

## تأثیر زهکشی کنترل شده روی محصول نیشکر (مطالعه موردی اراضی کشت و صنعت نیشکر امام خمینی (ره))

رحیم عنافچه<sup>1</sup>، یداله یوسفی فرد<sup>2\*</sup>، عبد علی ناصری<sup>3</sup> و حیدر علی کشکولی<sup>4</sup>

1) دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ایران.

2) کارشناس ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ایران.

3) استاد، گروه آبیاری زهکشی، دانشکده علوم مهندسی آب، دانشگاه چمران اهواز، ایران.

4) استاد، گروه آبیاری زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ایران.

\* نویسنده مسئول مکاتبات: a\_yousefi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: 91/8/1

تاریخ دریافت: 91/6/8

## چکیده

حفظ تراز سطح ایستای بی در نزدیکی منطقه ریشه گیاه به منظور استفاده بهینه از آب آبیاری و تأمین رطوبت در منطقه ریشه، روش متداولی است که بیش از چند دهه مورد استفاده محققان قرار گرفته شده است. در این تحقیق امکان استفاده از روش زهکشی کنترل شده در شرایط آب و هوایی مرکز و جنوب استان خوزستان در دو تیمار آزاد (FD) و کنترل شده (CD) بر روی گیاه نیشکر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که شوری خاک تیمار آزاد در لایه (0-30) سانتی متر به اندازه 1/3 دسی زیمنس بر متر نسبت به لایه مشابه در تیمار کنترل شده افزایش شوری داشته. تغییرات شوری در دیگر لایه‌ها برای دو تیمار ناچیز بود. از نظر آب مصرفی، تیمار کنترل شده 38 درصد آب کمتری نسبت به تیمار آزاد مصرف نموده و کارایی مصرف آب آبیاری در تیمار کنترل شده 41/3 درصد بیشتر از تیمار آزاد بود. از نظر تعداد دور آبیاری، تیمار کنترل شده 33 درصد نسبت به تیمار آزاد کمتر بود و از نظر مقدار نمک ورودی، تیمار کنترل شده معادل 36 درصد نسبت به تیمار آزاد کمتر است. از نظر مقدار نمک خروجی از زهکش‌ها، تیمار کنترل شده به میزان 53 درصد کمتر از تیمار آزاد گردید. عملکرد کمی محصول (تن در هکتار) تیمار کنترل شده به میزان 8/66 درصد از تیمار آزاد بیشتر بوده است و در عملکرد کیفی محصول تیمار کنترل شده در نسبت وزن شربت به وزن نی (EX) 15/9 درصد، در میزان قند موجود در شربت (POL) 6/01 درصد، در میزان مواد جامد محلول در شربت (Brix) 5/24 درصد، در درجه خلوص شربت یا میزان قند خالص 0/8 درصد از تیمار آزاد بیشتر شده است.

واژه‌های کلیدی: نیشکر، شوری، کارایی مصرف آب آبیاری، عملکرد محصول، دور آبیاری.

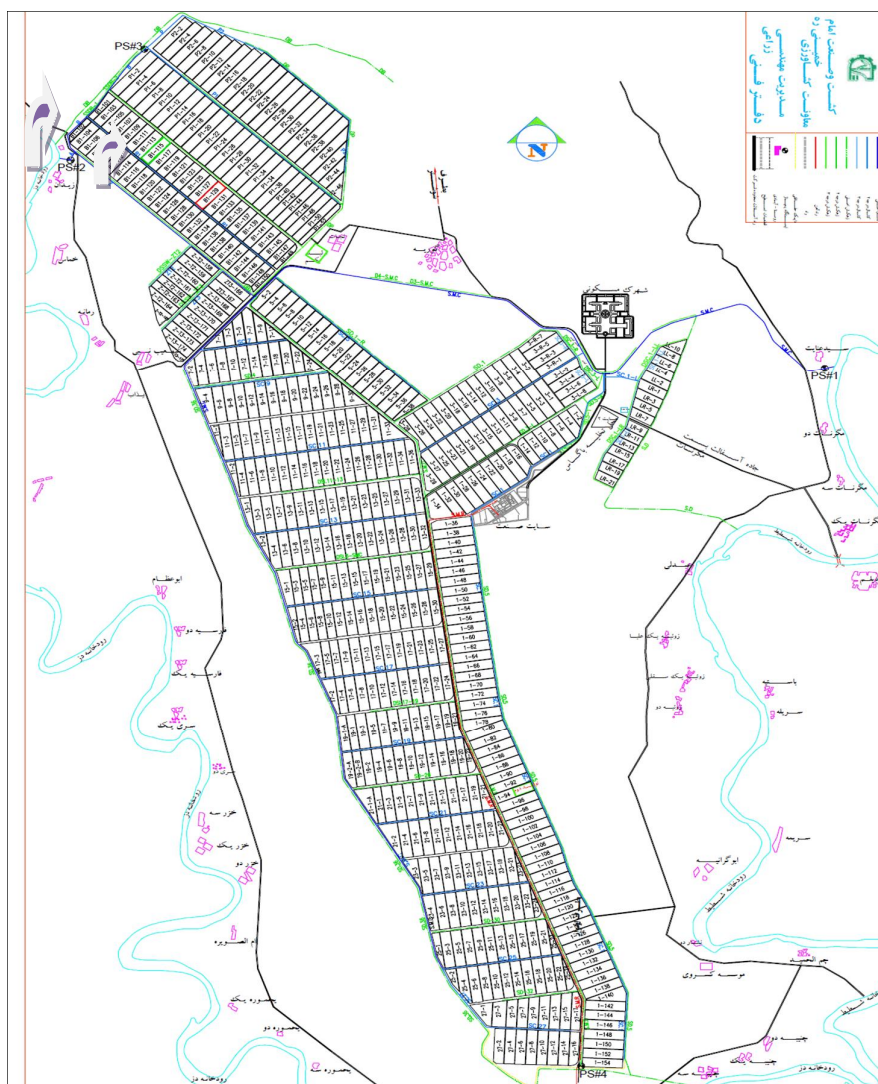
**مقدمه:**

بر اساس مطالعات یونسکو در سطح جهانی به طور میانگین تنها 45 درصد از آب مصرفی کشاورزی به صورت مؤثر توسط گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. تلاش‌های فراوانی نیز که در چند دهه گذشته در زمینه افزایش کار آبی مصرف آب صورت گرفته نتوانسته منجر به کاهش چشمگیر در مصرف آب کشاورزی گردد با توجه به اینکه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمبود آب همواره یکی از محدودیت‌های اصلی توسعه کشاورزی بوده است، لذا یکی از راه‌کارهایی که محققان برای بالا بردن راندمان مصرف آب در دهه اخیر مورد مطالعه قرار داده‌اند استفاده از روش زهکشی کنترل شده است؛ بنابراین کاهش حجم زهاب، حفظ کیفیت و استفاده مجدد از آن از ضروریات توسعه کشاورزی ایران به شمار می‌رود. زهکشی کنترل شده روشی مناسب برای مدیریت سطح ایستابی است تا ضمن تأمین هدف زهکشی، از اتلاف آب و عناصر غذایی و انتقال آلاینده‌ها جلوگیری شود. با انجام زهکشی کنترل شده سطح ایستابی تا حد دلخواه بالا آمده و مقدار زهاب خروجی کاهش می‌یابد. در این حالت آب ذخیره‌شده در نیم‌رخ خاک از طریق صعود کاپیلاری برای رفع نیاز آبی گیاه قابل استفاده می‌شود. این عمل باعث می‌شود که کمبود آب گیاه در بیشتر دوره زمانی رشد، تأمین گردد و از این راه خطر تنش‌های خشکی دوره رشد گیاه به شدت کاهش می‌یابد. تحقیقات آرش محجوبی و همکاران (1391) در خوزستان نشان داد که با کنترل سطح ایستابی، علاوه بر کاهش ضریب زهکشی و کاهش حجم زهاب خروجی، مصرف آب آبیاری نیز در تیمارهای کنترل شده کاهش یافت. زهکشی کنترل شده محدودیتی برای رشد گیاه نیشکر به وجود نیاورد و کاهش در عملکرد محصول مشاهده نگردید. پاچه چی و همکاران (2008) با تعیین کارایی آب شویی (Fir) و زهکشی طبیعی (Gn) و استفاده از مدل ریاضی SaltMod و اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای، اثرات درازمدت زهکشی کنترل شده بر شوری خاک و راندمان آبیاری را بررسی نموده‌اند و نتایج نشانگر آن بوده است که در یک دوره ده ساله شبیه‌سازی مدل، با فرض Frd کمتر از 75 درصد تغییرات معنی‌داری در شوری ناحیه ریشه ایجاد نمی‌شود اما افزایش معنی‌داری در شوری محیط ریشه در Frd بزرگ‌تر از 75 درصد مشاهده شده است. افزایش شوری در حدی است که به رشد گیاهان (به جز گیاهان مقاوم تر به شوری مانند پنبه و جو) آسیب می‌رساند. تحقیق نوری و همکاران (1386) در کرج نشان می‌دهد که حجم زهاب، غلظت ازت نیتراتی و هدایت الکتریکی زهاب در تیمارهای کنترل سطح ایستابی (30,50,70 سانتی متر) به طور معنی‌داری نسبت به زهکشی آزاد کاهش می‌یابد. در تیمارهای سطح ایستابی 30 و 50 سانتی متر به ترتیب تلفات ازت نیتراتی 90 و 82 درصد و حجم زهاب 50 و 41 درصد نسبت به زهکشی آزاد کاهش یافت مرور نتایج حاصل از این تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده از سیستم‌های زهکشی کنترل شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک امکان‌پذیر است هدف از انجام این تحقیق تأثیر سیستم زهکشی کنترل شده بر روی محصول نیشکر در کشت صنعت امام خمینی (ره) است.

**مواد و روش‌ها**

این تحقیق در فصل زراعی 89-90 در واحد کشت و صنعت نیشکر امام خمینی (ره) بخشی از دشت شعیبیه خوزستان و به مساحتی بالغ بر 15000 هکتار که در 40 کیلومتری جنوب شوشتر و 50 کیلومتری شمال اهواز و در طول جغرافیایی 48/5 درجه تا 48/37 شرقی و عرض جغرافیایی 37/37 تا 32 شمالی و ارتفاع 42 متری از سطح دریا انجام شد. منطقه مورد نظر با توجه به طبقه‌بندی دو مارتن در

اقلیم خشک و نیمه خشک طبقه بندی می شود. متوسط درجه حرارت سالانه  $24/3$  درجه سانتی گراد، حداقل و حداکثر مطلق مشاهده شده به ترتیب  $7-$  و  $52/5$  درجه سانتی گراد، میزان بارندگی متوسط سالانه حدود  $266$  میلی متر، مقدار برابر  $2788/3$  میلی متر است. بافت خاک نسبتاً سنگین (سیلتی کلی لوم) با ظرفیت زراعی  $26$  درصد و منبع آب رودخانه های دز و شطیط با هدایت الکتریکی  $1/4$  دسی زیمنس بر متر است. این تحقیق در مزارع (B-129) به عنوان تیمار شاهد (FD) و (B-115) به عنوان تیمار آزمایشی (CD) انجام شد.



شکل ۱: موقعیت کشت و صنعت امام (ره) تیمارهای تحقیق

این تحقیق در قالب دو تیمار: تیمار زهکشی آزاد FD و تیمار زهکشی کنترل شده CD در یک تکرار انجام گردید. مساحت خالص هر تیمار  $21/1$  هکتار به ابعاد (متر)  $250 \times 850$  بود و هر تیمار شامل 4 خط لاترال است که در امتداد طولی مزرعه کشیده شده است. عمق متوسط لاترال در تیمار زهکشی آزاد  $2/1$  متر و تیمار زهکشی کنترل شده  $0/95$  متر بود. کشت (کشت پلنت) هر دو تیمار  $1389/6/4$ ، مدت تحقیق 6 ماه و از اول اردیبهشت تا اواخر مهر 1390 انجام شد. ردیف های کشت به فاصله  $1/83$  متر و آبیاری به روش سطحی و از

طریق فارو صورت گرفت. به منظور بررسی اثرات زهکشی کنترل شده زیرزمینی و بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی بین دو خط زهکش میانی مزرعه، تعداد 15 چاهک مشاهده‌ای در مزرعه آزمایشی مورد استفاده قرار گرفت. به این منظور از لوله‌های PVC با قطر (2 اینچ) و طول 2/4 متر استفاده گردید. در سراسر لوله‌ها سوراخ‌هایی به ابعاد (3×25 میلی متر) به فاصله‌های مشخص به طوری که کل مساحت این سوراخ‌ها بین 2 تا 5 درصد مساحت جانبی لوله را تشکیل می‌دهند بعد از تجهیز چاهک‌ها و فراهم شدن امکان قرائت سطح ایستابی، اندازه‌گیری نوسانات سطح ایستابی از اردیبهشت‌ماه سال 1390 به طور روزانه آغاز گردید و تا اواخر مهر سال 1390 ثبت گردید. جهت قرائت از عمق سنج الکتریکی استفاده کرده‌ایم. قرائت در تمام روزها به استثنای مدت زمان حدود 30 ساعته پس از آبیاری که در این مدت زمان آب مزرعه هنوز فروکش ننموده لذا قرائت صفر لحاظ می‌گردد و برای اندازه‌گیری دبی آب ورودی و خروجی و شوری در هر بار آبیاری اندازه‌گیری دبی ورودی به مزرعه به روش حجمی دستی با استفاده از یک سطل مدرج و یک کرومومتر از طریق تعیین دبی ورودی دریچه‌های هیدروفلوم به درون فاروها انجام می‌گیرد. به علت اینکه طول مزرعه و طول لوله هیدروفلوم معادل 850 متر می‌باشند، لوله هیدروفلوم را به 11 قسمت یا 11 باند تقسیم نموده‌اند و هر باند با تعداد دریچه متفاوت، زمان شروع و پایان آبیاری هر باند ثبت و همچنین متوسط دبی ورودی هر باند محاسبه و ثبت می‌گردد. همچنین اندازه‌گیری دبی خروجی زهکش‌ها نیز با استفاده از روش دستی فوق (شبیبه اندازه‌گیری دبی ورودی) صورت گرفت. دبی خروجی زهکش‌ها به شکل روزانه ثبت گردید. شوری آب زهکش‌ها نیز در زمان‌های مشخص توسط آزمایشگاه محاسبه و تشخیص می‌گردد. به منظور تعیین درصد رطوبت خاک و تشخیص زمان انجام آبیاری مجدد هر قطعه زراعی و یا هر باند آن، از ابتداء ناحیه استقرار لوله هیدروفلوم و یا از ناحیه انتهایی آن باند به عمق 25 متر وارد مزرعه شده و با اگر از اعماق 20 و 60 سانتی‌متری به یک اندازه (وزن نمونه) نمونه خاک خارج نموده و بلافاصله درون پلاستیک قرار گرفته و بعد از خارج کردن کامل هوای پلاستیک، سر آن را بسته و به آزمایشگاه جهت تعیین درصد رطوبت فرستاده شده است.

جهت ارزیابی و مقایسه سیستم زهکشی CD و زهکشی FD، می‌توان شاخص SEI (شاخص نمک خروجی) را به کاربرد که به صورت زیر تعریف می‌گردد:

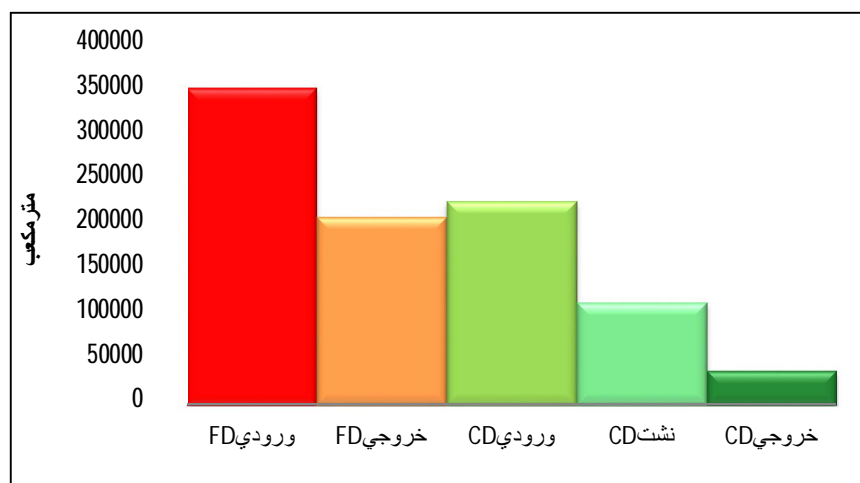
$$SEI = \frac{(\text{نمک خروجی} - \text{نمک ورودی})}{(\text{نمک ورودی})} \quad (1)$$

این شاخص بایستی در طول اجرای سیستم کمتر یا مساوی صفر باشد (یعنی نمک خروجی بیشتر از نمک ورودی باشد).

## نتایج و بحث

### میزان بهره‌وری از آب

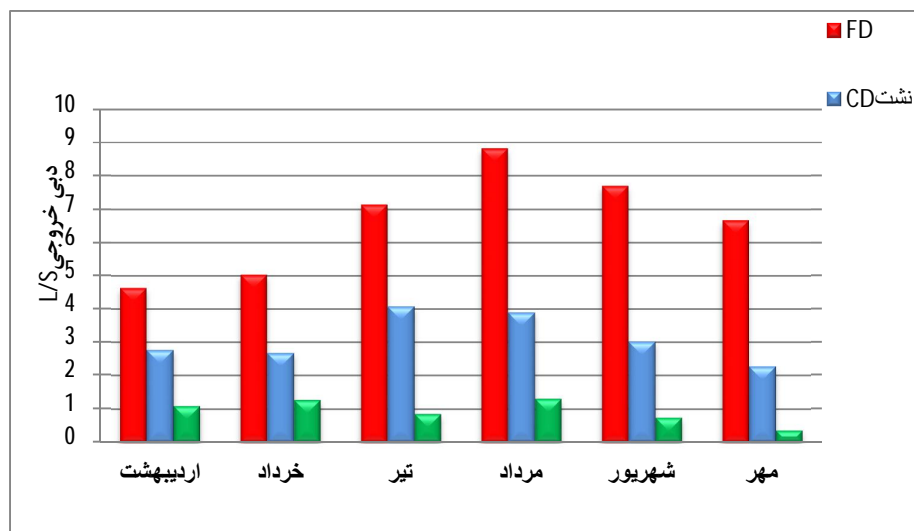
نتایج حاصل از حجم آب ورودی دو تیمار (FD و CD) در بازه زمانی اوج مصرف آب گیاه نیشکر در شکل (2) نشان داد که تیمار FD 16 بار آبیاری، در همین بازه زمانی تیمار (CD) 11 بار که این کاهش 33 درصدی تیمار (CD) در تعداد دور آبیاری را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه تولید محصول بیشتر به ازای واحد حجم آب می‌تواند برتری یک سیستم را نسبت به سیستم دیگر نشان دهد. در این تحقیق، تیمار CD حجم آب مصرفی معادل 38 درصد کاهش نسبت به سیستم زهکشی FD داشته است.



شکل 2: نمودار مقایسه حجم کل آب ورودی و خروجی دو تیمار در ماه‌های اوج مصرف

#### مقایسه دبی خروجی زهکش‌ها

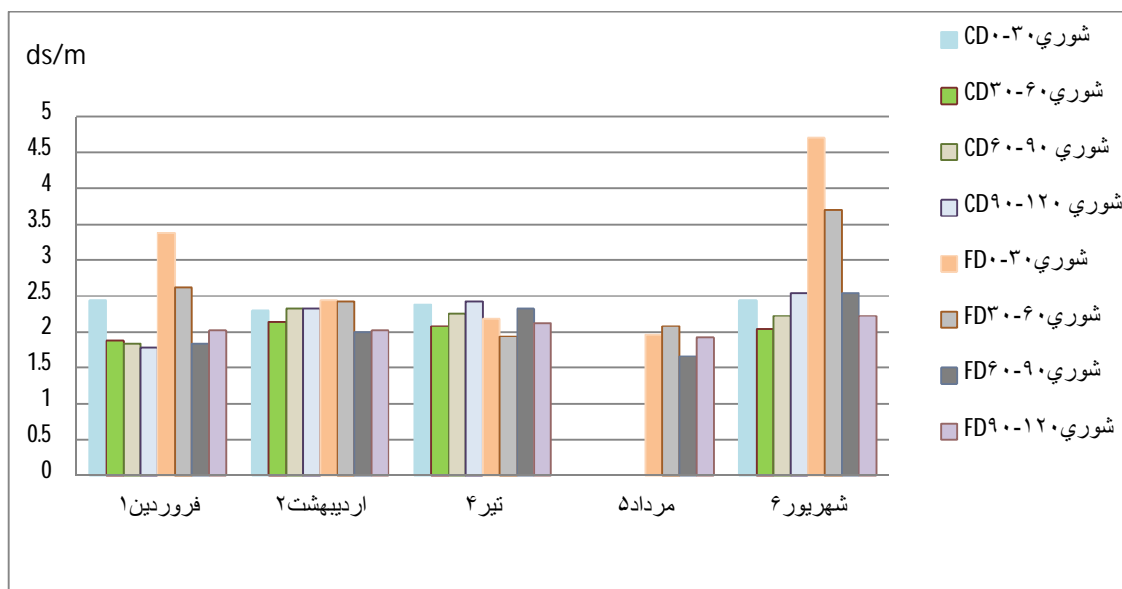
مقایسه دبی زهکش‌ها بین دو تیمار در شکل (3) نشان داد که در ماه‌های گرم میزان دبی خروجی صعود کرده و سپس نشست کرده است و شدت میزان نوسان دبی خروجی ماه‌های سال در تیمار FD بسیار بیشتر از تیمار CD است به عبارتی دیگر در طول فصل شیب خروجی زهکش‌ها در تیمار CD، به خط یکنواخت نزدیک‌تر می‌باشد. همچنین مقایسه نشان می‌دهد که تیمار CD با احتساب نشت، به میزان 50 درصد نسبت به تیمار FD کاهش حجم آب خروجی زهکش داشته است و همچنین تیمار CD بدون احتساب نشت، به میزان 80 درصد نسبت به تیمار FD، کاهش خروجی دارد.



شکل 3: نمودار مقایسه بین دبی زهکش‌ها برای دو تیمار FD و CD

### بررسی روند تغییرات شوری خاک در عمق‌های مختلف

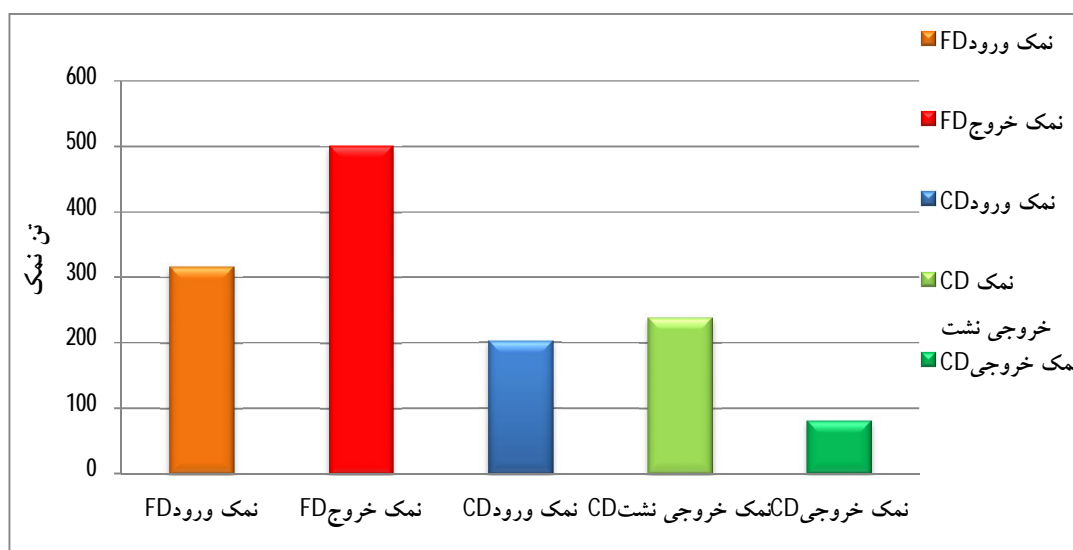
نتایج شوری خاک دو تیمار نشان داد که شوری خاک در لایه 0-30 سانتیمتر تیمار (FD) نسبت به لایه مشابه آن در تیمار (CD) به اندازه 1/3 ds/m افزایش شوری داشته است. با وجود سطح ایستایی کم عمق تر و فعالیت قوه کاپیلاری بیشتر در تیمار کنترل شده، شوری در لایه سطحی خاک در تیمار آزاد بیشتر شده است که علت آن اختلاف کم درجه شوری آب ورودی و آب کاپیلاری، فعالیت قوه کاپیلاری در تیمار CD مشکل‌ساز نبوده است و برخه آبشویی تیمار CD در هر بار آبیاری بیشتر از تیمار FD بوده است اما در تیمار FD دوره تناوب آبیاری به اندازه 33 درصد کوتاه‌تر از تیمار CD بوده و این باعث گردیده زمان وجود آب در لایه سطحی خاک به اندازه 33 درصد بیشتر از تیمار CD شود و تبخیر خاک با حجم بیشتری نسبت به تیمار CD گردد همچنین کوچک بودن برخه آبشویی به دلیل حجم کمتر آب ورودی در هر آبیاری در تیمار FD نتوانسته تراکم شوری حاصل از تبخیر را از سطح خاک آبشویی نماید؛ که این تغییرات را می‌توانیم در شکل (4) مشاهده کنیم.



شکل 4: نمودار مقایسه نوسانات شوری خاک (بر حسب ds/m) در دو تیمار و در 4 لایه عمقی تا 120 سانتیمتر

### بررسی میزان نمک خروجی (ناحیه ریشه) و شاخص SEI

میزان نمک ورودی و خروجی به دو تیمار نشان داد که تیمار CD به میزان 36 درصد نمک ورودی کمتری نسبت به تیمار FD داشته است. همچنین تیمار CD به میزان 53 درصد نمک خروجی کمتری نسبت به تیمار FD داشته است (با احتساب نشت) همچنین تیمار CD بدون احتساب نشت به میزان بیش از 80 درصد نمک خروجی کمتری نسبت به تیمار FD داشته است. شکل (5) اختلاف میزان نمک دو تیمار را نشان می‌دهد.



شکل 5: نمودار مقایسه میزان نمک ورودی و خروجی در دو تیمار در طول دوره تحقیق (برای 5 هکتار)

نتایج حاصل از ارزیابی و مقایسه سیستم زهکشی CD و زهکشی FD، با استفاده از شاخص SEI (شاخص نمک خروجی) طبق جدول (1) است.

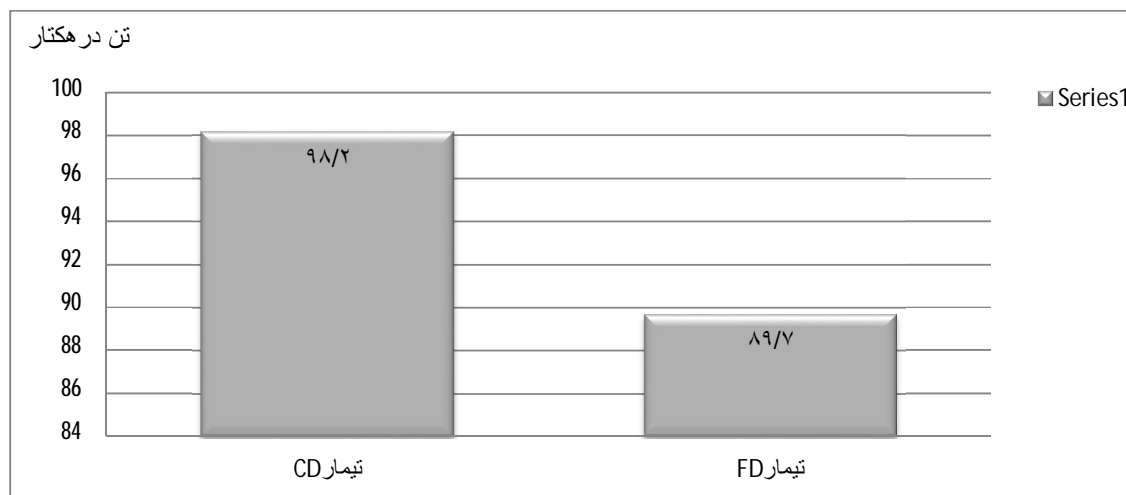
جدول 1: نتایج حاصل از شاخص SEI برای هر زهکش دو تیمار

ردیف	نام تیمار	کل نمک ورودی (تن)	کل نمک خروجی (تن)	میزان شاخص
1	تیمار آزاد (FD)	317	502	-0/6
2	تیمار کنترل شده (CD) با احتساب تبخیر	203	239	-0/1
3	تیمار کنترل شده (CD) بدون احتساب تبخیر	203	80	0/6

شکل (5) و جدول (1) نشان‌دهنده عملکرد خوب زهکش‌ها در کنترل شوری بوده است. در ردیف 3 از جدول 1 میزان شاخص مثبت شده است درحالی‌که مشاهدات حاصل شده در تیمار CD نشان می‌دهد که در طول تحقیق تبخیر در تیمار CD وجود داشته است و چنانچه شرایط طوری باشد که تبخیر به سمت کلکتور قابل توجه نباشد این به معنای محفوظ نگه‌داشتن تراز سطح ایستابی طبق انتظار بوده و تحقق این امر طبیعتاً تأثیر مستقیم در بیشتر شدن زمان تناوب آبیاری و در نتیجه کاهش آب ورودی و در نهایت کاهش میزان نمک ورودی با آب آبیاری می‌گردد و در نتیجه شاخص در ردیف سوم جدول (1) کوچک‌تر می‌گردد.

### عملکرد کمی و کیفی محصول

نتایج حاصل از عملکرد کمی (تن در هکتار) دو تیمار در شکل (6) نشان داد که تیمار CD معادل 8/65 درصد عملکرد بیشتری داشته است.



شکل 6: نمودار مقایسه عملکرد (تن در هکتار) دو تیمار با استفاده از روش 500 ساقه

نتایج عملکرد کیفی محصول برای دو تیمار در جدول 2 نشان داد که تیمار CD در وزن نمونه 20/62 درصد، در وزن شربت حاصل از نمونه 33/33 درصد در نسبت وزن شربت به وزن نی (EX) 15/9 درصد در میزان قند موجود در شربت (POL) 6/01 درصد در میزان مواد جامد محلول در شربت (Brix) 5/24 درصد در درجه خلوص شربت یا میزان قند خالص 0/8 درصد از تیمار FD بیشتر شده است.

جدول 2: نتایج کنترل کیفی محصول نیشکر (مقایسه بین دو تیمار CD و FD)

تیمار	تیمار	%pty	Brix	pol	%Ex	وزن شربت (kg)	وزن کل نمونه نی (kg)
آزاد	9/1	86/65	17/15	14/85	37	5/2	14/05
کنترل شده	9/73	87/35	18/1	15/8	44	7/8	17/7

جدول (3) مقایسه ابعاد نی را در دو تیمار بیان و نتایج حاصل نشان داد که تیمار CD در وزن ساقه به میزان 8/65 درصد و در میانگین قطر میان گره به اندازه 5 درصد و در میانگین طول میان گره به اندازه 4/47 درصد و در میانگین ارتفاع نی به اندازه 8/7 درصد از تیمار FD بیشتر است ولی تیمار FD در تعداد ساقه 11/42 درصد بیشتر از تیمار CD است.



جدول 3: مقایسه ابعاد نی در دو تیمار

تیمار	میانگین ارتفاع نی (m)	میانگین طول میان گره وسط (cm)	میانگین قطر میان گره وسط (cm)	وزن ساقه (kg/m <sup>2</sup> )	تعداد ساقه (m <sup>2</sup> )
آزاد	2/112	14/3	1/97	8/97	14/97
کنترل شده	2/3103	14/97	2/074	9/82	13/26

### نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تیمار CD افزایشی معادل 41/34 درصد در کارآیی مصرف آب آبیاری نسبت به تیمار FD داشته، تیمار CD به میزان 38 درصد نسبت به تیمار FD، کاهش آب ورودی داشته، تیمار CD به میزان 33 درصد کاهش تعداد دور آبیاری (کاهش زمان آبیاری) نسبت به تیمار FD داشته، تیمار CD کاهش معادل 10/52 درصد در درجه شوری زه آب خروجی نسبت به تیمار FD داشته و تیمار CD کاهش معادل 36 درصد در میزان نمک ورودی به مزرعه و کاهش معادل 53 درصد در میزان نمک خروجی از مزرعه، نسبت به تیمار FD داشته است.

### منابع

- حمزه، س. (1387). ارزیابی عملکرد هیدرولیکی و نوسانات سطح ایستابی در زهکش‌های پلکانی اراضی کشت و صنعت امام خمینی (ره)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، ص 14-45.
- کار گروه زهکشی و محیط‌زیست کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. (1388). خوزستان و چالش‌های زهکشی زیرزمینی در سال‌های پیش رو. ششمین کارگاه زهکشی و محیط‌زیست، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ص 1-22.
- محبوبی، آ. (1391). بررسی اثرات زهکشی کنترل شده بر روی شوری خاک، مدیریت آبیاری و عملکرد نیشکر در کشت و صنعت امام خمینی. پایان‌نامه دکتری، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز. ص 18-34.
- محبوبی، آ.، هوشمند، ع.، ناصری، ع. و جعفری، س. (1392). اثر زهکشی کنترل شده بر روی کاهش ضریب زهکشی و حجم زهاب خروجی در مزارع نیشکر کشت و صنعت امام خمینی. مجله آب خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد 27، شماره 6، ص 1133-1144.

نوری، ح.، لیاقت، ع.، فرداد، ح. و چایی چی، م. (1386). بهبود کیفیت آب زهکشی با استفاده از مدیریت سطح ایستابی در یک منطقه نیمه‌خشک ایران. مجله آبیاری و زهکشی ایران، سال اول، شماره یک، ص 41-48.

**AbdelDaiem, S. J., Hoveenaars, P.P., Mollinga, W., Scheumann, R. and Vanteenberg, F. (2005).** Agricultural drainage: Towards and an integrated approach. Irrigation and Drainage Systems, pp:71-8.

**Ayars, J. E, Chresten, E. W., Hornbuckle, J. W. (2006).** Controlled drainage for improved water management in arid regions irrigated. Available fom: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**Ramoska, E. D., Bastinene, N. I. and Saulys, V. A. (2009).** Evaluation of controlled drainage efficiency in LITHUANIA. Irrig. Drain. 10.1002/ird. 548.

**World, B. (2005).** Investing in Controlled drainage :Innovation Profile Shaping the future of Water for-agriculture, A sourcebook for investment in agricultural water management, the world Bank, Washington.