بررسی یکنواختی توزیع و گرادیان شوری آب برای یک سامانه آبیاری بارانی با دو خط آبپاش موازی، در شرایط اقلیمی اهواز

سهراب مینائی[1*]، سعید برومند نسب[2]، شاهرخ زند پارسا[3] و محمدرضا سیاهپوش[4]

۱*- نویسنده مسئول، دکتری آبیاری و زهکشی، فارغ التحصیل دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۴- استاد یار گروه زراعت و اصلاح نباتات ، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت:۹۳/۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۲۲

چکیده

برای مطالعه اثر شوری آب در آبیاری بارانی، سامانه آبیاری باید سطوح شوری مورد نیاز و توزیع یکنواخت آب در سطح مزرعه را فراهم آورد. در این پژوهش یکنواختی توزیع و تغییرات شوری آب آبیاری برای یک سامانه آبیاری بارانی با دو خط آبپاش موازی، در اقلیم گرم و خشک شهر اهواز بررسی شد. داده‌ها طی دو فصل کشت ذرت بهاره و تابستانه از سه مزرعه یکسان، اما با مدیریت آبیاری متفاوت یعنی "آبیاری روزانه(D)، آبیاری شبانه (N) و آبیاری روزانه همراه با یک پس آبیاری برای شستشوی شاخ و برگ گیاه (F)، برداشت گردید. یکنواختی توزیع آب برای هر نوبت آبیاری در سطح تحت پوشش تیمارهای شوری(Du_{Ti})، طی دو فصل آبیاری، بین ۵۹ تا ۸۹ درصد و عموماً بیش از ۷۵ درصد ثبت گردید. در کشت بهاره، یکنواختی توزیع تجمعی آب آبیاری در مساحت تحت پوشش تیمارهای شوری(Du_T) برای تیمارهای مدیریتی D، F و N، به ترتیب ۹۱، ۸۵ و ۸۷ و یکنواختی توزیع تجمعی آب در کل سطح مزرعه (Du_F) نیز به ترتیب ۸۸، ۸۲ و ۸۸ درصد ثبت شد. در کشت تابستانه، یکنواختی توزیع تجمعی آب آبیاری در مساحت تحت پوشش تیمارهای شوری(Du_T) برای تیمارهای مدیریتی D، F و N به ترتیب ۹۳، ۸۸ و ۹۳ درصد و یکنواختی توزیع تجمعی آب برای کل سطح مزرعه (Du_F) نیز به ترتیب ۹۱، ۸۵ و ۸۷ درصد ثبت شد. ضریب تغییرات عمق آب آبیاری، برای تیمارهای مدیریتی D، F و N در دو فصل کمتر از سه درصد ثبت گردید. خطوط هم شوری موازی و با فواصل تقریباً یکسان و همچنین ضریب همبستگی بالا برای معادله‌های خطی تغییرات شوری- فاصله نیز نشان داد سامانه آبیاری بارانی مورد مطالعه شرایط قابل قبولی برای مطالعه تیمار های شوری با هزینه کم و مدیریت آسان را در شرایط اقلیم منطقه فراهم آورد. اجتناب از آبیاری در زمان باد شدید، افزایش شعاع پاشش آبپاش‌ها، افزایش تعداد آبپاش های طرفین مزرعه و تنظیم زاویه چرخش آبپاش ها، برای بهتر شدن یکنواختی توزیع آب در چنین سامانه ای باید مورد توجه قرار گیرند.

کلید واژه‌ها : آبیاری بارانی، آب شور، ارزیابی، یکنواختی توزیع آب.

Evaluation of Distribution Uniformity and Water Saline Gradient for a Double Line- Source Sprinkler Irrigation System in Ahvaz Climate Condition

S. Minaei[1*], S. Boroomandnasab[2], Sh. Zand-Parsa[3], and M. R. Siahpoosh[4]

1*-Former Ph. D Candidate, Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

2- Professor, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

3- Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, Shiraz University, Shiraz, Iran

4- Assistance Professor, Agronomy and Plant Breeding Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

Received:4 May 2014 Accepted:13 September 2014

Abstract

To study the effect of water salinity in sprinkler irrigation, the system should be improved for saline levels requirements and a uniform water distribution. In this research, the distribution uniformity and saline gradients were evaluated for a double line source sprinkler irrigation

system in Ahvaz in dry and hot climate. During the spring and summer growing season of maize, the data were collected in three farms with similar conditions and different managements, so as daytime (D), nighttime (N) and daytime irrigation with a post short fresh water for foliage washing (F), in three replications. For the two growing seasons, distribution uniformity for each irrigation event in all treatments was defined between 59 to 89 % (mostly greater than 75 %). Cumulative distribution uniformity for D, F and N treatments were 91, 85 and 87 % in spring,93, 88 and 93 % in summer for saline treatments area, and 88, 82 and 88 % in spring for whole irrigation system and 91, 85 and 87 % in summer for whole irrigation system, respectively. The coefficient of variation for all treatments during the two growing seasons was less than 3%. Uniform and proper gradient of water salinity and parallel iso-saline lines were observed throughout the field, along with high regression coefficients for liner equations. The results showed that the experimental sprinkler irrigation system provided an appropriate condition for the system throughout the field with low cost and easily management. With avoiding irrigation in windy conditions, increasing wetted radius of sprinkles, increasing the side sprinkler numbers and regulation of them, the improvement of irrigation uniformity must be considered.

Keywords: Sprinkler irrigation, Saline water, Evaluation, Water distribution uniformity.

مقدمه

نزدیک به ۸۰ درصد منابع توسعه‌یافته آب، در سراسر جهان توسط کشاورزی فاریاب به مصرف می‌رسد و این آب یک منبع مناسب برای فراهم نمودن نیازهای آبی سایر بخش‌ها می‌باشد (آیارز و همکاران[1]، ۲۰۰۶). کاهش منابع آب و افزایش رقابت برای منابع باکیفیت آب در بین مصرف‌کنندگان مختلف، کشاورزان را به سمت استفاده از آب‌های بی‌کیفیت بازگشتی از زهکشی و فاضلاب سوق می‌دهد(تانجی و کلین[2]، ۲۰۰۲). بدین ترتیب رقابت بیشتر برای تأمین آب ممکن است به استفاده بیشتر از آبهای شور منجر گردد. آبیاری بارانی به مراتب آسان‌تر از آبیاری به‌طور سطحی است و به تسطیح اراضی نیاز ندارد، به این دلیل در سطح گسترده‌ای از آن استفاده می‌شود(بنس و همکاران[3]، ۱۹۹۶). این روش آبیاری به دلیل راندمان ذاتی بالا، مزایای خودکارسازی و صرفه‌جویی در نیروی کارگری در حال گسترش می‌باشد(ایسلا و آراگاس[4]،۲۰۰۹a). از طرف دیگر استفاده از آب‌های با کیفیت پائین، در برخی روش‌های آبیاری، همچون روش آبیاری بارانی که آب را در بالای پوشش سبز گیاه پخش می‌کند، پتانسیل مشکلات ناشی از جذب سطحی نمک توسط برگ‌ها، مسمومیت یونی خاص و کاهش محصول را پیشرو دارد(برنستین و فرانکوئیس[5]، ۱۹۷۳). تحت چنین شرایطی، پیش بینی سازگاری محصولات برای آبیاری بارانی با آب شور و تعیین مدیریت بهینه این روش آبیاری در مزرعه، کاهش جذب برگی گیاه و صدمات محصول از اهمیت خاصی برخودار می‌باشد.

بخش های گسترده‌ای از کشور ایران، به‌طور جدی از بروز افزون آبیاری بارانی در ایران، در خصوص شوری آب در آبیاری بارانی بر شاخص‌های کمی و کیفی محصولات کشاورزی پژوهش های چندانی انجام نشده است. در این خصوص گزارش‌ها و مقاله های محدودی در ایران منتشر شده است، که از جمله می‌توان به کارهای نخجوانی مقدم و همکاران (۱۳۸۹)، سهرابی و همکاران (۱۳۷۷)، فیضی(۱۳۷۷) و سهرابی مشک آبادی(۱۳۸۹) اشاره نمود. شاید مهمترین دلیل محدودیت های روش آبیاری بارانی و بغرنج بودن تأمین شرایط مناسب پژوهش تحقق هم‌زمان یکنواختی مناسب توزیع آب و ایجاد سطوح شوری یکسان برای تکرار های مختلف در یک طرح پژوهشی می باشد.

استفاده از سامانه خاص آبیاری بارانی، مجهز به یک یا دو ردیف آبپاش موازی، جهت ایجاد گرادیان پیوسته‌ای از مقادیر کاربرد آب آبیاری، مطالعه اثر کم آبیاری، مطالعه اثر مقادیر مختلف کاربرد کود و یا سطوح مختلف شوری آب آبیاری روش متداولی برای این پژوهش‌ها می‌باشد. این روش توسط ایسلا و آراگوس(۲۰۰۹a)، به تفصیل توصیح داده شده است. تحلیل آماری متغیرهای پیوسته کمی و کیفی آب و محصول، برای روش آبیاری بارانی توسط هانکس و همکاران[6] (۱۹۸۰) ارائه و معرفی شد. پژوهش‌های زیادی بر مبنای این روش برای ایجاد گرادیان شوری، نیتروژن و کم آبیاری و مطالعه اثر آنها بر محصولات کشاورزی انجام شده است که از جمله می‌توان به کارهای فرانکل و همکاران[7] (۱۹۹۰) با کاربرد نازل‌های مختلف برای مطالعه سطوح مختلف آب و شوری بر ذرت و یا برایدبنت و همکاران[8] (۱۹۸۸) برای ارزیابی تأثیر تغییرات شوری و رطوبت برای استفاده گیاه از خاک و نیتروژن اشاره نمود. آراگوس و همکاران[9] (۱۹۹۲) به سودمندی این روش در شرایط آبشوئی مناسب و سرعت باد کمتر از دو متر بر ثانیه تأکید نمودند. ایشان متوسط یکنواختی توزیع آب توسط سامانه آبیاری

1-Ayars *et al.*
2-Tanji and Kielen
3- Benes *et al.*
4- Isla and Aragues
5- Bernstein and Francois

6-Hanks *et al.*
7- Frenkel *et al.*
8- Broadbent *et al.*
9-Aragüés *et al.*

بارانی با سه خط لوله موازی در مزرعه را برای سه فصل کشت جو به ۹۲، ۹۲ و ۹۳ درصد و برای یک فصل کشت سورگوم ۸۷ درصد با ضریب تغییرات بین ۲/۳ تا ۳/۵ درصد گزارش نمودند. ایسلا و همکاران (۲۰۰۹a,b) بر توزیع یکنواخت آب در سطح مزرعه، شدت پاشش مناسب آب نسبت به نفوذ پذیری خاک و ایجاد گرادیان یکنواخت شوری آب در سطح مزرعه برای استفاده از سامانه آبیاری با دو خط موازی از آبپاش‌ها در مطالعات شوری تأکید نمودند. عیوضی حسن آبادی (۱۳۹۲)، برای یک سامانه آبیاری با دو خط آبپاش موازی به فاصله ۱۵ متر از یکدیگر، پس از بررسی اثر سرعت باد و فشار کارکرد آبپاش ها بهترین فاصله بین آبپاش‌ها مجاور هم را چهار متر گزارش نمود. فرانکل و همکاران(۱۹۹۰) در یک سامانه آبیاری مجهز به دو خط آبپاش موازی با فاصله ۱۲ متر از هم، فاصله آبپاش‌ها بر روی هر خط آبپاش را شش متر در نظر گرفتند. آراگوس و همکاران(۱۹۹۲) برای خطوط لوله آبپاش موازی و با فاصله ۱۵ متر از هم فاصله آبپاش‌های مجاور را ۴/۵ متر یعنی حدود ۱۵ درصد قطر پراکنش آبپاش ها منظور نمود.

اساس ایجاد سطوح پیوسته شوری در سامانه های آبیاری بارانی با دو یا سه خط آبپاش موازی بر تغییر شدت پاشش آب از هر آبپاش نسبت به محل استقرار آن استوار است. بنابراین برای ایجاد سطوح مختلف شوری کافی است که دو خط آبپاش موازی با فاصله‌ای تقریبا برابر شعاع پاشش آبپاش‌ها، در طرفین یک مزرعه مستقر نمود. بدین ترتیب با برقراری جریان از دو منبع آب جداگانه که یکی دارای شوری کمینه(Smin) و دیگری دارای بیشینه (Smax) است، تغییرات پیوسته شوری آب از (Smin) تا (Smax) در حد فاصل این دو خط از آبپاش ایجاد خواهد شد. شرایط اقلیمی محیط مثل باد، دما و رطوبت و همچنین طراحی صحیح سامانه آبیاری از جمله فاصله دو خط آبپاش، فاصله آبپاش ها، دبی آبپاش(شدت پاشش)، قطر پراکنش آب از آبپاش، الگوی توزیع آب از آبپاش، زاویه گردش افقی آبپاش در طی آبیاری و نسبت فاصله آبپاش‌ها بر روی لوله جانبی نسبت به فاصله دو خط آبپاش از یکدیگر، بر یکنواختی توزیع آب و شوری در چنین سامانه آبیاری تأثیر گذار است. بنابراین مطالعات اثر شوری آب در سامانه آبیاری بارانی با استفاده از سامانه خطوط لوله های موازی، مستلزم ارزیابی آن در شرایط اقلیمی هر منطقه می‌باشد.

با توجه به محدودیت منابع موجود در خصوص اثر شوری آب در آبیاری بارانی و محدودیت نتایج و گزارش های پژوهشی در خصوص کارائی استفاده از سامانه آبیاری بارانی با دو خط آبپاش موازی در شرایط اقلیمی گرم و خشک کشور ایران، در این پژوهش یکنواختی توزیع آب و تغییرات شوری آب در سطح مزرعه برای یک سامانه آبیاری بارانی با دو خط آبپاش موازی، در شرایط اقلیمی گرم و خشک شهر اهواز طی دو فصل کشت محصول ذرت و هر فصل برای سه تیمار مدیریت آبیاری بارانی(سه مزرعه مستقل از هم) بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش در مزرعه پژوهشی شماره یک دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز، با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۱ ثانیه طول شرقی و ۳۱ درجه، ۱۸ دقیقه و ۱۱ درجه عرض شمالی، ارتفاع ۱۷ متر از سطح دریا، واقع در جنوب غرب ایران انجام شد. آزمایش‌ها طی دو فصل کشت ذرت دانه ای بهاره در فصل زراعی (۹۲-۱۳۹۱) و کشت تابستانه در سال ۱۳۹۲ انجام شد. دادها در هر فصل در سه قطعه مستقل از هم برای سه تیمار مدیریت آبیاری بارانی روزانه(D)، آبیاری روزانه همراه پس آبیاری با آب دارای شوری حداقل برای شستشوی شاخ و برگ گیاه از نمک(F) و آبیاری شبانه (N) یعنی آبیاری بعد از غروب آفتاب، برداشت گردید. میانگین درجه حرارت برای دوره رشد بهاره و پائیزه به ترتیب ۳۴ و ۳۵ درجه سانتی گراد، میانگین رطوبت نسبی هوا ۳۵ و ۴۵ درصد، میانگین تبخیر از تشت ۱۳۸۲ و ۱۴۶۶ میلی متر و میانگین ساعات آفتابی ۹ و ۸/۹ ساعت در روز در ایستگاه هواشناسی مرکز تحقیقات خرمای اهواز ثبت گردید. بافت خاک سطحی لوم و سرعت نفوذ نهایی خاک این مزرعه حدود هفت میلی‌متر در ساعت به‌دست آمد.

ابتدا سامانه آبیاری متشکل از دو خط لوله موازی پلی اتیلن شش اتمسفر به قطر اسمی ۷۵میلی متر، با فاصله ۱۵ متر از یکدیگر احداث شد از آبپاش‌های دو نازله اسپانیایی ویر[1] مدل ۶۰، دارای دو نازل‌هایی با قطر چهار و دو میلی متر، با شعاع پراکنش ۱۵ متر، دبی ۱/۵ لیتر در ثانیه استفاده گردید. بررسی لازم در خصوص تعیین فاصله آبپاش ها و فشار کارکرد آنها انجام شد. فاصله بهینه برای آبپاش های مجاور چهار متر و فشار بهینه برای آبپاش‌ها ۲۷ متر به‌دست آمد(عیوضی حسن آبادی ۱۳۹۲). این نتایج با پژوهش های قبلی توسط ایسلا و همکاران[2] (۱۹۹۷)، آراگوس و همکاران ()۱۹۹۲، ایسلا و آراگوس[3](۲۰۰۹) و ایسلا و آراگوس (۲۰۱۰) تطابق داشت. ارتفاع آبپاش‌ها از سطح زمین در ابتدای فصل برابر یک متر و پس از افزایش ارتفاع محصول و به منظور اجتناب از برخورد مستقیم جت آب خروجی از آبپاش به گیاه، به دو متر افزایش یافت. دبی و فشار مورد نیاز سامانه آبیاری با استفاده از دو دستگاه الکتروموتور پمپ سانتریفیوژ با توان ۷/۵ کیلو وات و با دبی ۱۲ تا ۱۵ لیتر در ثانیه از دو مخزن که یکی محتوی آب رودخانه کارون با شوری کمینه(Smin) و دیگری محتوی آب با شوری بیشینه(Smax) بود به صورت مستقل از هم به دو خط لوله طرفین مزرعه پمپاژ گردید. شکل (۱) آرایش سامانه آبیاری را برای یکی تیمارهای مدیریتی مورد مطالعه در این پژوهش را نشان می دهد. مجموع ظرفیت دو مخزن ذخیره آب امکان تأمین حدود ۱۰۰ میلی متر نیاز ناخالص آب آبیاری را برای مساحت ۲۱۰ متر

1-VIR
2 - Isla *et al.*
3 - Isla and Aragues

مربع در دوره اوج نیاز آبی محصول فراهم نمود. توضح اینکه آب رودخانه در طول دو فصل کشت بین ۲/۵ تا ۳ دسی زیمنس و آب مخزن بین ۵ تا ۵/۵ دسی زیمنس تغییرات داشت. در کشت فصل بهار برای هر تیمار مدیریتی چهار عدد آبپاش در هر سمت مزرعه و جمعاً هشت آبپاش در طرفین مزرعه استقرار یافت. با توجه به نتایج فصل بهار و به منظور بهبود توزیع آب در سطح مزرعه، برای کشت تابستانه شش آبپاش در هر سمت مزرعه و جمعاً دوازده آبپاش در طرفین مزرعه مستقر گردید.

برای تعیین ارتفاع و شوری آب آبیاری، در سه ردیف R1، R2 وR3 از هر تیمار مدیریتی (D، F وN)، هفت عدد ظرف استوانه‌ای آلومینیومی به ارتفاع ۱۵ و قطر ۸/۶ سانتی متر مطابق آرایش شکل(۱) بر روی میله های نگهدارنده مستقر گردید. ظروف به فاصله ۲/۵ متر از یکدیگر در هر ردیف بر روی میله هایی عمودی قرار گرفت. بدین ترتیب همزمان با رشد گیاه و امکان تغییر ارتفاع ظروف روی میله ها شرایط اندازه گیری و ثبت مقادیر عمق و شوری آب آبیاری در بالای کانوپی گیاه فراهم گردید. مقادیر شوری S1 تا S5 در حد فاصل (S_{min}) و(S_{max})، از همپوشانی دو خط آبپاش ایجاد شد. برای هر یک از تیمار مدیریتی ذکر شده (D، F و N)، مقادیر عمق آب آبیاری و شوری آب در سه ردیف R1، R2 وR3 برای پنج سطح شوری S1 تاS5 طی دوره رشد برای هر آبیاری ثبت گردید. اندازه گیری ارتفاع آب آبیاری و شوری در دو ردیف کناری مزرعه(R&L) صرفاً برای ارزیابی یکنواختی توزیع و پخش آب در مزرعه‌ای کناری مزرعه برداشت گردید. محصول ذرت در حد فاصل بین دو خط آبپاش (۱۵ متر) و به عرض ۱۴ متر در حد فاصل چهار آبپاش مجاور هم به اضافه یک متر کشت حاشیه از طرفین آنها، مطابق شکل (۱) در مساحتی برابر ۲۱۰ متر مربع کشت گردید. جویچه هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و عمق ۳۰ سانتی متر به موازات خطوط آبپاش ایجاد و بذر ذرت بر روی شیب جانبی یک سمت پشته، در فاصله ارتفاعی یک سوم از بالای پشته کشت گردید. دوره رشد کشت بهاره از اسفند ۱۳۹۱ تا خرداد ۱۳۹۲ و دوره رشد کشت تابستانه از مرداد ۱۳۹۲ تا آخر آذر همان سال بود.

برای تهیه آب با شوری بیشینه (Smax) ، ابتدا در یک مخزن ۱۰۰ لیتری با ترکیب مشخص از نمک های کلرید سدیم(NaCl)، کلرید کلسیم (CaCl2) و کلرید منیزیم(MgCl2)، محلول بسیار شور تهیه گردید. سپس این محلول به تدریج در یک مخزن فلزی به ظرفیت ۱۵ مترمکعب به آب رودخانه کارون اضافه شد. پس از اختلاط کامل، آب با شوری مورد نظر (۵ تا ۵/۵ دسی زیمنس در متر) تهیه گردید. مقدار نیاز خالص آب آبیاری بر اساس پایش رطوبتی خاک برای هر آبیاری تعیین شد. بدین ترتیب که یک روز قبل هر آبیاری، با نمونه برداری از خاک مقدار رطوبت آن توسط روش وزنی تعیین و با توجه به مقدار تخلیه رطوبت نسبت به ظرفیت مزرعه ارتفاع خالص آبیاری تعیین شد. ارتفاع ناخالص آب آبیاری با اضافه شدن ۳۵ درصد به آب خالص(۱۰ درصد برای جبران تبخیر و باد بردگی و ۲۵ درصد برای تأمین نیاز آبشویی) محاسبه شد. حجم آب مورد نیاز از حاصل ضرب مساحت مزرعه در عمق ناخالص آب آبیاری محاسبه شد. آبیاری تیمار های(D) و(F) از ساعت ۱۰ صبح به بعد تا قبل از غروب آفتاب و آبیاری شبانه(N) پس از غروب آفتاب برای هر دور آبیاری انجام شد. در کشت بهاره ۱۲ و ۱۳ نوبت و در کشت تابستانه ۱۸ و ۱۹ نوبت آبیاری برای تیمارهای مدیریتی اعمال شد. برای کشت بهاره، فقط آبیاری نوبت دوم و برای کشت تابستانه، فقط آبیاری نوبت اول، به علت سرعت بسیار بالای باد، به‌روش آبیاری سطحی انجام گردید. حجم آب ورودی به خطوط لوله توسط کنتور حجمی و فشار آن توسط شیرهای کنترل فشار و فشار سنج‌های تعبیه شده در ابتدای خطوط لوله ورودی به مزرعه، تنظیم و کنترل گردید. تیمار شوری پس از جوانه زنی و استقرار محصول، در کشت بهاره از آبیاری پنجم به بعد و در کشت تابستانه از آبیاری هشتم به بعد، اعمال گردید. شوری و حجم آب جمع آوری شده در ظروف مستقر در مزرعه در انتهای هر آبیاری به ترتیب توسط EC متر قابل حمل و استوانه مدرج اندازه گیری و یادداشت گردید.

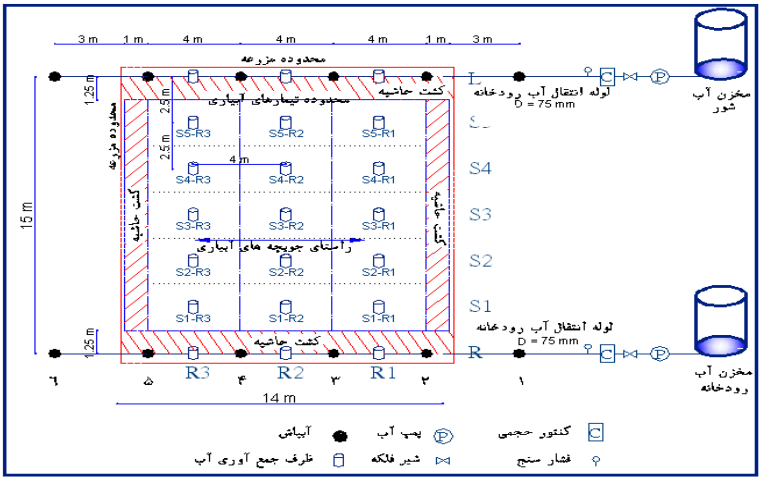
مقدار یکنواختی توزیع آب از رابطه ذیل تعیین گردید :

$$Du = \frac{\overline{h_{lq}}}{h} \times 100 \qquad (۱)$$

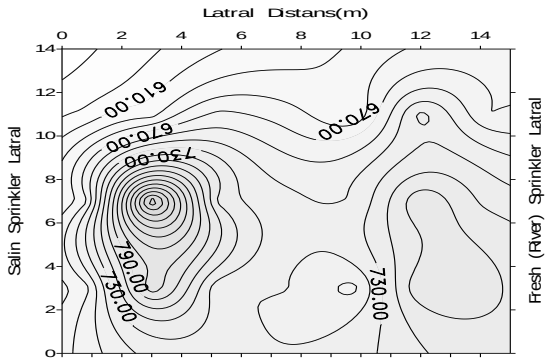
در رابطه (۱)، Du؛ یکنواختی توزیع آب (حسب درصد)، $\bar{h}$؛ ارتفاع آب اندازه گیری شده در تمام ظروف جمع آوری آب مستقر در مزرعه(حسب میلی متر)، h_{lq}؛ میانگین چارک پائین ارتفاع آب اندازه گیری شده در ظروف مستقر در مزرعه(میلی متر) است. ضریب یکنواختی توزیع آب، برای هر نوبت آبیاری در کل سطح مزرعه با عنوان Du_{Fi} و ضریب یکنواختی توزیع آب در سطح تحت پوشش تیمارهای شوری S1 تا S5 با عنوان (Du_{Ti})، توسط رابطه (۲) برآورد گردید. علاوه بر آن، مقدار یکنواختی توزیع تجمعی آب از ابتدای فصل تا آبیاری iام برای کل مزرعه با عنوان (Du_F) و برای محدوده تیمارهای شوری S1 تا S5 با عنوان (Du_T) نیز با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد. در شکل(۱) سطح تحت پوشش تیمارهای آبیاری یا محدوده محاسبه (Du_T) و سطح محاسبه (Du_F) یعنی سطح تحت پوشش تیمار های آبیاری به اضافه سطح تحت پوشش حاشیه کشت، به وضوح مشخص شده است. برای محاسبه (Du_F) و (Du_T)، تعداد کل ظروف برداشت آب به ترتیب برابر ۲۱ و ۱۵ منظور شد. شوری آب برای سطوح شوری S1 تاS5 از ظروف آلومینیومی جمع آوری و ثبت شد. سپس با استفاده از رابطه ذیل مقدار میانگین وزنی شوری آب آبیاری در محل هر ظرف به‌طور جداگانه تعیین شد:

$$\overline{EC} = \frac{\sum_{i=ns}^{i=n} EC_i \times h_i}{\sum_{i=ns}^{i=n} h_i} \qquad (۲)$$

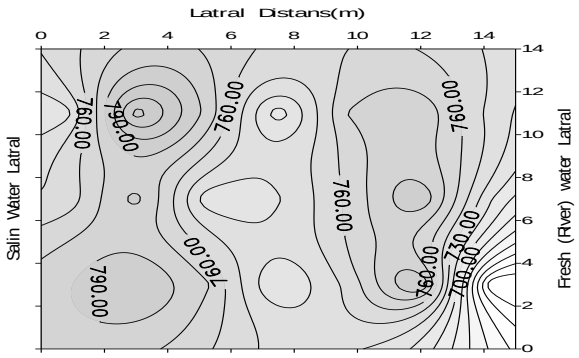
در رابطه (۲)، $\overline{EC}$: میانگین وزنی شوری آب آبیاری در دوره اعمال شوری حسب دسی زیمنس در متر،EC_i: شوری آب آبیاری در آبیاری iام، h: مقدار ارتفاع آب هر ظرف در انتهای آبیاریiام، n_S: شماره اولین نوبت آبیاری که تیمار شوری در آن اعمال شد و n: شماره آخرین آبیاری در هر فصل برای تیمار مدیریتی مورد نظر است.



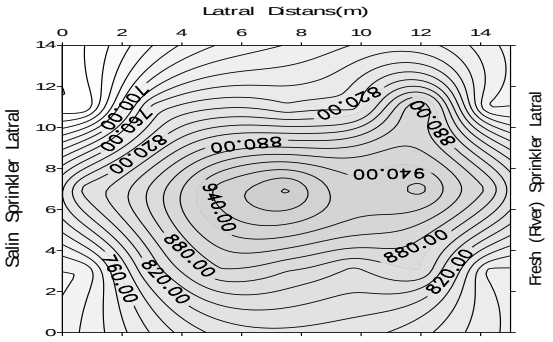
شکل ۱- آرایش مزرعه برای هر یک از تیمارهای مدیریت آبی



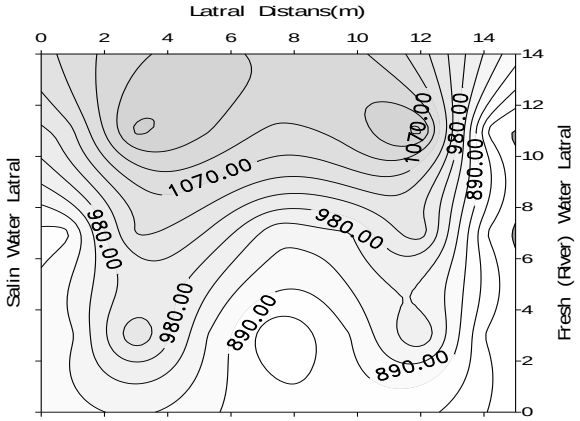
شکل۲- خطوط هم عمق آب در تیمار D کشت بهاره



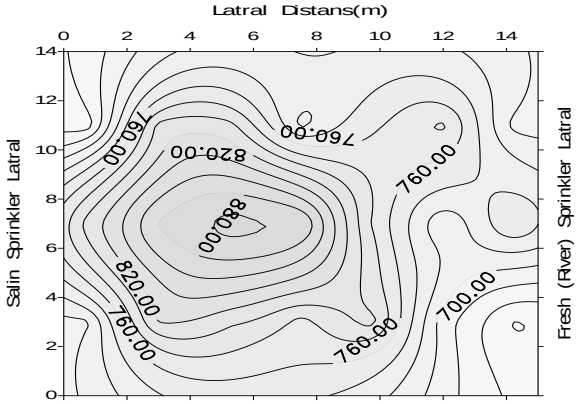
شکل۳- خطوط هم عمق آب در تیمار D کشت تابستانه



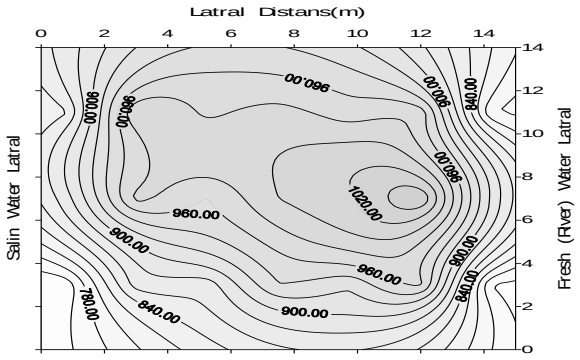
شکل٤- خطوط هم عمق آب در تیمار F کشت بهاره



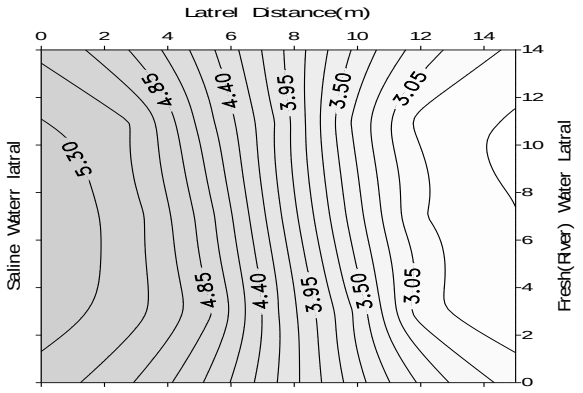
شکل٥- خطوط عمق آب در تیمار F کشت تابستانه



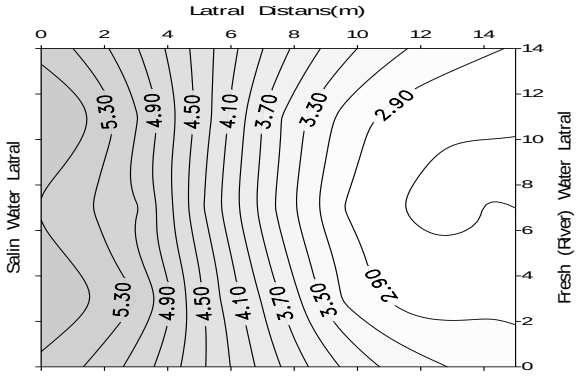
شکل٦- خطوط هم عمق آب در تیمار N کشت بهاره



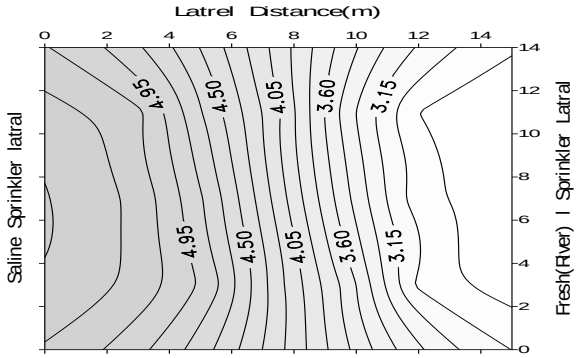
شکل٧- خطوط هم عمق آب در تیمار N کشت تابستانه



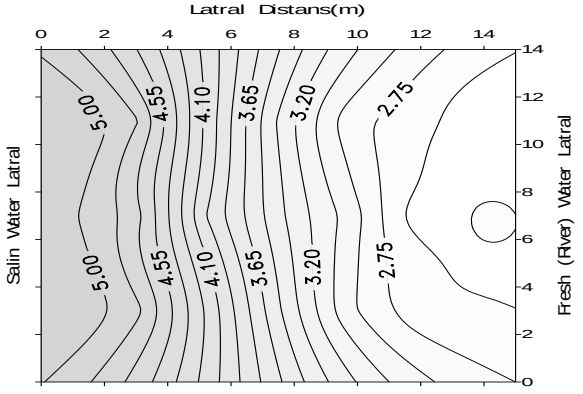
شکل۸- خطوط هم شوری آب در تیمار D کشت بهاره



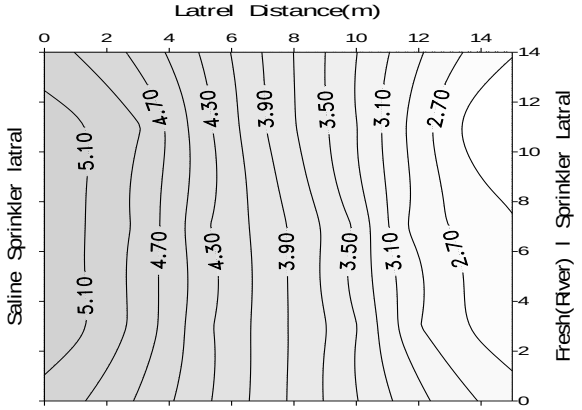
شکل۹- خطوط هم شوری در تیمار D کشت تابستانه



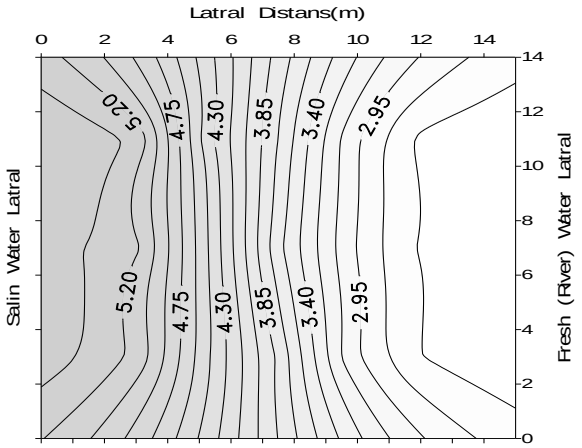
شکل۱۰- خطوط هم شوری آب در تیمار F کشت بهاره



شکل۱۱- خطوط هم شوری در تیمار F کشت تابستانه



شکل۱۲- خطوط هم شوری آب در تیمار N کشت بهاره



شکل۱۳- خطوط هم شوری در تیمار N کشت تابستانه

نتایج و بحث

جدول (۱) میانگین عمق آب ورودی به مزرعه برای سه تکرار در سطوح شوری S1 تا S5، مرز چپ (L) و راست(M) مزرعه را نشان می‌دهد. همچنین میانگین عمق آب ورودی به محدوده تیمارهای شوری S1 تا S5 با عنوان M(T) و میانگین عمق آب دریافتی کل مزرعه یعنی میانگین هفت ردیف ظرف مستقر در مزرعه، با عنوان M(F) محاسبه و در این جدول ارائه شده است. مقادیر نسبی عمق آب آبیاری در دو سمت چپ (L) و راست (R) یعنی R/M(T) و L/M(T)، نیز در همین جدول ارائه شد. بر اساس مندرجات این جدول مقادیر نسبی عمق آب آبیاری در طرفین مزرعه، طی دو فصل کشت بهاره و تابستانه، بین یک تا ۲۱ درصد کمتر از M(T) است. این نتایج بیانگر عدم همپوشانی مطلوب برای اکثر تیمارهای مدیریتی است. این عدم همپوشانی در مرزهای جانبی مزرعه باعث کاهش ناگهانی عمق آب دریافتی در مرزهای جانبی مزرعه شده است. دلیل آن نیز کاهش شدت پخش آب از آبپاش‌ها در ۱۰ الی ۱۵ درصد انتهایی شعاع پخش آنهاست. علاوه بر آن اثر باد و زاویه افقی بین دو نازل آبپاش منتخب(زاویه بین مسیر پرتاب افقی آب از دو نازل) در چرخش افقی کمتر از ۳۶۰ درجه، این کاهش عمق آب در مرز ها را تشدید نموده است. جدول های (۲) و (۳) یکنواختی توزیع آب برای هر نوبت آبیاری را در کل مساحت مزرعه (DuF_i) و یکنواختی توزیع آب در مساحت تحت پوشش تیمار های آبیاری (DuT_i) را به‌طور جداگانه ارائه می دهد. همچنین یکنواختی توزیع تجمعی آب آبیاری برای دو مساحت فوق الذکر به ترتیب با عنوان (Du_F) و (Du_T) در این دو جدول ارائه شده است.

مطابق مندرجات جدول (۲) در کشت بهاره برای تیمارهای مدیریتی D، F و N مقادیر (Du_{Ti}) و (Du_{Fi}) به ترتیب بین ۵۹ تا ۸۸ و ۵۰ تا ۸۷ درصد و بطور متوسط بیش از ۷۰ درصد بدست آمد. بر این اساس مقادیر (Du_T) پس ۳ نوبت آبیاری برای ۳ تیمار مدیریتی D، F وN به بیش از ۸۵ درصد می رسد، اما مقدار (Du_{Fi}) اندکی کمتر بوده، به‌طوری‌که برای تیمار F در انتهای فصل به بیش از ۸۲ درصد نرسیده است. تفاوت یکنواختی بین مقادیر (Du_F) و (Du_T) در تیمار F در جدول (۲) را می توان به کاهش مقادیر R/M(T) و L/M(T) (مندرج در جدول (۱)) ربط داد. ضریب تغییرات توزیع تجمعی آب در انتهای هر دو فصل آبیاری برای کلیه تیمارها مدیریتی، کمتر از ۳ درصد بدست آمد که این شاخص بیانگر وضعیت مناسب توزیع آب طی دوره رشد محصول در سطح مزرعه می باشد.

جدول ۱- متوسط عمق آب آبیاری تجمعی و عمق های نسبی طرفین مزرعه نسبت به متوسط تیمارهای شوری

فصل کشت	تیمار آبیاری	عمق آب دریافتی در سطوح شوری و طرفین مزرعه(میلی‌متر)							متوسط(میلی متر)		عمق‌های نسبی	
		R	S1	S2	S3	S4	S5	L	M(F)	M(T)	L/M(F)	R/M(F)
بهاره	D	۷۲۹	۷۷۳	۶۸۰	۷۰۰	۷۱۲	۸۰۳	۶۳۸	۷۱۹	۷۳۴	۰/۸۷	۰/۹۹
	F	۷۷۵	۹۲۳	۸۶۲	۸۸۹	۸۸۷	۸۲۵	۶۹۷	۸۳۷	۸۷۷	۰/۷۹	۰/۸۸
	N	۷۶۸	۷۲۶	۷۸۰	۷۹۶	۸۳۹	۸۳۴	۷۱۸	۷۷۰	۷۹۵	۰/۹۰	۰/۹۶
تابستانه	D	۶۸۴	۷۹۸	۷۶۳	۷۱۶	۷۶۱	۸۱۴	۷۵۳	۷۵۶	۷۷۱	۰/۹۸	۰/۸۹
	F	۸۱۵	۱۰۵۶	۹۸۳	۹۵۱	۱۰۲۰	۱۰۸۱	۹۳۶	۹۷۷	۱۰۱۸	۰/۹۲	۰/۸۰
	N	۸۱۲	۹۹۸	۹۶۹	۹۷۵	۹۳۴	۹۵۱	۸۱۷	۹۲۲	۹۶۵	۰/۸۵	۰/۸۴

M(F): متوسط عمق آب دریافتی در سطح کل مزرعه M(T): متوسط عمق آب دریافتی در محدوده تیمارهای شوری S1 تا S5

جدول۲ - مقادیر یکنواختی توزیع آب در سطح کل مزرعه و در محدوده سطوح شوری آب آبیاری برای سه تیمار مدیریتی روزانه، شبانه و شستشوی برگها در کشت بهاره

	یکنواختی توزیع آب در هر نوبت آبیاری						یکنواختی توزیع تجمعی آب از ابتدای فصل					
	Du_{Ti}			Du_{Fi}			Du_T			Du_F		
شماره آبیاری	D	F	N	D	F	N	D	F	N	D	F	N
۱	۷۷	۸۲	۷۵	۸۰	۷۸	۷۰	۷۷	۸۲	۷۵	۸۰	۷۸	۷۰
۲*	۹۷	۹۷	۹۶	۹۷	۹۷	۹۶	۹۱	۸۸	۸۴	۹۰	۸۶	۸۳
۳	۷۰	۷۳	۶۶	۶۶	۷۳	۶۸	۸۹	۸۷	۸۵	۸۸	۸۶	۸۴
۴	۷۲	۷۸	۷۸	۶۰	۷۴	۵۷	۹۰	۸۷	۸۸	۸۸	۸۶	۸۴
۵	۶۷	۸۱	۸۳	۴۵	۶۷	۷۸	۸۹	۹۲	۸۸	۸۷	۸۶	۸۴
۶	۸۴	۸۵	۸۷	۷۶	۷۱	۸۷	۹۲	۸۷	۹۰	۸۹	۸۳	۸۷
۷	۷۸	۹۰	۸۴	۷۴	۷۹	۷۸	۹۱	۸۸	۹۱	۸۸	۸۳	۹۰
۸	۶۸	۸۱	۷۹	۶۲	۷۷	۷۱	۸۹	۸۹	۹۱	۸۴	۸۴	۹۰
۹	۸۸	۷۴	۸۶	۸۰	۶۳	۸۴	۹۲	۸۸	۹۲	۸۶	۸۳	۹۱
۱۰	۷۸	۷۰	۸۰	۷۶	۶۵	۶۳	۹۱	۸۵	۹۳	۸۶	۸۲	۸۹
۱۱	۷۱	۸۳	۷۳	۷۳	۷۴	۷۳	۹۱	۸۶	۹۲	۸۷	۸۲	۸۹
۱۲	۵۹	۶۰	۸۷	۵۰	۵۰	۷۹	۸۹	۹۱	۹۲	۸۸	۸۱	۸۹
۱۳	--	۶۷	۷۲	--	۶۱	۷۱	--	۸۹	۹۱	--	۸۲	۸۸
بیشنه**	۸۸	۸۵	۸۷	۸۷	۷۹	۸۴	۷۷۰	۷۳۷	۷۷۰	۷۹۵	۸۷۷	۷۹۵
کمینه**	۵۹	۶۰	۶۶	۵۷	۵۰	۶۳	۱۸	۲۳/۸	۱۶/۵	۲۲/۳	۲۰	۱۶/۹
میانگین**	۷۴	۷۷	۷۹	۶۷	۶۹	۷۳	۲/۵	۲/۸	۲/۱	۳	۲/۳	۲/۱

ارتفاع آبیاری(میلی‌متر) مجموع مربعات خطا انحراف معیار(درصد)

*: این نوبت آبیاری به علت سرعت زیاد باد، به روش سطحی و توسط شیلنگ انجام شد. به این دلیل در محاسبه مبانگین یکنواختی وارد نشد

جدول (۳) یکنواختی توزیع آب برای کشت تابستانه در سطح مزرعه تیمار های آبیاری را نشان می دهد. در کشت تابستانه (Du_T) در تیمارهای D، F و N به ترتیب برابر ۹۳، ۸۸، ۹۳ درصد و مقادیر (Du_F) به ترتیب ۹۱، ۸۵ ۸۷ درصد بدست آمد. مقادیر (Du_{Ti}) نیز ۶۴ تا ۸۹ و عموماً بالای ۷۵ درصد می باشد. مقدار خطای استاندارد (SE) و ضریب تغییرات (CV) نیز بیانگر وضعیت مطلوب توزیع آب در محدوده تیمار های شوری است. به‌منظور مشاهده بهتر و عینی وضعیت توزیع آب در سطح مزرعه، خطوط هم ارتفاع آب ورودی به مزرعه توسط نرم افزار سورفر[1] و با استفاده از روش میانیابی کریجینگ ترسیم گردید. شکل‌های(۲) تا (۷) منحنی‌های هم آب مقادیر تجمعی آب ورودی به مزرعه را در انتهای هر دو فصل کشت نشان می‌دهد.

مقایسه خطوط هم آب بین دو فصل نشان می‌دهد که در فصل بهار که ۴ آبپاش در هر طرف مزرعه استقرار یافته بود، کانون حداکثر آب دریافتی به سمت وسط مزرعه متمایل بوده، اما در فصل تابستان با استقرار ۶ آبپاش در هر سمت مزرعه، (آبپاش ای شماره ۱ و ۶ در شکل یک)، شرایط توزیع آب بهتر شده است. نتایج جدول (۳) نیز وضعیت توزیع بهتر آب در فصل تابستان را تأیید می‌کند. جدول شماره (۴) میانگین شوری آب را برای تیمار های مدیریتیD، F و N، ضریب تغییرات مقادیر شوری آب برای هر تیمار شوری در سه تکرار اندازه گیری شده و ضرایب معادله خطی بین مقادیر شوری آب در تیمارهای شوری نسبت به فاصله آن از خط لوله آب شور (خط لوله سمت چپ در شکل ۱) را ارائه می‌دهد.

1- Surfer

جدول۳- مقادیر یکنواختی توزیع آب در سطح کل مزرعه و در محدوده سطوح شوری آب آبیاری برای سه تیمار مدیریتی روزانه، شبانه و شستشوی برگها در کشت تابستانه

یکنواختی توزیع آب برای هر نوبت آبیاری							یکنواختی توزیع تجمعی آب از ابتدای فصل						
Du_{Ti}			Du_{Fi}			سطح تحت پوشش	Du_T			Du_F			
D	F	N	D	F	N	شماره آبیاری	D	F	N	D	F	N	
۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۱*	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	۹۹	
۷۷	۸۹	۷۲	۷۹	۷۴	۷۴	۲	۹۳	۹۶	۹۲	۹۳	۹۳	۹۳	
۷۴	۸۶	۷۵	۶۳	۷۰	۶۷	۳	۹۲	۹۶	۹۲	۹۱	۹۱	۹۲	
۷۷	۷۲	۷۱	۶۴	۷۱	۷۱	۴	۹۱	۹۳	۹۳	۸۹	۹۲	۹۲	
۸۱	۸۲	۷۷	۷۷	۶۹	۷۰	۵	۹۰	۹۳	۹۴	۹۱	۹۰	۹۲	
۷۴	۸۵	۸۱	۵۳	۸۰	۸۱	۶	۹۲	۹۳	۹۳	۹۱	۹۰	۹۱	
۷۲	۸۱	۸۵	۷۱	۷۳	۷۰	۷	۹۴	۹۴	۹۴	۹۲	۹۰	۹۲	
۷۵	۷۰	۸۰	۷۳	۷۱	۷۸	۸	۹۴	۹۴	۹۳	۹۲	۹۰	۹۱	
۷۷	۷۷	۸۸	۷۷	۶۵	۷۴	۹	۹۳	۹۱	۹۳	۹۳	۹۰	۹۰	
۵۹	۷۸	۸۰	۶۲	۷۶	۷۳	۱۰	۹۰	۹۳	۹۲	۹۱	۸۹	۹۰	
۸۳	۸۱	۷۹	۸۲	۷۷	۷۱	۱۱	۹۰	۹۱	۹۳	۹۲	۸۸	۸۹	
۶۹	۸۳	۸۳	۶۸	۸۲	۸۰	۱۲	۹۰	۹۰	۹۴	۹۲	۸۹	۹۰	
۸۱	۷۸	۸۴	۸۱	۷۴	۷۴	۱۳	۹۰	۹۲	۹۴	۹۱	۸۹	۸۸	
۸۳	۷۰	۸۱	۶۱	۶۸	۷۸	۱۴	۹۱	۹۰	۹۳	۹۲	۸۸	۸۹	
۸۵	۶۷	۸۲	۸۴	۶۸	۷۶	۱۵	۹۲	۸۹	۹۴	۹۲	۸۸	۸۸	
۸۸	۶۴	۸۳	۸۴	۵۵	۶۸	۱۶	۹۲	۸۸	۹۴	۹۲	۸۶	۸۸	
۸۵	۷۴	۸۷	۷۷	۶۵	۷۸	۱۷	۹۲	۸۹	۹۴	۹۱	۸۵	۸۹	
۸۴	۶۵	۷۵	۷۳	۵۹	۶۶	۱۸	۹۳	۸۸	۹۴	۹۱	۸۵	۸۸	
۶۸	--	۷۰	۶۴	--	۵۴	۱۹	۹۳	--	۹۳	۹۱	--	۸۷	
						بیشنه**							
۸۸	۸۹	۸۷	۸۴	۸۰	۸۱	ارتفاع آبیاری(میلی-متر)	۷۵۶	۹۷۷	۹۲۲	۷۷۱	۱۰۱۸	۹۶۵	
۵۹	۶۴	۷۰	۵۳	۵۵	۵۴	مجموع مربعات خطا	۱۰/۲	۲۵/۳	۱۹	۱۱/۴	۲۶/۶	۱۳	
۷۷	۷۷	۸۰	۷۲	۷۰	۷۲	انحراف معیار(درصد)	۱	۳	۲	۲	۳	۱	
						کمینه**							
						میانگین**							

*: این نوبت آبیاری به علت سرعت زیاد باد، به روش سطحی و توسط شیلنگ انجام شد. به این دلیل در محاسبه مبانگین یکنواختی وارد نشد.

جدول٤- مقادیر متوسط شوری در تیمارهای مدیریتی آبیاری در دو فصل کشت

فصل کشت	تیمار آبیاری	شاخص	تیمارهای شوری								
			R	S1	S2	S3	S4	S5	L	c	b	R^2
بهاره	D	EC(ds/m)	۲/۸۰	۲/۹۱	۳/۵۱	۴/۱۵	۴/۷۵	۵/۱۸	۵/۳۳	۰/۲۳۱	۲/۳۷	۰/۹۹
		Cv	۴/۲۵	۵/۰۵	۳/۳۹	۴/۳	۳/۳۸	۱/۳۵	۱/۸۵			
	F	EC(ds/m)	۲/۴۹	۳/۰۲	۳/۳۳	۴/۰۲	۴/۴۵	۴/۹۷	۵/۱۹	۰/۲۰۰	۲/۴۶	۰/۹۹
		Cv	۸/۷۰	۶/۵۴	۶/۲۸	۲/۵۵	۱/۸۰	۲/۲۱	۲/۲۰			
	N	EC(ds/m)	۲/۶۰	۲/۸۳	۳/۵۰	۳/۹۱	۴/۳۲	۴/۸۷	۵/۱۶	۰/۱۹۶.	۲/۴۲	۰/۹۹
		Cv	۵/۴۴	۳/۸۹	۳/۱۵	۳/۱۱	۳/۵۳	۲/۷۰	۱/۵۵			
تابستانه	D	EC(ds/m)	۲/۵۲	۲/۵۷	۲/۸۰	۳/۴۱	۴/۲۸	۵/۱۱	۵/۳۵	۰/۲۶۳	۱/۶۶	۰/۹۶
		Cv	۱/۹۵	۱/۹۴	۳/۹۲	۴/۱۴	۲/۰۴	۱/۹۶	۱/۸۶			
	F	EC(ds/m)	۲/۵۷	۲/۶۱	۲/۹۱	۳/۴۱	۴/۰۶	۴/۸۳	۵/۱۱	۰/۲۲۴	۱/۸۹	۰/۹۷
		Cv	۱/۹۴	۲/۳	۴/۴۹	۴/۷۰	۵/۱۳	۳/۱۰	۳/۱۳			
	N	EC(ds/m)	۲/۵۸	۲/۶۴	۳/۰۲	۳/۷۰	۴/۴۳	۵/۲۴	۵/۳۹	۰/۱۹	۱/۸۵	۰/۹۲
		Cv	۳/۹۱	۴/۹۳	۶/۰۲	۴/۶۳	۳/۸۶	۳/۲۹	۲/۲۵			

* در این معادله x فاصله از خط لوله جانبی سمت چپ مزرعه(L) یا خط لوله آب رودخانه کارون می باشد.

با توجه به مندرجات جدول(۴)، ضریب تغیرات شوری برای کلیه سطوح شوری در کلیه مشاهدات کمتر از ۹ درصد است. برای سه تیمار D ،F و N در هر دو فصل، ضرایب همبستگی برای معادلات خطی بین مقادیر شوری و فاصله تیمار شوری از لوله جانبی، ۹۲بین /۰ تا ۰/۹۹ بدست آمد. در شکل‌های (۸) تا (۱۳) منحنی‌های هم شوری آب آبیاری برای تیمارهای مدیریتی ارائه شده است. منحنی های هم شوری موازی با فواصل نسبتاً یکسان برای آب آبیاری در سطح مزرعه مؤید وجود گرادیان یکنواخت شوری آب آبیاری و کارایی این سامانه آبیاری برای ایجاد سطوح شوری مورد نیاز می‌باشد مقایسه نتایج جدول (۱)، افزایش فاصله بین خطوط هم شوری در کناره های مزرعه (خارج از محدوده تیمارهای شوری) بخوبی توجیه می‌کند. زیرا کاهش همپوشانی در مجاورت مرزها باعث کاهش شیب تغییرات شوری در حد فاصل تیمارهای S1 و S5 و مرزهای مجاور آنها شده است.

یکنواختی توزیع آب قابل قبول در اکثر نوبت های آبیاری، یکنواختی توزیع تجمعی آب بیش از ۸۸ درصد در کلیه تیمارهای مدیریتی و همچنین گرادیان یکنواخت شوری در عرض مزرعه در کلیه تیمارهای آبیاری، مؤید کارایی استفاده از این سامانه برای پژوهش های استفاده از آب شور در آبیاری بارانی در اقلیمی گرم و خشک اهواز و یا شرایط مشابه می باشد. نتایج یکنواختی توزیع آب حاصل از این پژوهش با نتایج آراگوس و همکاران (۱۹۹۲) بسیار نزدیک است. بنابراین، می توان نتیجه گرفت سامانه آبیاری بارانی با دو خط آبپاش موازی می تواند سامانه‌ای مناسب برای پژوهش‌های شوری در آبیاری بارانی برای شرایط اقلیمی اهواز و مناطق مشابه تلقی گردد.

پیشنهاد می‌شود، جهت همپوشانی بهتر در کنارهای مزرعه از آبپاش‌هایی با شعاع پراکنش اسمی ۱۰ تا ۱۵ درصد بیشتر از فاصله دو خط آبپاش استفاده شود. زیرا شعاع موثر پخش آب از آبپاش‌ها عموماً حدود ۹۰ درصد شعاع پراکنش اسمی آنها است موجب کاهش شدید پخش آب در ۱۰ الی ۱۵ درصد انتهایی شعاع پراکنش آنها می شود. بدین ترتیب اثرات نامطلوب باد بر مقدار آب ورودی به سطح خاک در کنارهای مزرعه را می‌توان کمتر نمود، هرچند که ممکن است مقدار تلفات ناشی باد بردگی به اطراف مزرعه افزایش یابد. همچنین با توجه به مقایسه نتایج دو فصل و افزایش نسبی یکنواختی توزیع آب در فصل تابستان پیشنهاد میگردد، از تعداد آبپاش‌های بیشتری در دو سمت مزرعه استفاده شود تا مقدار یکنواختی توزیع آب افزایش یابد. هم‌چنین بهتر است از انجام آبیاری در زمان باد شدید(بیش از ۲ تا ۳ متر در ثانیه) اجتناب گردد. آراگوس و همکاران (۱۹۹۲) نیز بر این موضوع تأکید نموده اند. در مشاهدات صحرایی در طی این پژوهش ملاحظه گردید که هرگاه مقدار عمق ناخالص آب آبیاری بیش از ۴۰ تا ۵۰ میلی متر باشد، مقداری رواناب در سطح مزرعه ایجاد گردید. پیشنهاد می‌شود برای جلوگیری از رواناب در سطح مزرعه از آبپاش‌هایی با شدت پاشش کمتر و یا کاهش دور و عمق آب آبیاری بخصوص برای خاکهای دارای نفوذ پذیری پائین استفاده گردد. ایسلا و همکاران(۲۰۰۹a) نیز به کاهش دور آبیاری برای جلوگیری از رواناب تأکید نمودند. بعلاوه می‌توان تمهیداتی همچون ایجاد پشته بین تکرارها را پیشنهاد نمود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مدیریت تحقیقات و استاندارد های آب سازمان آب و برق خوزستان و قطب علمی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران برای حمایت مالی این پژوهش تشکر و قدردانی میگردد.

منابع

۱- عیوضی حسن آبادی، م،۱۳۹۲. ارزیابی شاخص‌های یکنواختی توزیع آب و تعیین مناسب‌ترین آرایش در سامانه آبیاری بارانی با دو خط آبپاش موازی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۹۹ صفحه.

۲- سهرابی مشک‌آبادی، س، ۱۳۸۹، تعیین تابع تولید و تابع هزینه رقم جدید پنبه سپید در آبیاری بارانی در شمال ایران. مجله الکترونیک پنبه و گیاهان لیفی: ۱۳-۲۰.

۳- سهرابی، ت.، و کیانی،ع. و پذیرا، الف. ۱۳۷۷. اثر آب شور بر روی عملکرد پنبه در روش های آبیاری بارانی و شیاری، مجله علوم کشاورزی ایران۲۹(۳): ۵۴۳-۵۵۳.

۴- فیضی،م. ۱۳۷۷. بررسی تأثیر آبیاری بارانی بر روی گیاه یونجه به روش آبیاری بارانی. گزارش نهایی شماره ۸/۳۶۴ مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.

۵- نخجوانی مقدم، م، م.، دهقانی سانیج، ح.، صدر قائن، س،ح و اکبری، م. ۱۳۸۹. اثرات کاربرد آب بر عملکرد ذرت دانه‌ای در روش آبیاری بارانی. سومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری، دانشگاه شهید چمران اهواز.

6- Aragüés, R., Royo, A, and J. Faci. 1992. Evaluation of a triple line source sprinkler system for salinity crop production studies. Soil Society American Journal, 56: 377–383.

7. Ayars, J. E., Christen, E. W., Soppe, R. W. &. Meyer. 2006. "The resource potential of in-situ shallow ground water use in irrigated agriculture: A review" Irrigation Science, 24: 147-160.

8. Benes S.E., Aragüés, R., Grattan S. R., and R. B. Austin. 1996. Foliar and root absorption of Na^+ and Cl^- in maize and barley: Implications for salt tolerance screening and the use of saline sprinkler irrigation. Plant and Soil, 180: 75-86

9. Bernstein, L. and L.E. Francois. 1973. Comparisions of drip, furrow and sprinkler irrigation. Soil Science, 115: 73-86.

10. Broadbent, F. E., Nakashima. T, and D. E. Rolston. 1988. Effects of salinity and moisture gradiants on nitrogen uptake by sorghum and wheat. Soil Science, 146: 232-240.

11. Frenkel, H., Mantell, A., Vinten, and A. Meiri, A. 1990. Double line sprinkler system for determining the separate and interactive effects of water and salinity on forage corn. Irrigation Science, 11: 227–231.

12. Isla R, Royo A, Aragues, R. (1997) Field screening of barley cultivars to Soil salinity using a sprinkler and a drip irrigation system. Plant and Soil 197: 105-117.

13. Isla, R. and Aragues, R. (2010). Yield and Plant ion concentrations in maize (Zea mays L.) subject to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. Field Crops Res. Vol, 116. Pp: 175-183

14. Isla, R. and R. Aragués. 2009a. Response of alfalfa (Medicago sativa L.) to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. I: Total dry matter and hay quality. Irrigation Science, 27:497-505.

15. Isla, R. and R. Aragués. 2009b. Response of alfalfa (Medicago sativa L.) to diurnal and nocturnal saline sprinkler irrigations. II: Shoot ion content and relation ships. Irrigation Science, 27: 507-513.

16. Hanks, R. J., Sisson, D, V., Hourst, R. L. and K. g. Hubbard.. 1980. Statistical analysis of results irrigation for experiments using the line- source sprinkler system. Soil Society American Journal, 44: 886-888.

17. Tanji, K. AND N. Kielen. 2012. Agricultural water management in arid and semi-arid areas. FAO Irrigation and Drainage Paper No 61, FAO, Rome.