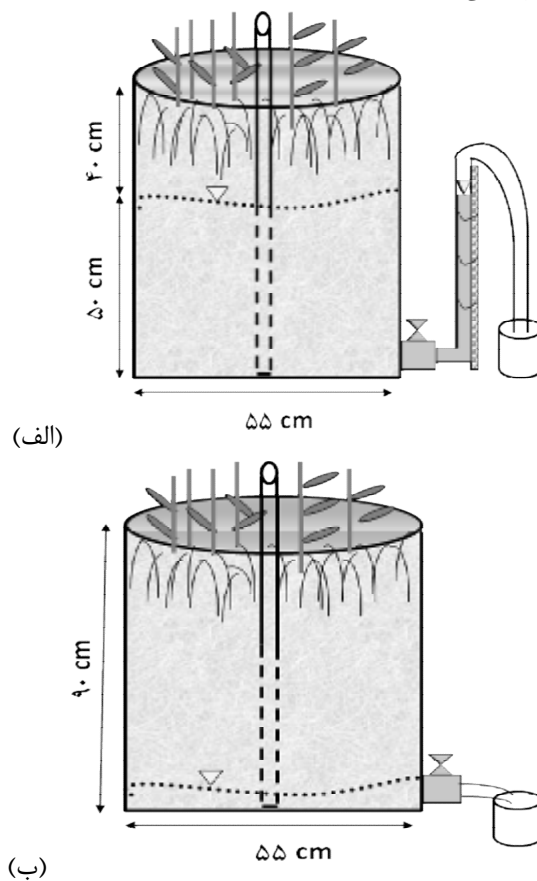
1- Free drainage  
2- Controlled drainage  
3- Randomized complete block

1- Poly Vinyl Chloride

## نتایج و بحث

مقدار آب آبیاری مورد نیاز بر اساس داده‌های نرم افزار NETWAT در اقلیم کرج برآورد شد و در فواصل زمانی دو روز در میان در اختیار گیاه قرار گرفت. در مجموع تعداد ۱۵ نوبت آبیاری برای تیمارها صورت گرفت که شرح آن‌ها در جداول ۱ و ۲ آمده است. مقادیر آبیاری از سطح برای همه تیمارها یکسان بود. در مجموع در طول فصل کشت ۴ نوبت از طریق لوله پی وی سی نصب شده در داخل هر لایسیمتر به لایسیمترهای زهکشی کنترل شده آب اضافه شد. از آنجایی که این مقدار آب از طریق صعود مویینگی در نیمرخ خاک ذخیره و به مصرف گیاه می‌رسید، به‌عنوان آب مصرفی تیمارهای زهکشی کنترل شده به حساب آمده است (جدول ۳). بنابراین آب مصرفی برای تیمارهای زهکشی کنترل شده مجموع آب آبیاری وارد شده از سطح و آب مصرفی از طریق صعود مویینگی می‌باشد. سهم آب تأمین شده گیاه از طریق آب آبیاری و صعود مویینگی به‌صورت درصد و به تفکیک در جدول ۴ آمده است.

شیر با بدنه لایسیمتر از طریق نصب واشر به‌طور کامل آب‌بندی شد.



شکل ۱- شکل شماتیک مدل (الف) زهکشی کنترل شده (ب) زهکشی آزاد

جدول ۱ - مقادیر آب آبیاری خالص در تیمارهای زهکشی آزاد

تکرار	نوبت آبیاری (mm)															میانگین	
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵		مجموع
FD ۰/۷۵-۱	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۴۱۱	۲۷/۴
FD ۰/۷۵-۲	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۴۱۱	۲۷/۴
FD ۰/۷۵-۳	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۴۱۱	۲۷/۴
FD ۳/۴-۱	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۴۴۱	۲۹/۴
FD ۳/۴-۲	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۴۴۱	۲۹/۴
FD ۳/۴-۳	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۴۴۱	۲۹/۴
FD ۴/۸-۱	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۴۷۱	۳۱/۴
FD ۴/۸-۲	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۴۷۱	۳۱/۴
FD ۴/۸-۳	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۴۷۱	۳۱/۴

جدول ۲ - مقادیر آب آبیاری خالص در تیمارهای زهکشی کنترل شده

نوبت آبیاری (mm)																	
تکرار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	مجموع	میانگین
CD-۰/۷۵-۱	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۴۱۱	۲۷/۴
CD-۰/۷۵-۲	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۴۱۱	۲۷/۴
CD-۰/۷۵-۳	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۴۱۱	۲۷/۴
CD ۳/۴-۱	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۴۴۱	۲۹/۴
CD ۳/۴-۲	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۴۴۱	۲۹/۴
CD ۳/۴-۳	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۴۴۱	۲۹/۴
CD ۴/۸-۱	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۴۷۱	۳۱/۴
CD ۴/۸-۲	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۴۷۱	۳۱/۴
CD ۴/۸-۳	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۲۹	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۴۷۱	۳۱/۴

جدول ۳ - مقادیر آب مصرفی از طریق صعود مویبگی در تیمارهای زهکشی کنترل شده (mm)

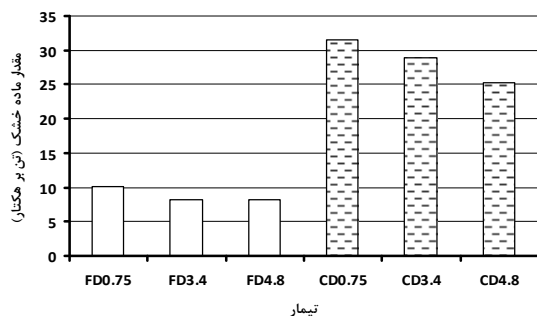
تکرار	۱	۲	۳	۴	مجموع	میانگین
CD-۰/۷۵-۱	۷/۵۱	۳۰/۶۱	۵۰/۴۱	۶۵/۲۶	۱۵۳/۷۹	۳۸/۴۵
CD-۰/۷۵-۲	۶۱/۹۶	۳۸/۸۶	۳۸/۸۶	۳۳/۹۱	۱۷۳/۵۹	۴۳/۴۰
CD-۰/۷۵-۳	۵۸/۶۶	۳۰/۶۱	۳۸/۸۶	۲۸/۹۶	۱۵۷/۰۹	۳۹/۲۷
CD ۳/۴-۱	۴۳/۸۱	۴۳/۸۱	۳۷/۲۱	۳۲/۲۶	۱۵۷/۰۹	۳۹/۲۷
CD ۳/۴-۲	۵۲/۰۶	۶۸/۵۶	۵۵/۳۶	۶۰/۳۱	۲۳۶/۲۹	۵۷/۰۹
CD ۳/۴-۳	۸۳/۴۱	۶۱/۹۶	۶۱/۹۶	۵۷/۰۱	۲۶۴/۳۴	۶۶/۰۹
CD ۴/۸-۱	۴۲/۱۶	۶۱/۹۶	۵۵/۳۶	۶۵/۲۶	۲۲۴/۷۴	۵۶/۱۹
CD ۴/۸-۲	۳۲/۲۶	۵۲/۰۶	۴۸/۷۶	۴۳/۸۱	۱۷۶/۸۹	۴۴/۲۲
CD ۴/۸-۳	۵۰/۴۱	۳۳/۹۱	۳۰/۶۱	۳۰/۶۱	۱۴۵/۵۴	۳۶/۳۹

خلاف آن در شرایط زهکشی آزاد، آبیاری از سطح خاک تنها در حد گنجایش و ظرفیت خاک است و گیاه برای جذب آب به مرور زمان و قبل از آبیاری بعدی با کمبود رطوبت در خاک مواجه می‌شود. در نتیجه میزان جذب را در این شرایط نمی‌توان در حد پتانسیل دانست در حالی که در شرایط زهکشی کنترل شده چنین محدودیت‌هایی وجود ندارد و به مجرد اینکه رطوبت خاک در بالای سطح ایستابی در اثر جذب گیاه کاهش می‌یافت در اثر اختلاف پتانسیل ایجاد شده کمبود رطوبت از طریق صعود مویبگی آب از سطح ایستابی جبران می‌شود، بنابراین می‌توان استنباط کرد که گیاه همواره توانسته است در حد بالقوه آب جذب کند. جدول ۴ نشان می‌دهد که تیمارهای

جدول ۴ - درصد آب مصرفی از طریق آب آبیاری و صعود مویبگی در تیمارهای زهکشی کنترل شده

تیمار	میزان آب مصرفی	
	از طریق صعود مویبگی	از طریق جذب مستقیم از سطح خاک
CD-۰/۷۵	۲۸/۲۱٪	۷۱/۷۹٪
CD ۳/۴	۳۳/۲۱٪	۶۶/۷۹٪
CD ۴/۸	۲۷/۹۱٪	۷۲/۰۹٪

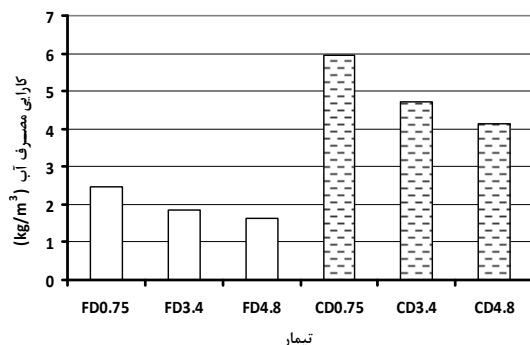
در تیمارهای زهکشی کنترل شده، با توجه به امکان تأمین کمبود رطوبت خاک از طریق صعود مویبگی و جذب آب به وسیله گیاه در حد پتانسیل یا بالقوه، مصرف آب را می‌توان معادل تبخیر و تعرق پتانسیل در نظر گرفت. بر



شکل ۲ - مقایسه مقدار ماده خشک محصول در تیمارهای زهکشی آزاد و زهکشی کنترل شده

### کارآیی مصرف آب

با محاسبه کل آب مصرفی در طول دوره رشد گیاه و میزان محصول تولید شده کارآیی مصرف آب در تیمارها به دست آمد. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود به طور مشخص کارآیی مصرف آب در تیمارهای زهکشی کنترل شده بهتر از شرایط زهکشی آزاد و در حدود ۲/۵ برابر آن بوده است. از طرف دیگر کارآیی مصرف آب با کاهش شوری آب آبیاری روند کاهشی را نشان می دهد. سهولت دسترسی به آب در شرایط زهکشی کنترل شده، به دلیل صعود مویبندی، بیشتر بوده و گیاه عملاً در شرایط بالقوه، زمینه جذب آب را داشته است.



شکل ۳ - کارآیی مصرف آب در تیمارهای زهکشی آزاد و زهکشی کنترل شده

درعین حال مشاهدات نشان می دهد که تجمع املاح در لایه های خاک در شرایط زهکشی کنترل شده بیشتر از شرایط زهکشی آزاد بوده است و این می تواند اثر منفی بر عملکرد داشته باشد. ولی اثر توأمان این دو پدیده نشان می دهد که شرایط رطوبتی بالاتر در تیمارهای زهکشی

زهکشی کنترل شده تقریباً حدود یک سوم آب مصرفی خود را از سطح ایستابی کم عمق تأمین کرده اند.

### عملکرد محصول

علوفه تولیدی سورگوم برداشت شد و وزن کل علوفه تر هر لایسیمتر اندازه گیری شد، سپس با تعیین ضریب خشکی یا نسبت وزن تر به وزن خشک، مقدار ماده خشک محاسبه شد. با استفاده از برنامه آماری MSTATC متوسط محصول مربوط به هر تیمار مورد آزمون آماری F-test قرار گرفت. نتایج نشان داد کنترل سطح ایستابی به طور معنی داری (سطح ۱٪) بر عملکرد محصول سورگوم تأثیر مثبت گذاشته و باعث افزایش محصول شده است (جدول ۵).

شکل ۲ وزن ماده خشک و مقایسه آماری تیمارها را نشان می دهد که در تیمارهای زهکشی کنترل شده به طور معنی داری (سطح ۱٪) بیشتر است، این امر نشان دهنده این واقعیت است که به دلیل وجود سطح ایستابی کم عمق و امکان جذب آب در حد نیاز، رشد در حد پتانسیل بوده است. همچنین مشاهده می شود که افزایش شوری آب آبیاری در تیمارها بر عملکرد محصول تأثیر منفی داشته است. آنالیز عملکرد محصول نشان داد که نقش صعود مویبندی در تأمین رطوبت در منطقه توسعه ریشه در تیمارهای زهکشی آزاد ناچیز بوده است. میزان محصول در تیمارهای زهکشی کنترل شده تقریباً ۳/۵ برابر تیمارهای زهکشی آزاد است.

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس عملکرد محصول

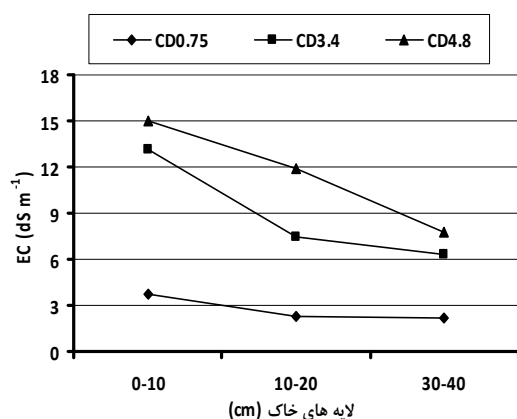
میانگین مربعات (MS)		درجه آزادی	منابع تغییرات
میزان ماده تر	میزان ماده خشک	۲	تکرار
۱۴۴۴۱۲/۲۹۳	۲۱۵۶۷/۵۶۱	۱	سطح ایستابی
۴۶۵۷۲۵۰/۱۰۶**	۹۸۳۸۸۱/۸۴۲**	۲	شوری
۱۰۱۶۷۶/۵۲ <sup>n.s</sup>	۱۴۸۶۱/۴۷۲ <sup>n.s</sup>	۲	سطح ایستابی × شوری
۱۸۹۷۶/۷۶۴	۴۴۶۹/۲۰۹	۱۰	خط
۶۰۵۱۱/۴۱۶	۷۶۱۹/۷۱۴	۱۷	کل
۲۰/۱۳٪	۱۹/۷۱٪		ضریب تغییرات

xx: معنی دار در سطح احتمال ۱٪. ns: معنی دار نیست

برگ‌ها ارزیابی می‌شود، در تیمارهای زهکشی کنترل شده علیرغم تفاوت کم با تیمارهای زهکشی آزاد، همچنان میزان تولید برگ بیشتر است و در نتیجه به لحاظ کیفی هم گزینه برتر محسوب می‌شود.

#### تغییرات شوری نیمرخ خاک در زهکشی کنترل شده

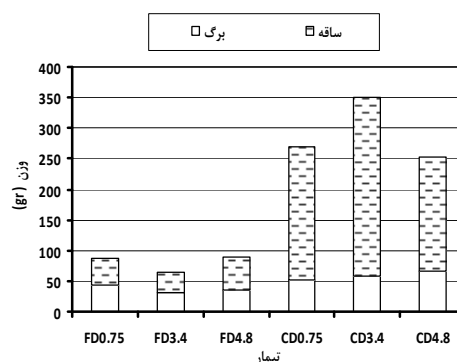
در تیمارهای زهکشی کنترل شده، شوری در ده سانتی‌متر سطح خاک افزایش داشته است (شکل ۶). اگرچه با افزایش شوری آب آبیاری، میزان محصول کاهش یافت ولی شوری تأثیر منفی معنی‌داری (سطح ۱٪) بر عملکرد محصول نداشته است. در توضیح این مطلب می‌توان گفت که اختلاف عملکرد در تیمارهای زهکشی آزاد با تیمارهای زهکشی کنترل شده مشابه آن، بیشتر از آن که به شوری مرتبط باشد به سطح ایستایی مربوط می‌شود. همچنین از آنجا که در زهکشی کنترل شده جریان آب از سطح ایستایی به طرف بالا همواره وجود دارد، تا حدی شوری را در ناحیه جذب ریشه‌ها تعدیل کرده است و در دراز مدت، اثر تعدیل‌کنندگی آب زیرزمینی (آبی که برای کنترل و ثابت نگه داشتن سطح آب در زهکشی کنترل شده به سیستم تزریق می‌شد) با توجه به شور شدن پروفیل خاک کاهش می‌یابد، که این یکی از اشکالات روش‌های زهکشی کنترل شده است که راهکار حل این مشکل، این است که در چند نوبت در طی فصل رشد برای خروج املاح از پروفیل خاک عمل آبشویی صورت پذیرد.



شکل ۶ - تغییرات شوری در نیمرخ خاک در تیمارهای زهکشی کنترل شده

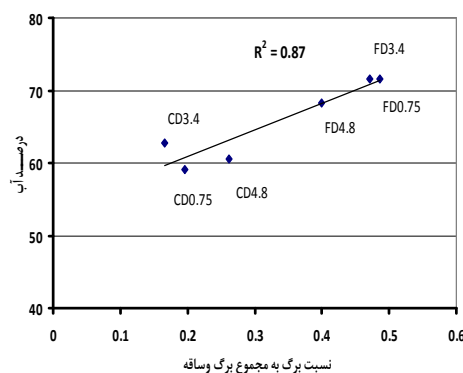
کنترل شده اثر تجمع املاح را در مقایسه با شرایط زهکشی آزاد تقلیل داده است.

نتایج مربوط به نسبت وزن برگ به ساقه در تیمارهای مختلف در شکل ۴ آمده است که این نتایج نشان می‌دهد که میزان برگ در هر دو تیمار زهکشی آزاد و زهکشی کنترل شده تقریباً مشابه است ولی وزن ساقه در تیمارهای زهکشی کنترل شده به دلیل رشد بیشتر به طور قابل توجهی بیشتر است.



شکل ۴ - نسبت وزن برگ و ساقه در تیمارهای زهکشی آزاد و زهکشی کنترل شده

بدیهی است که قسمت اعظم آب و مواد غذایی در برگ ذخیره می‌شود بنابراین درصد آب موجود که از تفاوت وزن تر و خشک به دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش نسبت برگ به مجموع برگ و ساقه (پیکر گیاه)، درصد آب محتوی آن‌ها افزایش می‌یابد که در شکل ۵ این همبستگی نشان داده شده است.



شکل ۵ - مقایسه درصد آب و نسبت برگ به ساقه در تیمارهای زهکشی آزاد و زهکشی کنترل شده

در خصوص ارزیابی کمی و کیفی عملکرد، از آنجا که کیفیت عملکرد علوفه براساس میزان مواد معدنی در

## نتیجه‌گیری

- افزایش مقدار محصول به میزان ۳/۵ برابر در تیمارهای زهکشی کنترل شده نسبت به تیمارهای زهکشی آزاد، تأثیر روش‌های کنترل سطح ایستابی را نشان می‌دهد.

- برخلاف شرایط زهکشی آزاد که رطوبت خاک فقط از طریق آب آبیاری تأمین شد و گیاه قبل از آبیاری بعدی با کمبود رطوبت در خاک مواجه می‌شد در تیمارهای زهکشی کنترل شده با توجه به امکان تأمین رطوبت خاک از طریق مویبگی، جذب آب به وسیله گیاه در حد پتانسیل صورت گرفته که منجر به افزایش کارایی مصرف آب نزدیک به ۲/۵ برابر در تیمارهای زهکشی کنترل شده است.

- نتایج نشان داد که تیمارهای زهکشی کنترل شده توانستند تقریباً یک سوم آب مصرفی خود را از سطح ایستابی که در اصل می‌توان آن را آب زهکشی محسوب کرد تأمین کنند.

- اثر توأمان سطح ایستابی و شوری آب آبیاری نشان می‌دهد که شرایط رطوبتی بالاتر در تیمارهای زهکشی کنترل شده اثر تجمع املاح را در مقایسه با شرایط زهکشی آزاد تعدیل کرده است.

- حجم و وزن ریشه‌ها در تیمارهای زهکشی کنترل شده بیشتر بود که می‌تواند به علت رطوبت بیشتر در منطقه توسعه ریشه در این حالت باشد. عمق توسعه ریشه گیاه سورگوم پس از پایان آزمایشات از خاک خارج و اندازه‌گیری شد که حدود ۳۰ سانتی‌متر برآورد شده است.

## سپاسگزاری

این تحقیق در راستای مأموریت‌های قطب علمی "ارزیابی و بهسازی شبکه‌های آبیاری و زهکشی" گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران تعریف شده و با اعتبار و حمایت‌های قطب علمی یاد شده به انجام رسیده است. بدین وسیله از قطب علمی گروه تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

- ۲- اکرم م. و اکرم س. ۱۳۸۷. زهکشی کنترل شده؛ راهکاری مناسب از دیدگاه محیط زیست به منظور بهبود کارایی آبیاری و افزایش بهره‌وری مصرف آب. مجموعه مقالات پنجمین کارگاه فنی زهکشی. ۱۰۶-۸۹.
- ۳- علیزاده ا. ۱۳۸۱. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی.
- 4- FAO. 2002. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. irrigation and drainage papers: FAO, Rome. Italy. 61
- 5- Jia Z. Evans R.O. 2006. Effect of controlled drainage and vegetative buffers on drainage water quality from wastewater irrigation fields. Journal of Irrig and Drain Eng. ASCE. 132(2): 159-170.
- 6- Jia Z. Luo W. Fang Sh. Wang N. and Wang L. 2006. Evaluating current drainage practices and feasibility of controlled drainage in the YinNan irrigation district, China. Journal of Agri. Water Manag.(84): 20-26.
- 7- Khan M.J. Latif M. and Hassan S. 2003. The role of controlled drainage under drought condition in an irrigated restricted area in NWFP, Pakistan. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. (52): 147-162.
- 8- Kahlown M.A. and Ashraf M. 2005. Effect of shallow groundwater table on crop water requirements and crop yields. Agri. Water Manag. (76): 24-35.
- 9- Meyer W.S. and Green. 1980. Water use by wheat and plant indicators of available soil water. Agron journal. (72):253-257.

- ۱- اکرم م. لیاقت ع. و حسن اقلی ع. ۱۳۸۶. مدیریت زه آب کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. صفحات ۳۱۳.