مقایسه روش قطره‌ای نواری با آبیاری سطحی و پایش شوری خاک در کشت گندم و ذرت آبیاری شده با آب لب شور

علی مختاران[1]، پیمان ورجاوند، حسین دهقانی‌سانیج، شکراله آبسالان، آذرخش عزیزی و علیرضا جعفرنژادی

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکزتحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.**alimokhtaran@gmail.com**

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکزتحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.**pvarjavand@yahoo.com**

دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.**dehghanisanij@yahoo.com**

مربی پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.**sh_absalan@yahoo.com**

مربی پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.**a.azizy@yahoo.com**

دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.**arjafarnejady@gmail.com**

دریافت: دی ۱۳۹۹ و پذیرش: شهریور ۱۴۰۰

چکیده

این تحقیق به‌منظور مقایسه و پایش دو سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی برای کشت‌های ذرت و گندم در سه فصل کاشت از تابستان ۱۳۹۵ تا بهار ۱۳۹۷ در یکی از ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی خوزستان واقع در اهواز طراحی و اجرا شد. منبع آب آبیاری رودخانه کارون با شوری سه دسی‌زیمنس بر متر در مقطع اهواز بود. این پژوهش به‌صورت طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. تیمارها و مبنای بلوک‌بندی در کشت ذرت، رژیم آبیاری دو و چهار روزه و در کشت گندم، فواصل ۴۰، ۶۰ و ۷۵ سانتی‌متری بین نوارهای قطره‌ای بود. نتایج نشان داد که حجم آب کاربردی در سامانه قطره‌ای برای کشت‌های ذرت و گندم به‌ترتیب ٪۲۴ و ٪۳۲ نسبت به سامانه سطحی کمتر بود. همچنین بهره‌وری آب در سامانه قطره‌ای برای کشت ذرت در عملکرد علوفه‌ای و دانه‌ای به‌ترتیب ۱۶٪ و ۲۱٪ و برای کشت گندم به میزان ٪۳۵ نسبت به سامانه آبیاری سطحی بیشتر بود. در کشت گندم میزان بهره‌وری آب برای فواصل مختلف نوارهای قطره‌ای از همدیگر نیز اختلاف معنی‌داری نداشت بنابراین می‌توان در خاک‌هایی با بافت سنگین، از نوارهای آبیاری قطره‌ای با فواصل ۷۵ سانتی‌متری برای کشت گندم بهره‌برداری کرد. در تحلیل پایش خاک، سامانه قطره‌ای موجب کاهش کیفیت خاک شد. به‌نحوی‌که خاک غیرشور- غیرسدیمی (EC_e=3.09dS/m, ESP=6.18%) ابتدای تحقیق، بعد از سه فصل کاشت با این سامانه، شور شد (ECe=7.63dS/m, ESP=12.63%). اما، با وجود انباشت نمک ها در پیرامون خاک خیس شده زیر قطره‌چکان‌ها، رشد و عملکرد گیاهان در سامانه قطره‌ای نسبت به سامانه آبیاری سطحی بهتر بود و دلیل آن بالا نگه‌داشتن پتانسیل آب خاک در محیط اطراف ریشه و در زیر قطره‌چکان‌ها بود که تجمع نمک را کاهش داده و رشد بهتر گیاه را با وجود آب‌شور محقق ساخت. نتایج این پژوهش نشان داد که در صورت استفاده از سامانه قطره‌ای برای اقلیم مشابه مناطق مرکزی و جنوبی خوزستان، زهکشی اراضی و عملیات آبشویی در انتهای فصل کشت برای حفاظت خاک ضرورت دارد.

واژه‌های کلیدی: سامانه نوین آبیاری، بهره‌وری آب، رژیم آبیاری

---

[1]-آدرس نویسنده مسئول: اهواز، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

مقدمه

خشک‌سالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، مشکل خشک‌سالی در سال‌های آینده حادتر نیز خواهد شد (عباسی و همکاران،۱۳۹۵؛ ناصری و همکاران،۱۳۹۶). در این شرایط توجه به ارتقا بهره‌وری آب کشاورزی یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است. لذا استفاده مناسب از منابع محدود آب و سامانه‌های نوین آبیاری امری ضروری است (قدمی فیروزآبادی و همکاران،۱۳۹۶). استان خوزستان در جنوب غربی ایران واقع است. بخشی از اراضی این استان در مرکز، جنوب و جنوب غرب آن دارای منابع آب لب‌شور تا شور و بافت خاک سنگین با آب زیرزمینی شور و کم‌عمق بوده که با اجرای سامانه زهکشی زیرزمینی و احیاء اراضی، مناسب برای عملیات کشاورزی شده‌اند (مختاران و همکاران،۱۳۹۲). عدم آبیاری (آیش اراضی) و یا آبیاری نادرست ممکن است باعث شور و یا شور- سدیمی شدن این اراضی گردد. تاکنون سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار در اراضی با بافت خاک سبک تا متوسط اجراشده است که راندمان و بازده مناسبی داشته، اما استفاده از این سامانه‌ها به‌خصوص آبیاری قطره‌ای در خاک‌های با بافت سنگین و مستعد به شوری و سدیمی کمتر مورد توجه بوده است (مختاران و همکاران، ۱۳۹۸). در این خصوص استفاده از منابع آب‌های شور نه‌تنها به‌عنوان یک انتخاب، بلکه یک الزام پیش روی کشاورزان قرار گرفته است. در مطالعات مختلفی نشان داده‌شده است که از آب شور می‌توان به‌طور موفقیت‌آمیزی در آبیاری گیاهان استفاده کرد (وان و همکاران،۲۰۱۰؛ سینگ و پاندا،۲۰۱۲؛ فنگ و همکاران،۲۰۱۷). البته اثرات منفی استفاده از آب شور مانند تجمع نمک در لایه سطحی خاک به‌صورت خطی به مقدار و کیفیت آب آبیاری ارتباط دارد (وانگ و همکاران،۲۰۱۵؛ رامشوران و همکاران،۲۰۱۶؛ دیاز و همکاران، ۲۰۱۸). در این میان، سامانه آبیاری قطره‌ای در مقایسه با سایر روش‌های آبیاری سطحی و بارانی علاوه بر بهره‌وری بیشتر آب (علی و تالوکدر، ۲۰۰۸) نسبت به آبیاری سطحی، مزیت‌های دیگری را نیز در شرایط شور دارد. در آبیاری قطره‌ای الگوی خیس شدگی خاک اطراف قطره‌چکان پس از آبیاری نشان می‌دهد که مقدار رطوبت خاک در نزدیک قطره‌چکان بیشترین و در پیرامون سطح خیس شده حداقل است. درحالی‌که شوری خاک زیر قطره‌چکان جایی که تراکم ریشه بیشتر است، معمولاً کم تا متوسط است و بافاصله گرفتن از قطره‌چکان افزایش می‌یابد و در نزدیکی سطح خاک میزان نمک تحت تأثیر تبخیر بیشتر از عمق است (هانسون،۲۰۱۲ و دهقانی سانیچ و همکاران، ۲۰۰۶). آبیاری قطره‌ای به دلیل دبی ورودی کم و تناوب زیاد، قادر است پتانسیل ماتریک خاک در منطقه ریشه گیاه را بالا نگه‌داشته و از کاهش پتانسیل اسمزی خاک در اثر خشک شدن تدریجی خاک در شرایط شور جلوگیری نماید (مانس،۲۰۰۲). زیلانگ و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی دینامیک و توزیع شوری خاک تحت سامانه آبیاری قطره‌ای برای کشت گیاه پنبه برای یک دوره ۹ ساله در منطقه خشک شمال غرب چین نشان دادند که میزان شوری خاکی که قبل از شروع کشت نسبتاً زیاد بود در چهار سال اول به‌شدت کاهش یافت سپس روند تغییرات شوری نوسان پیدا کرد به‌طوری‌که در اواخر دوره تحقیق، افزایش چشم‌گیری داشت. خاک منطقه در لایه‌های سطحی دارای بافتی درشت و از لایه ۳۰ سانتی‌متری به پایین، ریزبافت بود. وان و همکاران (۲۰۱۲) در یک مطالعه چهارساله، امکان‌سنجی رویش ذرت برای زمین بسیار شور (متوسط شوری عصاره اشباع خاک تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری به میزان ۲۸ دسی زیمنس بر متر) در شمال غربی چین با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش نشان داد که سامانه آبیاری قطره‌ای شرایط خاک مطلوبی برای رشد ذرت فراهم کرده و ناحیه‌ای با رطوبت زیاد و شوری کم در زمانی که پتانسیل ماتریک خاک بیشتر از ۲۵- کیلو پاسکال بود، به‌وجود آورده است و پس از سال‌ها کشت و آبشویی به‌وسیله آبیاری قطره‌ای، خاک بسیار شور به‌تدریج به خاک نسبتاً شور تبدیل شد. در پژوهش‌های دیگری نیز به نتایج مشابهی در این زمینه اشاره‌شده است

(کانگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ لی و همکاران، ۲۰۱۵). خوش‌سیمای و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقی به‌منظور بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک تحت کشت سه رقم ذرت برای سه سطح شوری آب آبیاری (۰/۷، ۳ و ۵ دسی زیمنس بر متر) در شرایط استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای نواری، نشان دادند که میزان شوری و سدیم خاک رابطه مستقیم با شوری آب آبیاری و طول دوره رشد ارقام ذرت داشته و رابطه عکس با عمق خاک دارد. در تیمارهای آبیاری با آب شور (دو سطح سه و پنج دسی زیمنس بر متر)، جبهه رطوبتی کمتری به سمت خارج از خط آبیاری حرکت کرده و اغلب تجمع نمک در فاصله ۱۰ سانتی‌متری از خط آبیاری و سطح خاک به دلیل مصرف گیاه و تبخیر و تعرق مشاهده شد. اکتم (۲۰۰۶) در آزمایشی دوساله بر روی گیاه ذرت به بررسی اثر سطوح مختلف آب آبیاری (۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق از تشت تبخیر کلاس A) و فاصله‌های آبیاری (۲، ۴، ۶ و ۸ روز یک‌بار) با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای پرداختند. بیشترین عملکرد دانه در سال اول و دوم به ترتیب ۱۴/۰۷ و ۱۳/۳۰ تن در هکتار از تیمار دور آبیاری چهار روزه و کمترین عملکرد دانه در سال اول و دوم به ترتیب ۱۰/۲۷ و ۹/۵۳ تن در هکتار از تیمار دور آبیاری هشت روزه به‌دست آمد. بهترین نتیجه قابل توصیه این تحقیق برای مناطق نیمه‌خشک مشابه ترکیه، تیمار آبیاری با میزان ۹۰ درصد تبخیر و تعرق و دور آبیاری چهار روزه به‌دلیل تهویه و هوادهی بهتر در منطقه ریشه بود. نتایج مطالعه‌ای که بر روی سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) در زراعت گندم در هند انجام شد، نشان داد که اگرچه در سامانه آبیاری قطره‌ای عملکرد گندم حدود ۱۰/۸٪ کاهش پیدا کرد، اما استفاده از این سامانه باعث افزایش بهره‌وری آب به‌میزان ۲۴/۲۴ درصد نسبت به سامانه آبیاری سطحی در کرت‌های نواری شد (چوهان و همکاران، ۲۰۱۵). در تحقیقی در کشور پاکستان نیز اظهار شد که استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای در زراعت گندم نسبت به روش آبیاری جویچه‌ای، سبب کاهش مصرف آب به‌میزان ۱۶/۵۶٪، افزایش عملکرد دانه به‌میزان ۱۱/۵۶٪ و افزایش کارایی مصرف آب به میزان ۳۳/۳۶٪ شد (سلیم و همکاران، ۲۰۱۰). در آزمایشی به‌منظور بررسی اثر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و آبیاری سطحی (کرتی) بر روی رشد و عملکرد گندم زمستانه در شمال چین، نتایج نشان داد که حجم آب آبیاری در هر دو سامانه به‌طور معنی‌داری بر روی ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و عملکرد گندم تأثیرگذار بود. همچنین در شرایط کم آبیاری، سامانه قطره‌ای بهره‌وری آب بالاتری داشت (وانگ و همکاران، ۲۰۱۳). در چین آزمایشی با هدف تعیین اثر فاصله نوارهای آبیاری قطره‌ای و مقدار آب آبیاری بر روی عملکرد گندم و کارایی مصرف آب در خاکی با بافت لوم شنی انجام شد. تیمارهای این آزمایش شامل فاصله نوارهای آبیاری (۳۰، ۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر) و مقدار آب آبیاری (۳۰۰۰، ۴۵۰۰، ۶۰۰۰، ۷۵۰۰ مترمکعب در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله نوارهای آبیاری، رشد گیاه و عملکرد دانه کاهش یافت. همچنین صرف‌نظر از مقدار آب آبیاری، در تیمار فاصله نوارهای ۳۰ سانتی‌متری، عملکرد دانه نیز مقدار بالاتری (۸۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به دو تیمار دیگر (۶۰ و ۹۰ سانتی‌متر به ترتیب ۷۴۵۰ و ۵۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) داشت (چن و همکاران، ۲۰۱۵). در آزمایشی دیگر در ایران منطقه فریمان به‌منظور تعیین فاصله بهینه نوارها در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری، فواصل مختلف شامل (۶۰، ۷۵، ۹۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از نوار آبیاری قطره‌ای با فواصل ۷۵ سانتی‌متر منجر به‌حصول بالاترین کارایی مصرف آب به‌میزان ۱/۶۵ کیلوگرم گندم به ازای هر مترمکعب آب مصرفی شد (رحیمیان،۱۳۹۱). در تحقیق حاضر سامانه آبیاری قطره‌ای نواری برای کشت‌های زراعی استراتژیک ذرت و گندم که از نظر مواد غذایی و تولید علوفه بسیار باارزش می‌باشند در اقلیم مرکز، جنوب غرب و جنوب خوزستان مورد ارزیابی قرار گرفت. محدودیت منابع آب به‌خصوص در فصل تابستان، کاهش کیفی آب رودخانه‌های کارون و کرخه، تبخیر بالا، بافت خاک سنگین همراه با آب شور زیرزمینی در عمق ۱/۵ متری

و مساحتی بالغ بر سیصد هزار هکتار اراضی شبکه آبیاری و زهکشی در این اقلیم، انجام این تحقیق برای پایش عملکرد گیاه و واکنش خاک با هدف افزایش بهره‌وری آب را بسیار پراهمیت می‌سازد.

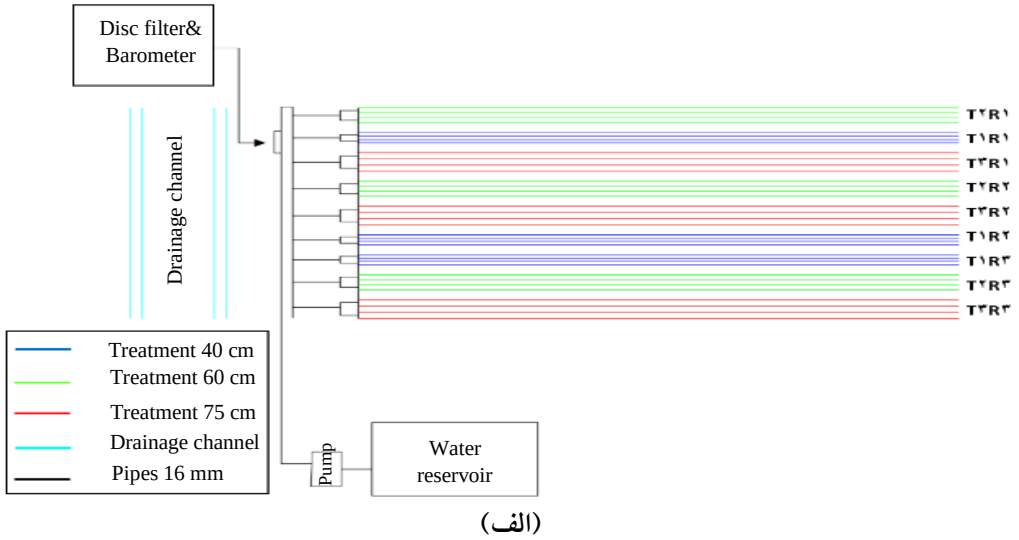
مواد و روش‌ها

این پژوهش از تابستان ۱۳۹۵ تا بهار ۱۳۹۷ در یکی از مزارع پژوهشی ایستگاه تحقیقات اهواز، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. مزارع ایستگاه ازنظر اقلیمی، کیفیت آب و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نماینده اراضی مرکزی و جنوبی استان است (جدول ۱). این منطقه از استان خوزستان از نظر اقلیمی جزو مناطق نیمه‌خشک تا خشک کشور به شمار می‌آید. میانگین بارش سالانه در این منطقه از ۱۵۰ میلی‌متر تجاوز نمی‌کند. متوسط سالانه دمای هوا، ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۴۹ درصد و متوسط سرعت باد سالیانه در ارتفاع دو متری تا ۲۵ کیلومتر بر ساعت است. تبخیر و تعرق سالیانه برحسب روش پنمن– مانتیث– فائو، ۲۵۰۰–۲۴۰۰ میلی‌متر است. قسمتی از مزرعه آزمایشی مذکور در مساحتی حدود ۵۰۰۰ مترمربع به سامانه آبیاری قطره‌ای مجهز شد. به‌منظور مقایسه نتایج حاصل از تحقیق حاضر با روش کشت و آبیاری مرسوم در منطقه، بخشی از زمین به وسعت ۱۴۰۰ مترمربع به‌روش آبیاری سطحی در نظر گرفته شد (شکل ۱). مجهز بودن مزرعه به سامانه زهکشی زیرزمینی با کارگذاری لاترال‌های زهکشی در عمق دو متری، موقعیت مناسبی برای انجام تحقیق فراهم آورده بود (شکل ۲).

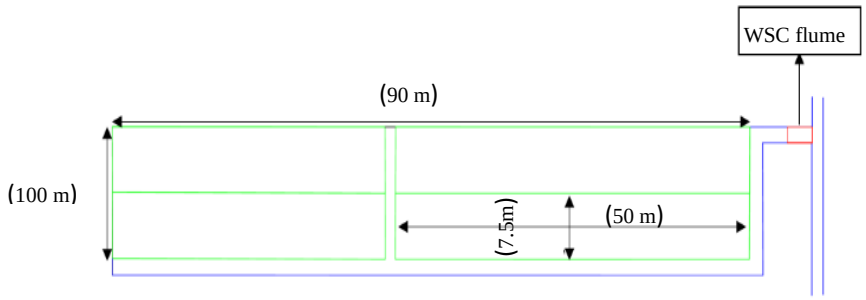
جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	جرم مخصوص ظاهری ρb (gr/cm3)	رطوبت ظرفیت زراعی FC (%)	رطوبت نقطه پژمردگی PWP (%)
۰–۲۵	رسی سیلتی	۲/۵	۱/۳۵	۲۴/۵	۱۱/۸
۲۵–۵۰	رسی سیلتی	۲/۴۳	۱/۴۴	۲۴/۲	۱۱/۸
۵۰–۷۵	رسی سیلتی	۳/۳۸	۱/۵۴	۲۴	۱۱/۸
۷۵–۱۰۰	رسی سیلتی	۴/۵۱	۱/۷۸	۲۳/۸	۱۱/۸

این تحقیق در دو فصل زراعی برای کشت ذرت (تابستان ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) و یک فصل زراعی برای کشت گندم (پاییز ۱۳۹۶ تا بهار ۱۳۹۷) انجام شد. کشت تابستانه ذرت در خوزستان از ۲۰ تیرماه تا نیمه مردادماه شروع می‌شود و از اوایل آبان ماه تا حداکثر ۲۰ آبان برداشت می‌شود. در خصوص گندم، عملیات کاشت در بازه ۱۵ آبان ماه تا ۱۵ آذرماه اتفاق می‌افتد و از اوایل اردیبهشت تا نیمه اردیبهشت‌ماه برداشت می‌گردد. در سامانه قطره‌ای نواری، این پژوهش به‌صورت طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. برای کشت ذرت که از هیبرید سینگل کراس ۷۰۳ استفاده شد، عامل اصلی رژیم آبیاری دو و چهار روزه بود. دور آبیاری ذرت در سامانه قطره‌ای براساس مبانی طراحی، چهار روزه است اما دور آبیاری دو روزه با توجه به شوری آب آبیاری، تبخیر بالای منطقه و مستعد بودن خاک به سدیمی شدن، انتخاب شد تا بتوان مقایسه مناسبی داشته باشیم.در سامانه قطره‌ای تهیه زمین به‌صورت جوی و پشته تهیه شد. بذر ذرت با فواصل خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متری بین ردیف‌ها و فاصله ۲۰ سانتی‌متری در هر ردیف و در محل داغاب نزدیک به کف شیار کشت شد. بر این اساس نوارهای آبیاری قطره‌ای با فواصل ۷۵ سانتی‌متری از هم روی خطوط کشت در کف جویچه پهن شدند. انجام آبیاری در مراحل اولیه در تمام سطح مزرعه، یکسان انجام شد. پس از هفت روز از زمان کاشت و پنج بار عملیات آبیاری با جوانه زدن گیاه و اطمینان از استقرار و تثبیت آن (دو برگی‌شدن گیاه)، تیمار دور آبیاری اعمال گردید.

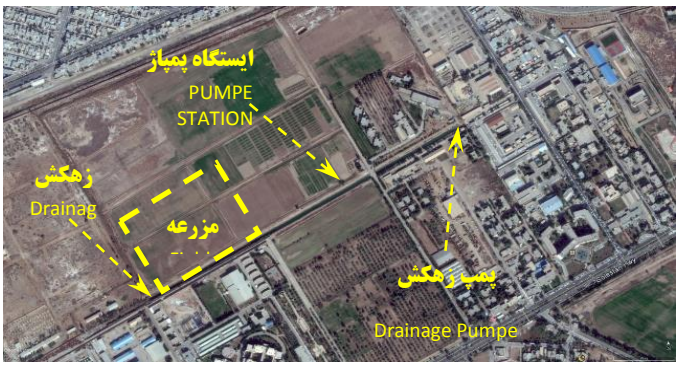


(الف)



(ب)

شکل ۱- شمای اجرا شده سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نواری (الف) و آبیاری سطحی (ب) در مزرعه



شکل ۲- ایستگاه تحقیقاتی اهواز و موقعیت مزرعه پژوهشی

در کشت گندم که از رقم رادیا استفاده شد، عامل اصلی در سامانه قطره‌ای نواری، فاصله‌های ۴۰،۶۰ و ۷۵ سانتی‌متر از همدیگر بین نوارهای قطره‌ای بودند. فاصله نوارهای ۷۵ سانتی‌متری براساس اصول طراحی سامانه قطره‌ای برای گیاهان ردیفی است لذا با کاهش این فاصله به ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر برای گیاهان متراکم مانند گندم، کلزا و یا برنج می‌توان عملکرد گیاه و روند املاح خاک در شرایط شور را پایش کرد. در هر تکرار، چهار نوار قطره‌ای (تیپ) و خط کشت به‌عنوان واحد آزمایشی در نظر گرفته شد؛ بنابراین برای کشت گندم نه واحد و برای کشت ذرت شش واحد اجرا گردید. نوارهای قطره‌ای اجرا شده دارای روزنه‌هایی با دبی دو لیتر بر ساعت و با فواصل ۲۰ سانتی‌متری از همدیگر بر روی نوار می‌باشند. در سامانه آبیاری سطحی (تیمار شاهد)، روش کرت نواری برای گندم

و روش‌های جوی و پشته (فارو) و کرت نواری برای هیبرید ذرت مورد استفاده قرار گرفت. کرت نواری به طول ۹۰ متر و عرض ۱۵ متر، طراحی و اجرا شد. نوار شیب‌دار در جهت عرض نوار، مسطح و در جهت طولی، شیبی حدود ۰/۰۰۲ متر بر متر داشت. برای جلوگیری از پخش و فرار جانبی آب در کرت نواری، مرزها به‌وسیله خاک پشته محدود شد. برای حذف رواناب در هر دو روش سطحی، انتهای کرت نواری و انتهای شیارها بسته بود و همچنین برای جلوگیری از تلفات، بلافاصله بعد از رسیدن جبهه آب به انتهای نوار و یا جویچه، ورودی آب به نصف تقلیل یافت. دور آبیاری برای سامانه سطحی براساس کمبود رطوبت خاک انجام شد. بر این اساس تعداد آبیاری برای کشت گندم شش بار و برای کشت ذرت ۱۰ بار بود. منبع تأمین آب پروژه حاضر یک ایستگاه پمپاژ در ساحل شرقی رودخانه کارون با مختصات "۶/۵ '۱۸ °۳۱ عرض شمالی و "۴۶/۶ '۳۹ °۴۸ طول شرقی بود که با استفاده از یک کانال سیمانی به طول ۲/۸ کیلومتر به محل ایستگاه پمپاژ مزرعه انتقال می‌یافت. به‌منظور پایش مقدار نمک موجود در آب در روش آبیاری سطحی، در هر نوبت آبیاری، شوری اندازه‌گیری شد و در روش آبیاری قطره‌ای نواری، اندازه‌گیری شوری آب به‌صورت هفتگی در دستور کار قرار گرفت. مقادیر متوسط نتایج آنالیز کیفی آب آبیاری در جدول (۲) آورده شده است. برحسب طبقه‌بندی فائو، آب آبیاری برای سه دوره کشت، لب شور بود. همچنین با توجه به نسبت جذب سدیم و مقدار شوری، می‌توان گفت که آب آبیاری تأثیری بر روی نفوذپذیری خاک نداشت.

جدول ۲- مقادیر متوسط کیفیت آب آبیاری در طول دوره تحقیق

نوع کشت	EC	pH	Ca	Mg	Na	Cl	Hco3	T.D.S	SAR	تأثیر بر روی نفوذپذیری خاک
	ds/m		meq/lit					mg/lit		
ذرت-سال اول	۲/۹	۷/۴۴	۵/۱۹	۵/۱۵	۱۵/۷۸	۱۳/۸۶	۰/۸۷	۱۵۰۶	۶/۹۵	بدون تأثیر
ذرت-سال دوم	۳/۱	۷/۹۲	۴/۴۲	۴/۳۹	۱۶/۰۶	۱۷/۲۳	۱/۰۶	۱۶۶۸	۷/۶۹	بدون تأثیر
گندم	۳/۲	۸/۱۸	۵/۰۹	۵/۰۵	۱۸/۸	۱۹/۴۶	۱/۱۶	۱۹۴۰	۸/۳۷	بدون تأثیر

در این تحقیق نمونه‌برداری از خاک مزرعه در پنج نوبت (قبل از کشت تا بعد از برداشت محصول) با هدف تعیین برخی خصوصیات شیمیایی برای پایش املاح (EC، pH، Cl^-، Na^+، SAR و ESP) خاک در چهار لایه ۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ و ۷۵-۱۰۰ سانتی‌متری از سطح خاک انجام شد. نمونه‌برداری در سامانه آبیاری قطره‌ای بین دو ردیف نوار قطره‌ای انجام شد این در حالی است که در قطعه تحت پوشش سامانه آبیاری سطحی، نمونه‌برداری در سه نقطه به‌صورت مرکب (ابتدا، وسط و انتهای نوار) به همین تعداد در هر چهار لایه خاک صورت گرفت. همچنین عملکرد دانه، ماده خشک هوایی برای ذرت و عملکرد، زیست‌توده (بیوماس)، شاخص برداشت و وزن هزار دانه برای گندم اندازه‌گیری و محاسبه شدند. برای آنالیز واریانس و مقایسه میانگین از روش حداقل تفاوت معنی‌دار استفاده شد. یکی از شاخص‌های مهم اندازه‌گیری و قابل قیاس در این تحقیق، بهره‌وری آب بود. در ابتدای تحقیق، نیاز آبی مورد نیاز گیاهان (ذرت و گندم) با توجه به هوا و اقلیم مرکز و جنوب خوزستان (بازه سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵)، بافت خاک مزرعه (رس‌سیلتی تا رس) و کیفیت آب رودخانه کارون (متوسط شوری سه دسی زیمنس بر متر) برآورد شد. محاسبات نیاز آبی با توجه به روش پنمن-مانتیث-فائو و در نظر گرفتن ضرایب گیاهی و میزان آبشویی ٪۱۶ و ٪۲۵ برای سامانه آبیاری سطحی و مقدار ٪۱۱ و ٪۲۰ برای سامانه آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب برای کشت گندم و ذرت انجام شد. راندمان کاربرد طراحی برای آبیاری قطره‌ای، ٪۹۰ و برای آبیاری سطحی ٪۶۵ در نظر گرفته شد. بعد از شروع تحقیق، حجم آب مصرفی در هر دور آبیاری برای سامانه آبیاری قطره‌ای نواری توسط کنتور حجمی نصب‌شده در ابتدای قطعه زراعی و برای

سامانه آبیاری سطحی از فلوم WSC تیپ چهار که در ابتدای کرت ورودی به مزرعه کالیبره شده بود، برآورد شد.

نتایج و بحث

نیاز آبی و حجم آب کاربردی

نیاز آبی گیاهان در مقایسه با اندازه‌گیری مزرعه‌ای در جدول (۳) آورده شده است. نتایج ارائه‌شده در جدول (۳) حاکی از آن است که حجم آب مورد نیاز در طول دوره رشد گیاه گندم در سامانه قطره‌ای ۵۴۴۵ مترمکعب در هکتار و برای سامانه سطحی ۷۹۵۰ مترمکعب در هکتار بود. این نتایج ضمن کاهش ۳۲ درصدی در سامانه قطره‌ای نسبت به آبیاری سطحی، نشان می‌دهد که حجم آب مصرفی برای کشت گندم در هر دو سامانه با مبانی طراحی و نیاز آبی تقریباً همخوان بود. در طول دوره آبیاری به‌خصوص در سامانه سطحی با نمونه‌گیری مرکب خاک قبل از آبیاری تا عمق ۵۰ سانتی‌متری و تعیین کمبود رطوبت خاک و اعمال ضریب MAD (از ۰/۷ در اوایل فصل رشد تا ۰/۵۵ در اواخر فصل رشد) و تطبیق آن با نیاز آبی محاسبه‌شده، مدیریت آبیاری مزرعه انجام شد. بارش به‌میزان ۵۹ و ۲۴ میلی‌متر به‌ترتیب در اسفندماه و فروردین‌ماه سال ۱۳۹۷، نیاز آبی گیاه گندم را تا حدی تأمین کرد. بر طبق جدول (۳) درکشت ذرت، آب‌داده شده به مزرعه کمتر از نیاز آبی محاسبه‌شده در طول فصل کشت بود. دلیل این امر آن است که روابط ریاضی محاسبات نیاز آبی برای شرایطی صادق هستند که رطوبت خاک منطقه ریشه همیشه در حالت بهینه بوده و هیچ‌گونه تنش محیطی مانند شوری، خشکی، بیماری و... به گیاه وارد نشود. حال آن‌که در شرایط واقعی کشت، انواع تنش‌های نامبرده شده با کیفیت‌ها و مقادیر مختلف وجود داشته و در نتیجه منطقی است که آب مورد نیاز واقعی گیاه که با مدیریت آبیاری براساس رطوبت خاک به مزرعه داده شده کمتر از نیاز آبی محاسبه‌شده در شرایط بهینه حاصل شود.

بررسی عملکرد ذرت در سامانه آبیاری قطره‌ای

در بررسی عملکرد ذرت در سامانه آبیاری تیپ، آنالیز واریانس و مقایسه میانگین به روش حداقل تفاوت معنی‌دار انجام شد. جداول (۴) و (۵) به ترتیب خلاصه نتایج آنالیز واریانس مرکب و مقایسه میانگین صفات برحسب سال و سطوح تیمار دور آبیاری برهیبرید سینگل‌کراس ۷۰۳ را بیان می‌کند.

جدول ۳- عمق آب کاربردی و نیاز آبی فصل کشت با در نظر گرفتن خاکاب اولیه

نوع کشت	سامانه آبیاری	تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	جز آبشویی (٪)	عمق آب کاربردی (mm)	نیاز آبی بر طبق مبانی طراحی (mm)
ذرت سال اول	سطحی- شیاری	۹۵/۵/۱۵	۹۵/۸/۳۰	۲۵	۹۷۸	۱۰۴۴
	سطحی- نواری	۹۵/۵/۱۵	۹۵/۸/۳۰	۲۵	۹۰۰	۱۰۴۴
	قطره‌ای-نواری	۹۵/۵/۱۵	۹۵/۸/۳۰	۲۰	۷۰۱	۸۱۰
ذرت سال دوم	سطحی- شیاری	۹۶/۵/۱۵	۹۶/۸/۲۵	۲۵	۹۵۰	۱۰۴۴
	سطحی- نواری	۹۶/۵/۱۵	۹۶/۸/۲۵	۲۵	۹۴۰	۱۰۴۴
	قطره‌ای-نواری	۹۶/۵/۱۵	۹۶/۸/۲۵	۲۰	۷۸۹	۸۱۰
گندم	سطحی- نواری	۹۶/۰۹/۱۵	۹۷/۰۲/۱۶	۱۶	۷۹۵	۷۷۷
	قطره‌ای-نواری	۹۶/۰۹/۱۵	۹۷/۰۲/۱۶	۱۱	۵۴۴	۵۸۳

جدول ۴- نتایج آنالیز واریانس مرکب کشت ذرت در سامانه آبیاری قطره‌ای

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		عملکرد دانه	ماده خشک اندام‌های هوایی
سال	۱	۰/۱۳۴$^{n.s}$	۰/۹۹۲$^{n.s}$
خطا	۴	۰/۹۶۶	۶/۰۳۵
دور آبیاری	۱	۳/۵۷۵*	۲/۷۷۴$^{n.s}$
سال × دور آبیاری	۱	۰/۰۱۸$^{n.s}$	۰/۹۹$^{n.s}$
خطا	۴	۰/۱۹۹	۲/۴۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۰/۰۲	۱۴/۲۱

n.s: عدم تفاوت معنی‌دار * :تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول ۵-مقایسه میانگین صفات مورد بررسی برحسب سال، دور آبیاری و اثرمتقابل درکشت ذرت

	تیمار	میانگین صفات در سطح احتمال پنج درصد*(تن در هکتار)	
		عملکرد دانه	ماده خشک اندام‌های هوایی
سال	اول	۸/۸۱	۱۳/۳۱
	دوم	۸/۶	۱۲/۷۴
دور آبیاری	دو روزه	۸/۱۶ b	۱۲/۵۴
	چهار روزه	۹/۲۵ a	۱۳/۵۱
اثر متقابل	سال اول × دور ۲ روزه	۸/۳۱	۱۲/۹۲
	سال اول × دور ۴ روزه	۹/۳۲	۱۳/۷۰
	سال دوم × دور ۲ روزه	۸/۰۲	۱۲/۱۷
	سال دوم × دور ۴ روزه	۹/۱۹	۱۳/۳۱

*: در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست

تجزیه مرکب مشخص نمود که تنها اثر دور آبیاری در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه تفاوت آماری را پدید آورد و اثر تیمار سال و برهم‌کنش سال در دور آبیاری معنی‌دار نشد. همچنین هیچ یک از عوامل و اثر متقابل آن‌ها بر ماده خشک اندام‌های هوایی معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج به‌دست‌آمده از اثر متقابل سال و دور آبیاری نشان داد که در سال اول، عملکرد دانه برای رژیم آبیاری دو و چهار روزه به ترتیب ۸/۳۱ و ۹/۳۲ تن در هکتار بود این درحالی است که این مقدار در سال دوم به‌ترتیب ۸/۰۲ و ۹/۱۹ تن در هکتار رسید (جدول ۵). این افزایش نسبی در دور آبیاری چهار روزه نسبت به دور دو روزه برای سال اول ٪۱۲ و برای سال دوم ٪۱۴ بود. شاید بتوان چنین گفت که با توجه به بافت سنگین خاک و یکسان بودن حجم آب کاربردی در هر دو تیمار رژیم آبیاری، برای شرایط آبیاری هر چهار روز یک‌بار، گیاه توانسته است به‌سبب تهویه بهتر در منطقه ریشه، استفاده مناسب‌تر از عناصر غذایی و کارایی بیشتر مصرف آب خاک، عملکرد دانه و ماده خشک هوایی بیشتری نسبت به دور آبیاری هر دو روز یک‌بار داشته باشد. این نتیجه با تحقیق اکتم (۲۰۰۶) منطبق است.

بررسی عملکرد گندم در سامانه آبیاری قطره‌ای

در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گندم، تجزیه واریانس در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری و مقایسه میانگین تأثیر فواصل نوارها بر عملکرد و اجزای آن با مقایسه تیمار شاهد (آبیاری سطحی) درجدول‌های (۶) و (۷) آورده شده است.

جدول ۶- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد کشت گندم در سامانه قطره‌ای

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی	عملکرد دانه	بیوماس	شاخص برداشت	وزن هزار دانه
تکرار (R)	۲	۲۸۶۸۰۸$^{n.s}$	۸۶۳۵۷۵$^{n.s}$	۱/۶۵۸$^{n.s}$	۱۰/۶۰$^{n.s}$
آبیاری (I)	۳	۸۲۵۱۹$^{n.s}$	۴۰۵۵۶۶$^{n.s}$	۰/۸۵۶$^{n.s}$	۲/۲۹۴$^{n.s}$
خطای (a)	۶	۳۳۷۵۵۲	۱۳۱۸۱۷۵	۷/۰۲۷	۶/۶۷۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۳/۱۹	۱۱/۷۷	۵/۸۶	۶/۰۳

n.s: عدم تفاوت معنی‌دار * :تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد ** :تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۷–مقایسه میانگین تأثیر فاصله نوارهای قطره‌ای بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

تیمار	میانگین صفات و مقایسه آن‌ها به روش آزمون دانکن (در سطح احتمال پنج درصد)*			
	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)	بیوماس (کیلوگرم بر هکتار)	شاخص برداشت	وزن هزار دانه (گرم)
(I_1)	۴۴۰۰ ^{a}	۹۸۳۰ ^{a}	۴۵/۱۱ ^{a}	۴۳/۳۳ ^{a}
(I_2)	۴۲۴۳ ^{a}	۹۵۷۳ ^{a}	۴۴/۵۸ ^{a}	۴۲/۶۳ ^{a}
(I_3)	۴۳۴۰ ^{a}	۹۳۸۳ ^{a}	۴۵/۸۷ ^{a}	۴۳/۷۲ ^{a}
(I_4)	۴۶۳۳ ^{a}	۱۰۲۳۳ ^{a}	۴۵/۳۵ ^{a}	۴۱/۷۳ ^{a}

*: درهرستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست. I_1: آبیاری قطره‌ای بافاصله نوار ۴۰ سانتی‌متری، I_2: آبیاری قطره‌ای بافاصله نوار ۶۰ سانتی‌متری و I_3: آبیاری قطره‌ای بافاصله نوار ۷۵ سانتی‌متری و I_4: آبیاری سطحی (شاهد)

بر این اساس میزان عملکرد دانه، زیست‌توده (بیوماس)، شاخص برداشت و وزن هزار دانه در هر دو سامانه آبیاری سطحی و قطره‌ای نواری برای تمامی تیمارهای مختلف در هیچ سطحی اختلاف معنی‌دار نداشتند. قره‌داغی و همکاران (۱۳۹۸) که در یک خاک لومی تحقیق کردند، نشان دادند که فاصله قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متری در همه سطوح فواصل لاترال (۴۵،۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر) برای کشت گندم بالاترین عملکرد را از خود نشان داد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در تحقیق حاضر به‌دلیل بافت خاک رسی و غالب بودن حرکت جریان افقی باوجود افزایش فاصله نوارهای قطره‌ای از همدیگر، میزان عملکرد و اجزا عملکرد هر چند کاهش محسوسی داشت اما اختلاف معنی‌داری نداشتند. این درحالی است که درخاک‌های با بافت سبک تا متوسط درتیمارهای بافاصله لاترال بیشتر به دلیل عدم همپوشانی جبهه رطوبتی در فواصل بین دولاترال و کمبود رطوبت، عملکرد کاهش می‌یابد (قره داغی و همکاران، ۱۳۹۸. چن و همکاران، ۲۰۱۵).

بهره‌وری آب

مجموع نتایج عملکردی و میزان بهره‌وری آب در سه فصل کشت برای دو سامانه آبیاری سطحی و قطره‌ای نواری در جدول (۸) آورده شده است. از تقسیم میزان عملکرد (دانه و زیست‌توده و یا ماده خشک هوایی) بر میزان آب کاربردی (جدول ۳)، بهره‌وری آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

بر طبق جدول (۸) میزان بهره‌وری آب ذرت در سال دوم کشت نسبت به سال اول برای هر دو سامانه آبیاری، روندی کاهشی داشت. این روند کاهشی برای سامانه قطره‌ای نواری نسبت به سامانه سطحی محسوس‌تر بود. به‌طوری‌که میزان کاهش در رژیم آبیاری دو روزه ۱۸٪ و برای رژیم آبیاری چهار روزه ۱۴٪ بود. از دلایل اصلی کاهش محسوس بهره‌وری آب در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری در سال دوم نسبت به سال اول، افزایش عمق آب کاربردی (جدول ۳) در سال دوم با هدف جلوگیری از کاهش عملکرد به‌علت افزایش شوری خاک بود.

جدول ۸- نتایج عملکردی و بهره‌وری آب

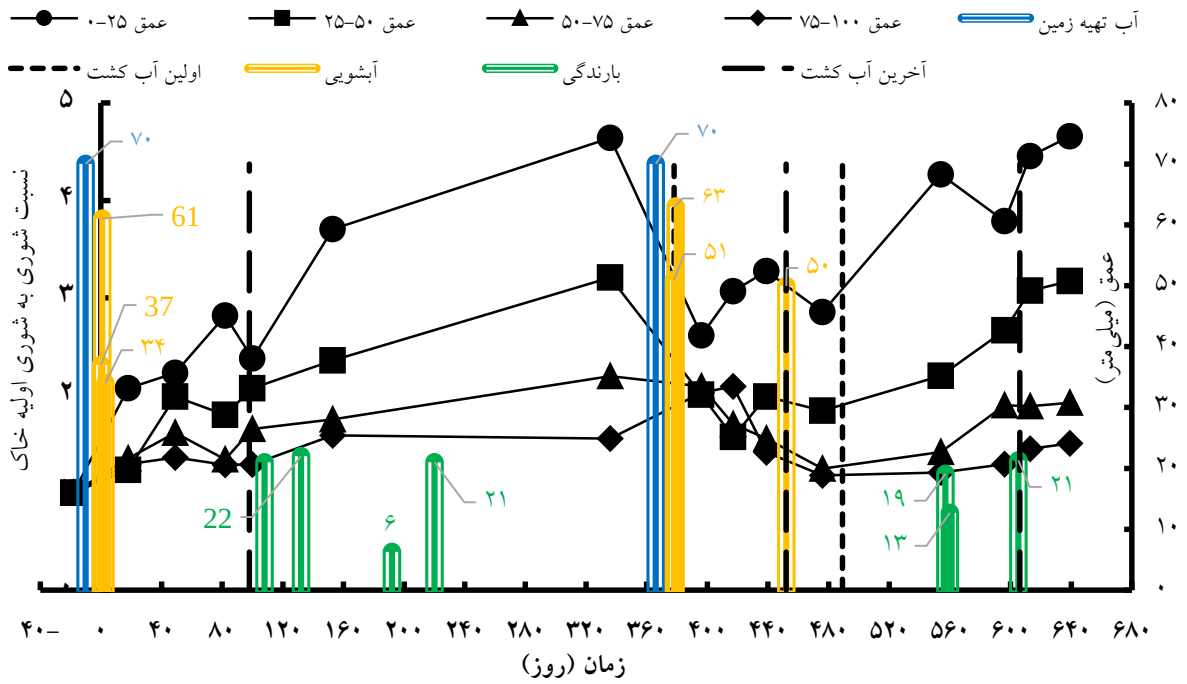
روش آبیاری	رژیم/فاصله نوار (روز/سانتی‌متر)	عملکرد (تن در هکتار)		بهره‌وری (کیلوگرم بر مترمکعب)	
		علوفه خشک/زیست‌توده	دانه	علوفه خشک/زیست‌توده	دانه
		کشت اول ذرت (برحسب دور آبیاری)			
قطره‌ای	۲	۱۲/۹۳	۸/۳۱	۱/۸۴	۱/۱۸
	۴	۱۳/۷	۹/۳۲	۱/۹۵	۱/۳۲
سطحی- شیاری	---	۱۲/۵۲	۷/۸۱	۱/۲۸	۰/۸
سطحی- کرتی	---	۱۵/۲۰	۹/۷۳	۱/۶۹	۱/۰۸
		کشت دوم ذرت (برحسب دور آبیاری)			
قطره‌ای	۲	۱۲/۱۷	۸/۰۲	۱/۵۴	۱/۰۱
	۴	۱۳/۳۱	۹/۱۹	۱/۶۸	۱/۱۶
سطحی- شیاری	---	۱۱/۳۵	۷/۷۲	۱/۱۹	۰/۸۱
سطحی- کرتی	---	۱۴/۸۷	۹/۲۴	۱/۵۸	۰/۹۸
		کشت گندم (برحسب فاصله نوار)			
قطره‌ای	۴۰	۹/۸۳	۴/۴۰	۱/۸۰	۰/۸
	۶۰	۹/۵۷	۴/۲۴	۱/۷۵	۰/۷۸
	۷۵	۹/۳۸	۴/۳۴	۱/۷۳	۰/۸
سطحی- نواری	---	۱۰/۳۶	۴/۶۷	۱/۳	۰/۵۹

با این حال به‌علت حجم آب آبیاری کمتر و عملکرد مناسب سامانه قطره‌ای، میزان بهره‌وری آب در عملکرد علوفه‌ای و دانه‌ای به‌ترتیب بعد از دو سال کاشت۱۶٪ و ۲۱٪ نسبت به سامانه سطحی بیشتر بود که نشان‌دهنده شرایط مناسب این روش آبیاری است. نتایج این پژوهش با تحقیقات (نصرالهی و همکاران، ۱۳۹۴) که نشان دادند میزان کاهش عملکرد در سامانه قطره‌ای با افزایش شوری در مقایسه با آبیاری سطحی به‌مراتب کمتر است، همخوان هست. این مسئله ناشی از کارایی آبیاری قطره‌ای با آب شور و لب شور است و به‌نظر می‌رسد با مدیریت دقیق‌تر در سامانه آبیاری قطره‌ای بتوان کاهش محصول را به حداقل رساند (نصرالهی و همکاران،۱۳۹۴). همچنین بر طبق جدول (۸) مقایسه دو روش در سامانه آبیاری سطحی نشان می‌دهد که عملکرد و بهره‌وری در روش آبیاری کرت نواری به‌ترتیب ۲۵٪ و ۲۷٪ بیشتر از آبیاری جوی و پشته است. کاهش عملکرد و به‌دنبال آن کاهش بهره‌وری آب در روش آبیاری جوی و پشته نسبت به روش کرت نواری و حتی سامانه آبیاری قطره‌ای نواری به‌دلیل کشت بذر در داغاب و هجوم شوری به سمت بدنه و پشته‌ها بود. این درحالی است که در روش کرت نواری، بذرها در کف کاشته شدند و تجمع نمک به خارج از جبهه رطوبتی اتفاق افتاد. همچنین در سامانه قطره‌ای نواری به‌دلیل دور کوتاه آبیاری و مرطوب بودن دائم در منطقه کاشت بذر، تجمع نمک در حاشیه خارجی پیاز رطوبتی روزنه‌های آبده تشکیل می‌گردید. (لیو و همکاران،۲۰۱۳؛ وانگ و همکاران،۲۰۱۱) نشان دادند که سامانه آبیاری قطره‌ای، خاک اطراف ریشه گیاه را مرطوب و ردیف‌های بین کشت را به‌طور تقریبی خشک نگه می‌دارد؛ بنابراین سامانه آبیاری قطره‌ای یکی از مناسب‌ترین تکنیک‌های آبیاری بوده که برای خاک‌های شور و سدیمی مورد استفاده قرار گرفته است. سایرام و

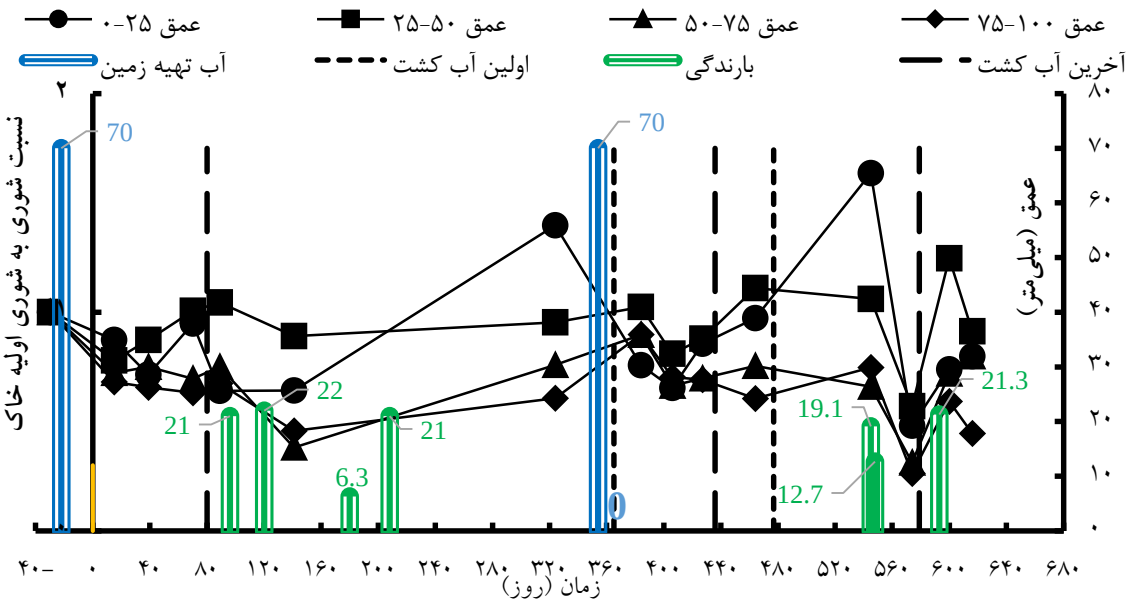
تیاگی (۲۰۰۴) تنش رطوبتی ناشی از تجمع نمک، سمیت یون سدیم و عدم توازن به‌وجود آمده در اثر برهم‌کنش نمک و عناصر غذایی موجود در خاک را از دلایل اصلی کاهش عملکرد محصولات به‌واسطه شوری می‌دانند. در نهایت برای کشت ذرت بر طبق جدول (۸) در مقایسه میزان بهره‌وری آب برای رژیم‌های آبیاری دو و چهار روزه در سامانه قطره‌ای، با توجه به حجم آب آبیاری ثابت، رژیم چهار روزه نسبت به رژیم دو روزه افزایش ۱۲ درصدی داشت؛ اما برای کشت گندم بر طبق همین جدول، بهره‌وری آب در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری (تیپ) نسبت به سامانه آبیاری سطحی افزایش ۳۵ درصدی داشت. همچنین میزان بهره‌وری آب برای فواصل مختلف نوارهای قطره‌ای از همدیگر (۶۰،۴۰ و ۷۵ سانتی‌متر) اختلاف معنی‌داری نداشتند و می‌توان نتیجه گرفت که در خاک‌های با بافت سنگین، گندم و گیاهان متراکم را می‌توان بافاصله نوار قطره‌ای ۷۵ سانتی‌متری که مناسب برای گیاهان ردیفی است، اجرا و بهره‌برداری کرد. در مقایسه میزان بهره‌وری آب در کشت ذرت و گندم برای سامانه قطره‌ای بر طبق جدول (۸)، بهره‌وری آب در عملکرد دانه‌ای ذرت افزایشی ۵۵ درصدی نسبت به گندم داشت. این افزایش محسوس به دلیل ردیفی بودن کشت ذرت و تجمع نمک در پیرامون سطح خیس شده که خارج از محیط ریشه و حد واسط ردیف‌های کشت بوده، است. این درحالی است که گیاهانی با کشت متراکم مانند گندم از این مزیت سامانه قطره‌ای برخوردار نخواهند بود. این مهم کارایی بودن سامانه قطره‌ای برای گیاهان ردیفی را افزایش می‌دهد. در این تحقیق به‌دلیل یکسان بودن مقدار آب آبیاری برای کلیه تیمارها، به‌نظر می‌رسد عامل تأثیرگذار بر میزان بهره‌وری آب مقادیر عملکرد دانه، زیست‌توده و یا ماده خشک هوایی است. این مسئله با نتایج تحقیق قره‌داغی و همکاران (۱۳۹۸) همخوانی داشت. همچنین افشار و همکاران (۱۳۹۱) و قره‌داغی و همکاران (۱۳۹۸) برای کشت گندم دریک بافت خاک متوسط، بالاترین کارایی مصرف آب را در کمترین فاصله نوار آبیاری و بافاصله قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متر تشخیص دادند.

تحلیل تغییرات املاح خاک

به‌منظور تحلیل تغییرات شوری خاک، زمان اولین آب در سال اول کشت به‌عنوان مبدأ مختصات زمان (محور افقی در شکل‌ها) در نظرگرفته شد و اولین نمونه قبل از کشت با علامت منفی و باقیمانده نمونه‌ها با علامت مثبت با واحد روز نشان داده شدند. در روش آبیاری قطره‌ای، زمان اولین آب کشت اول ذرت روز صفر، زمان آخرین آب آن، روز ۹۸، زمان اولین آب کشت دوم ذرت روز ۳۷۸، زمان آخرین آب آن ۴۵۲، زمان اولین آب کشت گندم روز ۴۸۹ و زمان آخرین آب آن روز ۶۰۶ است. این مقادیر برای آبیاری سطحی به‌ترتیب صفر، ۸۰، ۳۶۵، ۴۳۶، ۴۷۷ و ۶۱۶ است. همچنین مهم‌ترین وقایعی که می‌تواند بر روی رفتار شوری خاک تأثیرگذار باشد شامل زمان‌های آبیاری، بارندگی، آبشویی و آب تهیه زمین است که به تفکیک آورده شده است. با توجه به این‌که در رژیم آبیاری چهار روزه برای کشت ذرت عملکرد بهتری حاصل شد و همچنین عملکرد گندم در فواصل مختلف کارگذاری نوارهای قطره‌ای اختلاف معنی‌داری نداشت لذا پایش تغییرات شوری در طول دوره تحقیق برحسب فاصله ۷۵ سانتی‌متر و رژیم آبیاری چهار روزه در این مقاله انجام شد. شکل‌های (۳ و ۴) تغییرات مقدار نسبت شوری عصاره اشباع خاک (EC_e) در طول دوره تحقیق را نشان می‌دهد.



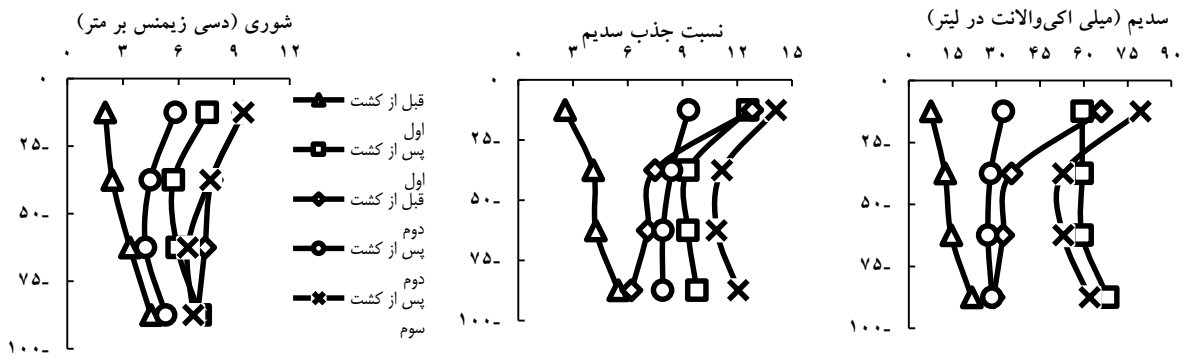
شکل ۳- تغییرات شوری عصاره اشباع خاک در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری



شکل ۴- تغییرات شوری عصاره اشباع خاک در سامانه آبیاری سطحی

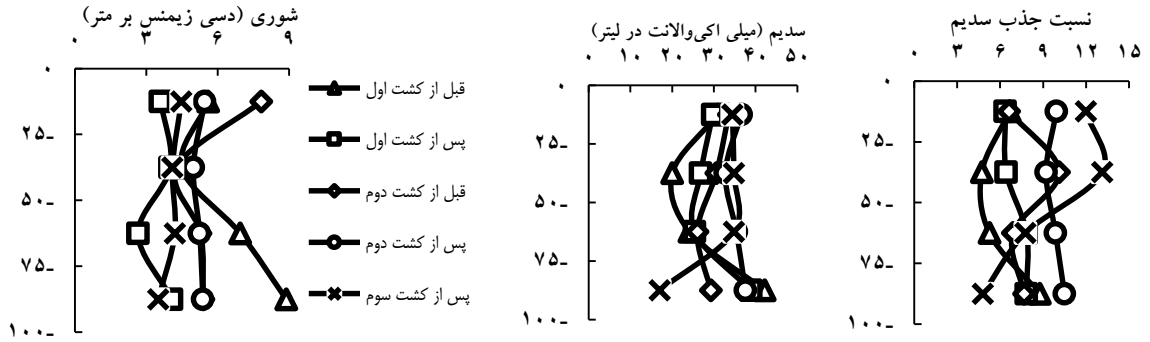
با توجه به اشکال (۳ و ۴) می‌توان بیان نمود که در ابتدای اولین فصل کشت (تابستان ۱۳۹۵ و گیاه ذرت) با شروع عملیات آبیاری، مقدار شوری خاک بین دو لاترال فرعی (پیرامون سطح خیس شده اطراف روزنه‌های آبده) در سامانه قطره‌ای به‌دلیل تجمع املاح شروع به افزایش نمود این درحالی‌است که در روش آبیاری سطحی، روند کاهشی مشاهده شد. در سامانه قطره‌ای، افزایش شوری خاک در میانه فصل کشت، بیشترین مقدار را نشان داد و دلیل آن انطباق این دوره با زمان توسعه رویشی ذرت و حداکثر نیاز آبی محصول بود. این دوره حد فاصله زمانی ۲۰ تا ۶۰ روز پس از کاشت است. در انتهای فصل اول تحقیق با توجه به کاهش نیازآبی گیاه و افزایش نسبت آب

کاربردی به کمبود رطوبتی خاک، شوری خاک برای سامانه قطره‌ای رو به کاهش نهاد زیرا در این زمان بخش بیشتری از آب صرف آبشویی شد. همچنین در اولین فصل کاشت، نیمرخ عمقی شوری خاک برای سامانه قطره‌ای مطابق با انتظار در جهت حرکت به سمت عمق، روند کاهشی نشان داد؛ اما در سامانه سطحی، انجام آبیاری در طول کشت سال اول در ابتدا شوری را کاهش داد ولی با ادامه روند رشد گیاه، میزان شوری ضمن کاهش در لایه سطحی، برای لایه‌های میانی به‌خصوص ۵۰-۲۵ سانتی‌متری خاک رو به افزایش نهاد که این امر نشان از تجمع املاح در این لایه داشت. در فاصله زمانی دو فصل کاشت ذرت، مقدار شوری خاک به‌ویژه در لایه سطحی برای دو سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی به‌ترتیب افزایشی ۲۰۰ و ۴۵ درصدی نشان داد. این مهم به‌دلیل آیش مزرعه، تبخیر بالا و بارش بسیار کم بود. این شرایط، بستر را برای حرکت جبهه رطوبتی از لایه‌های زیرین خاک به سمت سطح فراهم نموده و موجب افزایش شوری در ابتدای سال دوم کشت نسبت به انتهای سال اول شد. البته با شروع عملیات آبیاری مقدار شوری در سطح خاک تا بیش از ۱۰۰ درصد برای سامانه قطره‌ای کاهش یافت. با توجه به شکل‌های (۳ و ۴) تغییرات شوری عصاره اشباع خاک قبل از شروع تحقیق تا پایان فصل سوم کشت (گندم) برای سامانه قطره‌ای نواری به‌طور میانگین تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک ۲/۷۵ برابر افزایش یافت. بیشتر افزایش در لایه سطحی خاک (۲۵-۰ سانتی‌متری) با ۴/۵ برابر افزایش نسبت به قبل از شروع تحقیق بود. این مهم ضمن تبخیر از سطح خاک به‌دلیل تجمع نمک خارج از محیط پیاز رطوبتی روزنه‌های آبده بود. بر همین اساس است که توصیه می‌شود در زمان بارندگی با داشتن روش قطره‌ای از سامانه استفاده گردد که از تجمع نمک ناشی از باران در ناحیه ریشه جلوگیری شود. این در حالی است که در سامانه سطحی تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری زمین به‌طور متوسط ۲۵ درصد کاهش سطح شوری نسبت به قبل از شروع تحقیق اتفاق افتاد. وان و همکاران (۲۰۱۰)، وانگ و همکاران (۲۰۱۵) و خوش‌سیمای و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی تغییرات شوری خاک برای سامانه قطره‌ای، بیشترین افزایش شوری را در لایه سطحی خاک بیان کردند. در خصوص تحلیل حرکت املاح در خاک، از تأثیر وجود ریشه در نیمرخ خاک نمی‌توان غافل بود. با رشد گیاه و توسعه ریشه در خاک، بخش اعظمی از حجم خلل و فرج خاک با ریشه جایگزین شده و در نتیجه چگالی ظاهری خاک مزرعه نسبت به قبل از کشت متفاوت خواهد شد لذا در واقعیت سهم آبشویی از آب آبیاری بیشتر از مقدار پیش‌بینی‌شده است. از سوی دیگر در مرز بین ساختمان خاک و بدنه ریشه، پتانسیل برای شکل‌گیری جریان ترجیحی بوجود خواهد آمد که خود بر روی شستشوی نمک از اطراف ریشه تأثیر مثبت خواهد داشت. لذا منطقی به‌نظرمی‌رسد که در انتهای هر فصل کشت، با وجود نیاز آبی بیشتر گیاه و توسعه بیشتر ریشه، آبشویی مؤثرتر و شوری کاهش یابد. شکل (۵) تغییرات عمقی شوری، سدیم و نسبت جذب سدیم در خاک برای سامانه آبیاری قطره‌ای نواری را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۵) می‌توان بیان نمود که پس از اتمام هر دوره کاشت، مقدار این پارامترها افزایش چشم‌گیری نشان داد ولی با شروع فصل جدید به‌طور موقت روندی کاهشی داشت.



شکل ۵- تغییرات عمقی شوری، سدیم و نسبت جذب سدیم-سامانه قطره‌ای-محور عمودی، عمق در نیمرخ خاک (سانتی‌متر)

به‌طورکلی با انجام سه نوبت کشت در دو سال متوالی و با رعایت یک فصل آیش بین دو کشت تابستانه، مقدار پارامترهای شیمیایی خاک نسبت به ابتدای تحقیق افزایش محسوسی را نشان داد. از سوی دیگر با نگاهی دقیق‌تر به روند تغییرات، مشاهده می‌شود که تقریباً در تمامی موارد با گذر از عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک، رفتار تغییرات شوری، سدیم و نسبت جذب سدیم تغییر نموده که دلیل آن تأثیر سطح آب زیرزمینی با توجه به کاربرد آب آبیاری با عمق کم ولی به‌صورت منظم بوده است. خوش‌سیمای و همکاران (۱۳۹۸) در ارزیابی سامانه قطره‌ای با کیفیت آب‌های متفاوت نشان دادند که شوری خاک با عمق کاهش می‌یابد و بیشترین شوری خاک مربوط به لایه ۲۰-۰ سانتی‌متری بود که نسبت به لایه ۴۰-۲۰ سانتی‌متری ٪۲۸ بیشتر بود. مچکپشنی و همکاران (۲۰۱۷) و وانگ و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقات جداگانه‌ای به این مهم اشاره کرده بودند. چاوهان و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که شوری خاک با عمق کاهش یافته و حداقل شوری در اعماق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری بوده است. دیاز و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی بیان کردند که سطح سدیم تبادلی در مقایسه با خاک اولیه در شوری‌های آب آبیاری بالاتر از ۲/۵ دسی زیمنس بر متر افزایش می‌یابد. طاهری و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی الگوی توزیع شوری و سدیم خاک تحت آبیاری قطره‌ای باغات زیتون بیان کردند که تجمع شوری و سدیم در لایه سطحی خاک بیشتر است. در شکل (۶) این تغییرات برای سامانه سطحی نشان داده‌شده است. با توجه به شکل (۶) مشخص است تغییرات املاح در این روش آبیاری بسیار کمتر از سامانه قطره‌ای بوده به نحوی‌که مقدار شوری خاک پس از اتمام تحقیق کاهش یافته ولی مقدار سدیم و نسبت جذب سدیم روندیافزایشی داشته است. نحوه تغییر نیمرخ عمقی املاح نشان از تفاوت در ماهیت حرکت جبهه رطوبت در روش آبیاری سطحی داشت که بیانگر جابجایی نمک به لایه‌های پایینی و نهایت توزیع یکنواخت‌تر نمک در نیمرخ عمقی بود.



شکل ۶- تغییرات عمقی شوری، سدیم و نسبت جذب سدیم-سامانه سطحی-محور عمودی، عمق در نیمرخ خاک (سانتی‌متر)

بررسی تغییرات طبقه‌بندی خاک در طول زمان

در بررسی تغییرات طبقه‌بندی خاک از پارامتر درصد سدیم قابل تبادل(ESP) استفاده شد که با نسبت جذب سدیم (SAR) ارتباط دارد. روند تغییرات کیفی خاک در ابتدا و انتهای سه فصل کاشت برای مزرعه مورد مطالعه در جدول (۹) آورده شده است. بر طبق این جدول روش قطره‌ای، موجب کاهش کیفیت خاک مزرعه در طول سه فصل کشت شد. به نحوی‌که خاک غیرشور-غیرسدیمی (ECe=3.09dS/m ,ESP=6.18%) ابتدای تحقیق به‌طور کامل شور شد و به وضعیت سدیمی شدن نزدیک گردید (ECe=7.63dS/m, ESP=12.63%). لازم به یادآوری است که پایش خاک در پیرامون سطح خیس شده قطره‌چکان‌ها و حدفاصل نوارهای قطره‌ای انجام شد. در آبیاری قطره‌ای، الگوی خیس شدگی خاک اطراف قطره‌چکان پس از آبیاری نشان می‌دهد که مقدار رطوبت خاک در نزدیک قطره‌چکان بیشترترین و در پیرامون سطح خیس شده کمترین است. این درحالی است که شوری خاک زیر قطره‌چکان جایی که تراکم ریشه بیشتر است معمولاً کم تا متوسط است، لیکن بافاصله از قطره‌چکان افزایش می‌یابد (هانسون،۲۰۱۲ و دهقانی سانیچ و همکاران، ۲۰۰۶). بر همین اساس در سامانه قطره‌ای با وجود شور شدن خاک در پیرامون سطح خیس شده اطراف قطره‌چکان‌ها، اما به‌دلیل آبشویی مناسب ناشی از دور آبیاری کوتاه و بالانگه‌داشتن پتانسیل آب‌وخاک در زیر قطره‌چکان، باعث می‌شود ریشه گیاه راحت‌تر برداشت آب را انجام داده و شرایط برای عملکرد بهینه گیاه فراهم شود. همان‌طور که در جدول (۹) مشاهده می‌شود آبیاری سطحی موجب بهبود کیفیت خاک در سطح مزرعه شد به‌نحوی‌که خاک شور (ECe=6.5dS/m, ESP=9.45%) ابتدای سال اول کشت ذرت را به خاک غیرشور-غیرسدیمی در انتهای فصل سوم کشت (گندم) تبدیل نمود (ECe=4dS/m, ESP=9.13%).

جدول ۹-روند تغییرات شوری خاک تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متری در سامانه آبیاری قطره‌ای و سطحی

روش آبیاری	پارامتر	قبل از کشت اول-ذرت	پس از کشت اول-ذرت	قبل از کشت دوم-ذرت	پس از کشت دوم-ذرت	پس از کشت سوم-گندم
قطره‌ای-نواری	EC_e (dS/m)	۳/۰۹	۶/۶	۷/۹۳	۴/۹۶	۷/۶۳
	ESP (%)	۶/۱۸	۱۳/۷۵	۸/۸۸	۸/۷۶	۱۲/۶۳
	نوع خاک	غیرشور-غیرسدیمی	شور-غیرسدیمی	شور-غیرسدیمی	شور-غیرسدیمی	شور-غیرسدیمی
سطحی	ECe (dS/m)	۶/۵	۳/۵۸	۵/۷	۵/۲۷	۴
	ESP (%)	۹/۴۵	۱۰/۳۳	۷/۸۱	۱۰/۳	۹/۱۳
	نوع خاک	شور-غیرسدیمی	غیرشور-غیرسدیمی	شور-غیرسدیمی	شور-غیرسدیمی	غیرشور-غیرسدیمی

نتیجه‌گیری

در این تحقیق سامانه قطره‌ای نواری برای کشت‌های زراعی ذرت و گندم در یکی از مزارع پژوهشی ایستگاه تحقیقات اهواز، به‌عنوان نماینده‌ای از اقلیم مرکز، جنوب غرب و جنوب خوزستان، طراحی، اجرا و پایش شد. نتایج این تحقیق نشان داد که حجم آب کاربردی در سامانه قطره‌ای برای کشت‌های ذرت و گندم به‌ترتیب به‌میزان ٪۲۴ و ٪۳۲ نسبت به سامانه سطحی کمتر بود. به‌علت حجم آب آبیاری کمتر و عملکرد مناسب در سامانه قطره‌ای، میزان بهره‌وری آب در کشت ذرت برای عملکرد علوفه‌ای و دانه‌ای به‌ترتیب ٪۱۶ و ٪۲۱ و در کشت گندم به میزان ٪۳۵ نسبت به سامانه آبیاری سطحی بیشتر بود که نشان‌دهنده شرایط مناسب این روش آبیاری است. همچنین برای کشت گندم در فواصل مختلف نوارهای قطره‌ای از همدیگر (۶۰،۴۰ و ۷۵ سانتی‌متر)، میزان بهره‌وری آب اختلاف معنی‌داری نداشت و می‌توان درخاک‌های با بافت سنگین، گیاهان متراکم را بافاصله ۷۵ سانتی‌متری که مناسب برای گیاهان ردیفی است، اجرا کرد. در تحلیل پایش خاک، سامانه قطره‌ای موجب کاهش کیفیت خاک شد. به‌نحوی‌که خاک غیرشور- غیرسدیمی ابتدای تحقیق، بعد از سه فصل کاشت، شور گردید و به وضعیت سدیمی شدن نزدیک شد. بیشترین افزایش در لایه سطحی خاک (۲۵-۰ سانتی‌متری)

بود. این درحالی است که سامانه آبیاری سطحی موجب بهبود کیفیت خاک شد به‌طوری‌که خاک شور در ابتدای اولین فصل کشت به خاک غیرشور–غیرسدیمی در انتهای فصل کشت سوم تبدیل شد. با وجود شور شدن خاک در پیرامون سطح خیس شده اطراف قطره‌چکان‌ها که خارج از محدوده ریشه گیاه بود، رشد و عملکرد گیاهان در سامانه آبیاری قطره‌ای بالاتر بود و این مهم به‌دلیل بالا نگه‌داشتن پتانسیل آب خاک در محیط اطراف ریشه بود که تجمع نمک را کاهش داده و رشد بهتر گیاه را با وجود آب شور محقق ساخت. در مناطق مرکزی و جنوبی خوزستان با وجود بافت خاک سنگین و آب شور زیرزمینی کم عمق درصورت استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای به‌منظور حفظ تعادل املاح در خاک، زهکشی اراضی و آبشویی در پایان فصل زراعی و یا هم‌زمان با شروع کشت در سطح مزرعه انجام شود. هرچند که منطقی به‌نظر می‌رسد در انتهای هر فصل کشت، با وجود نیاز آبی بیشتر گیاه و توسعه بیشتر ریشه، آبشویی موثرتر بوده و کیفیت خاک بهبود یابد.

فهرست منابع

۱. افشار، ه. ۱۳۹۱. اثر فاصله لاترال و فاصله روزنه در آبیاری قطرهای بر روی عملکرد گندم. گزارش نهائی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی. سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی.

۲. خوش سیمای چنار، م. و نوری، ح. ۱۳۹۸. اثر آبیاری قطره ای(نوار تیپ) با آب شور بر برخی ویژگیهای شیمیایی خاک. نشریه پژوهش آب در کشاورزی،۳۳(۴):۵۸۱-۵۶۵.

۳. رحیمیان، م. ح. ۱۳۹۱. تعیین فاصله اپتیمم نوارها در آبیاری قطره‌ای گندم. اولین همایش ملی مدیریت آب درمزرعه. خرداد ماه ۱۳۹۱. کرج. ایران. ۷-۲.

۴. قدمی فیروزآبادی، ع.، چایچی، م.و سیدان، س. م. ۱۳۹۶. اثر سامانه‌های آبیاری بر عملکرد و بهره‌وری آب سه ژنوتیپ گندم و ارزیابی اقتصادی آنها در همدان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی،۳۱(۲):۱۴۹-۱۳۹.

۵. قره داغی، م.م.، طباطبایی، م.، معرف پور، ع. و حسین پناهی، ف. ۱۳۹۸. تاثیر فاصله لترال‌ها و قطره چکانها بر عملکرد و کارایی مصرف آب گندم در سامانه آبیاری قطره‌ای نواری. نشریه پژوهش آب در کشاورزی،۳۳(۴):۶۶۰-۶۴۵.

۶. طاهری، م.، طاهری، م.، عباسی، م.، مصطفوی، ک. و واحدی، س. ۱۳۹۵. بررسی الگوی توزیع شوری و سدیم خاک تحت آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی درباغات زیتون فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب.۷(۲۶):۱۴۱-۱۲۷.

۷. عباسی، ف.، سهرابی، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، جلد ۱۷ شماره ۶۷، صفحه‌های ۱۲۸-۱۱۳.

۸. مختاران، ع.، ناصری، ع.ع. و کشکولی، ح.ع. ۱۳۹۲. تعیین ضخامت فصل مشترک آب شور- شیرین در اراضی تحت آبیاری و آب زیرزمینی شور و کم عمق. دوازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، تهران: دانشگاه تهران. ۸-۷ آبان.

۹. مختاران، ع.، آبسالان، ش. و ورجاوند، پ .۱۳۹۸. بررسی میدانی تاثیرسامانه آبیاری بارانی برروی شوری خاک درکشت‌های ذرت و گندم مناطق مرکزی خوزستان. اولین کنگره بین المللی وچهارمین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. ارومیه: دانشگاه ارومیه.۲۳-۲۲ آبان.

۱۰. ناصری، ا.، عباسی، ف. و اکبری، م. ۱۳۹۶. برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیلان آب. مجله تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، جلد ۱۸ شماره ۶۸، صفحه‌های ۳۲-۱۷.

۱۱. نصرالهی، ع. ح.، هوشمند. ع. و برومند نسب. س. ۱۳۹۴. بررسی واکنش ذرت به شوری تحت شرایط آبیاری قطره ای و مدیریت آبیاری. مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۸(۴):۳۲-۲۵.

12. Ali, M.H. and Talukder, M.S.U. 2008. Increasing water productivity in crop production-A synthesis, Agricultural Water Management, 95, 1201-1213.
13. Chauhan, C. P. S., Singh, R. B., & Gupta, S. K. 2008. Supplemental irrigation of wheat with saline water. Agricultural Water Management, 95(3), 253–258.
14. Chen, R., Cheng, W., Cui, J., Liao, J., Fan, H., Zheng, Z., and Ma, F. 2015. Lateral spacing in drip-irrigated wheat: The effects on soil moisture, yield, and water use efficiency. Field Crops Research, (179): 52-62.
15. Chouhan, S.S., Awasthi, M.K., and Nema, R. K. 2015. Studies on water productivity and yields responses of wheat based on drip irrigation systems in clay loam soil. Indian Journal of Science and Technology, 8(7): 650.
16. Dehghanisanij, H., Agassi, M., Anyoji, H., Yamamoto, T., Inoue, M., & Eneji, A. E. 2006. Improvement of saline water use under a drip irrigation system. Agricultural water management, 85(3), 233-242.
17. Díaz, F. J., Grattan, S. R., Reyes, J. A., de la Roza-Delgado, B., Benes, S. E., Jiménez, C., Tejedor, M. 2018. Using saline soil and marginal quality water to produce alfalfa in arid climates. Agricultural Water Management, 199, 11–21.
18. Fang, Q., Zhang, X.Y., Shao, L.W., Chen, S.Y., Sun, H.Y. 2017. Assessing the performance of different irrigation systems on winter wheat under limited water supply. Agricultural water management, 196: 133-143.
19. Hanson, B. 2012. Drip irrigation and salinity. Agriculture salinity assessment and management manual and reports on engineering practice 70 (2edn). American Society of Civil Engineers, Reston (VI), 539-560.
20. Kang, Y., Chen, M., & Wan, S. 2010. Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (Zea mays L. var. ceratina Kulesh) in North China Plain. Agricultural Water Management, 97(9), 1303-1309.
21. Li, X., Kang, Y., Wan, S., Chen, X., & Xu, J. 2015. Effect of drip-irrigation with saline water on Chinese rose (Rosa chinensis) during reclamation of very heavy coastal saline soil in a field trial. Scientia Horticulturae, 186, 163-171.
22. Liu, M.X., Yang, J.S., Li, X.M., Liu, G.M., Yu, M., Wang, J., 2013. Distribution and dynamics of soil water and salt under different drip irrigation regimes in northwest China. Irrig. Sci. 31, 675–688.
23. Machekposhti, M. F., Shahnazari, A., Ahmadi, M. Z., Aghajani, G., & Ritzema, H. 2017. Effect of irrigation with seawater on soil salinity and yield of oleic sunflower. Agricultural Water Management, 188, 69-78.
24. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, cell & environment, 25(2), 239-250.
25. Oktem, A. 2006. Effect of different irrigation intevals to drip irrigated Dent Corn (Zea mays L. indentata) water-yield relationship. Pakistan Journal of Biolojical Science, 9 (8):1476-1481.
26. Rameshwaran, P., Tepe, A., Yazar, A., & Ragab, R. 2016. Effects of drip-irrigation regimes with saline water on pepper productivity and soil salinity under greenhouse conditions. Scientia Horticulturae, 199, 114–123.
27. Sairam, R. K., & Tyagi, A. 2004. Physiological and molecular biology of salinity stress tolerance in deficient and cultivated genotypes of chickpea. Plant Growth Regul, 57(10).
28. Saleem, M., Waqas, A., and Ahmad, R. N. 2010. Comparison of three wheat varieties with different irrigation systems for water productivity. International Journal of Agriculture and Applied Sciences (Pakistan).

29. Singh, A., & 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.
30. Wan, S., Kang, Y., Wang, D., & Liu, S. P. 2010. Effect of saline water on cucumber (Cucumis sativus L.) yield and water use under drip irrigation in North China. Agricultural Water Management, 98(1), 105-113.
31. Wan, S., Jiao, Y., Kang, Y., Hu, W., Jiang, S., Tan, J., & Liu, W. 2012. Drip irrigation of waxy corn (Zea mays L. var. ceratina Kulesh) for production in highly saline conditions. Agricultural Water Management, 104, 210-220.
32. Wang, R.S., Kang, Y.H., Wan, S.Q., Hu, W., Liu, S.P., Liu, S.H., 2011. Salt distribution and the growth of cotton under different drip irrigation regimes in a saline area. Agric.Water Manage.100, 58–69.
33. Wang, J., Gong, S., Xu, D., Yu, Y., and Zhao, Y. 2013. Impact of drip and level-basin irrigation on growth and yield of winter wheat in the North China Plain. Irrigation Science, 31(5): 1025-1037.
34. Wang, X., Yang, J., Liu, G., Yao, R., & Yu, S. 2015. Impact of irrigation volume and water salinity on winter wheat productivity and soil salinity distribution. Agricultural Water Management, 149, 44-54.
35. Zilang, G., Zhifeng, J., Zhiqiang, Z., & Qiying, Y. 2019. Dynamics and distribution of soil salinity under long term mulched drip irrigation in an arid area of northwestern china. Water 2019,11,1225.

Comparison of Drip Irrigation with Surface Irrigation and Monitoring Soil Salinity in Wheat and Corn Irrigated with Brackish Water

A. Mokhtaran[1], **P. Varjavand, H. Dehghanisanij**, **S**. **Absalan, A**. **Azizi, and A**. **Jafarnejadi**

Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran. **alimokhtaran@gmail.com**

Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Ahwaz, Iran**. pvarjavand@yahoo.com**

Associate Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), (AREEO), Karaj, Iran. **dehghanisanij@yahoo.com**

Instructor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Ahwaz, Iran**. sh_absalan@yahoo.com**

Instructor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Ahwaz, Iran**. a.azizy@yahoo.com**

Associate Professor, Soil and Water Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, (AREEO), Ahwaz, Iran. **arjafarnejady@gmail.com**

Received: January 2021, and Accepted: September 2021

Abstract

This study was conducted to compare and monitor drip and surface irrigation systems for corn and wheat crops in three planting seasons from summer 2016 to spring 2018 in one of the agricultural research stations in Khuzestan, located in Ahvaz. The source of irrigation water was Karun River with salinity of 3 dS/m in Ahvaz section. This study was performed using randomized complete blocks design with three replications. The basis of blocking in corn cultivation was 2 and 4 days irrigation intervals, and in wheat cultivation, the distances between drip lines were 40, 60, and 75 cm. The results showed that the volume of water used in the drip system for corn and wheat was 24% and 32% lower than the surface irrigation system, respectively. Also, water productivity in the drip system was higher than surface irrigation system by 16% and 21%, for corn forage and grain, respectively, and by 35% for wheat. Wheat water productivity for different distances of drip lines was not significantly different. Therefore, in heavy-textured soils, drip irrigation lines at 75 cm spacing can be used for wheat cultivation. In soil monitoring analysis, the drip system reduced soil quality such that, after three planting seasons, the initial non-saline-sodic soil (ECe = 3.09dS / m, ESP = 6.18%) became saline (ECe = 7.63dS / m, ESP = 12.63%). Despite accumulation of salts at the periphery of the wetted soil under the drippers, the plants had a better growth and yield in the drip system than the surface irrigation, because of the high soil water potential around the roots and under the drippers, which reduced salt effects. The results of this study showed that if a drip system is used for the climate similar to the central and southern regions of Khuzestan, land drainage and leaching operations at the end of the growing season are necessary to protect the soil.

Keywords: Modern irrigation system, Water productivity, Irrigation regime

[1]-Corresponding author: Ahwaz. Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center Agricultural Engineering Research Department.