

## تأثیر استراتژی‌های مختلف کاربرد آب شور بر عملکرد و بهره‌وری آب ذرت در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری

علی حیدر نصرالهی\*<sup>۱</sup>، سعید برومند نسب<sup>۲</sup>، عبدالرحیم هوشمند<sup>۳</sup>، موسی مسگرباشی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۲/۳۱

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، دانشگاه شهید چمران، دانشکده مهندسی علوم آب، گروه آبیاری و زهکشی

<sup>۲</sup> استاد دانشگاه شهید چمران، دانشکده مهندسی علوم آب، گروه آبیاری و زهکشی

<sup>۳</sup> استادیار دانشگاه شهید چمران، دانشکده مهندسی علوم آب، گروه آبیاری و زهکشی

<sup>۴</sup> دانشیار دانشگاه شهید چمران، دانشکده مهندسی علوم آب، گروه آبیاری و زهکشی

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: aliheidar\_20@yahoo.com

### چکیده

کمبود منابع آب با کیفیت مناسب یکی از چالش‌های مهم در نواحی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. از این رو دسترسی به منابع آب با کیفیت پایین مانند: زه‌آب‌ها، آب‌های شور و فاضلاب تصفیه‌شده موردتوجه قرار گرفته است. روش‌های آبیاری با راندمان بالا نظیر آبیاری قطره‌ای یک راهکار مناسب برای استفاده بهینه از این منابع می‌باشند. این تحقیق به منظور بررسی اثرات مدیریت‌های مختلف آبیاری قطره‌ای با آب شور روی عملکرد ذرت و بهره‌وری آب انجام شده است. آزمایش در قالب کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. در این تحقیق اثر سه راهکار مدیریت آبیاری شامل اختلاط، تناوب یک‌درمیان و تناوب نیم در میان سه سطح آب شور (۴، ۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر) با آب رودخانه کارون، روی عملکرد دانه، بیوماس و بهره‌وری آب آبیاری ذرت بررسی شد. در پایان فصل این صفات اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثرات مدیریت و شوری روی هر سه شاخص در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بررسی اثرات متقابل شوری و مدیریت نشان داد که در مدیریت نیم در میان حتی در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد دانه و بهره‌وری آب آبیاری نسبت به تیمار شاهد کاهش معنی‌دار نداشت درحالی‌که در مدیریت یک‌درمیان کاهش عملکرد و بهره‌وری در شوری‌های ۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار شد. کاهش عملکرد محصول نسبت به شاهد به ازای یک واحد افزایش شوری آب آبیاری برای مدیریت‌های اختلاط، تناوبی یک‌درمیان و تناوبی نیم در میان به ترتیب ۳/۶، ۷/۲ و ۱/۷ درصد به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، بهره‌وری آب، بیوماس، شوری، مدیریت

## Effect of Different Management Strategies in Use of Saline Water on Maize Yield and Water Productivity in Drip Irrigation Method

AH Nasrollahi<sup>1\*</sup>, S Bromandnasab<sup>2</sup>, AR Hoshmand<sup>3</sup>, M Mesgarbashi<sup>4</sup>

Received: 16 February 2014 Accepted: 21 May 2014

<sup>1</sup> Ph.D. Student. Hydraulic Structures Dept. Water and Sciences Eng. Faculty, Shahid Chamran University, Iran

<sup>2</sup> Prof., Hydraulic Structures Dept. Water and Sciences Eng. Faculty, Shahid Chamran University, Iran

<sup>3</sup> Assist Prof., Hydraulic Structures Dept. Water and Sciences Eng. Faculty, Shahid Chamran University, Iran

<sup>4</sup> Assioc Prof., Hydraulic Structures Dept. Water and Sciences Eng. Faculty, Shahid Chamran University, Iran

\*Corresponding Author, Email: aliheidar\_20@yahoo.com

### Abstract

The shortage of water resources with high quality is becoming an important issue in the arid and semi-arid regions. For this reason the availability of marginal quality resources such as drainage water, saline water and treated wastewater has become an important consideration. Irrigation methods with high efficiency such as drip irrigation are suitable solutions for the optimal use of these resources. This study was carried out to investigate the effects of drip irrigation management strategies with saline water on maize yield and irrigation water productivity. The experiment was performed at split plots based on randomized complete block design. The effects of three irrigation management options; mixing, one-alternate and half-alternate of three levels of saline water (4, 5 and 6 ds/m) with Karoun river on maize yield, biomass and irrigation water productivity were investigated. These parameters were measured at the end of the growing season. The results showed that the effects of management and salinity on all indices were significant in level of one percent. Investigation on interaction effects of salinity and irrigation management showed that in half-alternate yield and irrigation water productivity were not significant even in water salinity of 6 ds/m, whereas in one-alternate strategy this decrease by application of water with salinity of 5 and 6 ds/m was significant. The yield reductions per unit increase of irrigation water salinity in mixing, one-alternate and half-alternate management strategies were calculated 3.6, 7.2 and 1.7 percent, respectively.

**Keywords:** Biomass, Drip irrigation, Management, Salinity, Water productivity

### مقدمه

با آب شور، بین یک یا دو درصد از زمین‌های آبیاری شده با آب شور از بین می‌روند (بی‌نام ۲۰۰۲). استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای با مدیریت صحیح در برخورد با آب‌های شور می‌تواند گام مؤثری در افزایش تولید محصولات کشاورزی، بهبود بهره‌وری آب و صرفه‌جویی در ذخایر آب شیرین باشد. مطالعات نشان می‌دهد که آبیاری قطره‌ای در خاک‌های شور نیز یک روش مناسب

نگاهی به وضعیت شوری منابع آب و خاک ایران نشان می‌دهد که این پدیده یکی از مهم‌ترین عوامل تنش-زا در بخش کشاورزی است. کشاورزان اگر به اندازه کافی آب شیرین در اختیارشان بود، شاید هرگز از آب شور برای آبیاری استفاده نمی‌کردند. امروزه استفاده از آب شور برای آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک معمول شده و هر ساله به‌علت مدیریت نامناسب آبیاری

واریته‌های گوجه‌فرنگی در سوریه و مصر انجام شد (عبدالجواد و همکاران ۲۰۰۵، مالاش و همکاران ۲۰۰۵ و ۲۰۰۸). در این تحقیقات روش‌های آبیاری شیاری و قطره‌ای و کیفیت‌های مختلف آب را روی واریته‌های مختلف گوجه‌فرنگی بررسی نمودند. طبق نتایج آن‌ها ترکیب سیستم قطره‌ای و مدیریت اختلاط نسبت به آبیاری شیاری و مدیریت تناوبی، عملکرد و راندمان مصرف آب بالاتری را موجب شد. برخی محققان گزارش کرده‌اند که اگر به‌جای اختلاط آب شور و شیرین و یا استفاده متناوب آن‌ها به‌طور یک‌درمیان، ابتدا نیمی از هر آبیاری با آب شور و سپس نیم دیگر با آب شیرین انجام شود (تناوبی نیم در میان)، راندمان مصرف آب برای گیاه بیشتر خواهد شد (لیاقت و اسماعیلی ۱۳۸۲). آن‌ها در یک آزمایش لایسیمتری تأثیر سه روش تلفیق آب شور و شیرین (اختلاط، استفاده متناوب به‌صورت یک‌درمیان و استفاده متناوب به‌صورت نیم در میان) را روی عملکرد ذرت و غلظت نمک در منطقه ریشه بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تیمار متناوب نیم در میان در مقایسه با دو تیمار دیگر دارای عملکرد بیشتر و راندمان مصرف آب بالاتری بود. نوشاری و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثرات دو شیوه مدیریت یک‌درمیان و نیم در میان استفاده از آب شور و شیرین به‌روش آبیاری قطره‌ای روی عملکرد و بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسیدند که بین دو شیوه مدیریتی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. از طرفی بر اساس میزان شوری خاک و عملکرد گیاه دو شیوه یک‌درمیان و نیم در میان به‌ترتیب در شوری‌های کمتر از ۲ و بیشتر از ۴ دسی‌زیمنس بر متر مناسب بودند. به‌طورکلی انتخاب گزینه مدیریتی مطمئن در آبیاری با آب شور به عوامل متعددی از جمله کیفیت آب، مقاومت گیاه به شوری و میزان دسترسی به منابع آب شیرین بستگی دارد (مالاش و همکاران ۲۰۰۵).

ذرت یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که بخش عمده‌ای از نیازهای غذایی کشور را تأمین می‌کند. آستانه حساسیت ذرت نسبت به شوری آب ۱/۱ و شوری خاک ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر بوده و لذا از گیاهان نیمه‌حساس به شوری به‌شمار می‌رود (علیزاده

برای بهبود وضعیت شوری اراضی و کشت گیاهان می‌باشد (سان و همکاران ۲۰۱۲، وان و همکاران ۲۰۱۳). آبیاری قطره‌ای به‌خاطر آبدهی کم و متناوب در یک دوره زمانی می‌تواند پتانسیل ماتریک خاک را در ناحیه ریشه بالا نگه دارد و از این طریق کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از آبیاری با آب شور را تا حدودی جبران نماید و درنهایت پتانسیل کل برای رشد گیاه مناسب باشد (کانگ ۱۹۹۸). در ضمن شرایط تهویه مناسب می‌تواند تحت آبیاری قطره‌ای فراهم شود. ازاین‌رو، آبیاری قطره‌ای در صورت مدیریت مناسب، سودمندترین روش آبیاری با آب شور برای گیاهان می‌باشد. هانسون و همکاران (۲۰۱۰) تنها راه‌حل مشکلات شوری و زهکشی اراضی در کالفرنیا را بهبود عملیات آبیاری ازجمله استفاده از آبیاری قطره‌ای دانستند.

استفاده از آب‌های شور در کشاورزی مستلزم اعمال مدیریت‌های مختلفی در مزرعه نظیر افزایش راندمان کاربرد آب، آبتجویی و اصلاح شوری خاک، زهکشی مناسب و غیره می‌باشد. وان و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از آبیاری قطره‌ای برای ذرت در شرایط شوری بالا نشان دادند که آبیاری قطره‌ای می‌تواند به‌طور موفقیت‌آمیز در رشد ذرت تحت شرایط شوری و خشکی بالا بکار گرفته شود به‌شرطی‌که راهکارهای مدیریتی مناسب اتخاذ شود. آن‌ها برنامه-ریزی آبیاری بر اساس پتانسیل ماتریک خاک ناحیه ریشه گیاه را یک راهکار مناسب مدیریتی معرفی نمودند. می و همکاران (۲۰۱۲) آزمایش‌های مزرعه‌ای را برای مطالعه اثرات کیفیت آب آبیاری و چیدمان نوارهای آبیاری قطره‌ای روی توزیع شوری و رطوبت خاک به‌منظور مدیریت بهتر سیستم هنگام استفاده از آب شور انجام دادند. نتایج نشان داد توزیع رطوبت و شوری در خاک متأثر از چیدمان نوارها است. یکی از راهکارهای مدیریتی آبیاری با آب‌های شور، تلفیق این منابع با آب‌های با کیفیت مناسب است که معمولاً به دو صورت استفاده تناوبی و اختلاط امکان‌پذیر است. تحقیقات متعددی جهت مقایسه روش‌های اختلاط و تناوب یک‌درمیان زه‌آب شور و آب شیرین برای آبیاری

نیم در میان) در سطوح مختلف شوری، روی عملکرد ذرت و بهره‌وری مصرف آب بررسی گردید.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه آزمایشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی ۹۲-۹۱ به صورت کشت بهاره ذرت SC-Karoun-701 انجام شد. شهر اهواز مرکز استان خوزستان است که از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک و در ارتفاع ۲۰ متری از سطح دریا واقع گردیده است. برخی از خصوصیات آب و هوایی در طول فصل کشت در جدول ۱ ارائه گردید که برای این منظور از آمار ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز که نزدیک‌ترین ایستگاه به محل آزمایش بود استفاده شد.

جدول ۱- خصوصیات آب و هوایی منطقه.

متغیر	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
دمای کمینه (°C)	۵	۷/۴	۱۱/۴	۲۰/۴
دمای بیشینه (°C)	۳۵/۴	۳۷/۴	۴۱/۴	۴۶
بیشینه سرعت باد ( $m s^{-1}$ )	۱۲	۱۰	۱۵	۱۶
بارندگی (mm)	۲/۸	۴	۲۷/۲	۰
رطوبت نسبی بیشینه (درصد)	۷۳	۶۴	۶۳	۳۸

شور (S2، S3 و S4) و نوبت دیگر با آب رودخانه کارون (S1) به‌طور تناوبی و یک‌درمیان صورت می‌گرفت و ۳- استراتژی تناوبی نیم در میان (M3): که در هر آبیاری نیمی از آن با آب شور (S2، S3 و S4) و نیم دیگر با آب کارون (S1) انجام می‌شد. قابل‌ذکر است که در هر استراتژی مدیریتی تیمار آب کارون (S1) با شوری متوسط ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌عنوان تیمار شاهد محسوب می‌شد. به‌عبارت‌دیگر تیمارهای M1S1، M2S1 و M3S1 در هر استراتژی آبیاری به‌عنوان تیمار شاهد می‌باشند که تا پایان فصل با شوری S1 به‌طور پیوسته آبیاری شدند. سطوح شوری (S2)، (S3) و (S4) به‌ترتیب با شوری‌های ۴، ۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر بودند. به‌منظور تهیه آب با شوری‌های S2، S3 و S4، نمک-های  $CaCl_2$ ،  $NaCl$  و  $MgCl_2$  به نسبتی به آب کارون (S1) اضافه می‌شد تا EC به مقدار موردنظر برسد درحالی‌که نسبت کلسیم به منیزیم و SAR آب حاصله مشابه آب

(۱۳۶۴). استان خوزستان یکی از مهم‌ترین مراکز کشت این محصول است که پتانسیل کشت به‌دو صورت بهاره و تابستانه را دارد و در سال‌های اخیر، با متوسط سطح زیر کشت ۶۵ هزار هکتار، حدود ۲۵ درصد از کل تولید ذرت کشور را به‌خود اختصاص داده است (خرمیان ۱۳۹۰). از طرفی دیگر حجم وسیعی از منابع آب این استان شور بوده و دارای منابع آب با کیفیت متفاوت می‌باشد. از این‌رو و با توجه به اینکه آبیاری قطره‌ای به‌خاطر کاربرد موضعی آب و انعطاف‌پذیری در برنامه‌ریزی آبیاری هنگام استفاده از آب با کیفیت پائین، نسبت به سایر روش‌های آبیاری دارای مزایای بیشتری است، در این تحقیق اثر سه راهکار مدیریتی آبیاری با آب شور (اختلاط، تناوبی یک‌درمیان و تناوبی

به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از مراحل آماده‌سازی زمین در پنج نقطه از زمین و در سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری نمونه‌های خاک تهیه و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین شد (جدول ۲). مقدار کود با توجه به نتایج تحلیل خاک تعیین و در اختیار گیاه قرار گرفت. به‌منظور دستیابی به اهداف موردنظر، تحقیق حاضر در قالب یک طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و آزمایش کرت‌های خردشده با سه استراتژی مدیریت آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی و چهار سطح شوری آب به‌عنوان فاکتور فرعی و در ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارهای مدیریت آبیاری شامل: ۱- استراتژی اختلاط آب شور با آب کارون (M1): که در آن هر یک سطوح شوری آب (S2، S3 و S4) با آب رودخانه کارون (S1) به نسبت برابر باهم مخلوط و استفاده شدند. ۲- استراتژی تناوبی یک‌درمیان (M2): که آبیاری یک نوبت با آب

سانتی‌متر و دبی ۲ لیتر بر ساعت انجام شد. انرژی موردنیاز سیستم توسط یک پمپ نیم اسب تأمین می‌شد. هر تیمار شوری آب به‌صورت جداگانه در یک مخزن ۲۵۰۰ لیتری تهیه و هر مخزن با یک شیر باز و بسته‌شده و با یک لوله رابط به پمپ متصل می‌شد. پس از پمپ آب آبیاری توسط فیلتر توری تصفیه و حجم آن توسط کنتور حجمی کنترل و فشار موردنیاز نیز با استفاده از فشارسنج و شیر کنترل فشار تنظیم‌شده و پس از عبور از لوله‌های ۴۰ و ۱۶ میلی‌متر توسط نوارهای آبیاری در اختیار گیاه قرار می‌گرفت.

کارون باشند (هنگلر ۲۰۰۴). مقادیر متوسط برخی خصوصیات آب آبیاری در تیمارهای مختلف در طول مدت آزمایش در زیر نوشته شده‌اند (جدول ۳). در مجموع ۳۶ کرت با مساحت تقریبی ۷/۵ مترمربع شامل سه ردیف کشت با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و طول ۳/۵ متر تهیه شد. برای جلوگیری از حرکت و نشست نمک به تیمارهای کناری، بین دو ردیف از دو کرت متوالی کنار هم یک متر فضای خالی اختصاص داده شد. لازم به ذکر است که تیمارهای موردنظر از مرحله ۴ برگی به بعد اعمال گردید. آبیاری مزرعه به‌صورت قطره‌ای و با استفاده از نوار آبیاری با فاصله بین خروجی‌های ۲۰

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی.

عمق (cm)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (g cm <sup>-3</sup> )	EC (dS m <sup>-1</sup> )	PH	ظرفیت زراعی % (FC)	نقطه پژمردگی % (PWP)
۰-۳۰	Si-L	۱/۴۰	۳/۹۱	۷/۵۰	۳۲	۱۵
۳۰-۶۰	Si-L	۱/۵۰	۳/۳۵	۷/۶۰	۳۲	۱۵
۶۰-۹۰	Si-L	۱/۶۰	۲/۷۸	۷/۸۰	۳۲	۱۵

جدول ۳- مقادیر متوسط خصوصیات شیمیایی در سطوح مختلف شوری آب آبیاری در طول فصل.

سطوح شوری آب	So <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	PH	EC (dS m <sup>-1</sup> )
S1	۹/۸۵	۱۳/۶۶	۳/۴۳	۰/۰۹	۱۴/۵۴	۴/۰۴	۸/۲۱	۷/۴۰	۲/۵
S2	۸/۸۴	۳۷/۱۱	۳/۰۶	۰/۱۰	۲۱	۷/۲۴	۱۵/۸۹	۷/۴۰	۴
S3	۹/۴۶	۳۸/۶۰	۳/۳۷	۰/۱۴	۲۳/۹۰	۹/۹۶	۱۷/۹۵	۷/۵۰	۵
S4	۹/۵۵	۳۹/۲۸	۳/۵۲	۰/۱۱	۲۴/۱۰	۱۰/۲۴	۲۰/۲۶	۷/۵۰	۶

ارزیابی مزرعه‌ای سیستم، ۹۵ درصد منظور گردید (علیزاده ۱۳۸۸).

$$dn = (\theta_{fc} - \theta_s) \times Z \times \rho_b \quad [1]$$

$$V_g = \frac{dn \times A \times f}{Ea} \quad [2]$$

که در آن:  $dn$ : عمق خالص آب آبیاری (mm)،  $\theta_{fc}$ : درصد رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت زراعی،  $\theta_s$ : درصد رطوبت وزنی باقی‌مانده در خاک قبل از آبیاری،  $Z$ : عمق ریشه (mm) و  $\rho_b$ : چگالی

برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک صورت گرفت. برای تعیین زمان آبیاری از پایش رطوبت خاک تیمارهای شاهد به‌روش وزنی استفاده می‌شد و قبل از اینکه تخلیه رطوبت خاک به بیش از بیشینه مجاز برسد آبیاری صورت می‌گرفت. برای این منظور ابتدا عمق خالص آب آبیاری با توجه به رابطه ۱ و سپس حجم آب موردنیاز هر تیمار توسط رابطه ۲ محاسبه‌شده و با استفاده از شیرهای تعبیه‌شده در اختیار هر تیمار قرار می‌گرفت. مقدار آب آبیاری برای همه تیمارها یکسان و راندمان آبیاری با توجه به

کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. کاهش بیوماس در استراتژی یک‌درمیان نسبت به دو استراتژی دیگر معنی‌دار است و در یک سطح آماری مجزا قرار دارد. در تحقیقات پیشین (مالاش و همکاران ۲۰۰۵، لیاقت و همکاران ۱۳۸۲) نیز روش تناوبی یک‌درمیان، دارای عملکرد کمتر (از لحاظ وزن دانه و وزن بیوماس خشک) و راندمان مصرف آب پایین‌تری بود.

#### اثر شوری آب آبیاری

اثر شوری بر عملکرد دانه، بیوماس و بهره‌وری آب آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). با مقایسه میانگین‌ها به‌روش دانکن، جدول ۶، ملاحظه می‌شود که عملکرد دانه در شوری‌های S1 و S2 در یک سطح آماری و در شوری‌های S3 و S4 اختلاف معنی‌دار بوده و با افزایش شوری، عملکرد دانه کاهش یافت. این در حالی است که اثر شوری روی بیوماس تنها در شوری S4 معنی‌دار است. کاهش عملکرد دانه با افزایش شوری منجر به کاهش بهره‌وری آب‌شده به‌نحوی که بهره‌وری آب آبیاری از مقدار ۲/۱۸۱ کیلوگرم بر مترمکعب در شوری S1 به ۱/۹۱۶ در شوری S4 رسید. به‌طورکلی با افزایش شوری آب آبیاری، علاوه بر کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیوماس، ارتفاع و غیره نیز کاهش می‌یابد زیرا با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک زیاد شده که در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید افزایش یافته و سبب کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌شود. از آنجاکه در آبیاری قطره‌ای رطوبت ناحیه ریشه در بسیاری از مواقع بالا بوده (بسته به برنامه‌ریزی آبیاری نزدیک به نقطه ظرفیت زراعی است)، در این وضعیت می‌تواند اثر کاهش پتانسیل اسمزی را جبران نموده و پتانسیل کل آب تقریباً ثابت بماند. از این‌رو با وجود معنی‌دار بودن کاهش عملکرد و بهره‌وری آب در شوری‌های بالا ولی حتی در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر (S4) هم مقادیر این شاخص‌ها نسبت به میانگین منطقه بالاتر می‌باشد (خرمیان ۱۳۹۰).

ظاهری خاک ( $\text{g cm}^{-3}$ ) و نیز  $V_g$ : حجم ناخالص آب آبیاری (Lit)،  $f$ : ضریب مربوط به سطح خیس شده هر تیمار،  $A$ : سطح تحت کشت هر تیمار ( $\text{m}^2$ ) و  $Ea$ : راندمان کاربرد آب می‌باشد. پس از رسیدگی محصول، در هر کرت آزمایشی خط وسط با حذف حاشیه برداشت و عملکرد دانه و بیوماس در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. جهت تعیین شوری خاک ناحیه ریشه در پایان فصل نیز هنگام برداشت محصول برای هر تیمار از اعماق مختلف خاک نمونه‌برداری شد و پس از تهیه عصاره اشباع، شوری آن‌ها به‌دست آمد. بهره‌وری آب آبیاری از رابطه ۳ محاسبه گردید. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

$$WP = \frac{Y}{V} \quad [3]$$

در این رابطه؛  $Y$ : عملکرد دانه برحسب کیلوگرم برهکتار،  $V$ : حجم آب مصرفی برحسب مترمکعب در هکتار و  $WP$ : بهره‌وری آب آبیاری برحسب کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

#### نتایج و بحث

##### اثر مدیریت آبیاری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بین مدیریت‌های آبیاری برای عملکرد دانه، بیوماس و بهره‌وری آب آبیاری وجود دارد (جدول ۴). مقایسه میانگین صفات موردبررسی برای مدیریت‌های مختلف آبیاری نشان داد که همه صفات در مدیریت نیم در میان بیشتر از مدیریت اختلاط و مدیریت تناوبی یک‌درمیان است (جدول ۵). عملکرد دانه و بهره‌وری آب آبیاری در دو تیمار M1 و M3 در یک سطح آماری و در تیمارهای M1 و M2 نیز در یک سطح آماری قرار دارند و بین تیمارهای M3 و M2 تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بیشترین بهره‌وری آب مصرفی در تیمار M3 با مقدار ۲/۱۳۱ و کمترین مقدار آن در تیمار M2 با مقدار ۱/۹۸۲

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در آزمایش.

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات
بهره‌وری آب (kg m <sup>-3</sup> )	بیوماس (ton ha <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه (kg ha <sup>-1</sup> )		
۰/۰۰۵ns	۰/۴۹۳ns	۲۱۸۴۴۰/۳۶۱ns	۲	تکرار
۰/۰۲۴**	۳/۶۷۶**	۹۶۰۱۶۰/۰۲۸**	۲	مدیریت
۰/۰۴۷**	۴/۸۴۹**	۱۸۸۵۸۳۲/۶۳**	۳	شوری
۰/۰۰۸**	۰/۵۳۳ns	۳۱۱۶۷۴/۲۱۳**	۶	مدیریت × شوری

ns, \*\* و \* به ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر استراتژی‌های مدیریت برای صفات مختلف.

بهره‌وری آب (kg m <sup>-3</sup> )	بیوماس (ton ha <sup>-1</sup> )	عملکرد دانه (kg ha <sup>-1</sup> )	استراتژی
۲/۰۷۳ab	۱۶/۲۶۵a	۷۸۶۱ab	M1
۱/۹۸۲b	۱۵/۵۵۳b	۷۵۱۷ b	M2
۲/۱۳۲a	۱۶/۶۴۱a	۸۰۷۸a	M3

در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، برپایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

نیم در میان، اظهار داشتند که روش نیم در میان در شوری‌های بالاتر، مدیریت مناسبی است. در اغلب تحقیقات مشابه نیز کمترین عملکرد مربوط به روش یک‌درمیان می‌باشد (عبدالجواد و همکاران ۲۰۰۵، مالاش و همکاران ۲۰۰۵). به نظر می‌رسد در استفاده متناوب آب شور و شیرین به روش یک‌درمیان کاهش عملکرد بیشتر، به علت تنش‌های اسمزی می‌باشد که گیاه به صورت تناوبی و در طول فصل رشد در معرض آن‌ها قرار می‌گیرد و هرچند در آبیاری قطره‌ای با دور آبیاری کم این وضعیت تعدیل شده اما در شوری‌های بالاتر بازهم اثرگذار است. در مقابل در مدیریت نیم در میان آبشویی منطقه ریشه مخصوصاً در لایه‌های سطحی بهتر صورت گرفته، گیاه استفاده بیشتری از آب شیرین می‌کند و محیط مناسب‌تری برای رشد و نمو فراهم می‌شود. شکل ۱ تغییرات عملکرد نسبی را در مقابل شوری آب آبیاری و برای مدیریت‌های مختلف نشان می‌دهد. عملکرد نسبی از تقسیم عملکرد هر تیمار به عملکرد تیمار شاهد (بیشترین عملکرد) در هر روش

اثر متقابل استراتژی‌های مدیریت آبیاری و شوری آب آبیاری نتایج آزمایش نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار اثر متقابل مدیریت آبیاری و شوری روی عملکرد دانه و بهره‌وری آب در سطح احتمال ۱ درصد بود (جدول ۴). اما برای بیوماس این اختلاف معنی‌دار نبود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که برای استراتژی اختلاط (M1)، تنها در شوری S4 عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار دارد (جدول ۷). برای مدیریت تناوبی یک‌درمیان (M2) اثر شوری روی عملکرد دانه از شوری S3 معنی‌دار است درحالی‌که در مدیریت نیم در میان (M3)، کاهش عملکرد حتی در شوری S4 نیز معنی‌دار نیست. در شوری S2 هر سه روش مدیریتی در یک سطح آماری قرار داشته و با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری ندارند. بنابراین مشخص است که مدیریت آبیاری در شوری‌های بالاتر تأثیر بیشتری دارد به طوری‌که در مدیریت نیم در میان شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نیز اثر معنی‌داری روی عملکرد نداشته است. نوشادی و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مقایسه دو روش یک‌درمیان و

در میان این کاهش بیشتر بوده ولی از روش یک‌درمیان کمتر می‌باشد. شکل ۲ تغییرات بهره‌وری آب آبیاری را در مدیریت‌های مختلف نشان می‌دهد. چنان‌که در رابطه ۳ نشان داده شده است بهره‌وری آب آبیاری تابع میزان آب مصرفی و عملکرد محصول می‌باشد. از آنجایی‌که آب مصرفی در همه تیمارها یکسان بوده، لذا تغییرات بهره‌وری آب تنها ناشی از تغییرات عملکرد می‌باشد. بنابراین با وجود مصرف آب یکسان در همه تیمارهای آزمایشی، مدیریت آبیاری باعث تغییر در بازده مصرف آب شده است. به عبارت دیگر درحالی‌که شوری بهره‌وری آب را کاهش داده اما مدیریت مناسب آبیاری (مدیریت نیم در میان) سبب بهبود این شاخص مهم در مزرعه شده و از کاهش معنی‌دار آن جلوگیری می‌کند. در شکل، کاهش بهره‌وری آب برای مدیریت یک‌درمیان و در شوری‌های S3 و S4 نسبت به دو مدیریت دیگر به‌وضوح مشخص است. هرچند این دو مقدار نسبت به تیمار شاهد (M2S1) کاهش معنی‌دار دارند اما نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که هر دو در یک سطح آماری قرار دارند و با افزایش شوری از S3 تا S4 کاهش بهره‌وری تنها ۷/۵ درصد است. نکته بسیار مهم این است که مدیریت‌های آبیاری در شوری‌های بالا اثرگذار بوده و در شوری‌های پایین مدیریت اثر معنی‌داری روی عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری ندارد.

مدیریتی به‌دست آمد. برای هر حالت روابط شوری- عملکرد نسبی استخراج شده و مقایسه گردید (جدول ۸). با توجه به این روابط درصد کاهش محصول به‌ازای یک واحد افزایش شوری آب آبیاری در مدیریت‌های اختلاط، تناوبی یک‌درمیان و تناوبی نیم در میان به‌ترتیب ۳/۶، ۷/۲ و ۱/۷ درصد می‌باشد که نشان می‌دهد این کاهش برای مدیریت یک‌درمیان به‌مراتب بیشتر است. همان‌طوری‌که از شکل مشخص است در شوری ۴ تغییرات عملکرد نسبی بسیار ناچیز است و در شوری ۵ این اختلاف بیشتر شده تا اینکه در شوری ۶ تفاوت به‌وضوح مشخص است به‌طوری‌که در این نقطه، مدیریت نیم در میان نسبت به دو مدیریت اختلاط و یک‌درمیان به‌ترتیب ۷ و ۱۵ درصد افزایش عملکرد داشته است. کاهش عملکرد برای هر سه راهکار مدیریتی در شوری ۶ دسی زمینس بر متر نسبت به تیمار شاهد ۵، ۱۱/۷ و ۲۰ درصد می‌باشد. در مدیریت نیم در میان بهره‌وری آب آبیاری از ۲/۱۷۲ در تیمار M3S1 به ۲/۰۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار M3S4 رسید که این کاهش معنی‌دار نیست ولی در مدیریت یک‌درمیان بهره‌وری آب آبیاری کاهش معنی‌دار داشته و از مقدار ۲/۱۷۵ در تیمار شاهد به مقدار ۱/۷۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار S4 رسید. در مدیریت اختلاط این شاخص از ۲/۱۹۵ در M1S1 به ۱/۹۳۹ در M1S4 کاهش یافت که در مقایسه با روش نیم

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر شوری برای صفات مختلف.

تیمار	عملکرد دانه ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	بیوماس ( $\text{ton ha}^{-1}$ )	بهره‌وری آب ( $\text{kg m}^{-3}$ )
S1	۸۲۷۰a	۱۶/۷۲۳a	۲/۱۸۱a
S2	۸۱۱۱a	۱۶/۶۴۱a	۲/۱۳۹a
S3	۷۶۲۶b	۱۶/۰۹۱a	۲/۰۱۱b
S4	۷۲۶۸c	۱۵/۱۳۵b	۱/۹۱۶c

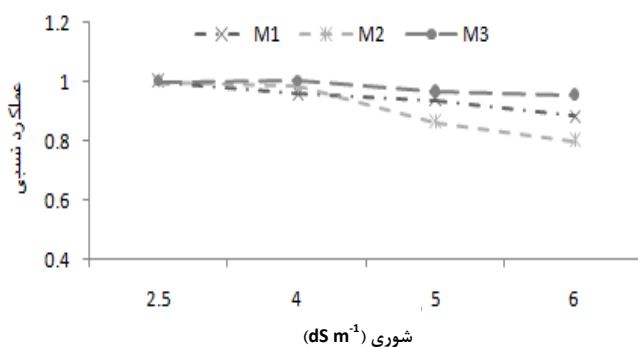
در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، برپایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل استراتژی‌های مدیریت آبیاری و سطوح مختلف شوری آب آبیاری برای صفات مختلف.

تیمار	عملکرد دانه (kg ha <sup>-1</sup> )	بیوماس (ton ha <sup>-1</sup> )	بهره‌وری آب (kg m <sup>-3</sup> )
M1S1	۸۳۲۳a	۱۶/۶۲۹a	۲/۱۹۵a
M1S2	۷۹۶۵ab	۱۶/۶۳۷a	۲/۱۰۱ab
M1S3	۷۸۰۵abc	۱۶/۴۷۲a	۲/۰۵۸abc
M1S4	۷۳۵۳bc	۱۵/۲۹۷a	۱/۹۳۹bc
M2S1	۸۲۴۸a	۱۶/۵۳۷a	۲/۱۷۵a
M2S2	۸۱۱۵ab	۱۶/۳۸۱a	۲/۱۳۹ab
M2S3	۷۱۰۷cd	۱۵/۲۱۵a	۱/۸۷۴cd
M2S4	۶۵۹۸d	۱۴/۰۴۹a	۱/۷۳۹d
M3S1	۸۲۳۷a	۱۶/۷۶۲a	۲/۱۷۲a
M3S2	۸۲۵۳a	۱۷/۱۵۲a	۲/۱۷۶a
M3S3	۷۹۶۷ab	۱۶/۶۰۲a	۲/۱۰۱ ab
M3S4	۷۸۵۴abc	۱۶/۰۴۷a	۲/۰۷۱ abc

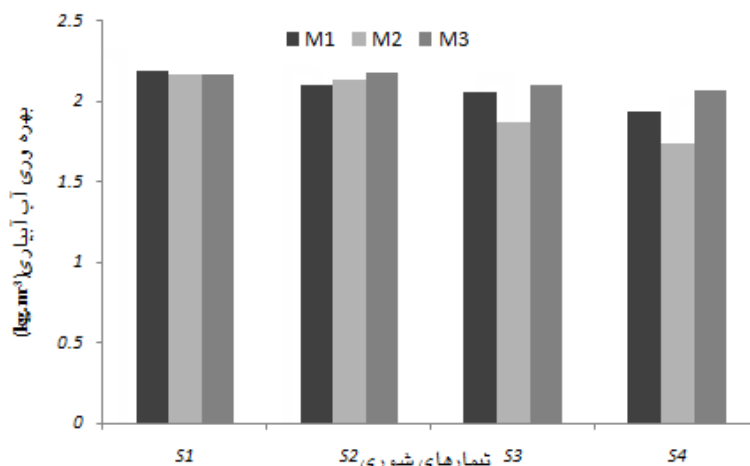
در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، برپایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۱- تغییرات عملکرد نسبی در مقابل شوری آب آبیاری برای مدیریت‌های مختلف.

جدول ۸- روابط شوری آب آبیاری-عملکرد نسبی برای مدیریت‌های مختلف.

مدیریت آبیاری	رابطه شوری-عملکرد نسبی	ضریب R <sup>2</sup>
M1	$Y_r = -0.036 X + 1.036$	0.97
M2	$Y_r = -0.072 X + 1.092$	0.93
M3	$Y_r = -0.017 X + 1.024$	0.87

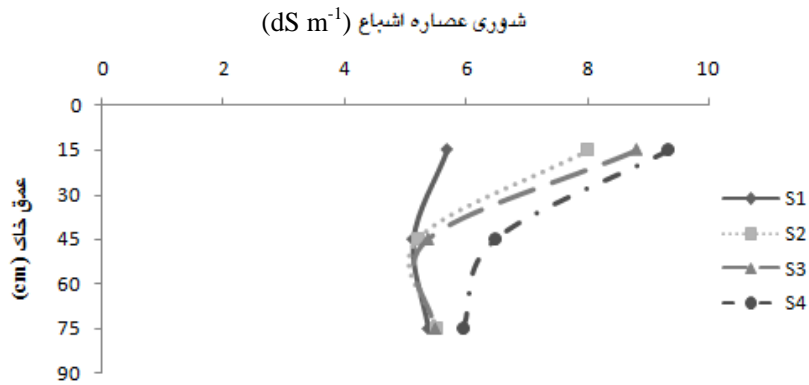


شکل ۲- بهره‌وری آب برای شوری و مدیریت‌های مختلف.

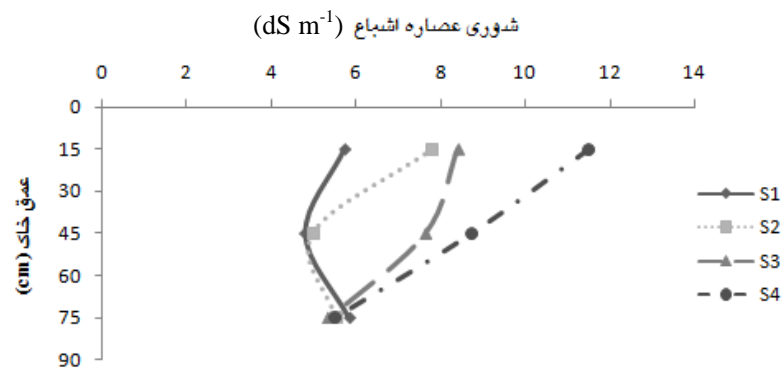
مدیریت اختلاط پروفیل‌های منظم‌تری شکل گرفته درحالی‌که در روش‌های تناوبی نوسانات بیشتری مشاهده می‌شود و این به دلیل استفاده متناوب از آب-هاب با شوری‌های مختلف می‌باشد که تحقیقات مالاش و همکاران (۲۰۰۸) نیز این مطلب را تأیید می‌کند. نکته قابل‌توجه دیگر این‌که در مدیریت نیم در میان شوری خاک از لایه‌های بالا به پایین ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد به‌گونه‌ای که در عمق ۹۰-۶۰ و در تیمارهای S3 و به‌خصوص S4 شوری خاک افزایش یافته و این حالت در بقیه تیمارهای مدیریتی مشاهده نمی‌شود. این وضعیت نشان می‌دهد که در شوری‌های بالا مدیریت نیم در میان باعث آبشویی بهتر نمک از لایه‌های سطحی به لایه‌های پایین‌تر می‌گردد. نوشادی و همکاران (۲۰۱۳) نیز مدیریت نیم در میان را باعث آبشویی لایه سطحی خاک در کشت گوجه‌فرنگی دانستند. از طرف دیگر توجه به شکل ۴ نشان می‌دهد که در مدیریت یک‌درمیان بیشترین شوری در لایه سطحی بوده و با افزایش عمق به‌ویژه در تیمار S4 شوری کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت از آنجایی‌که بیشترین تراکم ریشه در لایه‌های سطحی خاک می‌باشد روش مدیریت نیم در میان به‌خاطر آبشویی بهتر این لایه، جذب آب برای گیاه را بهبود می‌بخشد و به‌نظر می‌رسد دلیل اصلی عملکرد بهتر گیاه در این روش مدیریتی ناشی از همین موضوع است.

#### اثرات استراتژی‌های مدیریت آبیاری روی شوری خاک

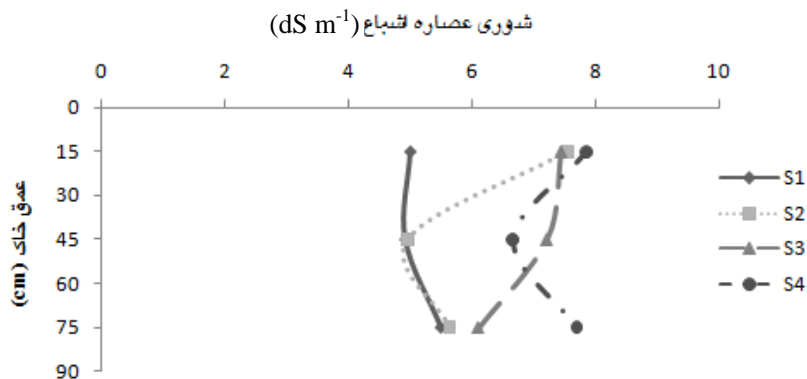
جهت بررسی وضعیت شوری خاک و تأثیر تیمارهای مختلف شوری و مدیریتی روی شوری خاک، بعد از آخرین آبیاری و قبل از برداشت محصول از اعماق مختلف خاک (۹۰-۰ سانتی‌متری) به فواصل ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌های خاک تهیه و شوری عصاره اشباع آن‌ها اندازه‌گیری شد. شکل‌های ۲ تا ۵ توزیع شوری را در اعماق مختلف و برای هر سه مدیریت آبیاری نشان می‌دهند. همان‌گونه که از شکل‌ها مشخص است در هر سه تیمار مدیریتی با افزایش شوری آب آبیاری، شوری عصاره اشباع خاک نیز افزایش می‌یابد. نکته قابل‌توجه این است که عمده تغییرات شوری در لایه سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متری) اتفاق افتاده است. در مدیریت اختلاط شوری این لایه از ۵/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار شاهد (S1) به ۹/۳۳ در تیمار (S4) رسیده و در مدیریت یک‌درمیان از ۵/۷۳ دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۱۱/۵ رسیده است. این در حالی است که در مدیریت نیم در میان از حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر برای تیمار (S1) تا ۷/۸۶ برای تیمار (S4) می‌باشد. مقایسه شوری خاک لایه سطحی تیمار S4 در مدیریت-های مختلف نشان می‌دهد که این پارامتر در مدیریت نیم در میان حدود ۱/۵ واحد از مدیریت اختلاط و ۳/۵ واحد از مدیریت یک‌درمیان کمتر می‌باشد. بررسی توزیع شوری در مدیریت‌های مختلف نشان می‌دهد که در



شکل ۳- توزیع شوری در اعماق مختلف خاک برای استراتژی اختلاط (M1).



شکل ۴- توزیع شوری در اعماق مختلف خاک برای استراتژی یک‌درمیان (M2).



شکل ۵- توزیع شوری در اعماق مختلف خاک برای مدیریت نیم در میان (M3).

### نتیجه‌گیری کلی

منطقه ریشه گردید. درحالی‌که در مدیریت نیم در میان شوری این ناحیه به مراتب کمتر بود. با توجه به اینکه در هر سه روش مدیریتی میزان آب مصرفی یکسان بوده ولی ملاحظه شد که با مدیریت مناسب (روش نیم در میان) می‌توان بدون کاهش معنی‌دار عملکرد محصول، منابع آب باکیفیت پایین را برای آبیاری ذرت استفاده کرد و بدین طریق باعث صرفه‌جویی منابع آب شیرین شد. علاوه بر این پیشنهاد می‌گردد با توجه به پتانسیل آبیاری قطره‌ای در شرایط شوری آب و خاک، مطالعات بیشتری در این زمینه و برای محصولات مختلف صورت گیرد.

نتایج این پژوهش نشان داد که در شرایط آبیاری قطره‌ای، شوری آب آبیاری باعث کاهش محصول ذرت و بهره‌وری آب گردید اما این کاهش در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار نبوده و در شوری‌های ۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر تابع مدیریت آبیاری است. در این تحقیق مدیریت‌های تناوبی نیم در میان، اختلاط و تناوبی یک‌درمیان آب شور و شیرین به ترتیب بیشترین مقادیر شاخص‌های موردبررسی را در برداشتند. از طرف دیگر بررسی شوری عصاره اشباع خاک تیمارهای مختلف در پایان فصل نشان داد که تیمار یک‌درمیان باعث تجمع نمک بیشتری در لایه سطحی

### منابع مورد استفاده

- خرمیان م، ۱۳۹۰. شبیه‌سازی اثر مقادیر آب و نیتروژن بر حرکت نیترات در خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای در دو روش خاک‌ورزی. رساله دکترای آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم و مهندسی آب دانشگاه شهید چمران اهواز.
- علیزاده ا، ۱۳۶۴. کیفیت آب در آبیاری. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
- علیزاده ا، ۱۳۸۸. اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).
- لیاقت ع و اسماعیلی ش، ۱۳۸۲. تأثیر تلفیق آب شور و شیرین روی عملکرد و غلظت نمک در منطقه توسعه ریشه ذرت. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۲، صفحه‌های ۱۷۰-۱۵۹.
- AbdelGawad G, Arslan A, Gaihbe A and Kadouri F, 2005. The effects of saline irrigation water management and salt tolerant tomato varieties on sustainable production on tomato in Syria (1999-2002). *Agricultural Water Management* 78: 39-53.
- Anonymous, 2002. The salt of the earth: hazardous for food production [on line]. FAO, available at <http://www.Fao.Org/worldFoodSummi>.
- Hanson B R, May DM, Hopmans J W and Simunek J, 2010. Drip irrigation as a sustainable practice under saline shallow ground water Conditions. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 6 August, Brisbane, Australia.
- Henggeler JC, 2004. The conjunctive use of saline irrigation water on deficit irrigation. Ph.D. Dissertation, Texas University.
- Kang YH, 1998. Microirrigation for the development of sustainable agriculture. *Trans. CASE* 14 (Suppl.), 251-255.
- Malash N, Flowers TJ and Ragab R, 2005. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. *Agricultural Water Management* 78: 25-38.
- Malash N, Flowers TJ and Ragab R, 2008. Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. *Irrigation Science* 26: 313-323.
- Mei-xian L, Jing-song Y, Xiao-ming L, Mei Y and Jin W, 2012. Effects of Irrigation Water Quality and Drip Tape Arrangement on Soil Salinity, Soil Moisture Distribution, and Cotton Yield (*Gossypium hirsutum* L.) Under Mulched Drip Irrigation in Xinjiang, China. *Journal of Integrative Agriculture* 11(3): 502-511.
- Noshadi M, Fahandej S and Sepaskhah AR, 2013. Effects of salinity and irrigation water management on soil and tomato in drip irrigation. *International Journal of Plant Production* 7 (2): 295-312.

- Sun J, Kang Y, Wan S, Hu W, Jiang S and Zhang T, 2012. Soil salinity management with drip irrigation and its effects on soil hydraulic properties in north China coastal saline soils. *Agricultural Water Management* 115: 10-19.
- Wan S, Jiao Y, Kang Y, Hu W, Jiang S, Tan J and Liu W, 2012. Drip irrigation of waxy corn (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) for production in highly saline conditions. *Agricultural Water Management* 104: 210– 220.
- Wan S, Jiao Y, Kang Y, Jiang S, Tan J, Liu W and Meng J, 2013. Growth and yield of oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drip irrigation in very strongly saline soils. *Irrigation Science* 31: 943– 957.