

## بررسی اثر تلفیق آب شور و شیرین در منطقه سیستان

سعید فاندی<sup>۱\*</sup>، پیمان افراسیاب<sup>۲</sup>، عبدالمجید لیاقت<sup>۳</sup>

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه زابل

۲. استادیار و عضو هیئت علمی گروه آب دانشگاه زابل

۳. استاد و عضو هیئت علمی گروه آب دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۲/۱۹)

### چکیده

منطقه سیستان در شرق ایران یکی از مناطقی است که به تدابیر مدیریتی منابع آب نیازمند است. استفاده از آب سطحی و زیرسطحی، به صورت تلفیقی، از روش‌های اصلی مدیریت جامع منابع آب است. هدف پژوهش حاضر مطالعه استراتژی تلفیق آب شور زیرسطحی با آب شیرین رودخانه هیرمند در منطقه سیستان بود. برای دستیابی به این هدف، آزمایشی در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار بر گیاه سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل، واقع در سد سیستان، در بهار ۱۳۹۲ به اجرا درآمد. آب شیرین و شور مورد نیاز آزمایش، به ترتیب، از رودخانه هیرمند ( $EC=1.2 dS/m$ ) و چاه حفرشده در مزرعه ( $EC=15 dS/m$ ) تأمین شد. تیمارهای مورد بررسی شامل تیمار شاهد، نیم‌درمیان (یک‌دوم شور)، یک‌درمیان زمانی، مخلوط، و کاملاً شور بود. خصوصیات مورد بررسی شامل صفات بیولوژیکی سورگوم و تغییرات شوری در پروفیل خاک بود. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای آن توسط مدل SAS و تحلیل نتایج شوری نیمرخ خاک توسط مدل SPSS انجام شد. نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده نشان داد اعمال تیمارهای مذکور باعث ایجاد تفاوت معنادار ( $p \leq 0.01$ ) در صفات وزن خشک برگ، ساقه و اندام هوایی، ارتفاع، و شاخص سطح برگ می‌شود. پس از تیمار شاهد، تیمار نیم‌درمیان با افزایش عملکرد ۷۵٫۸ درصد در صفت وزن خشک برگ و ۵۵٫۳ درصد در صفت وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمار کاملاً شور دارای بهترین عملکرد بود. همچنین مقایسه شوری نیمرخ خاک در قبل و بعد از آزمایش نشان داد همه تیمارهای مذکور باعث افزایش شوری در همه لایه‌های نیمرخ خاک می‌شوند (به جز لایه ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری که تغییرات آن متأثر از سطح ایستایی بود). نتایج اجزای عملکرد و شوری نیمرخ خاک نشان داد در کشت سورگوم روش تناوبی استفاده از آب شور و غیر شور (تیمار یک‌درمیان زمانی) بهتر از روش اختلاط آب‌هاست. بنابراین در مناطقی نظیر دشت سیستان، که از نظر آب شیرین در تنگنا قرار دارد، می‌توان از دو روش نیم‌درمیان و یک‌درمیان زمانی برای آبیاری اراضی استفاده کرد. همچنین، بررسی نتایج شوری نیمرخ خاک در قبل و بعد از آزمایش نشان داد همه تیمارهای مذکور باعث افزایش شوری در همه لایه‌های نیمرخ خاک می‌شوند (به جز لایه ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری که تغییرات آن متأثر از سطح ایستایی بود).

کلیدواژگان: آبیاری تلفیقی، دشت سیستان، سورگوم، شوری، مدل SAS، مدل spss.

### مقدمه

ایران از نظر آب دچار بحران است. راهکارهایی که جهت مقابله با کم‌آبی متصور شده‌اند عبارت است از توسعه منابع جدید (نظیر سدسازی‌های سطحی و زیرزمینی)، افزایش راندمان آبیاری (نظیر بهبود عملیات کشاورزی)، استفاده مجدد از آب، استفاده از منابع آب غیر متعارف (نظیر آب‌های شور و لب‌شور و فاضلاب‌ها)، و غیره (Rahimi and Khaledi, 2001). به نظر می‌رسد در ایران، در مواجهه با بحران کم‌آبی، استفاده از آب‌های

نامتعارف نادیده گرفته می‌شود یا کم‌اثر تلقی می‌شود (Ghaedi and Afrasiab, 2014). در ایران رشد سریع جمعیت، افزایش آبیاری، و توسعه صنعتی در چند دهه گذشته باعث افزایش فشار بر منابع آب در مناطق نیمه‌خشک کشور شده است (Safavi et al., 2002). از سویی دیگر، به واسطه موقعیت خاص اقلیمی کشور و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی (Sepah, 2009)، کمبود آب سطحی در قسمت‌های مرکزی و شرقی کشور محسوس است و باید مدیریت صحیح منابع آب زیرسطحی در این مناطق مورد توجه مسئولان قرار گیرد.

گیاه خواهد شد (Mirdad, 2014). Lacerda و همکاران (2001) گزارش کردند در کشت سورگوم شوری باعث کاهش توده خشک گیاه و طول ریشه و ساقه می‌شود. Almodares و همکاران (2014) اثر تنش شوری را بر جوانه‌زنی بذر، رشد گیاهچه، و غلظت سه عنصر  $Na^+$ ،  $K^+$  و  $Cl^-$  در هجده رقم سورگوم بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند غلظت سدیم و کلر در رقم‌های حساس به شوری افزایش یافته است. همچنین، غلظت پتاسیم در رقم‌های مقاوم‌تر نسبت به رقم‌های حساس‌تر افزایش بیشتری داشته و در رقم‌های حساس‌تر با کاهش روبه‌رو بوده است.

سورگوم گیاهی چهارکرنبه با مقاومت متوسط به تنش شوری است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، که معمولاً دارای مشکل شوری‌اند، به‌خوبی سازگار می‌شود (Almodares et al., 2008). در پژوهش حاضر نیز، که با هدف بررسی تلفیق آب شور زیرسطحی با آب شیرین رودخانه هیرمند در منطقه سیستان صورت گرفت، سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید در شرایط مزرعه‌ای کشت شد و پس از اعمال تیمارهای تلفیقی متفاوت برخی صفات مورفولوژیکی آن اندازه‌گیری و بررسی شد.

### مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در منطقه دشت سیستان با میانگین بارش سالیانه ۶۱٫۳ میلی‌متر و میانگین دمای  $22^{\circ}C$  در سال با طول جغرافیایی  $31^{\circ}1'$  شمالی و عرض  $26^{\circ}61'$  شرقی در بهار ۱۳۹۲ انجام پذیرفت. اقلیم منطقه گرم و خشک و دارای تابستان‌های گرم همراه باد شدید موسمی است. آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل، واقع در سد سیستان، اجرا شد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، به ترتیب، در جداول ۱ و ۲ می‌آید. آب مورد نیاز اراضی از کانال‌های منشعب‌شده از رودخانه هیرمند تأمین می‌شود و هدایت الکتریکی آب رودخانه طی این آزمایش برابر  $1/2$  dS/m بود که به منزله منبع آب شیرین استفاده شد. برخی خصوصیات آب رودخانه در جدول ۳ می‌آید. همچنین، داخل مزرعه چاهی کم‌عمق وجود دارد که به دلیل کشت زمین‌های اطراف چاه EC آن در ماه‌های مختلف سال متغیر است. در فصل سرد سال EC به حداقل مقدار (dS/m)  $5/5-5$  و در تابستان به حداکثر مقدار خود (dS/m)  $19$  می‌رسد. میانگین هدایت الکتریکی آب چاه در طول دوره آزمایش برابر  $15$  dS/m بود که به مثابه منبع آب شور استفاده شد. برخی خصوصیات شیمیایی آب چاه در جدول ۳ می‌آید. اعداد این جدول مربوط به حداقل مقدار هدایت الکتریکی در فصل سرد سال است.

استفاده تلفیقی و تخصیص توأمان آب سطحی و زیرسطحی در شرایط کیفیتی و کمیتی متفاوت برای جبران محدودیت‌های معین تعریف شده است (Marino, 2001). استفاده تلفیقی از آب سطحی و زیرسطحی عامل اصلی مدیریت جامع منابع آب است (Safavi and Esmikhani, 2013). از آنجا که آب‌های زیرسطحی دارای خصوصیات ذاتی متعددی- نظیر دمای ثابت، دسترسی مداوم و گسترده، کیفیت طبیعی ممتاز، آسیب‌پذیری محدود، و هزینه‌های توسعه کم- هستند (Zhu, 2013) یک منبع ارزشمند تجدیدپذیر برای زندگی بشر و توسعه اقتصادی محسوب می‌شوند (Rosin et al., 2013) و از آن به منزله یک منبع مهم آبی در سراسر نواحی اقلیمی، اعم از شهری و روستایی، در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، یاد می‌شود (Todd and Mays, 2005). به‌رغم اهمیت زیاد آب‌های زیرزمینی، استفاده بیش از حد از آن‌ها به بحران تبدیل شده است که به توجه بیشتر مسئولان نیاز دارد (Gandhi and Namboodiri, 2009).

مشکلات منطقه سیستان در شرق کشور شامل تبخیر تابستانه بالا، بارش سالانه کم، توفان‌های موسمی شدید، فقر غذایی خاک زراعی، آب شیرین محدود، و آب زیرزمینی شور است. در این منطقه، به دلیل شرایط جوی نامناسب و کمبود بارش، یگانه منبع آب شیرین رودخانه سیستان است که از مرز افغانستان وارد این منطقه می‌شود. در بسیاری از ایام سال حجم آب ورودی به این منطقه توان تأمین آب شرب و کشاورزی را، به صورت هم‌زمان، ندارد. محدودیت آب شیرین کشاورزان را در تنگنا قرار داده است. این در حالی است که منابع عظیمی از آب‌های شور زیرزمینی کم‌عمق در این منطقه وجود دارد که صرفاً به دلیل شور یا لب‌شور بودن این منابع هیچ‌گونه استفاده‌ای از آن‌ها نمی‌شود. استفاده از این قبیل آب‌ها، حتی برای گیاهان مقاوم به شوری، علاوه بر کاهش محصول، مشکلات ناشی از شور و نامرغوب شدن اراضی را در پی خواهد داشت (Abdelgawad et al., 2005). برای استفاده صحیح از این آب‌ها، باید تدابیر مدیریتی مناسب اتخاذ شود. اتخاذ تدابیر کنترل شوری مناسب به تعیین مقدار نمک، حرکت آب در خاک، و پیش‌بینی پاسخ گیاه به آب خاک و شوری خاک نیاز دارد (Ferrer and Stockle, 1999). شوری حضور فراوان نمک در خاک است که با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، تداخل در جذب معمولی مواد غذایی، القای سمیت یونی، و عدم توازن غذایی وابسته به آن بر حیات گیاه اثر می‌گذارد (Pessaraki, 1994). شوری زیاد از طریق آثار اسمزی بر رشد گیاه و بهره‌وری بیشتر محصولات گیاهی تأثیر می‌گذارد و از جذب آب یا جذب یونی خاص توسط ریشه جلوگیری می‌کند که سبب مسمومیت

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی خاک منطقه ریشه

$\theta_{PWP}$	$\theta_{FC}$	$\rho_b$	بافت	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن
(%)	(%)	( $g/cm^3$ )			(%)	
۹,۰۰	۲۱,۰۰	۱,۵۹	لوم شنی	۱۲,۵۹	۳۳,۶۴	۵۳,۷۷

جدول ۲. برخی خصوصیات شیمیایی خاک منطقه ریشه

N	P	K	O.C	SAR	pH	EC <sub>e</sub>
(%)	(ppm)	(ppm)	(%)	-	-	(dS/m)
۰,۰۱	۳,۲۰	۳۸,۵۲	۰,۱۱	۳,۳۵	۸,۲۰	۱,۳۶

جدول ۳. برخی خصوصیات شیمیایی منابع آب موجود در فصل سرد سال

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>	SAR	pH	EC	منبع آب
(meq/l)							-	-	(dS/m)	
۳,۸۷	۴,۰۰	۵,۰۰	۰,۰۷	۵,۷۸	۴,۰۰	۳,۰۰	۲,۵۸	۷,۸۵	۱,۲۴	رودخانه هیرمند
۲۵,۰۰	۲۸,۵۰	۱۳,۰۰	۰,۴۵	۴۶,۸۰	۱۳,۰۰	۵,۵۰	۱۳,۵۱	۶,۹۸	۶,۰۰	چاه

باقی می ماند و با وجود جابه جایی آب غیر شور با آب شور در برخی تیمارها نحوه بر جا گذاشتن نمک در هر تیمار به خوبی مشخص می شد. دور آبیاری بر اساس عرف منطقه به صورت ثابت و هر ده روز یک بار تعیین شد. کودهای مورد نیاز شامل ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاس، و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات تریپل نیز، طبق عرف منطقه و توصیه جهاد کشاورزی، به زمین اضافه شد. دوسوم کود اوره قبل از کشت به مثابه کود پایه و یک سوم باقی مانده پس از جوانه زنی، در زمان پنج تا هفت برگی شدن بوته ها (استقرار کامل بوته ها)، به صورت سطحی به زمین اضافه شد. مزرعه آزمایشی دارای سیستم زهکشی کنترل شده بود که سطح ایستابی را در عمق ۱ متری نگه می داشت. با حفر بیش از بیست چاهک مشاهده ای در مزرعه آزمایشی مشاهده شد رطوبت خاک در لایه ۱۰ تا ۲۰ سانتی متری بالای سطح ایستابی در حد اشباع نگه داشته می شود که متأثر از سطح ایستابی کنترل شده بود. بنابراین، قبل و بعد از اعمال تیمارها، از همه کرت ها تا عمق ۱ متری پنج نمونه خاک با فواصل ۲۰ سانتی متری با آگر برداشت و پس از هوا خشک شدن، برای استخراج عصاره اشباع و تعیین شوری، به آزمایشگاه منتقل شد. در انتهای فصل (پس از برداشت محصول) نیز این عمل تکرار شد. برای بررسی تغییرات شوری صورت گرفته در نیمرخ خاک در قبل و بعد از اعمال تیمارها، از آزمون پارامتری t زوجی یا همان مقایسه میانگین جامعه های جفت شده<sup>۱</sup> استفاده شد.

آزمایش در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با پنج تیمار و در هر تیمار سه تکرار انجام شد. تیمارهای بررسی شده که از مرحله پنج برگی شدن بوته های سورگوم علوفه ای اعمال شدند، شامل تیمار شاهد، نیم درمیان (یک دوم شور)، یک درمیان زمانی، مخلوط، و کاملاً شور بود. در تیمار شاهد آبیاری با آب شیرین کانال (EC=۱,۲ dS/m) و در تیمار کاملاً شور آبیاری با آب چاه (EC=۱,۵ dS/m) در سراسر طول فصل رشد صورت پذیرفت. در تیمار نیم درمیان در هر آبیاری نیمی از آب آبیاری با آب شور و نیمی دیگر بلافاصله پس از نفوذ نیمه اول با آب کانال تکمیل شد. در تیمار یک درمیان زمانی، آبیاری به صورت یک درمیان، یک بار با آب شور و بار دیگر با آب شیرین کانال، صورت پذیرفت. در تیمار مخلوط ابتدا آب شور و شیرین با نسبت های مساوی درون تانکر با هم مخلوط و سپس استفاده شد (EC= ۹ dS/m).

کرت ها با ابعاد ۲/۷×۳ متر با فواصل ۲ متری در تیمارها و ۱ متری در تکرارها اختیار شد. آبیاری به صورت سطحی و با سیستم جویچه ای انجام شد. تعداد ردیف های کشت در هر کرت چهار ردیف (با فواصل ۶۰ سانتی متری) در نظر گرفته شد. بذره های گیاه سورگوم علوفه ای رقم اسپیدفید از جهاد کشاورزی زابل تهیه و با تراکم شانزده بوته در متر مربع کشت شد. حجم آب مورد نیاز هر کرت با توجه به ابعاد آن ها و تخلیه مجاز رطوبتی ۵۵ درصدی و مشخصات رطوبتی خاک (جدول ۱) ۴۲۹ لیتر برای سورگوم تعیین شد (بدون در نظر گرفتن نیاز آب شویی). این موضوع از آن جهت با اهمیت بود که در همه تیمارهای موجود همه آب داده شده به هر کرت در عمق خاک

1. Paired-sample T-Test

برگ، وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع، شاخص سطح برگ، و قطر ساقه بود. در انتها نتایج اجزای عملکرد با نرم افزار SAS 9.0 با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح معناداری ۵ درصد مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

## یافته‌ها و بحث

### اجزای عملکرد محصول

نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم علوفه‌ای (جدول ۴) نشان داد اعمال تیمارهای مذکور باعث معناداری در سطح ( $p \leq 0.01$ ) در صفات وزن خشک برگ، ساقه و اندام هوایی، ارتفاع، و شاخص سطح برگ می‌شود؛ ولی در صفت قطر ساقه تفاوت معناداری در سطح ( $p \leq 0.05$ ) دیده نشد.

آزمون پارامتری  $t$  زوجی اختلاف بین زوج‌ها را به منزله یک متغیر جدید فرض می‌کند و آماره  $t$  را برای آن به صورت رابطه ۱ محاسبه می‌کند:

$$(رابطه ۱) \quad t = \frac{\text{میانگین اختلافها}}{\text{خطای معیار میانگین اختلافها}}$$

در صورتی که مقدار آماره  $t$ ، با توجه به درجه آزادی آن، از مقدار توزیع  $t$  در جداول موجود در کتب آماری بزرگ‌تر باشد، اختلاف معنادار بین دو زوج نمونه وجود دارد. این آزمون به وسیله نرم‌افزار SPSS انجام شد.

در انتهای فصل به مساحت ۲/۴ متر مربع از وسط هر کرت همه محصول برداشت و برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد به آزمایشگاه منتقل شد. صفات فیزیولوژیکی و زراعی برداشت‌شده برای هر گیاه شامل وزن خشک ساقه، وزن خشک

جدول ۴. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم علوفه‌ای

میانگین مربعات							منابع تغییرات
شاخص سطح برگ	ارتفاع (cm)	قطر (cm)	وزن خشک اندام هوایی (ton/ha)	وزن خشک ساقه (ton/ha)	وزن خشک برگ (ton/ha)	درجه آزادی	
۰/۴۶۹**	۶۱۳/۵۶۷**	۰/۰۱۷ <sup>ns</sup>	۳/۷۱۱**	۱/۷۴۴**	۰/۴۴۷**	۴	تیمار
۰/۰۱۲ <sup>ns</sup>	۲۵/۴۰۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۳*	۰/۰۶۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۸ <sup>ns</sup>	۲	تکرار
۰/۰۲۱	۶۱/۵۶۷	۰/۰۰۷	۰/۰۴۰	۰/۰۴۱	۰/۰۲۶	۸	خطا
۱۰/۳۵	۷/۹۷	۶/۳۹	۸/۵۹	۱۶/۳۰	۱۵/۵۲		ضریب تغییرات
			<sup>ns</sup> عدم تفاوت معناداری	* معناداری در سطح ۵ درصد			** معناداری در سطح ۱ درصد

تیمار مخلوط تفاوت معناداری با تیمار کاملاً شور نداشت. در صفت وزن خشک ساقه مقدار افزایش محصول در تیمارهای نیم‌درمیان (یک‌دوم شور)، یک‌درمیان زمانی، و مخلوط نسبت به تیمار کاملاً شور به ترتیب برابر ۶۹/۲، ۷۲/۳، و ۲۴/۶ درصد بود. در صفت وزن خشک برگ این مقدار افزایش به ترتیب برابر ۷۵/۸، ۴۸/۸، و ۴۶/۸ درصد بود.

در صفت وزن خشک اندام هوایی نیز بیشترین بازده مربوط به تیمار شاهد و کمترین بازده مربوط به تیمار کاملاً شور بود. در این صفت مقدار افزایش محصول در تیمارهای نیم‌درمیان، یک‌درمیان زمانی، و مخلوط نسبت به تیمار کاملاً شور به ترتیب برابر ۵۵/۳، ۴۳/۸، و ۲۱/۳ درصد بود. تیمار مخلوط در این صفت از یک سو با تیمار یک‌درمیان زمانی و از سوی دیگر با تیمار کاملاً شور تفاوت معناداری نشان نداد. تیمار مخلوط در دیگر صفات نظیر وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، و شاخص سطح برگ نیز با تیمار کاملاً شور تفاوت معناداری ( $p \leq 0.05$ ) نشان نداد. تجزیه واریانس در صفت قطر ساقه تفاوت معناداری در سطح ( $p \leq 0.05$ ) نشان نداد. اما از آنجا

مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده (جدول ۵) نشان داد تیمار شاهد در همه صفات زراعی اندازه‌گیری‌شده دارای بیشترین عملکرد است. در صفت وزن خشک برگ تیمار شاهد با عملکرد ۱/۶۸ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد و تیمار کاملاً شور با ۰/۶۲ تن در هکتار دارای کمترین عملکرد بود. در این صفت و صفت وزن خشک اندام هوایی، بعد از تیمار شاهد، بهترین عملکرد مربوط به تیمار نیم‌درمیان بود. تیمار نیم‌درمیان با تیمار یک‌درمیان زمانی در صفات وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک اندام هوایی، و ارتفاع تفاوت معناداری ( $p \leq 0.05$ ) با یکدیگر نشان ندادند. در صفت وزن خشک ساقه بین تیمارهای مخلوط و کاملاً شور تفاوت معناداری دیده نشد. این در حالی است که در همین صفت تیمار یک‌درمیان زمانی با تیمار کاملاً شور دارای تفاوت معنادار ( $p \leq 0.05$ ) و نسبت به تیمار مخلوط برتر بود. این وضعیت در صفت وزن خشک ساقه نیز تکرار شد؛ با این تفاوت که در صفت وزن خشک ساقه تیمار یک‌درمیان زمانی نسبت به تیمار مخلوط برتری بود و با تیمار کاملاً شور تفاوت معناداری ( $p \leq 0.05$ ) نشان داد. در حالی که

مشاهده شده در جدول ۵ مربوط به نوع آزمون است و در تضاد با جدول ۴ (جدول تجزیه واریانس) نیست.

که مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن صورت گرفت و تفاوت معنادار جزء فرض‌های اولیه استفاده از این آزمون نیست، با توجه به دقت بالای این آزمون، تفاوت معنادار

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سورگوم علوفه‌ای

صفات تیمار	وزن خشک برگ (ton/ha)	وزن خشک ساقه (ton/ha)	وزن خشک اندام هوایی (ton/ha)	قطر (cm)	ارتفاع (cm)	شاخص سطح برگ
شاهد	۱٫۶۸ a	۲٫۵۵ a	۴٫۲۳ a	۱٫۳a	۱۲۰ a	۲٫۰۴ a
نیم‌درمیان	۱٫۰۹ b	۱٫۱۰ b	۲٫۱۹ b	۱٫۲ab	۹۹ b	۱٫۴۸ b
یک‌درمیان زمانی	۰٫۹۱ bc	۱٫۱۲ b	۲٫۰۳ bc	۱٫۳ ab	۹۲ bc	۱٫۰۷c
مخلوط	۰٫۹۱ bc	۰٫۸۱ bc	۱٫۷۱ cd	۱٫۴ ab	۱۰۱ b	۱٫۳۰bc
شور	۰٫۶۲ c	۰٫۶۵ c	۱٫۴۱ d	۱٫۲ b	۸۱ c	۱٫۱۰c

و در شرایط لایسیمتری اجرا کردند. نتایج نشان داد در اثر استفاده از آب شور برای آبیاری ذرت دانه‌ای عملکرد ۴۱/۴۶ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش می‌یابد؛ در حالی که به‌کارگیری روش‌های مدیریتی اختلاط و یک‌درمیان زمانی به ترتیب باعث کاهش عملکرد به میزان ۲۰/۵۹ و ۱۶/۳۴ درصد نسبت به تیمار شاهد می‌شود.

برتری تیمار یک‌درمیان زمانی نسبت به تیمار مخلوط مورد تأیید پژوهشگران دیگر نظیر Dinar *et al.* (1986) Rhoades (1997); Minhas *et al.* (2006); Verma *et al.* (2013) است. هرچند این نتایج با نتایج آزمایش Liaghat and Esmaili (2003) مغایرت دارد، در خصوص تیمار نیم‌درمیان نتایج این پژوهش با نتایج Liaghat and Esmaili (2003) و Zarei *et al.* (2007) و Mostashfi Habib Abadi *et al.* (2011) مطابقت دارد. Liaghat and Esmaili (2003) طی آزمایش در واحد لایسیمتر بر ذرت گزارش دادند. به طور کلی در هر فاکتور بیشترین بازده مربوط به تیمار شاهد و پس از آن به ترتیب مربوط به تیمارهای متناوب نیم‌درمیان، مخلوط، و متناوب یک‌درمیان است. Zarei *et al.* (2007) به منظور بررسی اثر سه روش تلفیق آب شور ( $EC=14$  dS/m) و شیرین ( $EC=1$  dS/m) بر الگوی توزیع شوری در خاک، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در لایسیمتر انجام دادند. تیمارها شامل تیمار نیم‌درمیان، یک‌درمیان زمانی، و تیمار مخلوط بود. آن‌ها گزارش دادند که بهترین عملکرد در کاهش میزان شوری خاک در لایه سطحی مربوط به تیمار نیم‌درمیان است. Mostashfi Habib Abadi *et al.* (2011) در پژوهشی دیگر با کشت دو رقم گیاه آفتابگردان (آلستار و هایسان ۳۳) همین آزمایش را تکرار کردند. آن‌ها گزارش دادند تیمار نیم‌درمیان، به دلیل اعمال شوری خاک کمتر و امکان دستیابی بیشتر گیاه به آب معمولی

طبق این نتایج، تیمار مخلوط نسبت به دیگر تیمارها نزدیک‌ترین عملکرد را با تیمار صددرصد شور دارد و توانایی لازم را برای کاهش افت محصول ندارد. این در حالی است که تیمار یک‌درمیان زمانی در صفت وزن خشک ساقه با افزایش عملکرد ۷۲/۳ درصدی نسبت به تیمار کاملاً شور و ۳۸/۳ درصدی نسبت به تیمار مخلوط نسبت به این دو دارای برتری و با تیمار کاملاً شور دارای تفاوت معنادار ( $p \leq 0.05$ ) بود. تیمار یک‌درمیان زمانی در صفت وزن خشک کل اندام هوایی با تیمار نیم‌درمیان تفاوت معنادار ( $p \leq 0.05$ ) نشان نداد. در این صفت، تیمار یک‌درمیان زمانی با افتی ۵۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنادار شایان توجهی با آن نشان داد. اما افزایش عملکرد ۴۴ درصدی و ۱۸/۷ درصدی این تیمار نسبت به تیمارهای کاملاً شور و مخلوط از یک سو و عدم تفاوت معنادار این تیمار با تیمار نیم‌درمیان از سویی دیگر برتری این تیمار را نسبت به تیمار مخلوط مشخص می‌کند.

Bradford and Letey (1993) طی آزمایشی با هدف مقایسه روش‌های مدیریتی اختلاط و یک‌درمیان زمانی آب شور و غیر شور گزارش کردند که برای ذرت، روش یک‌درمیان بهتر از روش اختلاط است. Singh and panda (2011) آزمایشی سه‌ساله با ترکیبی از آب زیرزمینی شور ( $EC=7.48$  dS/m) و آب کانال ( $EC=0.4$  dS/m) با هدف مقایسه روش‌های مدیریتی اختلاط و یک‌درمیان زمانی بر روی کلزا انجام دادند. آن‌ها برتری تیمار یک‌درمیان زمانی را نسبت به روش اختلاط در اکثر صفات اندازه‌گیری شده گزارش دادند و اعلام کردند در کشت کلزا می‌توان با اطمینان خاطر از آب شور ( $EC=7.48$  dS/m) برای تکمیل آبیاری کلزا استفاده کرد. Molavi *et al.* (2012) به منظور ارزیابی اثر مدیریت آب شور بر عملکرد ذرت دانه‌ای و توزیع شوری در نیم‌رخ خاک پنج روش مدیریتی در منطقه کرج

موجود در لایه سطحی، بهترین عملکرد را در مقایسه با دو تیمار دیگر دارد. طبق نتایج پژوهش حاضر نیز تیمار نیم‌درمیان نسبت به دو تیمار یک‌درمیان زمانی و مخلوط برتری نسبی دارد.

### شوری نیم‌رخ خاک

بررسی چگونگی تعدیل املاح برای هر یک از تیمارها توسط آزمون پارامتری t زوجی بین مقدار شوری لایه‌های مختلف خاک در قبل و بعد از اعمال تیمارها انجام شد. خلاصه شاخص‌های آماری زوج‌نمونه‌های عصاره اشباع مربوط به قبل و بعد از اعمال تیمارها برای اعماق مختلف در جدول ۶ می‌آید.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بین نتایج قبل و بعد از اعمال تیمارها در لایه‌های ۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۴۰، ۴۰ تا ۶۰ و ۶۰ تا ۸۰ سانتی‌متری تفاوت معناداری در سطح (p ≤ ۰/۰۱) و در لایه ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری تفاوت معناداری در سطح (p ≤ ۰/۰۵) وجود دارد. این در حالی است که در لایه ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری اعمال تیمارها تأثیری بر تعدیل املاح در این لایه نداشته است. این امر متأثر از وجود سیستم زهکشی مزرعه است. مزرعه آزمایشی دارای زهکش‌های زیرسطحی به فواصل ۵۰ متر و عمقی معادل ۱/۸ متر است. زهکش‌ها زه‌آب جمع‌شده را به طور مستقیم درون کانال جمع‌کننده روبازی تخلیه می‌کنند. آب

کانال دائم بالاتر از تراز مبنای خروجی زهکش‌ها حفظ می‌شود. بنابراین، زهکش‌ها به صورت کنترل‌شده دائم سطح آب زیرزمینی را در عمق ۱ متری نگه می‌دارند. به دلیل کشت وسیعی که در سطح مزرعه انجام می‌شد و عمر زیاد این زهکش‌ها و شست‌وشویی که از نیم‌رخ خاک مزرعه صورت می‌گرفت، هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی از این زهکش‌ها در طول سال همواره کمتر از ۳ dS/m بود. در فصل بهار (در طول این آزمایش) هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی به زیر ۲ dS/m رسید. از طرفی، حفر بیش از بیست چاهک مشاهده‌ای در مزرعه آزمایشی نشان داد رطوبت خاک در لایه ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری بالای سطح ایستایی در حد اشباع نگه داشته می‌شود که متأثر از سطح ایستایی کنترل‌شده بود. بنابراین، با توجه به جریانات موینگی موجود در اعماق ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری، در حد فاصل بین دو آبیاری، هدایت الکتریکی این لایه از خاک همواره کمتر از ۲ dS/m بوده است و همان‌گونه که در جدول ۷ ملاحظه می‌شود اعمال مدیریت‌های مختلف تلفیقی بر این لایه خاک تأثیر معنادار نداشته و هدایت الکتریکی خاک در این لایه کاملاً متأثر از سطح ایستایی کنترل‌شده بوده است.

جدول ۶. شاخص‌های آماری زوج‌نمونه‌ها

میانگین	انحراف معیار	تعداد	میانگین خطای معیار
۰-۲۰ قبل	۱,۵۴۳۳	۱۵	۰,۲۶۰۷۰
۰-۲۰ بعد	۳,۰۵۴۰	۱۵	۰,۳۴۰۲۲
۲۰-۴۰ قبل	۱,۵۷۲۷	۱۵	۰,۲۸۲۱۸
۲۰-۴۰ بعد	۲,۵۴۲۰	۱۵	۰,۲۴۲۱۸
۴۰-۶۰ قبل	۱,۳۲۰۷	۱۵	۰,۱۳۲۲۷
۴۰-۶۰ بعد	۲,۷۰۴۰	۱۵	۰,۱۹۲۸۲
۶۰-۸۰ قبل	۱,۳۸۴۰	۱۵	۰,۰۶۰۵۳
۶۰-۸۰ بعد	۱,۷۴۲۰	۱۵	۰,۱۱۸۴۳
۸۰-۱۰۰ قبل	۱,۵۲۱۳	۱۵	۰,۱۳۶۲۴
۸۰-۱۰۰ بعد	۱,۷۷۸۰	۱۵	۰,۱۲۹۶۸

جدول ۷. آزمون زوج‌نمونه‌ها توسط آزمون T Test

میانگین	انحراف معیار	اختلاف‌های زوج‌نمونه‌ها			معماری
		خطای معیار میانگین	آماره آزمون t	درجه آزادی	
۰-۲۰	۱,۵۱۰۶۷	۰,۴۲۶۱۴	۳,۵۴۵	۱۴	**
۲۰-۴۰	۰,۹۶۹۳۳	۰,۳۶۵۶۷	۲,۶۵۱	۱۴	*
۴۰-۶۰	۱,۳۸۳۳۳	۰,۲۳۵۳۷	۵,۸۷۷	۱۴	**
۶۰-۸۰	۰,۳۵۸۰۰	۰,۱۱۸۴۸	۳,۰۲۲	۱۴	**
۸۰-۱۰۰	۰,۲۵۶۶۷	۰,۲۱۲۵۳	۱,۲۰۸	۱۴	ns

ns عدم تفاوت معناداری

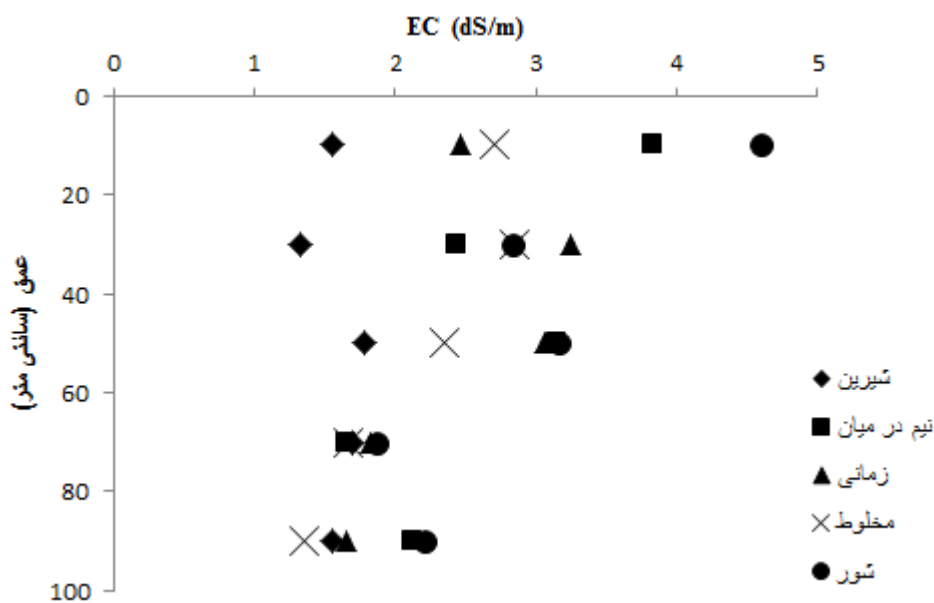
\* معناداری در سطح ۵ درصد

\*\* معناداری در سطح ۱ درصد

۳۰ سانتی‌متری) شوری کمتری نسبت به تیمار مخلوط دارد و در اعماق پایین‌تر تیمار مخلوط وضعیت بهتری دارد. آن‌ها اعلام کردند تیمار یک‌درمیان زمانی برای رشد گیاهان کم‌عمق شرایط بهتری فراهم می‌کند. ولی تیمار مخلوط برای گیاهان با ریشه عمیق‌تر مناسب است. Liaghat and Esmaeili (2003) اعلام کردند میزان شوری محلول خاک در اعماق ۲۵ و ۵۰ سانتی‌متری در تیمار یک‌دوم شور کمتر از میزان شوری در دو تیمار دیگر (مخلوط و متناوب یک‌درمیان) است. نتایج مربوط به تعدیل شوری در عمق ۲۵ سانتی‌متری در آزمایش Liaghat and Esmaeili (2003) با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. زیرا طبق نتایج حاصل از این پژوهش در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری (عمق ۳۰ سانتی‌متری) شوری برجامانده در تیمار یک‌دوم شور کمتر از دو تیمار یک‌درمیان و مخلوط است؛ اما نتایج مربوط به تعدیل شوری در عمق ۵۰ سانتی‌متری در پژوهش Liaghat and Esmaeili (2003) با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارد. در تحقیق حاضر، در عمق ۵۰ سانتی‌متری (لایه ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری) نه‌تنها شوری برجامانده در تیمار نیم‌درمیان کمتر از دو تیمار دیگر نبود، بلکه مقدار شوری برجامانده در آن مساوی با شوری برجامانده در تیمار کاملاً شور بود. نتایج حاضر با نتایج تحقیق Zarei et al. (2007) مطابقت دارد. زیرا آن‌ها نیز برخلاف گزارش Liaghat and Esmaeili (2003) اعلام کردند حداکثر شوری برجامانده در لایه ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در انتهای فصل مربوط به تیمار یک‌دوم شور است.

نتایج آزمون t زوجی زوج‌نمونه‌ها در جدول ۷ می‌آید. طبق نتایج این جدول، از آنجا که میانگین اختلاف‌های زوج‌نمونه‌ها در همه لایه‌ها عددی مثبت است، می‌توان نتیجه گرفت میانگین شوری بعد از اعمال تیمارها بزرگ‌تر از میانگین آن‌ها قبل از اعمال تیمارها بوده است و تیمارهای بررسی‌شده باعث افزایش شوری در همه لایه‌های نیم‌رخ خاک شده‌اند (به جز لایه ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری که تغییرات آن متأثر از سطح ایستابی است). این مقدار افزایش در لایه سطحی (۰ تا ۲۰ سانتی‌متری) بیش از دیگر لایه‌ها بوده که دلیل اصلی آن را می‌توان جریانات موینگی روبه‌بالای حاصل از تبخیر زیاد از سطح خاک و وجود سطح ایستابی کنترل‌شده در عمق ۱ متری دانست.

نتایج شوری عصاره اشباع خاک، پس از اعمال تیمارها، به طور خلاصه در شکل ۱ می‌آید. نتایج نشان داد در عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متری کمترین مقدار املاح برجامانده مربوط به تیمار شاهد و بیشترین مقدار مربوط به تیمار کاملاً شور است. پس از تیمار شاهد بهترین عملکرد به ترتیب مربوط به تیمارهای یک‌درمیان زمانی، مخلوط، و نیم‌درمیان بود. این در حالی است که در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری کمترین مقدار نمک برجامانده پس از تیمار شاهد مربوط به تیمار نیم‌درمیان و بیشترین مقدار مربوط به تیمار یک‌درمیان زمانی بود. این نتایج با نتایج تحقیق Zarei et al. (2007) کاملاً مطابقت دارد. آن‌ها گزارش دادند تیمار یک‌درمیان زمانی در لایه‌های سطحی (۰ تا



شکل ۱. نتایج شوری عصاره اشباع خاک پس از اعمال تیمارها

## نتیجه‌گیری

عدم نیاز به سازه‌های اختلاط آب (که باعث ایجاد هزینه برای کشاورز خواهد بود)، تیمار یک‌درمیان زمانی تیمار برتر معرفی می‌شود. درباره تیمار نیم‌درمیان نیز، برخلاف گزارش Liaghat and Esmaeili (2003) بهتر بودن این تیمار نسبت به تیمارهای یک‌درمیان زمانی و مخلوط به طور مطلق گزارش نمی‌شود و نیاز به پژوهش‌های بیشتر دارد. به طور کلی در مناطقی نظیر دشت سیستان، که از نظر آب شیرین در تنگنا قرار دارد و نیازمند اتخاذ تدابیر مدیریتی منابع آب است، می‌توان از دو روش نیم‌درمیان و یک‌درمیان زمانی برای آبیاری اراضی در این مناطق استفاده کرد.

باید توجه داشت برای انتخاب یک روش مدیریتی مناسب برای یک منطقه خاص، علاوه بر کارایی آن روش در بالا بردن عملکرد و افزایش تولید، پارامترهای دیگر، نظیر سهولت در اجرای آن در مزرعه و همچنین نداشتن هزینه اضافی برای کشاورز، از ملزومات اصلی انتخاب آن طرح (مدیریت) به حساب می‌آید که باید مورد توجه متخصصان و ایده‌پردازان قرار گیرد. طبق نتایج پژوهش حاضر، به دلیل برتری نسبی تیمار یک‌درمیان زمانی نسبت به تیمار مخلوط در عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم و همچنین به دلیل سهولت در اجرای آن و

## REFERENCES

- 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 of tomato in Syria (1999–2002). *Agricultural Water Management*, 78: 39–53.
- Almodares, A., Hadi, M. R., and Ahmadpour, H. (2008). Sorghum stem yield and soluble carbohydrates under honological stages and salinity levels. *African Journal of Biotechnology*, 7, 4051-4055.
- Almodares, A., Hadi, M. R., Kholdebarin, B., Samedani, B., and Kharazian, Z. A. (2014). The response of sweet sorghum cultivars to salt stress and accumulation of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{K}^+$  ions in relation to salinity. *Journal of Environmental Biology*, 35(4):733-9.
- Bradford, S. and Letey, J. (1993). Cycling and blending strategies for using saline and non-saline waters for irrigation. *Irrigation Science*, 13: 123-128.
- Dinar, A., Letey, J., and Vaux, H. J. (1986). Optimal ratios of saline and nonsaline irrigation waters for crop production. *Soil Science Society of America Journal*, 50:440-443.
- Ferrer, F. A. and Stockle, C. O. (1999). A model for assessing crop response to salinity. *Irrigation Science*, 19:15–23.
- Gandhi, V. and Namboodiri, N. V. (2009). Groundwater Irrigation in India: Gains, Costs and Risks. *Research and Publications, Indian Institute of Management, Ahmadabad, India*.
- Ghaedi, S. and Afrasiab, P. (2014). Providing an effective way of how to use salt water to prevent water crisis. *Second National Conference on Water Crisis*, 9-10 September, shahrekord, iran. (In Farsi)
- Lacerda, C. F., Cambraia, J., Oliva, M. A., and Ruiz, H. A. (2001). Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under NaCl stress. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13, 270-284.
- Liaghat, I. and Esmaili, Sh. (2003). Theeffect of fresh water and saline water conjunction on crop yield and salt concentration in the root zone. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, Vo2. 10(2). (In Farsi).
- Mariño, M. A. (2001). Conjunctive management of surface water and groundwater. In: *Schumann AH et al (eds) Regional management of water resources*. IAHS Publ 268. IAHS, Wallingford, 165–173.
- Minhas, P. S., Dubey, S. K., and Sharma, D. R. (2006). Comparative effects of blending, intera,inter-seasonal cyclic uses of alkali and good quality waters on soil properties and yields of paddy and wheat. *Agricultural Water Management*, 87: 83–90.
- Mirdad, Z. M. (2014). Effect of  $\text{K}^+$  and Salicylic Acid on Broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) Plants Grown Under Saline Water Irrigation. *Journal of Agricultural Science*, 6(10):57-66.
- Molavi, H., Mohammadi, M., and Liaghat, A. (2012). Effect of saline water management on yield and yield components of corn and soil salinity profile. *Journal of Irrigation Science and engineering*, Volume 35, Issue 3, Page 11-18. (In Farsi)
- Mostashfi Habib Abadi, F., Shayannejad, M., Dehghani, M., and Tabatabaei, S. H. (2011). Effect of four irrigation regimes with saline water on quantitative and qualitative indexes of sunflower. *Journal of Water and Soil*. Vol. 25, No.4, Sep-Oct 2011, p. 698-707. (In Farsi)
- Pessaraki, M. (1994). Strategies and scope for improving salinity tolerance in crop plants. Marcel Dekker, Inc.
- Rahimi, H. and Khaledi, H. (2001). Water crisis in Iran and world and ways to deal with it. *Ist National Conference on Drought Mitigation and Water Shortage*. 28 February, kerman, iran. (In Farsi)
- Rhoades, J. D. (1997). Strategies for the use of multiple water supplies for irrigation and crop production. In: *Proceedings of the Regional Workshop on Management of Salt Affected Soils in the Arab Gulf States*, Abu Dhabi, UAE October 29 to November 2, 1995, FAO regional office for the North East, Cairo, pp. 79–87.
- Rosin, K. G., Kaur, R., Singh, S. D., Singh, P., and



- Dubey, D. S. (2013). Groundwater Vulnerability to Contaminated Irrigation Waters - A Case of Peri-Urban Agricultural Lands around an Industrial District of Haryana, India. *Procedia Environmental Sciences*. 18(0):200-10.
- Safavi, H. R., Afshar, A., and Mariño, M. A. (2002). *Integrated water resources management: a complex challenge*. Proc. 6th Internat Conf. on Civil Eng., 305–312, Isfahan, Iran.
- Safavi, H. R. and Esmikhani, M. (2013). Conjunctive Use of Surface Water and Groundwater: Application of Support Vector Machines (SVMs) and Genetic Algorithms. *Water Resources Management*, 27(7), 2623-2644.
- Sepah, M. (2009). Comparison of water requirement, water productivity and economical water productivity of wheat and rapeseed in the west of Iran in wet years. *Iranian Water Research Journal*. 4:63-8. (In Farsi)
- Singh, A. and Panda, S. N. (2012). Effect of saline irrigation water on mustard (brassica juncea) crop yield and soil salinity in a semi-arid area of north India. *Experimental Agriculture*. 48(1):99-110.
- Todd, D. K. and Mays, L. W. (2005). *Groundwater hydrology*, 3rd edn. John Wiley and Sons, NJ, p 636.
- Verma, A. K., Gupta, S. K., and Isaac, R. K. (2013). Long-term Cyclic Irrigation in Subsurface Drained Lands: Simulation Studies with SWAP. *Journal of Agricultural Science*. 5(1):84-94.
- Zarei, A., Tabatabaei, S. H., Shayan Nejad, M., and Baygi, H. (2007). Distribution of salinity in the soil profile under three irrigation regimes of the basin irrigation in east of Esfahan. *Journal of Research in Agricultural Science*. Vol (2), 196-206. (In Farsi)
- Zhu, B. (2013). Management Strategy of Groundwater Resources and Recovery of Over-Extraction Drawdown Funnel in Huaibei City, China. *Water Resources Management*. 27(9):3365-85.