

تأثیر آبیاری با آب شور بر تبخیر و تعرق و کارایی مصرف آب ذرت در مدیریت های مختلف زراعی

مولود حیدری نیا^۱، عبدعلی ناصری^{۲*}، سعید برومندنسب^۳ و محمد الباجی^۴

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- نویسنده مسئول، استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز abdalinaseri@yahoo.com

۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴- استادیار گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۵

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۲۴

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد روش های مختلف مدیریت زراعی و آبیاری با آب شور بر تبخیر - تعرق و کارایی مصرف آب ذرت آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی اجرا گردید. این پژوهش در مزرعه کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز از اواسط اسفندماه ۱۳۹۳ تا اواخر خردادماه ۱۳۹۴ انجام شد. مدیریت های زراعی مختلف شامل بدون استفاده از بقایای گیاهی، استفاده از بقایای گیاهی در سطح خاک به عنوان خاک پوش و اختلاط بقایای گیاهی با لایه سطحی خاک تا عمق ۳۰ سانتی متر و شوری آب آبیاری شامل شوری آب رودخانه کارون (۲ دسی زیمنس بر متر)، شوری ۴/۵ و ۷ دسی زیمنس بر متر بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش شوری، مدیریت زراعی و اثر متقابل آنها بر تبخیر - تعرق، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب معنی دار شد. حداقل تبخیر - تعرق (۳۸۷/۵ میلی متر) و کارایی مصرف آب (۶۸/۰ کیلوگرم بر مترمکعب) در شوری ۷ دسی زیمنس بر متر به دست آمد. مدیریت استفاده از بقایا به صورت خاک پوش بیشترین تأثیر را در کاهش تبخیر - تعرق، ۹ درصد و افزایش عملکرد، ۱۰ درصد داشت و لذا بیشترین کارایی مصرف آب، ۱/۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب، نیز در این مدیریت به دست آمد. بیشترین تأثیر ناشی از کاربرد بقایا به صورت خاک پوش و اختلاط در افزایش عملکرد دانه، به ترتیب ۱۹ و ۹ درصد و کارایی مصرف آب، به ترتیب ۲۷/۶ و ۱۰/۶ درصد نسبت به عدم استفاده از بقایا در شوری ۴/۵ دسی زیمنس بر متر مشاهده گردید. لذا استفاده از بقایای گیاهی خصوصاً به صورت خاک پوش را می توان راهکاری مؤثر برای کاهش خسارت های آبیاری با آب شور پیشنهاد نمود.

کلید واژه ها: آب شور، ذرت، خاک پوش، مدیریت زراعی، تبخیر - تعرق.

The Effect of Irrigation With Saline Water On Evapotranspiration and Water Use Efficiency of Maize Under Different Crop Management

M. Heidarinia¹, A. A. Naseri^{2*}, S. boroomand-nasab³ and M. Albaji⁴

1- PhD Student, Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

2* - Corresponding Author, Professor of Irrigation and Drainage. Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran .

3- Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

4- Assistant Professor, Irrigation and Drainage Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

Abstract

In order to evaluate the effect of different crop management methods and irrigation with saline water on evapotranspiration and water use efficiency of Maize, the factorial experiment with randomized complete block design was conducted. This project was carried out in the Agricultural farm of Shahid Chamran University of Ahvaz from March to June 2015. Different crop managements include without crop residues, use of crop residues on soil surface as mulch and mix of crop residues with surface soil layer to 30 cm depth and water irrigation salinity include water salinity of Karoun river (2dS/m), 4.5 and 7 dS/m. The results of variance analysis showed that the effect of salinity, crop management and their interaction effect on evapotranspiration, yield and water use efficiency was significant. Minimum values of ET (387.5mm) and WUE (0.68 kg/m³) were obtained at the salinity level of 7 dS/m. The management of residues use as mulch had the most effect on ET decrease (9%) and yield increase (10%) and So, the maximum WUE (1.10 kg/m³) was obtained at it too. The greatest impact of residues applications mulch and mixing with soil surface layer in increasing of yield (19% and 9% respectively) and WUE (27.6% and 10.6%, respectively) compared to non-use of residues was observed at the salinity level of 4.5 dS/m. Therefore, the use of crop residues particularly as mulch can be recommended as an effective way to reduce the damage of irrigation with saline water.

Keywords: Saline water, Maize, Mulch, Crop management, Evapotranspiration.

کاهش ۱۰ تا ۳۰ درصد مقدار ضریب گیاهی در اثر کاهش ۵۰ تا ۸۰ درصد مقدار تبخیر از سطح خاک می‌شود (آلن و همکاران^۱، ۱۹۹۸). آبیاری گندم با آب شور (۳ تا ۵ دسی زیمنس بر متر) و استفاده از سه نوع خاک‌پوش پلاستیکی، کلش ذرت و سنگ‌های بتنی در چین نشان داد که کاه و کلش ذرت و سنگ‌های بتنی در نگهداشت رطوبت خاک، کاهش تبخیر و تجمع نمک در خاک سطحی بسیار مؤثرتر از پلاستیک عمل می‌کند. اما خاک‌پوش پلاستیک به دلیل افزایش دمای خاک، عملکرد بالاتری نسبت به سایر خاک‌پوش‌ها نشان داد (یان مین و همکاران^۲، ۲۰۰۶). ارزیابی تأثیر کاه و کلش برنج بر اجزای بیلابی آب گندم در اراضی دانشگاه پنجاب نشان داد که کاربرد خاک‌پوش کاه و کلش برنج، اگرچه سبب کاهش تبخیر سطحی شد، اما کاهش تبخیر - تعرق گندم را در پی نداشت، چرا که آب ذخیره شده صرف افزایش تعرق گردید. لذا با تبخیر و تعرق ثابت، عملکرد گندم افزایش یافت (سینگ و همکاران^۳، ۲۰۱۱). استفاده از خاک‌پوش برگ خرد شده خرما هنگام وجود آب زیرزمینی با شوری کمتر از ۴، ۸ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر، باعث کاهش معنی‌دار میزان نمک ناحیه ریشه و تبخیر و تعرق نهال‌های خرما شد (تیشه زن، ۱۳۹۰). در کشور مصر، کاربرد خاک‌پوش بقایای زیتون، تأثیر معنی‌دار در کاهش میزان تبخیر - تعرق، افزایش عملکرد و کارایی

مقدمه

در نواحی خشک و نیمه خشک، بخش قابل توجهی از بارندگی بر اثر تبخیر تلف می‌شود. تبخیر از سطح خاک بخش عمده ای از بیلابی آب بوده و به‌ویژه در نواحی خشک، اراضی بایر و دیمزارها می‌توان آن را عمده‌ترین جزء در بیلابی آب دانست. از طرف دیگر با توجه به محدودیت منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک، امروزه نگاه‌ها به سوی استفاده از منابع آب شور معطوف شده است. بنابراین در این مناطق، کاربرد شیوه‌های زراعی مناسب در بهره‌برداری صحیح از منابع آب برای کاهش خسارت‌های شوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بسیاری از محققان بر این عقیده هستند که به علت قابل توجه بودن تلفات آب از طریق تبخیر، هر مدیریتی که بتواند تبخیر از سطح خاک را کاهش دهد، به‌طور یقین عملکرد و کارایی مصرف آب را افزایش خواهد داد (شهریاری و همکاران، ۱۳۹۲). روش‌های متعددی برای کاهش تبخیر از سطح خاک وجود دارد که یکی از آنها استفاده از خاک‌پوش می‌باشد. خاک‌پوش یا مالچ عبارت است از موادی آلی و غیرآلی که به منظور حفاظت خاک از عوامل محیطی نظیر تبخیر و فرسایش بادی روی سطح خاک پخش می‌شود (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۹). از مزایای استفاده از خاک‌پوش کاه و کلش، هزینه کم، سهولت کاربرد و قابلیت دسترسی به آن، نسبت به سایر خاک‌پوش‌ها می‌باشد. خاک‌پوش‌های آلی همچنین، باعث بهبود ماده آلی خاک می‌شوند و سازگاری بیشتری با محیط‌زیست دارند (سلطانی تمجید و همکاران، ۱۳۹۴). میزان تبخیر - تعرق گیاه با استفاده از خاک‌پوش کاهش می‌یابد، چرا که خاک‌پوش موجب

1- Allen *et al.*

2- Yan- min *et al.*

3- Singh *et al.*

صورت گرفت. البته به علت محدودیت حجم آبی که در اختیار بود همه لایسیمترها در یک روز آیشویی نمی‌شدند. مقدار شوری در زهاب خروجی از لایسیمترها از ۲۵ تا ۴۰ دسی زیمنس بر متر در ابتدای آیشویی آغاز و در پایان در شوری ۳ تا ۵ دسی زیمنس بر متر ثابت شد. سپس از خاک لایسیمترها در اعماق مختلف به فواصل ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک تا عمق ۹۰ سانتی‌متر نمونه برداری شد. جدول (۱)، برخی از خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه را نشان می‌دهد.

عوامل مورد بررسی شامل سه راهکار مدیریت زراعی بود که عبارتند از M1: بدون استفاده از بقایای گیاهی، M2: استفاده از بقایای گیاهی در سطح خاک به عنوان خاک‌پوش و M3: مخلوط کردن بقایای گیاهی با لایه سطحی خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری که در سه سطح شوری S1: آب رودخانه کارون با متوسط شوری ۲ دسی زیمنس بر متر، S2: شوری ۴/۵ دسی زیمنس بر متر و S3: شوری ۷ دسی زیمنس بر متر آب آبیاری اعمال شد. در مجموع نه تیمار مورد بررسی در سه تکرار اجرا گردید. در مدیریت M2 مقدار ۱۲ تن در هکتار از بقایای گندم معادل با ۰/۶ کیلوگرم در سطح خاک لایسیمتر پخش و در مدیریت M3 همین مقدار با لایه سطحی خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری مخلوط شد. شوری S1 به صورت طبیعی (آب رودخانه) موجود بود ولی سطوح شوری S2 و S3 به صورت مصنوعی با اضافه کردن مقادیر مشخصی از نمک‌های مختلف از جمله کلرید سدیم، کلرید کلسیم و منیزیم تهیه گردید. نمک‌های فوق‌الذکر به نسبتی اضافه شد که مقادیر کلسیم-منیزیم و نسبت جذب سدیم آب حاصله مشابه با آب رودخانه کارون (S1) باشد (سعیدی نیا و همکاران، ۱۳۹۵). ضمناً تیمارهای شوری پس از رسیدن به مرحله پنج برگی (۱۴ فروردین) اعمال شد. شکل (۱) طرح و چیدمان تیمارهای آزمایشی را در مزرعه نشان می‌دهد. در جدول (۲) مقادیر متوسط خصوصیات کیفی تیمارهای مختلف آب آبیاری در طول فصل کشت ارائه شده است.

عمق آبیاری بر اساس محاسبه نیاز آبی تیمار شاهد (MIS1) با استفاده از داده‌های روزانه تبخیر - تعرق لایسیمتر چمن تعیین گردید. به همین منظور، سه عدد لایسیمتر حاوی گیاه چمن در کنار بقیه لایسیمترها قرار داده شد. این لایسیمترها مدتی قبل از کشت ذرت سبز شده و به ارتفاع حدود ۱۰ سانتی‌متری رسیدند و سطح لایسیمترها به طور یکنواخت و همگن پوشیده از چمن بود. در این حالت تبخیر - تعرق گیاه چمن معرف تبخیر - تعرق پتانسیل (ETO) است. پس از اندازه‌گیری تبخیر - تعرق چمن، با داشتن ضریب گیاهی ذرت در هر مرحله از رشد می‌توان تبخیر - تعرق پتانسیل گیاه ذرت (ETC) را از رابطه (۱) محاسبه کرد. مقادیر ضریب گیاهی در هر مرحله از رشد با استفاده از نشریه فائو ۵۶، به دست آمد. مقادیر مربوطه در مراحل مختلف رشد در جدول (۳) ارائه شده است.

مصرف آب درختان انار داشت (سیدوم و عبدالرحمان^۱، ۲۰۱۱). در آزمایش دیگری نیز علت افزایش عملکرد ذرت در شرایط کاربرد خاکپوش کاه و کلش گندم ناشی از قابلیت بیشتر جذب رطوبت و مواد مغذی و خصوصاً کنترل علف‌های هرز در تیمارهای دارای خاک‌پوش گزارش شد (راحی و همکاران^۲، ۲۰۱۴). ارزیابی اثر توأم کم‌آبیاری و شوری آب آبیاری بر تبخیر و تعرق نهال خرما تحت شرایط استفاده از خاک‌پوش برگ خرما، نشان داد که اثر تنش شوری و آبی و اثر متقابل آنها بر تبخیر - تعرق معنی‌دار شد و تأثیر شوری در کاهش تبخیر - تعرق نسبت به کم‌آبیاری بیشتر بود (علی حوری، ۱۳۹۴). به طور کلی مدیریت بقایای گیاهان زراعی با تأثیر مستقیم بر ویژگی‌های فیزیکی خاک در طولانی مدت و متعاقباً افزایش عملکرد محصولات زراعی، یکی از راهکارهای مناسب برای دستیابی به کشاورزی پایدار است. اختلاط بقایا با خاک یکی دیگر از روش‌های مدیریتی است که اثر مثبت قابل توجهی بر میزان کربن آلی، افزایش فعالیت میکروب‌های خاکریزی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله افزایش تخلخل، نفوذپذیری و حفظ رطوبت خاک به مدت بیشتر در خاک می‌شود (میرزایی و محمودآبادی، ۱۳۹۳). در آزمایشی دیگر، دلیل برتری عملکرد دانه در تیمار اختلاط بقایای گندم در مقایسه با حالت سوزاندن و بدون استفاده از بقایا، اثر کاه و کلش بر کاهش تلفات آب از طریق تبخیر از سطح خاک و حفظ رطوبت خاک برای مدت طولانی‌تر، گزارش شد (صفی‌خانی و آذرنیا، ۱۳۹۴).

در بررسی تحقیقات پیشین مطالعه‌ای در زمینه مقایسه همزمان روش‌های مختلف مدیریت زراعی در شرایط آبیاری با آب شور مشاهده نگردید. لذا باتوجه به سطح وسیع کشت ذرت در تناوب با گندم در استان خوزستان و سوزاندن بقایای گندم در اراضی که مصرف حجم زیادی از کودهای شیمیایی و متعاقباً آلودگی‌های زیست محیطی فراوانی به دنبال دارد، هدف اصلی این پژوهش آن است که تأثیر روش‌های مختلف استفاده از بقایای گندم بر نیازآبی ذرت در شرایط آبیاری با آب شور بررسی شده و نهایتاً بهترین راهکار زراعی برای کاهش خسارت‌های آبیاری ذرت با آب شور در منطقه پیشنهاد شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف استفاده بهینه از منابع آب شور و حفظ توأم آن مسائل اقتصادی و زیست محیطی در مزرعه آزمایشی شماره دو دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. کشت ذرت در ۱۳ اسفندماه ۱۳۹۳ در لایسیمترهای پلی اتیلنی به قطر ۰/۸ متر و عمق ۱/۲ متر انجام شد و عملیات برداشت در ۲۵ خردادماه ۱۳۹۴ صورت گرفت. قبل از شروع کشت به مدت چهارده روز آیشویی

1- Seidhom and Abdel-Rahman

2 - Rahi et al.

حیدری نیا و همکاران: تأثیر آبیاری با آب شور بر تبخیر و تعرق و کارآیی...

$$ETc = Kc \times ETo \quad (1)$$

ETo: تبخیر- تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز)، ETC: تبخیر - تعرق ذرت (میلی‌متر در روز) و Kc: ضریب گیاهی (بدون بعد) می باشد. گیاه چمن هر دو روز یکبار آبیاری شد تا گیاه دچار کمترین تنش و کمبود آبی نگردد.

در این رابطه؛

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک مورد آزمایش

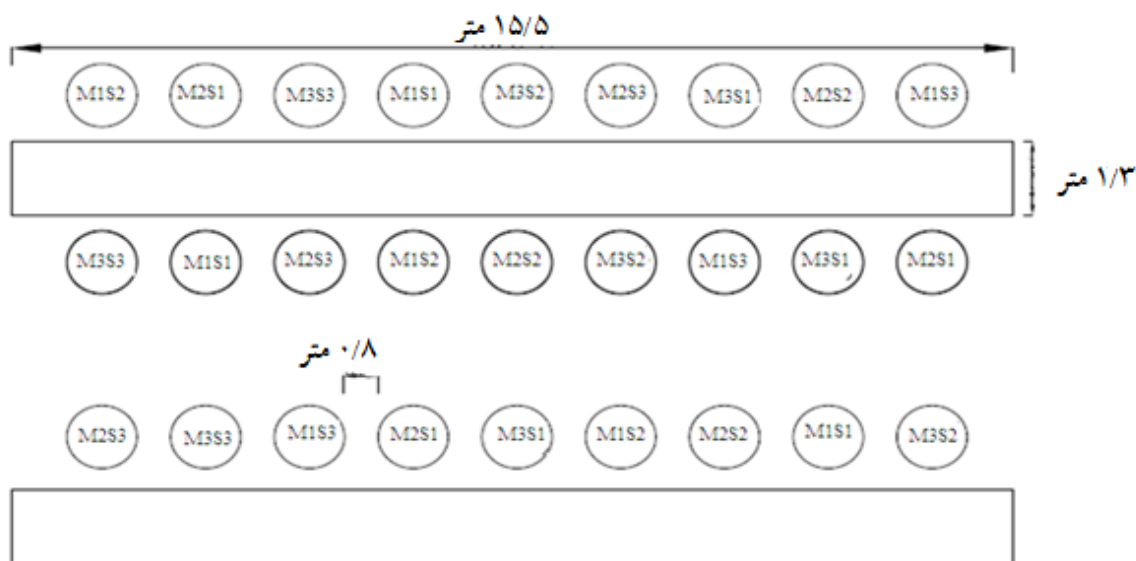
عمق (سانتی‌متر)	بافت خاک	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	رطوبت حجمی ظرفیت مزرعه (درصد)	رطوبت حجمی نقطه پژمردگی دائم (درصد)
۰-۳۰	لومی سیلتی	۲۲	۵۵	۲۳	۱/۳۳	۳۴	۱۸
۳۰-۶۰	لومی سیلتی	۲۱	۵۵	۲۴	۱/۵۰	۳۴	۱۸
۶۰-۹۰	لومی سیلتی	۲۱	۵۶	۲۳	۱/۶۰	۳۴	۱۸

جدول ۲- مقادیر متوسط خصوصیات کیفی تیمارهای مختلف آب آبیاری

تیمار	سولفات	کلر	بیکربنات	پتاسیم	سدیم	منیزیم	کلسیم	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
	(میلی اکی والان بر لیتر)								
S1	۹/۸۱	۱۳/۵۷	۳/۴۳	۰/۰۹	۱۴/۱۲	۳/۹۸	۸/۱۵	۷/۴	۲/۰
S2	۹/۴۸	۳۹/۱۳	۳/۳۱	۰/۱۲	۲۲/۸۷	۹/۷۵	۱۷/۹۶	۷/۳	۴/۵
S3	۱۶/۲	۵۵/۶	۳/۸۵	۰/۱۳	۳۰/۱۵	۱۴/۶۰	۲۹/۴۳	۷/۵	۷/۰

جدول ۳- ضرایب گیاهی مورد استفاده

مرحله رشد	ابتدایی	توسعه	میانی	انتهاپی
طول دوره رشد (روز)	۲۵	۳۰	۳۰	۱۹
ضریب گیاهی	۰/۴۳ تا ۰/۵۵	۰/۵۵ تا ۱/۰	۱ تا ۱/۱۰	۰/۷۵ تا ۱/۰۴



شکل ۱- چیدمان تیمارهای آزمایشی

تعرق واقعی گیاه (ET_a)، کارآیی مصرف آب از رابطه (۳) (علیزاده، ۱۳۸۱) برآورد شد:

$$WUE = \frac{Yield}{ET_a} \quad (3)$$

مقدار تبخیر - تعرق واقعی گیاه (ET_a) در هر تیمار با استفاده از از رابطه بیلان رطوبت به شرح زیر محاسبه گردید (آلن و همکاران، ۱۹۹۸):

$$ET_a = I + P - RO - DP + CR \pm \Delta S \quad (4)$$

در این رابطه:

I: مقدار آب آبیاری (میلی متر)، P: مقدار بارندگی (میلی متر)، RO: رواناب سطحی (میلی متر)، DP: نفوذ عمقی (میلی متر)، CR: حجم آب صعودی از آب زیرزمینی (میلی متر) و ΔS : تغییرات رطوبت خاک در طول دوره رشد (میلی متر) می باشد. نظر به اینکه این پژوهش در محیط کنترل شده لایسیمتر اجرا گردید، رواناب سطحی و آب صعودی از آب زیرزمینی برابر با صفر است. مقادیر بارندگی از ایستگاه هواشناسی منطقه، دریافت گردید. پس از هر آبیاری و توقف خروج زهاب، حجم آب جمع آوری شده در مخازن تعبیه شده در خروجی لایسیمترها که معادل حجم زهاب می باشد، اندازه گیری شد. به منظور تعیین تغییرات رطوبتی خاک نیز قبل از کشت و پس از برداشت ذرت از اعماق مختلف کلیه لایسیمترها نمونه برداری شد.

در نهایت با در نظر گرفتن مقدار باران مؤثر، نیاز خالص آبیاری از رابطه (۲) (علیزاده، ۱۳۸۱) محاسبه شد:

$$IR_{req} = ETC - P_{eff} \quad (2)$$

که در آن،

IR_{req} : نیاز خالص آب آبیاری (میلی متر در دور آبیاری)، ETC: تبخیر - تعرق واقعی گیاه (میلی متر در دور آبیاری) و P_{eff} : باران مؤثر (میلی متر در دور آبیاری) است. باتوجه به سوراخهایی که در هنگام آبیاری در سطح خاک لایسیمترها ایجاد می شد و موجب می شد که بخشی از آب مورد نیاز گیاه در اثر تلفات عمقی از دسترس گیاه خارج شود، لذا برای اطمینان بیشتر حدود ۵ تا ۱۰ درصد آب اضافی به لایسیمترها داده شد تا نیاز آبی گیاه به طور کامل تأمین شود (رضائی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). آب اضافی نیز از طریق زهکش خارج شده و در مخازنی که به منظور جمع آوری زهاب در خروجی قرار داشت جمع آوری شد. دور آبیاری در این تحقیق در ابتدای کشت دو روزه بود و سپس متناسب با تکمیل مرحله ابتدایی رشد تا زمان استقرار کامل گیاه به صورت پلکانی به هفت روز افزایش یافت. جهت محاسبه شاخص کارآیی مصرف آب^۱، میزان تبخیر - تعرق واقعی گیاه (ET_a) در تیمارهای مختلف با استفاده از روش بیلان آب محاسبه گردید. به استناد داده های برداشت شده عملکرد دانه (Yield) و میزان تبخیر و

تبخیر و افزایش ترق باشد. به عبارت دیگر کاربرد بقایای گیاهی خصوصاً به‌طور سطحی با کاهش تبخیر و افزایش نگهداشت رطوبت خاک، امکان جذب و ترق را خصوصاً در تیمارهای آبیاری با شوری S2 افزایش داده و سبب تعدیل میزان کاهش تبخیر - ترق شده است. اما آبیاری با شوری S3 موجب شده که غلظت املاح در خاک به قدری بالا رود که با وجود افزایش نگهداشت رطوبت خاک در اثر کاربرد خاک‌پوش، شرایط جذب آب و ترق برای گیاه تغییر کمتری داشته و نسبت به آبیاری با شوری S2 کاهش بیشتری در تبخیر - ترق مشاهده شود. از آنجا که در سطوح شوری S2 و S3 گیاه با تنش شوری بسیار بالاتری نسبت به سطح شوری S1 (شاهد) روبه‌رو است، لذا تمایل گیاه برای جذب آب نیز در این سطوح بسیار شدیدتر است. به همین دلیل در سطح شوری شاهد اگرچه خاک‌پوش سبب افزایش ذخیره رطوبتی خاک می‌شود اما چون گیاه با تنش شوری و آبی خاصی روبرو نیست (مگر در روزهای پایان دور آبیاری)، میزان ترق گیاه تغییر چندانی نداشته و لذا بیشترین کاهش در تبخیر - ترق گیاه در اثر اعمال روش‌های مدیریت زراعی در سطح شوری S1 مشاهده شد.

عملکرد دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس در جدول (۴)، اثر شوری، مدیریت زراعی و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن نشان داد که با افزایش شوری عملکرد دانه کاهش می‌یابد. به طوری که با افزایش شوری از S1 به S3 عملکرد دانه از ۶/۳۰۷ تن در هکتار به ۲/۶۲۳ تن در هکتار کاهش می‌یابد (شکل ۴). این نتیجه که افزایش شوری باعث کاهش عملکرد دانه ذرت می‌شود با نتایج بسیاری از محققان از جمله سعیدی‌نیا (۱۳۹۵) مطابقت دارد. افزایش غلظت املاح و پتانسل اسمزی سبب کاهش جذب آب و تبخیر - ترق توسط گیاه شده و عملکرد را کاهش می‌دهد. کاربرد روش‌های مختلف استفاده از کاه و کلش گندم، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به عدم استفاده از بقایا شد به طوری که مدیریت‌های M2 و M3 به ترتیب افزایشی حدود ۱۰ و ۶ درصد نسبت به مدیریت M1 سبب شدند (جدول ۵). طبق نتایج بخش تبخیر - ترق، روش‌های مختلف استفاده از بقایای گیاهی (خصوصاً کاربرد سطحی) با کاهش تبخیر از خاک افزایش نگهداشت رطوبت، سبب جذب بهتر آب و افزایش عملکرد ذرت شدند. یافته‌های صفی‌خانی و همکاران (۱۳۹۴)، سیدومو عبدالرحمان (۲۰۱۱) و راحی و همکاران (۲۰۱۴) نیز مؤید نتایج فوق است. بررسی اثر متقابل شوری و مدیریت نشان داد که با افزایش شوری تأثیر روش‌های مدیریت زراعی مشهود شد به طوری که در شوری S1 مقادیر عملکرد دانه در مدیریت‌های مختلف افزایش معنی‌داری نداشت. درحالی‌که در شوری S2، تیمارهای M1S2، M2S2 و M3S2 در سطوح آماری

تفاضل رطوبت خاک در ابتدا و انتهای فصل در رابطه (۴)، با ΔS نشان داده می‌شود. بهاین ترتیب تنها مجهول معادله بالا یا همان تبخیر - ترق واقعی گیاه (ET_a) در تیمارهای مختلف برآورد شد. لازم به ذکر است که تبخیر - ترق چمن نیز از رابطه ۴ محاسبه گردید با این تفاوت که به دلیل دور کوتاه آبیاری چمن و کوچک بودن تفاضل رطوبت خاک در ابتدا و انتهای فصل نسبت به سایر عوامل از اندازه‌گیری آن صرف‌نظر و با داشتن حجم آب آبیاری، بارندگی و زهاب خروجی، تبخیر - ترق چمن به‌دست آمد.

نتایج و بحث

تبخیر و ترق

بررسی‌ها نشان داد که اثر شوری، مدیریت زراعی و اثر متقابل آنها بر تبخیر - ترق معنی‌دار شد (جدول ۴). بین مقادیر تبخیر - ترق در سطوح شوری مختلف تفاوت معنی‌دار بوده و با افزایش شوری، تبخیر - ترق کاهش یافت، به طوری که از ۵۱۵/۲ میلی‌متر در شوری S1 به ۳۸۷/۵ میلی‌متر در شوری S3 رسید (شکل ۲) که این معادل ۲۵ درصد کاهش تبخیر - ترق می‌باشد. افزایش غلظت املاح در خاک در اثر آبیاری با آب شور، سبب کاهش قابلیت جذب آب توسط گیاه و متعاقباً کاهش تبخیر - ترق گردید. نتیجه فوق با یافته‌های علی‌حوری (۱۳۹۴) نیز مطابقت دارد. روش‌های مختلف مدیریت زراعی سبب کاهش معنی‌دار تبخیر - ترق ذرت شد (جدول ۵). بیشترین میزان تبخیر - ترق (۴۶۷/۱ میلی‌متر) در مدیریت M1 و کمترین میزان آن (۴۲۷ میلی‌متر) با کاهشی حدود ۹ درصد در مدیریت M2 به‌دست آمد. مدیریت M3 نیز موجب کاهشی حدود ۱/۶ درصد نسبت به مدیریت عدم استفاده از بقایا شد. پوشش سطحی خاک با ایجاد مانع بین هوا و خاک سبب کاهش تلفات تبخیر از خاک گردید. در تحقیقات تیشه‌زن (۱۳۹۰) نیز کاربرد برگ خرما به عنوان خاک‌پوش سبب کاهش معنی‌دار تبخیر - ترق گردید. بررسی اثر متقابل شوری و مدیریت نشان داد که در هر سطح شوری، مدیریت M1 و M3 در یک کلاس آماری قرار داشته اما مدیریت M2 سبب ایجاد اختلافی معنی‌دار نسبت به دو روش دیگر شد و همچنین مقادیر حداکثر و حداقل تبخیر - ترق به ترتیب به میزان ۵۳۷/۱ و ۳۶۶/۵ میلی‌متر و به ترتیب در تیمارهای M1S1 و M2S3 به‌دست آمد (شکل ۳). در شوری S1، مدیریت‌های M2 و M3 به ترتیب سبب کاهش ۱۰/۴ و ۱/۹ درصدی تبخیر - ترق شدند. این مقادیر در شوری S2 به ترتیب برابر با ۶/۴ و ۱/۲ درصد و در شوری S3 به ترتیب برابر با ۸/۷ و ۱/۷ درصد برآورد گردید. لذا حداکثر تغییرات تبخیر - ترق در شوری S1 و حداقل آن در شوری S2 مشاهده شد. به نظر می‌رسد استفاده از بقایای گیاهی باعث تعدیل میزان کاهش تبخیر - ترق در شرایط شوری گردیده است. مطابق با یافته‌های سینگ و همکاران (۲۰۱۱) این امر می‌تواند ناشی از تأثیر خاک‌پوش در کاهش تلفات

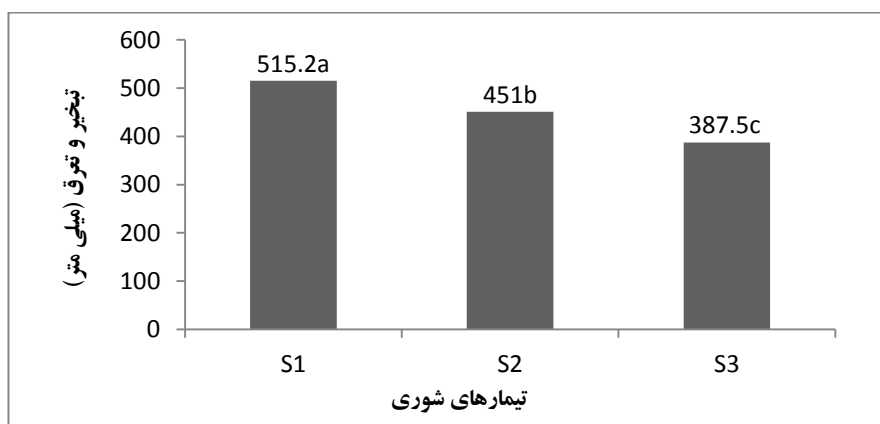
سطوح شوری S1 و S3 مانع از افزایش چشمگیر عملکرد گردید. این امر سبب شد تا بیشترین تعدیل در کاهش عملکرد با افزایش شوری از S1 (شاهد) به S2 مشاهده شود. به این ترتیب که کاهش عملکرد دانه در تیمار M1S2 نسبت به M1S1 از ۲۸ درصد به ۱۴ و ۲۱ درصد به ترتیب در تیمار M2S2 و M3S2 تقلیل یافت. یان مین و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که کاربرد مالچ گاه و کلس به صورت سطحی با حفظ رطوبت خاک به مدت طولانی سبب افزایش آبشویی و کاهش تجمع نمک در خاک شده و از افت شدید عملکرد در شرایط آبیاری با آب شور جلوگیری می‌کند.

مجزا قرار گرفتند. در شوری S3 نیز مدیریت M2 موجب افزایش معنی‌دار عملکرد گردید اما مدیریت M3 تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد (جدول ۶). همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود در شوری S1 تغییرات عملکرد ناچیز، در شوری S3 تغییرات بیشتر شده و در شوری S2 به حداکثر رسیده است. به طوری که افزایش ناشی از مدیریت‌های M2 و M3 در شوری S2 به ترتیب حدود ۱۹ و ۹ درصد در به‌دست آمد. مطابق با نتایج اثبات شده در بخش تبخیر-تعرق می‌توان اظهار داشت که استفاده از بقایای گیاهی خصوصا به صورت خاک‌پوش در شوری S2 از یک طرف مانع کاهش چشمگیر تبخیر - تعرق و از طرف دیگر موجب تقویت افزایش عملکرد گردید. اما تغییرات ناچیز تعرق در اثر کاربرد مدیریت‌های M2 و M3 در

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در آزمایش

میانگین مربعات		عملکرد دانه	درجه آزادی	نابع تغییرات
کارایی مصرف آب	تبخیر و تعرق			
۰/۰۰۱ ^{ns}	۶/۲۵۱ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۲	تکرار
۰/۷۱۹ ^{**}	۳۶۶۹۱/۷۰۵ ^{**}	۳۰/۷۱۹ ^{**}	۲	شوری
۰/۰۸۵ ^{**}	۴۰۹۳/۰۴۴ ^{**}	۰/۴۶۹ ^{**}	۲	مدیریت زراعی
۰/۰۰۳ ^{**}	۱۶۳/۴۶۴ ^{**}	۰/۱۰۱ ^{**}	۴	مدیریت*شوری
۰/۰۰۱	۲۱/۲۳۲	۰/۰۱۰	۱۶	خطا

ns، ** و *** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد.

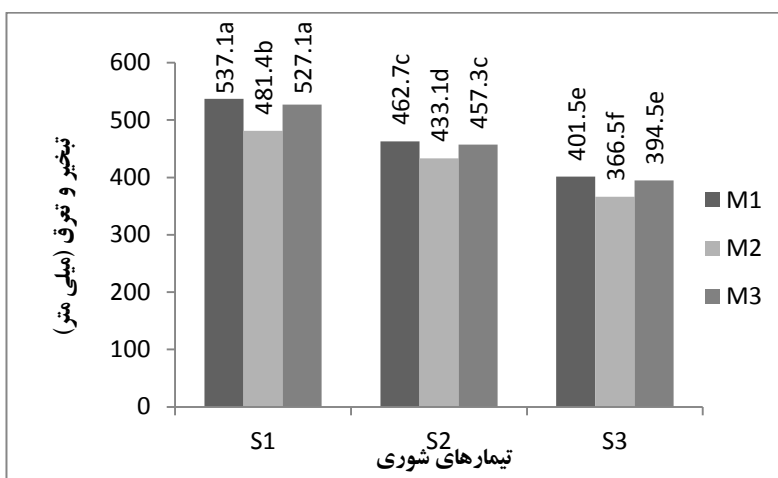


شکل ۲- مقادیر تبخیر و تعرق در شوری‌های مختلف

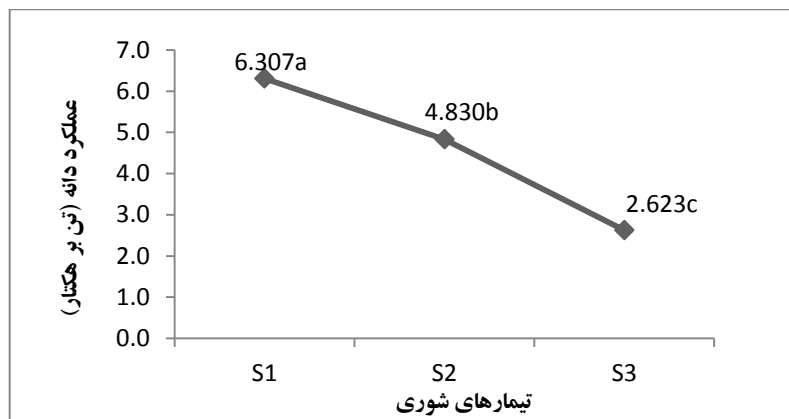
حیدری نیا و همکاران: تأثیر آبیاری با آب شور بر تبخیر و تعرق و کارایی...

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات برای سطوح مختلف مدیریت زراعی

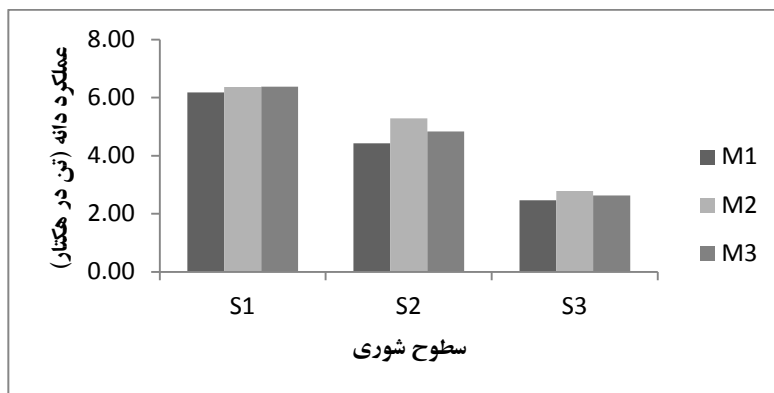
تیمار	عملکرد دانه (تن در هکتار)	تبخیر و تعرق (میلی متر)	کارایی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
M1	۴/۳۵۳c	۴۶۷/۱a	۰/۹۱c
M2	۴/۸۰۷a	۴۲۷/۰c	۱/۱۰a
M3	۴/۶۱۳b	۴۵۹/۶b	۰/۹۸b



شکل ۳- مقادیر تبخیر و تعرق در شوری و مدیریت های مختلف



شکل ۴- مقادیر عملکرد دانه در شوری های مختلف



شکل ۵- مقادیر عملکرد دانه در شوری‌ها و مدیریت‌های مختلف

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل مدیریت آبیاری و شوری برای عملکرد دانه و کارایی مصرف آب

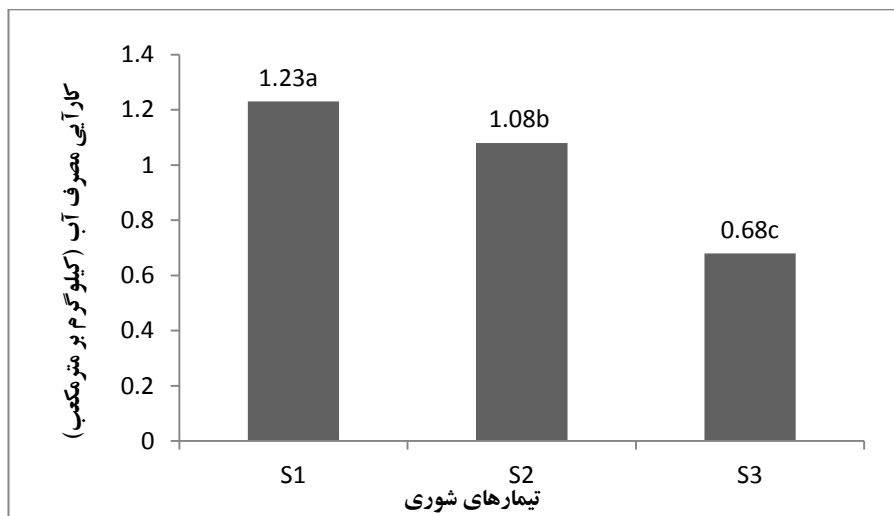
کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	تیمار
۱/۱۵c	۶/۱۸۰a	M1S1
۱/۳۲a	۶/۳۶۰a	M2S1
۱/۲۱b	۶/۳۸۰a	M3S1
۰/۹۶e	۴/۴۲۰d	M1S2
۱/۲۲b	۵/۲۸۰b	M2S2
۱/۰۶d	۴/۸۳۰c	M3S2
۰/۶۲g	۲/۴۶۰f	M1S3
۰/۷۶f	۲/۷۸۰e	M2S3
۰/۶۷g	۲/۶۳۰ef	M3S3

نداشت. لذا تیمارهای M1S3 و M3S3 در یک کلاس آماری متفاوت با M2S3 قرار گرفتند (جدول ۶). همانطور که در شکل (۷) ملاحظه می‌شود با افزایش شوری تأثیر روش‌های مدیریتی در افزایش کارایی مصرف آب مشهودتر شد. به طوری که میزان افزایش کارایی مصرف آب ناشی از مدیریت‌های M2 و M3 در شوری S1 به ترتیب ۱۴/۸ و ۲/۵ درصد، در شوری S2 به ترتیب ۲۷/۶ و ۱۰/۶ درصد و در شوری S3 به ترتیب ۲۳/۸ و ۸/۸ درصد به دست آمد. روند تأثیر اثر متقابل شوری و مدیریت زراعی بر عملکرد دانه و تبخیر- تعرق گیاه ذرت در سطوح مختلف شوری سبب شد تا برای کارایی مصرف آب نیز بیشترین تأثیر مدیریت‌های M2 و M3 ابتدا در شوری S2 سپس در شوری S3 و نهایتاً در شوری S1 به دست آید. ضمناً حداکثر کارایی مصرف آب به میزان ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب و در تیمار M2S2 و حداقل آن به میزان ۰/۶۲ کیلوگرم بر مترمکعب و در تیمار M1S3 برآورد شد.

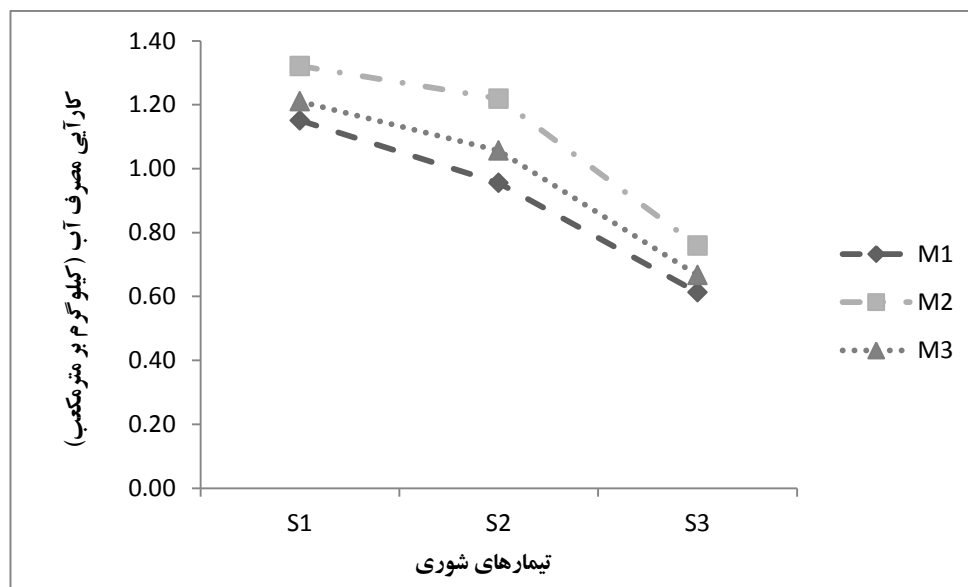
کارایی مصرف آب

اثر شوری و مدیریت زراعی (در سطح احتمال یک درصد) و اثر متقابل آنها (در سطح احتمال پنج درصد) بر کارایی مصرف آب معنی‌دار شد (جدول ۴). با کاهش عملکرد دانه و تبخیر- تعرق در اثر افزایش شوری، کارایی مصرف آب نیز کاهش معنی‌داری یافت. به نحوی که کارایی مصرف آب از مقدار ۱/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب در شوری S1 به ۰/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب در شوری S3 کاهش یافت (شکل ۶). حداکثر کارایی مصرف آب با میانگین ۱/۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به کاربرد سطحی گاه و کلهش (M2) بود و پس از آن اختلاط بقایا با حدود ۸ درصد افزایش نسبت به شرایط عدم استفاده از بقایا، جایگاه دوم را به خود اختصاص داد (جدول ۵). بررسی اثر متقابل شوری و مدیریت زراعی نشان داد که در شوری S1 و M2S2 مدیریت‌های M2 و M3 منجر به افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب شدند درحالی‌که در شوری S3 مدیریت M3 تأثیر چندانی

حیدری نیا و همکاران: تأثیر آبیاری با آب شور بر تبخیر و تعرق و کارایی...



شکل ۶- مقادیر کارایی مصرف آب در شوری‌های مختلف



شکل ۷- مقادیر کارایی مصرف آب در شوری و مدیریت‌های مختلف

مترمکعب) و حداقل میانگین تبخیر-تعرق (۴۲۷ میلی‌متر) در کاربرد سطحی بقایای گیاهی به‌دست آمد. روش‌های مختلف مدیریت زراعی با کاهش تبخیر و افزایش نگهداشت رطوبت خاک سبب تعدیل اثر شوری در کاهش تبخیر-تعرق، عملکرد و کارایی مصرف آب در شرایط آبیاری با آب شور گردیدند هرچند در سطوح بالای شوری آب آبیاری تأثیر آنها به مراتب کمتر شد. لذا بیشترین تأثیر مدیریت‌های زراعی در تعدیل اثر تنش شوری بر پارامترهای فوق‌الذکر در سطح شوری S2 مشاهده شد. به طور کلی

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اثر شوری، مدیریت و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه، تبخیر-تعرق و کارایی مصرف آب معنی‌دار شد. با افزایش شوری و افزایش غلظت املاح، تبخیر-تعرق و عملکرد دانه و نهایتاً کارایی مصرف آب کاهش یافت. کاربرد بقایای گیاهی به صورت سطحی نسبت به اختلاط بقایا در کاهش تلفات تبخیر و بهبود عملکرد بسیار مؤثرتر عمل کرد لذا حداکثر میانگین عملکرد دانه (۴/۸۰۷ تن در هکتار) و کارایی مصرف آب (۱/۱۰ کیلوگرم بر

بقایای گندم بر کیفیت اراضی، نیاز به مطالعات و بررسی‌های جامع دارد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از حمایت‌های مالی قطب علمی مدیریت بهره‌برداری از شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز تشکر و قدردانی می‌گردد.

می‌توان اظهار داشت اگرچه تنش شوری، عملکرد، تبخیر و تعرق و کارایی مصرف آب را به شدت کاهش داد اما با توجه به تأثیر چشمگیر استفاده از کاه و کلش گندم به صورت خاک‌پوش نسبت به مخلوط کردن بقایا با خاک بر بهبود پارامترهای مذکور در شرایط آبیاری با آب شور، استفاده از این راهکار برای کاهش خسارت‌های شوری و تسهیل شرایط برای کاربرد آب‌های نامتعارف در منطقه توصیه می‌شود. هرچند اثر طولانی‌مدت کاربرد همزمان آب‌های شور و

منابع

- ۱- تیشه زن، پ. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات شوری ناحیه ریشه تحت شرایط سطح ایستابی و کاربرد خاک پوش (مالچ) در مرحله گیرایی نهال خرما. پایان نامه دکتری، رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۲۲۸ صفحه.
- ۲- رضانی مقدم، ج. ناصری، ع. ع. هوشمند، ع. مسگریاشی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی لایسیمتری تأثیر تنش آبی و کود نیتروژن بر گیاه ذرت در حضور سطح ایستابی کم عمق. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۳۹ (۳): ۱۱-۱.
- ۳- سپاسخواه، ع.، موحد دانش، ع.، رحیمی، ح.، صدقی، ح.، خلیلی، ع.، علیزاده، ا. و ج. فرهودی. ۱۳۸۹. فرهنگ نوین کشاورزی و منابع طبیعی. جلد چهارم، آبیاری، دانشگاه تهران.
- ۴- سعیدی نیا، م. هوشمند، ع.، برومند نسب، س.، سلطانی محمدی، ا. و ب. اندرزیان. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر کارایی شاخص CWSI در شرایط اقلیمی اهواز. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۳۹ (۴): ۱۲-۱.
- ۵- سلطانی تمجید، ا.، فتحی، پ. و ف. حسین پناهی. ۱۳۹۴. اثر مقدار آب آبیاری و خاکپوش پلاستیک و کاه و کلش گندم بر عملکرد و کارایی مصرف آب سیب زمینی تحت آبیاری قطره ای - نواری در دشت دهگلان. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۹ (۳): ۳۵۱-۳۴۱.
- ۶- شهریار، س.، عزیزی، م.، آروبی، ح. و ح. انصاری. ۱۳۹۲. اثر رژیم های مختلف آبیاری و انواع خاکپوش بر خصوصیات رویشی و میزان اسانس نعنای فلفلی (*Menthapipertia*). فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۹ (۳): ۵۸۲-۵۶۸.
- ۷- صفی خانی، س. و م.، آذرنیا. ۱۳۹۴. تأثیر مقادیر مختلف کاه و کلش گندم و کود اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید سینگل کراس. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۹ (۱): ۱۵۲-۱۳۹.
- ۸- علی حوری، م. ۱۳۹۴. بررسی اثرات توأم کم آبیاری و شوری آب آبیاری بر تبخیر- تعرق و رشد رویشی نهال خرماي رقم برخی با استفاده از خاکپوش در استان خوزستان. پایان نامه دکتری، رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۶۰ صفحه.
- ۹- علیزاده، ا. ۱۳۸۱. رابطه آب، خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد، چاپ سوم، ۳۵۳ صفحه.
- ۱۰- میرزایی، م. و م. محمودآبادی. ۱۳۹۳. تأثیر نوع و مدیریت های مختلف بقایای گیاهی بر برخی ویژگی های فیزیکی و نفوذ آب در خاک. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۸ (۴): ۶۷۲-۶۵۹.

11-Allen, R. G., Pereira, L. S., Reas, D. and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy.

12-Rahi, A. A., Butt, B., Bokhari, T. Z., Younis, U. and R. Ullah. 2014. Responses of Zea Mays productivity to interactive effects of tillage operations and wheat straw mulch under an arid environment for agriculture policy measures. International Journal of Agriculture Science and Research, 4 (2): 27- 37.

- 13-Seidhom, S. H. and G. Abdel- Rahman. 2011. Prediction of traditional climatic changes effect on pomegranate trees under desert condition in El- Maghara, Egypt. *Journal of American Science*, 7 (5): 460-473.
- 14-Singh, B.,Eberbach, P. L., Humphreys, E. and S. S. Kukal. 2011. The effect of rice straw mulch on evapotranspiration, transpiration and soil evaporation of irrigated Wheat in Punjab, India. *Journal of Agriculture Water Management*, 98 (12): 1847- 1855.
- 15-Yan- min, Y., Xiao- jing, L., Wei- Qiang, L. and L. Cun- Zhen. 2006. Effect of different mulch materials on winter Wheat production in desalinized soil in Heilonggang region of North China. *Journal of Zhejiang University*, 7 (11): 858- 867.