بهینه‌سازی ابعاد کرت‌های آبیاری سطحی با در نظر گرفتن پارامتر شوری آب آبیاری

بیتا مروج الاحکامی*[1]، محمد حسن رحیمیان[2]، حسن غلامی[3]

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۲- استادیارمرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

۳- دانشجوی دکتری، گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

*Email: bita.moravej@gmail.com

چکیده

طراحی ابعاد بهینه کرت در آبیاری سطحی، صرفا با هدف ایجاد بیش‌ترین راندمان کاربرد آب و کم‌ترین تلفات فرونشت عمقی انجام می‌شود. اما در شرایط کاربرد آب شور، کاهش تلفات فرونشت عمقی در مزرعه نباید باعث کاهش غیرمنطقی کسرآبشویی، افزایش شوری خاک ناحیه ریشه، خسارت به محصول و در نتیجه کاهش درآمد و بهره‌وری شود. این مطالعه با هدف تاکید بر لزوم انتخاب بهترین ابعاد کرت بر اساس بیش‌ترین راندمان کاربرد آب و کنترل هم‌زمان شوری خاک در شرایط آبیاری با آب شور انجام شده است. منطقه مورد مطالعه واقع در شهرستان اردکان استان یزد بود. تیمارهای متفاوت نیاز آبشویی (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) در ابعاد متفاوت کرت با سه تکرار اعمال و کسر آبشویی رخ داده در مزرعه اندازه‌گیری شد. با توجه به هدف این مطالعه که ایجاد بیش‌ترین راندمان کاربرد آب و کنترل هم‌زمان شوری خاک بود. در تیمار تامین نیاز آبشویی ۱۰ درصد، ابعاد کرت ۱۲ ×۳۹، در تیمار نیاز آبشویی ۲۰ درصد، ابعاد کرت (۵ ×۳۹) و در تیمار نیاز آبشویی ۳۰ درصد، ابعاد کرت (۳ × ۵۵) توصیه شد. نتایج این مطالعه نشان داد که ابعاد کرت توصیه شده در یک نیاز آبشویی، لزوما برای تامین نیازهای آبشویی دیگر مناسب نیست. بنابراین ضروری است در فرایند انتخاب ابعاد بهینه کرت، ضمن کاهش تلفات عمقی، تامین نیاز آبشویی با توجه به شوری آب آبیاری و گیاه کشت شده نیز مورد توجه قرار گیرد.

واژه های کلیدی: آبیاری سطحی، راندمان کاربرد آب، شوری خاک، عملکرد، آبشویی.

بیان مسئله

با خشکسالی‌های پیاپی و در مواردی عدم مدیریت صحیح منابع آبی کشور، وضعیت منابع آب به ویژه در مناطق مرکزی ایران در وضعیت هشدار قرار گرفته است. از سوی دیگر بحران کیفی خاک‌های کشاورزی، نیاز به کنترل موثر شوری خاک را بیش از پیش ضروری ساخته است. در دهه‌های اخیر، اجرای سیستم‌های نوین آبیاری از جمله سیستم‌های آبیاری تحت فشار با هدف بهبود عملکرد آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آب توصیه شده است. اما در بسیاری از مناطق کشور به دلیل کیفیت نامناسب آب آبیاری و هم‌چنین خردمالک بودن اراضی کشاورزی، این روش آبیاری با محدودیت اجرا روبروست. از سوی دیگر سیستم‌های آبیاری سنتی به ویژه آبیاری کرتی، راندمان کاربرد آب پایینی دارند که عموما به دلیل عدم مدیریت مناسب این سیستم‌های آبیاری است. در برخی مطالعات، پارامترهای مهم موثر در راندمان سیستم‌های آبیاری کرتی به ویژه در اراضی خردمالک، تسطیح مناسب زمین و انتخاب زمان مناسب آبیاری عنوان شده است (۸). یکی دیگر از پارامترهای موثر بر راندمان کاربرد آب در آبیاری کرتی، ابعاد کرت است که در صورت نامناسب بودن این پارامتر، راندمان کاربرد آب به شدت کاهش یافته به گونه‌ای که در مواردی مقادیر راندمان کاربرد ۲۹ درصد نیز گزارش شده است (۲). بر اساس مطالعات انجام شده، ابعاد کرت به عنوان پارامتری موثر برای بهبود راندمان کاربرد آب در اراضی خردمالک است به گونه‌ای که انتخاب مناسب آن منجر به افزایش راندمان کاربرد آب به میزان ۲۶/۷ درصد شده است (٦). از سوی دیگر کیفیت خاک کشاورزی تحت تاثیر مستقیم کیفیت آب آبیاری است و آبیاری با آب شور بدون مدیریت هم‌زمان مصرف آب و کنترل شوری خاک، منجر به شور شدن خاک و در نتیجه تهدید پایداری تولید به ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک خواهد شد(۷). مطالعات نشان داده است که با اعمال روش‌های متفاوت مانند تسطیح مناسب زمین، تنظیم دبی جریان ورودی و برنامه‌ریزی مناسب آبیاری، می‌توان ضمن بهبود عملکرد آبیاری (۳۳ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب)، شوری خاک را در این اراضی کنترل کرد (۹). به دلیل بسته بودن انتهای کرت در آبیاری کرتی، تلفات آبیاری در این سیستم‌ها به صورت فرونشت عمقی است. فرونشت عمقی بخشی از آب آبیاری است که از زیرناحیه ریشه بدون استفاده گیاه خارج می‌شود. از سوی دیگر یکی از روش‌های موثر به منظور جلوگیری از تجمع شوری در خاک، آبشویی اراضی است. با آبشویی اراضی می‌توان با کاهش تجمع نمک در محیط ریشه شرایط مناسب برای رشد گیاهان زراعی و باغی را فراهم نمود. بنابراین آب خارج شده از زیر ناحیه ریشه به دو بخش مفید و غیر مفید تقسیم می‌شود (۱). بخش مفید برای آبشویی و کنترل شوری خاک و بخش غیرمفید جزء تلفات آبیاری است. با توجه به لزوم انتخاب مناسب ابعاد کرت به منظور ارتقای عملکرد آبیاری کرتی از یک سو و لزوم اعمال آبشویی مناسب به منظور حفظ منابع ارزشمند خاک و جلوگیری از خسارت به محصول از سوی دیگر، این مطالعه به اهمیت انتخاب ابعاد کرت با لحاظ هم‌زمان مدیریت مصرف آب و کنترل شوری خاک در شرایط آبیاری با آب شور پرداخته است.

معرفی دستاورد

منطقه مورد مطالعه واقع در ایستگاه تحقیقات شوری چاه افضل(طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۳ دقیقهٔ شمالی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقهٔ شرقی) در شمال شهرستان اردکان واقع در استان یزد است. اقلیم این منطقه گرم و خشک است و متوسط دمای بیشینه و کمینه در این منطقه به ترتیب ۲۷/۸ و ۱۰/۹ درجه سانتی‌گراد، میانگین بلندمدت بارندگی ٦٦/٨ میلی‌متر، حداقل رطوبت ٢٤/٦ و حداکثر رطوبت منطقه ٤٨/٨ درصد می‌باشد. در این ایستگاه تحقیقاتی ابعاد متفاوت کرت شامل ابعاد **(۱۲ × ۳۹)**، **(۵ × ۳۹)**، **(۳ × ۵۵)** و **(۱۲ × ۵۵)** انتخاب شدند. هدایت الکتریکی آب آبیاری ۸/۵ دسی‌زیمنس بر متر بود (EC_{iw}) و عملیات انتقال آب به محل کرت‌ها، از طریق لوله‌گذاری و نصب هیدرانت در ابتدای هر کرت صورت گرفت (دو هیدرانت برای هر یک از کرت‌های با عرض ۱۲ متر و یک هیدرانت برای هر یک از کرت‌های با عرض ۳ و ۵ متر) (شکل ۱).

شکل ۱- نمایی از کرت‌های آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی

در این ایستگاه، دبی جریان آب ورودی با استفاده از تعیین حجم آب ورودی به هر کرت از طریق کنتور حجمی نصب شده در محل، قابل کنترل و اندازه‌گیری بود.

به طور کلی در هر آبیاری، توجه به نیاز آبشویی مزرعه (به منظور جلوگیری از شور شدن خاک در اثر آبیاری و حفظ منابع ارزشمند خاک به منظور پایداری تولید) ضروری است. نیاز آبشویی (LR) بسته به شوری آب آبیاری (EC_{iw}) و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که برای گیاه قابل تحمل است (EC_e) به صورت زیر تعیین شود:

$$LR = \frac{EC_{iw}}{5EC_e - EC_{iw}} \quad (۱)$$

در آبیاری کرتی به دلیل بسته بودن انتهای کرت، تلفات روان‌آب وجود ندارد و تنها تلفات رخ داده در مزرعه به صورت فرونشت عمقی (DPR) است که با عنوان کسر آبشویی (LF) نیز بیان می‌گردد. بنابراین راندمان کاربرد آب به صورت زیر قابل بیان است:

$$Ea = 1 - DPR \quad (۲)$$

در مرحله طراحی فرض بر این است که سیستم به گونه‌ای طراحی شود که فرونشت عمقی یا کسر آبشویی رخ داده در مزرعه برابر با نیاز آبشویی مورد نظر باشد (LR=DPR). بنابراین راندمان کاربرد آب در مرحله طراحی (Ea_d) به صورت زیر بیان می‌شود:

$$Ea_d = 1 - LR \quad (۳)$$

بنابراین عمق آب موردنیاز آبیاری (D) در مرحله طراحی به صورت زیر تعیین می‌گردد:

$$D = \frac{dn}{1-LR} \quad (٤)$$

که در اینجا:

dn: عمق خالص آبیاری، میلی‌متر

توجه به این نکته ضروری است که آبشویی واقعی رخ داده در مزرعه (LF) متفاوت از نیاز آبشویی (LR) مورد نظر است. چنانچه نیاز آبشویی موردنظر (LR) از کسرآبشویی که در مزرعه اتفاق افتاده است (LF) بیش‌تر باشد منجر به شوری خاک خواهد شد و ضروری است نسبت به تغییر عمق آبیاری به منظور اعمال آبشویی مناسب اقدام گردد. چنانچه نیاز آبشویی از کسر آبشویی که در مزرعه اتفاق افتاده است کم‌تر باشد، عمق آبیاری برای جلوگیری از شوری خاک مناسب بوده و کسر آبشویی در دو بخش کسر آبشویی مفید (LF_b) و کسرآبشویی غیرمفید (LF_{nb}) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$LF_b = LR \quad (۵)$$

$$LF_{nb} = LF - LR \quad (٦)$$

منظور از کسر آبشویی مفید آن بخش از کسر آبشویی است که به منظور کنترل شوری خاک بر مبنای نیاز آبشویی موردنظر لحاظ می‌گردد.

در حال حاضر لحاظ نیاز آبشویی در مرحله طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی صورت می‌پذیرد ولی در مرحله انتخاب ابعاد بهینه کرت این پارامتر لحاظ نشده است. بر اساس پیشنهاد مطالعه حاضر انتخاب ابعاد بهینه کرت، باید مبتنی بر کاهش بخش غیرمفید کسر آبشویی باشد نه کل کسر آبشویی. به عبارتی لحاظ کسر آبشویی مفید به منظور کنترل شوری خاک لازم و ضروری است. بنابراین به منظور نشان دادن تاثیر شوری آب آبیاری و ضرورت مدیریت هم‌زمان آب مصرفی و کیفیت خاک بر فرایند بهینه‌سازی ابعاد کرت، سه تیمار آبیاری با نیازهای آبشویی متفاوت انتخاب و در کلیه کرت‌های آزمایشی اعمال شدند. تیمارهای آبیاری عبارت بودند از :

تیمار آبیاری I_1 (با نیاز آبشوئی ۱۰٪) که در مرحله اولیه رشد گیاه برای کلیه کرت‌های آزمایشی اعمال شد (سه آبیاری).

تیماری آبیاری I_2 (با نیاز آبشوئی ۲۰٪) که در مرحله میانی رشد گیاه برای کلیه کرت‌های آزمایشی اعمال شد (سه آبیاری).

تیمار آبیاریI_3 (با نیاز آبشوئی ۳۰ ٪) که در مرحله انتهایی رشد گیاه برای کلیه کرت‌های آزمایشی اعمال شد (سه آبیاری).

با توجه به کاشت جو در کرت‌های آزمایشی در جدول (۱) عمق آب آبیاری اعمال شده در این پژوهش برای گیاه جو ارایه شده است. در هر تیمار آبیاری عمق آب آبیاری متناسب با نیازآبشویی (با استفاده از معادله ٤) و نیاز خالص گیاه تعیین شد و برای کلیه ابعاد کرت، یکسان در نظر گرفته شد تا امکان مقایسه بین ابعاد متفاوت کرت وجود داشته باشد.

جدول ۱- مشخصات تیمارهای مختلف عمق آب آبیاری در این پژوهش

تیمار آبیاری	عمق آب آبیاری * (mm)	شماره کرت	ابعاد کرت‌های آزمایشی (متر*متر)	دبی جریان ورودی (لیتر برثانیه)	مساحت کرت (مترمربع)	زمان قطع جریان آب ورودی به کرت (دقیقه)
I_1	۷۲	۱	۳۹×۱۲	۲٤	٤٦٨	۲٤
		۲	۳۹×٥	۱۳	۱۹٥	۱۹
		۳	۳۹×٥	۱۱	۱۹٥	۲۲
		٤ و ٥	٥٥×۳	۱۲	۱٦٥	۱۷
		٦	٥٥×۱۲	۲٤	٦٦۰	۳۳
I_2	۱۰٦	۱	۳۹×۱۲	۲٤	٤٦٨	۳٤
		۲	۳۹×٥	۱۳	۱۹٥	۲٦
		۳	۳۹×٥	۱۱	۱۹٥	۳۱
		٤ و ٥	٥٥×۳	۱۲	۱٦٥	۲٤
		٦	٥٥×۱۲	۲٤	٦٦۰	٤۸
I_3	۱۱۷	۱	۳۹×۱۲	۲٤	٤٦٨	۳۹
		۲	۳۹×٥	۱۳	۱۹٥	۳۰
		۳	۳۹×٥	۱۱	۱۹٥	۳٥
		٤ و ٥	٥٥×۳	۱۲	۱٦٥	۲۷
		٦	٥٥×۱۲	۲٤	٦٦۰	٥٤

* عمق آب آبیاری تیمارهای مختلف با توجه به نیاز آبی گیاه جو و نیاز آبشویی تعیین شده است (نیازهای آبشوئی ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ برای تیمارهای I1، I2 و I3 بوده است)

اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای

به منظور تعیین بافت خاک، نمونه‌ها در ۲٤ نقطه مختلف کرت‌ها از اعماق ۰-۳۰، ۳۰-٦۰ و ٦۰-۹۰ سانتی‌متری توسط آگر برداشته شدند. نمونه‌های خاک برداشت شده در آزمایشگاه، هوا خشک شده و بعد از عبور از الک ۲ میلی‌متری، مورد آزمایش قرار گرفتند. بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته، بافت خاک مزرعه لومی بود. به منظور اندازه‌گیری کسرآبشویی رخ‌داده در مزرعه، در تیمارهای آبیاری، ۳۰ دستگاه تعیین‌گر جبهه رطوبتی (WFD) در نقاط مختلف کرت‌ها نصب شدند. دستگاه WFD در واقع ابزاری برای تعیین شوری زه آب خروجی از زیر عمق موردنظر (EC_{dw})، است که در آن عمق، نصب شده و نیاز به برق و باتری ندارد. آب عبوری از عمق موردنظر در مخزن WFD جمع‌آوری شده و ۲٤ تا ٤۸ ساعت بعد از آبیاری‌ها، توسط یک پمپ مکش (یا سرنگ) استخراج و شوری آن در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شود (۱۰، ۳، ٤) (شکل ۲).

با تقسیم شوری آب آبیاری (EC_{iw}) بر شوری زه‌آب خروجی از زیر عمق موردنظر (EC_{dw}) که توسط دستگاه WFD قابل تعیین است، کسر آبشوئی مشاهده شده در مزرعه (فرونشت عمقی) به صورت زیر تعیین می‌گردد:

$$LF = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} \quad (۷)$$

که در اینجا:

LF: کسر آبشویی اندازه‌گیری شده در مزرعه

EC_{dw}: شوری زه‌آب خروجی (آب زهکشی شده از زیر ناحیه ریشه که در داخل مخزن WFD جمع‌آوری شده است) ، دسی زیمنس بر متر

EC_{iw}: شوری آب آبیاری، دسی زیمنس بر متر

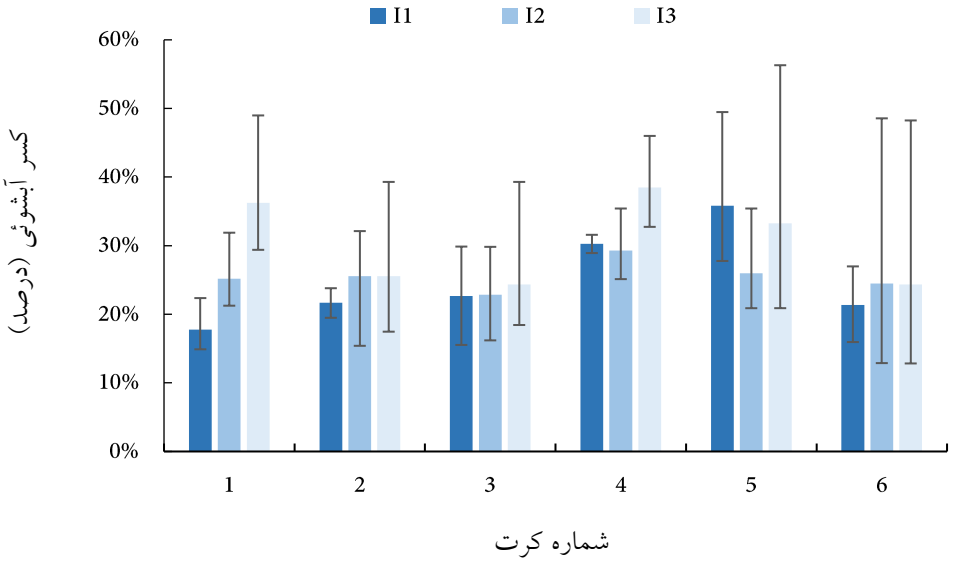
به این ترتیب در مرحله ابتدایی رشد گیاه جو، برنامه‌ریزی آبیاری برای کلیه کرت‌های آزمایشی بر اساس عمق ریشه ۳۰ سانتی‌متری با در نظر داشتن نیاز آبشویی و تبخیرتعرق گیاهی انجام شد. مطابق با جدول (۱) عمق آبیاری موردنیاز در این مرحله ۷۲ میلی‌متر بوده است (با احتساب نیاز آبشویی ۱۰٪ و معادله ٤). به منظور اعمال عمق آبیاری موردنیاز با توجه به دبی جریان ورودی و ابعاد کرت، زمان‌های آبیاری در هر یک از کرت‌های آزمایشی تنظیم شدند. به همین ترتیب در مراحل میانی و انتهایی رشد گیاه جو اعماق آبیاری ۱۰٦ و ۱۱۷ میلی‌متر در کلیه کرت‌های آزمایشی اعمال شدند (با احتساب نیازهای آبشویی ۲۰ درصد و ۳۰ درصد به ترتیب برای مراحل میانی و انتهایی رشد گیاه و با استفاده از معادله ٤). لازم به ذکر است که در این مطالعه به کسر آبشویی رخ داده در مزرعه تلفات آبیاری اطلاق نمی‌شود زیرا بخشی از کسر آبشویی مشاهده شده، مفید و در راستای آبشویی خاک و کنترل شوری خاک است. به این ترتیب چنانچه نیاز آبشویی موردنظر در هر یک از تیمارهای آبیاری اعمال شده در کرت‌های آزمایشی، کم‌تر از کسر آبشویی مشاهده شده در مزرعه باشد، کسر آبشویی مطابق معادلات (۵ و ٦) به دو بخش کسرآبشویی مفید و کسرآبشویی غیرمفید تفکیک می‌گردد.

شکل۲ – نمایی از دستگاه تعیین‌گر جبهه رطوبتی (WFD)

کسر آبشوئی اندازه‌گیری شده در کرت‌های آزمایشی

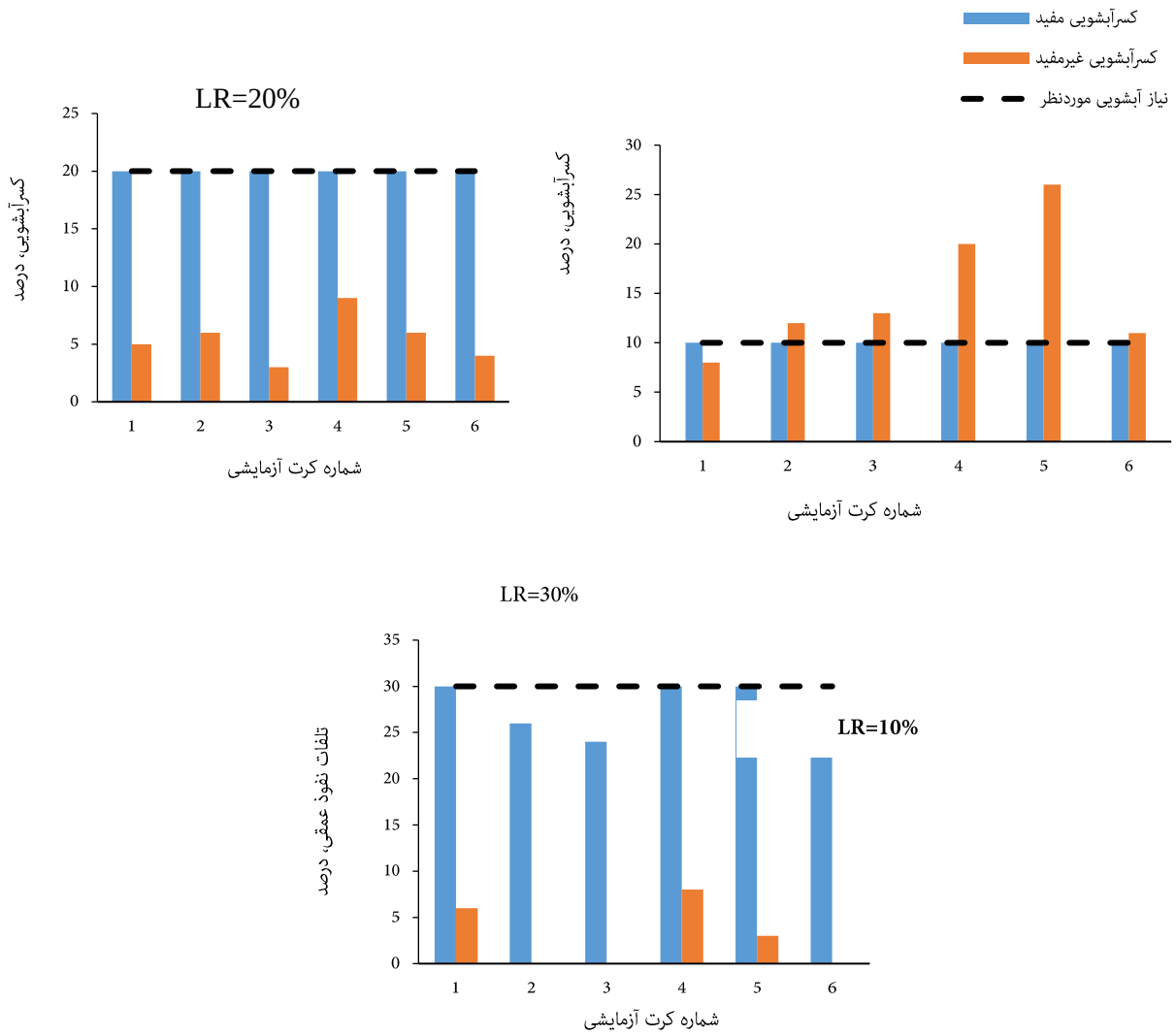
با توجه به نصب دستگاه WFD در نقاط مختلف کرت‌های آزمایشی مقادیر کسر آبشوئی (LF) برآورد شدند. هم‌چنین شوری عصاره اشباع خاک در اعماق متفاوت ۳۰، ٦۰ و ۹۰ سانتی‌متری با نمونه‌گیری مستقیم در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت و کسر آبشویی از طریق اندازه‌گیری شوری عصاره اشباع خاک نیز تعیین شد (۵). مقایسه کسر آبشویی تعیین شده از طریق WFD و اندازه‌گیری مستقیم شوری خاک حاکی از همبستگی قابل قبول (R2=0.7) بین دو روش تعیین کسر آبشویی بود.

هم‌چنین از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین دو روش تعیین کسر آبشویی وجود نداشت. هم‌چنین بین تکرارهای متفاوت در هر تیمار آبشویی برای هر کرت تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد وجود نداشت. شکل (۳) میانگین و دامنه تغییرات کسر آبشوئی کرت‌های آزمایشی در تیمارهای مختلف آبیاری (I1، I2 و I3) را برای عمق ٦٠ سانتی‌متری خاک نشان می‌دهد.



شکل ۳- میانگین و دامنه تغییرات کسر آبشوئی کرت‌های آزمایشی در تیمارهای مختلف آبیاری (I1، I2 و I3)

با توجه به شکل (۳) آبشویی بین ۱۳ تا ٥٦ درصد در نقاط مختلف کرت‌ها و در تیمارهای مختلف آبیاری متغیر بودند. تغییرات کسر آبشویی در طول هر کرت به دلیل وجود پستی بلندی‌های موجود در سطح زمین است که در تسطیح سنتی توسط کشاورز اجتناب ناپذیر است. برای ارایه جزییات بیش‌تر در خصوص تغییرات کسر آبشویی در ابعاد متفاوت کرت، شکل(٤) ارایه شده است. در این شکل کسر آبشویی اندازه‌گیری شده در هر یک از کرت‌های آزمایشی بر اساس نیاز آبشوئی موردنظر (LR)، ارایه شده است.



شکل٤- نمایی از تلفات نفوذ عمقی در کرت‌های متفاوت و نیازهای آبشویی (LR) متفاوت

با توجه به شکل (٤)، در شرایطی که نیاز آبشویی ۱۰ درصد (LR=10%) باشد، کسر آبشویی مشاهده‌شده در مزرعه در کلیه ابعاد کرت بیش‌تر از ۱۰ درصد مشاهده شده است. بنابراین نیاز آبشویی در کلیه کرت‌ها برآورده شده است. در این شرایط کم‌ترین کسرآبشویی غیرمفید در کرت شماره ۱ (۱۲ × ۳۹) ایجاد شده که ابعاد کرت مناسب در این شرایط آبشویی است. در شرایط نیاز آبشویی ۲۰ درصد (LR=20%) نیز در کلیه ابعاد کرت‌ها، کسر آبشویی مشاهده شده در مزرعه بیش‌تر از ۲۰ درصد بوده است. بنابراین در این تیمار آبیاری نیز در کلیه ابعاد کرت، نیاز آبشویی تامین شده است و کم‌ترین کسرآبشویی غیرمفید در کرت شماره ۳ (۵ × ۳۹) حاصل شده است. در شرایط نیاز آبشویی ۳۰ درصد (LR=30%)، فقط در کرت‌های شماره ۱، ٤ و ۵ کسر آبشویی مشاهده شده بیش‌تر از ۳۰ درصد بوده است. به عبارتی فقط در این ابعاد کرت نیاز آبشویی تامین شده است. در این شرایط کم‌ترین کسرآبشویی غیرمفید در کرت شماره ۵ (۳ × ۵۵) حاصل شده است. در شرایط نیاز آبشویی ۳۰ درصد (LR=30%) اگرچه در کرت‌های شماره ۲، ۳ و ٦ کسرآبشویی غیرمفیدی وجود نداشته است ولی به دلیل عدم تامین نیاز آبشویی منجر به شوری خاک شده است؛ لذا این ابعاد کرت قابل توصیه نمی‌باشند.

با توجه به این‌که در هر یک از تیمارهای نیاز آبشویی، خصوصیات خاک و کیفیت آب آبیاری و عمق آب آبیاری اعمال شده در کرت‌های آزمایشی یکسان بوده است، مقادیر متفاوت کسر آبشویی در هر تیمار نیاز آبشویی ناشی از تاثیر ابعاد متفاوت کرت‌هاست. مقایسه بین تیمارهای متفاوت نیاز آبشویی نیز حاکی از این است که مناسب بودن ابعاد کرت در یک نیاز آبشویی، لزوما برای تامین نیازهای آبشویی دیگر مناسب و قابل توصیه نیست. در مزرعه‌ای که مستلزم در نظر گرفتن نیاز آبشویی باشد، ممانعت از بروز کسر آبشویی مفید می‌تواند منجر به شور شدن خاک و خسارت به محصول گردد. به عبارت دیگر حداقل بودن تلفات کسرآبشویی به منظور حداکثرسازی راندمان کاربرد آب در مزرعه الزاماً به معنی مناسب‌تر بودن مدیریت آبیاری در آن کرت نیست. از سوی دیگر افزایش کسر آبشویی بدون توجه به بخش غیرمفید آن، اگر چه تامین‌کننده نیاز آبشوئی مزرعه خواهد بود ولی به دلیل تلفات زیاد آب و پایین بودن راندمان کاربرد آب قابل توجیه نیست.

توصیه ترویجی

انتخاب ابعاد بهینه کرت، صرفا با هدف حداکثرسازی راندمان کاربرد آب در سیستم‌های آبیاری کرتی، منجر به شور شدن خاک اراضی کشاورزی در شرایط آبیاری با آب شور خواهد شد. بنابراین، نه تنها استفاده بهینه منابع آب در شرایط بحران کنونی آب ضروری است، بلکه توجه به کیفیت خاک و حفظ این منبع ارزشمند نیز باید مدنظر قرار گیرد. لازم به ذکر است که اگرچه نیاز آبشویی در فرایند طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی لحاظ می‌شود ولی این پارامتر در فرایند بهینه‌سازی این سیستم‌ها (مثلا انتخاب ابعاد کرت بهینه) لحاظ نشده است.

با در نظر داشتن این موضوع که نتایج مطالعه حاضر تحت شرایط اقلیمی و محیطی حاکم بر منطقه مطالعاتی بوده است موارد زیر قابل توصیه است:

۱- به منظور جلوگیری از افت عملکرد محصول ناشی از شور شدن خاک کشاورزی ضرورت دارد ابعاد کرت متناسب با شوری آب آبیاری و نوع محصول کشت شده انتخاب شوند.

۲- در شرایط شور، در فرایند بهینه‌سازی ابعاد کرت توجه صرف به ایجاد حداکثر راندمان کاربرد آب به عنوان تابع هدف ممکن است منجر به شور شدن خاک شود. بنابراین ضمن حداکثرسازی راندمان کاربرد، از تامین نیاز آبشویی نیز اطمینان حاصل شود.

۳- لحاظ نیاز آبشویی در فرایند بهینه‌سازی ابعاد کرت (انتخاب ابعاد بهینه کرت) در کنار سایر پارامترهای هیدرولیکی و خصوصیات خاک مزرعه ضروری است.

٤- با توجه به نتایج این مطالعه در نیاز آبشویی ۱۰ درصد، ۲۰ درصد و ۳۰ درصد به ترتیب انتخاب عرض کرت ۱۲ متر، ۵ متر و ۳ منجر به ایجاد کم‌ترین کسر آبشویی غیرمفید خواهد شد. بنابراین بسته به نیاز آبشویی موردنظر مناسب‌ترین عرض کرت متفاوت می‌باشد.

فهرست منابع

۱- ابوالحسنی، ل. و خلیلی، ا. ۱۳۹۵. بررسی روش‌های اجرای حسابداری آب، معرفی و اجرای کارآمدترین روش. آب و توسعه پایدار، ۳(۱): ۲۲-۹.

۲- حیدری زاده، م. و علمی، س. ۱۳۹٤. بررسی راندمان‌های آبیاری در حوضه آبریز دشت سفید رود. *مجله علمی - ترویجی سامانه های سطوح آبگیر باران*. ۲ (۳): ۳٦-۲۷.

۳- رحیمیان، م.ح، نوری امامزاده‌ئی، م.، هاشمی‌نژاد، ی.، طباطبایی، س. ح. و نشاط، ع. ۱۳۹۳. تعیین کسر آبشویی باغات پسته شمال اردکان با استفاده ترکیبی از تعیین‌گر جبهه رطوبتی و القاگر الکترومغناطیس. مجله پژوهش‌های خاک، ۲۸ (۱): ۱٦۳-۱۷۳.

٤- هاشمی‌نژاد، ی. ۱۳۸۹. مدیریت آبیاری در شرایط شور با استفاده از تعیین‌گر جبهه رطوبتی. نشریه پژوهش های خاک، علوم خاک و آب، دوره ۲٤ شماره ۳ (ویژه شوری) :۲۷۲-۲٦۵.

5- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1989. Water quality for agriculture, *FAO irrigation and drainage paper (No. 29)*, FAO, Rome, Italy.

6- Chen, B., Ouyang, Z., Sun, Z., Wu, L and Li, F. 2012. Evaluation on the potential of improving border irrigation performance through border dimensions optimization: a case study on the irrigation districts along the lower Yellow River, *Irrigation Science*. https://doi.org/10.1007/s00271-012-0338-0.

7- Jian-li, D., Man-chun, W., Tiyip, W.T. 2011. Study on Soil Salinization Information in Arid Region Using Remote Sensing Technique. *Journal of Agricultural Sciences in China*, 3: 404-411. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60019-9.

8- Miao, Q., Shi, H., Gonçalves, J.M. and Pereira, L.S. 2018. Basin Irrigation Design with Multi-Criteria Analysis Focusing on Water Saving and Economic Returns: Application to Wheat in Hetao, Yellow River Basin. *Water*, 10(67). https://doi.org/10.3390/w10010067.

9- Pereira, L. S., Gonçalves, J. M., Dong, B., Mao, Z. and Fang, S.X. 2007. Assessing basin irrigation and scheduling strategies for saving irrigation water and controlling salinity in the upper Yellow River Basin, China. *Agricultural Water Management*, 93: 109-122. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.07.004.

10- Stirzaker R. and Hutchinson P.A. 2005. Irrigation controlled by a wetting front detector: Field evaluation under sprinkler irrigation. *Australian Journal of Soil Research*, 43:935-943. https://doi.org/10.1071/SR05005.