نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۹، ص. ۸۱۱-۷۹۷

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 4, Sept-Oct 2020, p. 797-811

مقاله علمی-پژوهشی

اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی دینامیک شوری، میزان بهره‌وری آب و عملکرد نیشکر بازرویی

علی شینی‌دشتگل[1*]- سعید برومندنسب[2]- عبدعلی ناصری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۵

چکیده

بالا بودن تبخیر، دمای هوا و کیفیت نسبتاً پایین آب آبیاری، از مهم‌ترین عوامل محدود کننده آبیاری نیشکر در خوزستان هستند. به‌نظر می‌رسد که با توجه به سوابق پژوهش‌های انجام شده، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با اعمال مدیریت مناسب، موفق عمل نماید، لذا به‌همین منظور اثر اعماق کارگذاری ۱۵، ۲۰ و ۳۰ و فاصله ۷۵ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها و مقایسه با آبیاری معمول اراضی نیشکر به‌عنوان شاهد (کنترل)، بر روی بهره‌وری آب و عملکرد نیشکر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس صفات کمی نشان داد که عمق کارگذاری قطره‌چکان‌ها، از لحاظ عملکرد در سطح یک درصد و از لحاظ صفات ارتفاع ساقه، تعداد ساقه در هکتار و بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار بود. با توجه به نتایج صفات کیفی، اثر تیمار عمق کارگذاری قطره‌چکان‌ها، در کلیه صفات، غیرمعنی دار بود. در عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها، بالاترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی به‌ترتیب میزان ۶/۱ و ۰/۷۳کیلوگرم بر متر مکعب و کم‌ترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی، در تیمار شاهد به‌ترتیب میزان ۴/۲ و ۰/۵۱ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد. در نتیجه بهره‌وری آب در تیمار شاخص انتخابی (عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متر)، به ازای نیشکر و شکر تولیدی، افزایش بیش از ۳۰ درصدی بهره‌وری آب را نسبت به آبیاری معمول مزارع (شاهد)، به‌دنبال داشته است. نتایج توزیع شوری در اطراف قطره‌چکان‌ها نیز نشان داد که تحت شرایط آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب شور، کمترین مقادیر شوری همواره به‌صورت یک محدوده در اطراف قطره‌چکان دیده شد و با فاصله گرفتن از قطره‌چکان‌ها، شوری افزایش یافته و نمک‌ها بیشتر در محدوده جویچه‌های طرفین قطره‌چکان‌ها متمرکز شده‌اند، به‌طوری‌که بیشترین میزان شوری در کف جویچه اتفاق افتاد و در روی پشته که لوله قطره‌چکان‌دار و در طرفین آن دو ردیف نی کشت شده بود، کمترین میزان شوری حادث شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، بهره‌وری آب، عملکرد نیشکر، قطره‌چکان، دینامیک شوری

مقدمه

تولید نیشکر علاوه بر تولید شکر، به‌عنوان یک کالای اساسی در اقتصاد کشور، دارای کاربردهای گسترده‌ای در صنایع غذایی، دارویی و شیمیایی است و تولید فرآورده‌های جانبی مانند خوراک دام، خمیر مایه و الکل، چوب و کاغذ، نشان از اهمیت این گیاه و صنایع وابسته به آن دارد. نیشکر در طول دوره‌ی رشد خود، به آب فراوان احتیاج دارد و نسبت به کم آبی حساس و در عین حال به غرقاب شدن درازمدت ریشه سازگاری ندارد و در شرایطی که سطح آب زیرزمینی بالا بیاید و منطقه توسعه ریشه را در بر بگیرد، به‌علت خفگی تدریجی ریشه، افت محصول رخ می‌دهد (۱۶). از آنجایی‌که نیشکر گیاهی آب‌دوست بوده و به شرایط ماندابی ناشی از بالا آمدن سطح ایستابی نیز حساس است، آبیاری آن نیازمند وجود یک شبکه آبیاری و زهکشی دقیق از نظر طراحی و اجراست و رسیدن به چنین شرایطی همواره تحت تأثیر محدودیت‌های انسانی (در بخش طراحی و اجرا) و لوازم و تجهیزات است، لذا انتخاب روش‌های مناسب آبیاری نیشکر جهت مصرف بهینه آب و انرژی، حائز اهمیت است (۱). در طول دهه‌های گذشته، استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در جهان برای درختان دائمی افزایش‌یافته و به‌عنوان یک استراتژی قوی برای مدیریت امیدبخش آب در مناطق کم‌آب پیشنهاد شده است (۵). لام و کمپ (۲۰۰۷)،

۱- دانشجوی دکتری مهندسی آب، گرایش آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز و مدیر گروه آب و خاک (به‌زراعی) مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: Sheinidasht1971@gmail.com)
۲ و ۳- استادان گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

DOI: 10.22067/jsw.v34i4.81423

اظهار داشتند که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، دارای اجزاء اساسی مشابهی با سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی است که این اجزاء شامل پمپ تأمین دبی و فشار، سیستم تصفیه و بهبود کیفیت آب، تزریق کود شیمیایی، شیرهای هواگیری و دریچه‌های شستشو است. به‌علاوه این سامانه، نیاز به یک سیستم تخلیه خلأ (هوادهی) دارد تا از ورود گل و لای به‌داخل قطره‌چکان‌ها در هنگامی‌که سیستم خاموش می شود، جلوگیری کند. همچنین در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، کاربرد آب در زیر سطح خاک از طریق گسیلنده‌ها با دبی مشابه با دبی آبیاری قطره‌ای است که با کاربرد مستقیم آب در ناحیه ریشه و کاهش یا حذف تلفات عمقی و تبخیر، سبب صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود (۱۱). اسکاگز و همکاران (۲۰۰۴)، نشان دادند که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، از مؤثرترین راهکارها برای افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از منابع آب است و درک توانایی‌های کامل آن نیازمند بهینه‌سازی پارامترهای در دسترس بوده که مهم‌ترین این پارامترها دورآبیاری، شدت و مدت زمان آبیاری است (۱۷). مارتینز و همکاران (۲۰۱۸)، عملکرد مرکبات تحت آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج انها نشان داد که به‌طور متوسط، در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی، ۲۳ درصد در مصرف آب آبیاری صرفه‌جویی شده، بدون اینکه در عملکرد و یا ترکیب میوه تفاوت معنی‌داری ایجاد شود (۱۳). کلاک و همکاران (۲۰۱۸)، پاسخ عملکرد و کیفیت‌محصول را به رژیم‌های مختلف آبیاری با استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر تولید محصولات بادمجان و سود خالص در منطقه مدیترانه‌ای ترکیه، مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، آب‌مصرفی کمتری نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی دارد و باعث کاهش خسارات تبخیر از سطح خاک و علف‌های هرز شده و در نتیجه منجر به عملکرد و کیفیت قابل توجه محصول می‌شود (۴). صداقتی و همکاران (۲۰۱۲)، در پژوهشی چهارساله، سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی با اعماق کارگذاری ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متری و با سه تیمار آبیاری ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی درختان پسته را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با عمق نصب ۳۰ سانتی‌متر و میزان ۶۰ درصد نیاز آبی روش سطحی، با کارآیی مصرف آب ۰/۲۹ کیلوگرم محصول خشک در مترمکعب آب‌مصرفی، بهترین تیمار و عمق نصب ۳۰ سانتی‌متر، بهترین الگوی توزیع شوری را از لحاظ میزان شوری کمتر در منطقه توزیع نمک راداشت (۱۵). کارلبرگ و همکاران (۲۰۰۷)، نشان دادند که طراحی و مدیریت صحیح روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، می‌تواند با توزیع یکنواخت آب، اعمال دقیق آب در محیط ریشه و کاهش تبخیر از سطح خاک، خطرات ناشی از شوری را به حداقل برساند (۹).

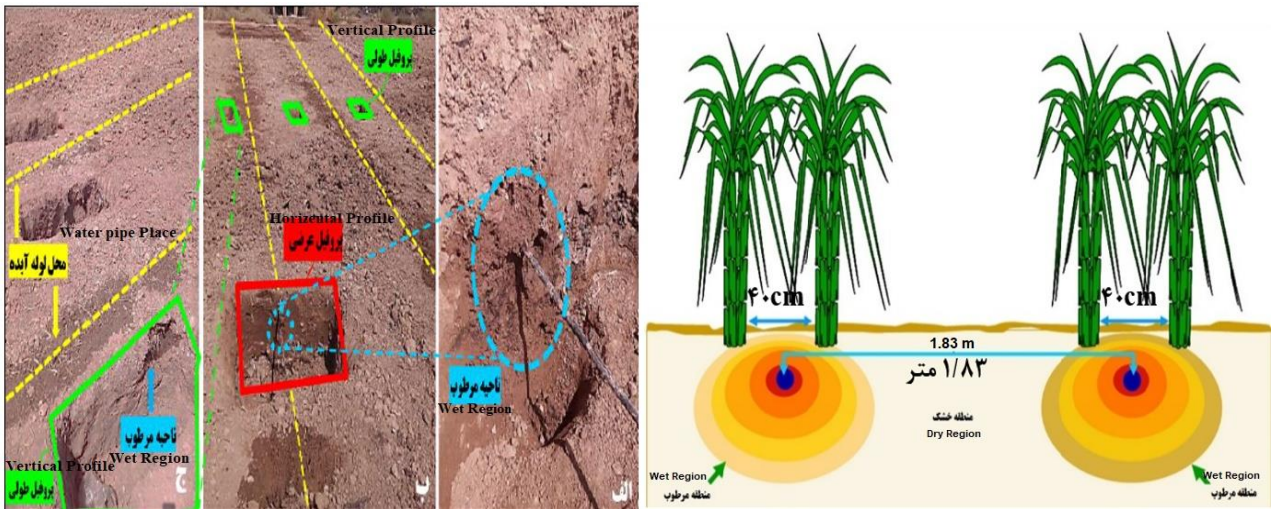
در اکثر مناطقی که کشت نیشکر تحت آبیاری است، از روش آبیاری سطحی جوی و پشته‌ای استفاده می‌شود. در برخی پژوهش‌ها، به مقایسه این روش با آبیاری قطره‌ای و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی پرداخته شده است. میزان آب مصرفی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نیشکر با استفاده از ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی، ۱۳-۳۲ درصد و نسبت به آبیاری سطحی جوی و پشته‌ای ۶۲/۴ درصد کمتر بوده و به‌همین ترتیب بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۵/۲۸-۲/۲۴ درصد بیشتر از آبیاری قطره ای سطحی و ۷۵/۲-۶۹/۷ درصد بیشتر از آبیاری سطحی جوی و پشته‌ای گزارش شده است (۴). سورندران و همکاران (۲۰۱۶)، نیز بازده نیشکر و بهره‌وری آب آبیاری را در دو روش آبیاری قطره‌ای برتر از دو روش آبیاری سطحی دانستند. به عقیده آنها در روش‌های آبیاری قطره‌ای، شسته شدن مواد غذایی به قسمت‌های پایین‌تر پروفیل خاک کمتر رخ می‌دهد و در عین حال که صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مصرف آب حاصل می‌شود، راندمان نیز افزایش می‌یابد (۱۸). دالری و کروز (۲۰۰۸)، نتیجه گرفتند که آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، می‌تواند سبب افزایش کمیت و کیفیت نیشکر شود و به‌همین جهت یک روش مناسب برای کشت نیشکر به‌شمار می‌رود (۶). جوادی و همکاران (۲۰۱۱)، پژوهشی جهت بررسی شاخص‌های بهره‌وری و کارآیی مصرف آب، در سنین مختلف رشد گیاه نیشکر برای رقم 614-CP57، در کشت و صنعت حکیم فارابی، با روش آبیاری جویچه‌ای انتها بسته، لوله‌های دریچه‌دار (هیدروفلوم) و استفاده از روش تشتک تبخیر جهت تعیین نیاز آبی گیاه، انجام دادند و چهار مزرعه که دارای بالاترین عملکرد در بین مزارع مختلف بودند، برای هر سن گیاه انتخاب نمودند. میزان عملکرد، تبخیر و تعرق گیاه و حجم کل آب آبیاری در طول دوره رشد گیاه تعیین و بر اساس مقادیر آنها متوسط شاخص بهره‌وری آب آبیاری ۳/۵۴-۱/۹۲ کیلوگرم بر متر مکعب و متوسط کارآیی مصرف آب ۳۵/۳۸-۱۸/۵۱ کیلوگرم بر هکتار در میلی‌متر محاسبه گردید (۸). یوریب و همکاران (۲۰۱۳)، در سائو-پائولوی برزیل، اثر آبیاری و کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن در روش دیم و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی روی عمکلرد ساقه و شکر در بازرویی نیشکر را مورد بررسی قرار دادند. در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، فاصله قطره‌چکان‌ها ۵۰ سانتی‌متر، دبی قطره‌چکان‌ها یک لیتر در ساعت و لترال‌ها در عمق ۲۵ سانتی‌متر قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در بازرویی نیشکر با روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب کود نیتروژن، بیشترین بازده شکر برابر ۲۲ تن در هکتار حاصل شد (۱۹). رجیناسلیا و همکاران (۲۰۱۵)، پژوهشی به‌منظور ارزیابی اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در فواصل مختلف کاشت روی عملکرد و کیفیت قند قابل استحصال در چهار دوره رشد نیشکر در ایالت‌های کلرادو، گوایرا و سائوپائولوی برزیل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در شش تکرار روی خاک‌های رسی و در دو رقم آبی و دیم و سه فاصله کاشت ۱/۵، ۱/۸ و ۱/۳ متر (فاصله ردیف‌های کشت ۰/۵ متر) انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که

رقم آبی نسبت به رقم دیم حدود ۲۰ درصد افزایش محصول داشت و میزان عملکرد قند قابل استحصال در دو بازرویی پایانی نیشکر با بقیه دوره‌ها، اختلاف معنی‌داری نشان داد. در بازرویی دوم، آبیاری باعث بهبود مقدار بریکس، پل و عملکرد شکر قابل استحصال نسبت به رقم دیم شد و استفاده از کشت دو ردیفه باعث بهبود عملکرد ساقه شد. اثر متقابل بین آبیاری و فاصله، روی عملکرد ساقه معنی‌دار نبود و تنها در بازرویی دوم تأثیر مثبت گذاشت. رقم آبی با متوسط ۱۴۱/۳ تن در هکتار نسبت به رقم دیم با متوسط ۱۳۲/۴ تن در هکتار، عملکرد بهتری داشت (۱۴). لئوناردو و همکاران (۲۰۱۶)، با هدف ارزیابی میزان ذخیره آب در خاک در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در دو عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها و دو نوع آب فاضلاب تصفیه‌شده و آب شیرین در دو دوره داشت نیشکر در برزیل، پژوهشی نجام دادند و نتایج آنها نشان داد که نصب لوله قطره‌چکان‌دار در عمق ۲۰ سانتی‌متری، باعث توزیع بهتر آب در منطقه توسعه ریشه و کاهش تلفات تبخیر و نفوذ عمقی شده و کیفیت آب تأثیری در توزیع آب در خاک ندارد (۱۲). کاندرسوس و همکاران (۲۰۱۶)، پژوهشی به‌منظور ارزیابی روابط آب، رشد رویشی، بهره‌وری و عملکرد کیفی نیشکر در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در بازرویی دوم و دو عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها و دو منبع آب (فاضلاب و آب تازه از مخزن) در برزیل انجام دادند و نتایج نشان داد که رطوبت‌خاک با توجه به عمق‌نصب قطره‌چکان‌ها تغییر می‌کند و پتانسیل برگ، کلروفیل، تبادل گاز و غلظت نیتروژن و منیزیم در برگ‌ها نیز برای تیمارهای آبی بیشتر بود. تیمارهای آبیاری با فاضلاب و عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متر، دارای بیشترین عملکرد ساقه و شکر بودند. میزان تولید ۲۳۳/۷ و ۳۷/۱ میلی‌گرم در هکتار به‌ترتیب برای ساقه و کل شکر قابل استحصال بود؛ با این وجود تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آبی وجود نداشت (۱۰). با در نظرگرفتن عوامل محدودکننده آبیاری نیشکر در خوزستان، امکان استفاده از روش‌های نوین آبیاری مرسوم در دیگر مناطق نظیر روش‌های آبیاری بارانی و یا قطره‌ای، با مشکلات عدیده‌ای مواجه خواهد شد. با توجه به ساختار آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، پیش‌بینی می‌شود که این روش بتواند با اعمال برخی شرایط از جمله طراحی خوب شبکه از نظر هیدرولیکی، فیلتراسیون با کیفیت آب و اجرای مناسب شبکه موفق عمل نماید. لذا هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی مزرعه‌ای اثر اعماق مختلف کارگذاری قطره‌چکان‌های تنظیم شونده فشار با در نظر گرفتن فاصله و دبی ثابت قطره‌چکان‌ها، در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و مقایسه با آبیاری معمول در اراضی نیشکر خوزستان (آبیاری جویچه‌ای انتها بشته) به‌عنوان شاهد (کنترل) و اثرات آن بر بهره‌وری آب و خصوصیات کمی و کیفی گیاه نیشکر بازرویی است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش، در مزرعه‌ای به‌مساحت حدود ۰/۸ هکتار (۰/۴ هکتار آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و ۰/۴ هکتار آبیاری جویچه‌ای انتها بسته با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار هیدروفلوم به‌عنوان شاهد)، شامل ۱۸ جوی و پشته به‌طول ۲۳۷ و فواصل ۱/۸۳ متر در ایستگاه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان واقع در کیلومتر ۳۰ جاده اهواز – آبادان انجام شد. موقعیت مزرعه آزمایشی در ۴۸ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۷/۶۳ متر می‌باشد. مراحل آماده‌سازی زمین جهت کشت نیشکر شامل شخم عمیق، دیسک سنگین به‌منظور خرد کردن کلوخه‌ها و آماده کردن بستر، مالزنی، شیارزنی (تهیه جوی و پشته) و عملیات کودپاشی (سوپرفسفات تریپل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) قبل از کشت انجام شد. در شرایط خاک‌های رسوبی جنوب خوزستان، فسفر مورد نیاز نیشکر از منبع کود فسفاته تأمین می‌شود که با توجه به بیوماس تولیدی بالای نیشکر، سالیانه مقداری از عناصر غذایی جذب شده گیاه به‌شکل پوشال و سرنی (شاخ و برگ و خاشاک) و همچنین ریشه‌های گیاه، به زمین بر می‌گردد. پس از انتخاب رقم مورد نظر (رقم CP69-1062 به‌دلیل رقم تجاری منطقه)، کشت قلمه به‌صورت دو ردیفه و با فاصله ردیف‌های کشت ۴۰ سانتی‌متر، به‌روش دستی مستقیماً روی پشته انجام و لوله‌های آبده به‌وسیله دستگاه لوله‌گذار در وسط دو ردیف کشت قرار گرفتند. این لوله‌ها، در ابتدای سال اول کشت (پلنت) کارگذاری و در تیمارهای مختلف با روش قطره‌ای زیرسطحی اعما و در سال دوم (بازرویی اول)، ادامه داشت. همچنین در روش آبیاری جویچه‌ای انتها بسته، قلمه‌ها به‌صورت دو ردیفه و با فاصله ردیف‌های کشت ۴۰ سانتی‌متر و به‌روش دستی مستقیماً روی پشته کشت شد. در این مقاله، نتایج بازرویی اول مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. شکل ۱، نمای کشت دو ردیفه و چگونگی پیشروی جبهه رطوبتی، در مرحله پیش اجرای طرح نشان داده شده است.

بعد از برداشت نیشکر کشت (پلنت)، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، در اعماق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی متری، نمونه‌برداری خاک انجام و آنالیز خاک (EC، pH، کاتیون‌ها و آنیون‌ها، بافت و جرم مخصوص ظاهری) صورت گرفت. جهت اندازه-گیری جرم مخصوص ظاهری خاک، از نمونه‌های دست نخورده با استوانه‌های نمونه برداری استفاده و بافت خاک نیز به‌روش هیدرومتری تعیین شد. با افزایش عمق، هدایت الکتریکی خاک روند کاهشی و اسیدیته خاک روند افزایشی داشته است. جرم مخصوص ظاهری خاک نیز از سطح به عمق، روند افزایشی داشته که نشان دهنده افزایش تراکم بیشتر خاک در اعماق پایین‌تر است.



شکل ۱- نمای کشت دو ردیفه و جبهه رطوبتی در خاک

Figure 1- Show two-row cultivation and soil moisture front

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در ابتدای کشت (پلنت) در عمق متوسط ۹۰-۰ سانتی‌متری

Table 2- Physical and chemical soil characteristics of experimental at the beginning of cultivation (Plant) at 0-90 cm

عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	pH	جرم مخصوص ظاهری ρ_b (gr/cm^3)	بافت خاک Soil texture	غلظت کاتیون‌ها Cations concentration (meq/l)				نسبت جذبی سدیم (SAR)
					Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	
0-30	6.97	7.19	1.5	Si.C.L	51.3	11.09	11.52	0.18	15.30
30-60	4.75	7.28	1.57	Si.C.L	35.6	7.82	8.04	0.12	12.64
60-90	4.73	7.29	1.61	Si.C.L	32.4	9.89	10.82	0.01	10.07

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی پس از برداشت مزرعه (بازرویی اول) در عمق متوسط ۹۰-۰ سانتی‌متری

Table 2- Physical and chemical soil characteristics of experimental field after harvesting the farm (stare Ratoon) at 0-90 cm

عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	pH	جرم مخصوص ظاهری ρ_b (gr/cm^3)	بافت خاک Soil texture	غلظت کاتیون‌ها Cations concentration (meq/l)				نسبت جذبی سدیم SAR
					Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	
0-30	9.34	7.29	1.5	Si.C.L	75	14.4	15.1	0.24	19.5
30-60	6.59	7.43	1.57	Si.C.L	53.5	11.5	11.7	0.13	15.7
60-90	6.48	7.45	1.61	Si.C.L	49.3	12.4	13.8	0.13	13.6

جدول ۳- نتایج آنالیز آب آبیاری رودخانه کارون در دوره یک ساله داشت نیشکر (دی‌ماه ۱۳۹۶ لغایت دی‌ماه ۱۳۹۷)-دوره بازرویی

Table 3- Karoon river irrigation water quality for sugarcane (September 2017 to December 2018)

هدایت الکتریکی EC (dS/m)		اسیدیته pH		کل جامدات محلول TDS (mg/l)		سختی کل TH (mg/l)		میانگین غلظت کاتیون‌ها Ave. Cations (meq/l)			نسبت جذبی سدیم SAR
Ave.	Range	Ave.	Range	Ave.	Range	Ave.	Range	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
3.2	2.4-4.1	7.7	7.2-8	2154	1700-2600	409	340-470	39.8	9.6	10.1	**9.4**

جدول ٤- میانگین ۲۰ ساله (۱۳۷۷-۱۳۹۷) پارامترهای اقلیمی (۲)

Table 4- Average of meteorology parameters (1998-2018)

میانگین سرعت باد Ave. wind speed ($m.s^{-1}$)	میانگین تبخیر روزانه Max daily evaporation (mm)	میانگین تبخیر سالانه Ave. yearly evaporation (mm)	میانگین بارندگی سالانه Ave. yearly precipitation (mm)	حداقل دما Min absolute temperature (°C)	حداکثر دما Max absolute temperature (°C)	میانگین رطوبت Ave. humidity (%)	میانگین دما Ave. temperature (°C)
2.9	28.2***	3395	155	−3.5**	51.5*	44.5	24.8

*This is happened in June 1999
** This is happened in February 2011
*** This is happened in June 2018

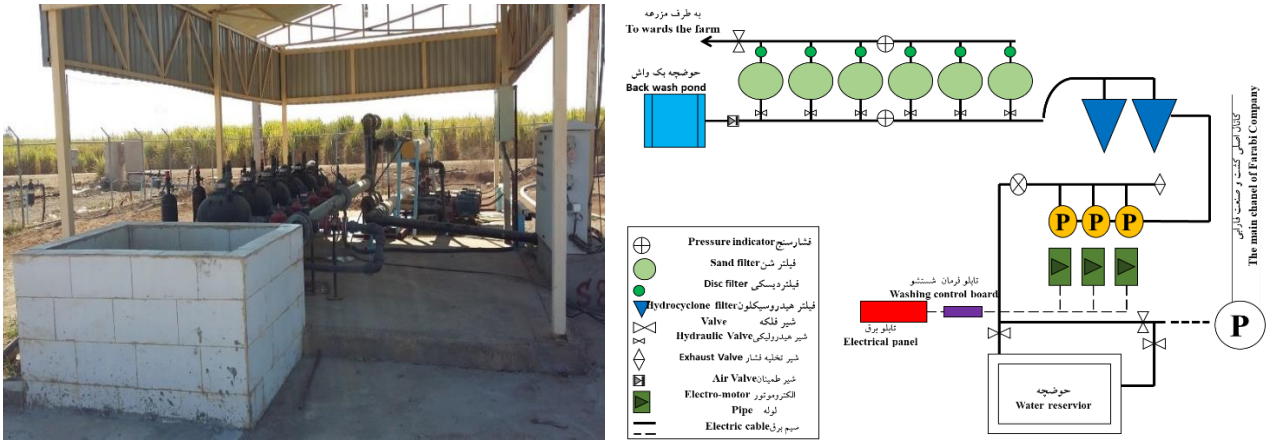
نسبت جذبی سدیم خاک از سطح به عمق، روند کاهشی داشته و تابع تغییرات میزان سدیم است، به‌طوری که خاک در لایه‌های سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متری) شورسدیمی و در لایه های عمیق‌تر (۹۰-۳۰ سانتی‌متری)، شور است. برای تعیین درصد رطوبت خاک در نقاط ظرفیت زراعی (FC)[1] و پژمردگی دائم (PWP)[2] از دستگاه صفحات فشاری استفاده شد (به‌ترتیب ۲۵/۱ و ۱۲/۹ درصد جرمی به دست آمد). نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ابتدای کشت (پلنت)، در جدول ۱، پس از برداشت و شروع بازرویی، در جدول ۲، نتایج میانگین آنالیز یک ساله آب آبیاری در دوره داشت، در جدول ۳ و میانگین ۲۰ ساله آمار هواشناسی منطقه، در جدول ۴، نشان داده شده است.

آزمایش‌ها به‌صورت طرح بلوک کامل تصادفی پیاده شدند. تیمارهای آزمایش، شامل سه عمق قرارگیری قطره‌چکان‌ها و سیستم آبیاری جویچه‌ای انتها بسته با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار هیدروفلوم به‌عنوان شاهد (کنترل)، بود. قطره‌چکان‌ها از نوع تنظیم شونده فشار و به‌صورت آنتی‌سیفون[3] (PC, AS) و پمپ انتخابی از نوع پمپ‌های سه‌طبقه فشار قوی شرکت پمپیران (WKL65/3) با دبی اسمی ۳۱ لیتر در ساعت بود. فشار در ایستگاه پمپاژ ۴۳ متر و لوله های قطره‌چکان‌دار از شرکت سان استریم[4] ترکیه و با دبی ۲/۲ لیتر ساعت بودند. فاصله قطره‌چکان‌های روی لوله‌ها ۷۵ سانتی‌متر و عمق کارگذاری لوله‌های قطره چکان‌دار ۱۵، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر از سطح خاک بودند. منبع تأمین آب، از کانال اصلی کشت و صنعت حکیم فارابی بوده که توسط ایستگاه پمپاژ به محل مزرعه منتقل و طراحی و اجرای ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون با توجه به آنالیز اولیه آب آبیاری انجام شد. یک حوضچه رسوب گیر نیز در کنار ایستگاه احداث و تزریق اسید، کلر و کود نیز از حوضچه انجام شد. زمان آبیاری با استفاده از اطلاعات لایسیمتر حجمی احداث شده در منطقه و استفاده از اطلاعات تشتک تبخیر، تعیین شد و جهت کنترل، از تعدادی حسگر رطوبتی نیز استفاده گردید. دور آبیاری در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، در پیک آبیاری به‌صورت روزانه و در سایر روزها براساس عمق خالص آب ذخیره شده در منطقه ریشه و تبخیر و تعرق گیاه محاسبه شد که در مجموع دور آبیاری بین محدوده ۳-۱ روز متغیر بود. همچنین دور آبیاری در سیستم آبیاری معمول مزارع (شاهد)، باتوجه به عرف منطقه و بر اساس اطلاعات کراپ‌لاگ هفتگی (رطوبت غلاف برگ و سطح آب‌زیرزمینی) و با تکیه بر تبخیر روزانه، انجام می‌شود و بر این اساس، دور آبیاری در پیک آبیاری شش روزه و در طول دوره داشت با توجه به دما و تبخیر، بین ۱۵-۶ روز متغیر بود. نمونه‌برداری و اندازه‌گیری رطوبت، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک اطراف قطره‌چکان‌ها و انجام عملیات کراپ‌لاگ (ارتفاع ساقه، سطح ایستابی، ازت، شاخص سطح برگ و رطوبت غلاف برگ به‌صورت هفتگی)، در دوره داشت نیز انجام شد. بسته به میزان دفعات آبیاری و اسیدیته آب آبیاری، جهت جلوگیری از انسداد قطره‌چکان‌ها، مقداری اسید به آب آبیاری تزریق و پس از مدت زمان مشخص از شبکه تخلیه شد. با توجه به وجود جلبک در آب آبیاری، گاز کلر در اسیدشویی نیز مانند تزریق کود (کود آبیاری)، قبل از شروع عملیات آبیاری و در رطوبت ظرفیت زراعی انجام شد. در شکل ۲، شماتیک ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون و نمایی از سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی اجرا شده، نشان داده شده است.

پس از قطع آبیاری و تنش آبی اعمال شده، روند رسیدگی نی آغاز می‌شود، زیرا با توجه به اینکه تنش آبی باعث رسیدگی، قندسازی و بالارفتن کیفیت نیشکر می‌شود، معمولاً حدود یک ماه قبل از برداشت نیشکر، آبیاری قطع می‌شود تا روند رسیدگی و قندسازی صورت گیرد که این موضوع برای هر دو سیستم آبیار، رعایت گردید.

برای این منظور، از هر تکرار به‌صورت هفتگی نمونه‌های ۲۰ ساقه به‌شکل تصادفی انتخاب و کیفیت شربت نی اندازه‌گیری شد تا پس از تکمیل روند رسیدگی نیشکر، برداشت صورت گیرد. سه تکرار ۱۰ متری از تیمار آزمایشی و همچنین طرح کنترل (شاهد)، انتخاب نموده و تعداد ساقه شمارش و با اندازه‌گیری وزن ۲۰ ساقه، تراکم ساقه، عملکرد کل و عملکرد خالص نیشکر، به تن در هکتار و تعداد ساقه در هکتار تعمیم داده شد.

1- Field Capacity
2- Permanent Wilting Point
3- Pressure controlled dripper, anti-syphon
4- Sunstream



شکل ۲- شماتیک ایستگاه پمپاژ و فیلتراسیون در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

Figure 2- Schematic of pumping and filtration station in subsurface drip irrigation

پس از تعیین عملکرد، با توجه به حجم آب مصرفی در طول دوره رشد نیشکر (آبیاری و بارندگی)، بهره‌وری آب (نسبت عملکرد به حجم آب مصرفی)، محاسبه شد. همچنین در هر تیمار و در سه تکرار طولی، تعداد ۶۰ ساقه به طور تصادفی انتخاب و پس از اندازه‌گیری وزن و ارتفاع ساقه‌ها، فاکتورهای کیفی نیز در آزمایشگاه اندازه‌گیری و محاسبه شدند. برای تعیین خصوصیات کیفی نیشکر، پس از عصاره گیری از نی، میزان درصد ساکارز شربت[1] و ذرات جامد محلول در عصاره نی[2]، اندازه‌گیری شدند. به درصد قند موجود در عصاره نیشکر، پل می‌گویند و با دستگاه ساکاری‌متر[3] اندازه‌گیری می‌شود و عدد قرائت شده از این دستگاه پل ریدینگ نام دارد که با یک ضریب اصلاحی از جداول مربوطه، میزان پل واقعی محاسبه می‌شود. به درصد مواد جامد محلول در عصاره نیشکر، بریکس می‌گویند و با دستگاه رفراکتومتر[4] قابل اندازه‌گیری است و با تقسیم پل بر بریکس، درجه خلوص شربت[5] محاسبه می‌شود. نسبت کیفیت[6] نیز از رابطه (۲) محاسبه می‌شود. درصد شکر زرد[7]، شکر سفید تصفیه شده[8] و عملکرد شکر سفید[9] نیز از روابط (۳) تا (۵)، محاسبه می‌شوند (۷).

$$\% \text{ POL} = \text{Pool Factor} \times \text{SR} \quad (۱)$$

$$\text{Q.R} = \frac{\text{P.F}}{\text{Pol}} \quad (۲)$$

$$\text{Yield} = \frac{100}{\text{Q.R}} \quad (۳)$$

$$R.S = Yield \times 0.83 \quad (۴)$$

$$\text{S.Y} = \text{Y} \times \text{R.S} \quad (۵)$$

که در این روابط:

POL: درصد ساکاروز شربت نیشکر و Pool Factor : درصد ساکارز شربت قرائت شده است و از جداول مربوطه استخراج می‌شود. SR : ضریب اصلاحی پل، Q.R: نسبت کیفیت شربت نیشکر، P.F: ضریب‌تصحیح درصدخلوص، Yield: عملکرد شکر زرد (ton/ha)، $R.S$: درصد شکر سفید تصفیه شده، S.Y: عملکرد نهایی شکر سفید تصفیه شده (ton/ha) و Y: عملکرد نهایی نیشکر (ton/ha)، است.

یکی از شاخص‌های مدیریت آب در مزرعه، شاخص بهره‌وری آب است که جهت محاسبه آن، رابطه (۶)، استفاده می‌شود.

$$WP = \frac{Yield}{V_{IRR}} \quad (۶)$$

که در این رابطه:

WP: بهره‌وری آب (Kg/m^3)، Yield: عملکرد بیولوژیکی (Kg/ha) و VIRR: حجم آب آبیاری و بارندگی (m^3/ha)، است.

به‌طور کلی طبق تعریف، بهره‌وری آب عبارت است از مقدار محصول تولید شده به ازای واحد حجم آب مصرفی که بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب بیان می‌شود. در واقع بهره‌وری آب مشخص می‌کند که به ازای کاربرد مقدار مشخصی از آب، چه مقدار ماده تولید می‌شود. در نهایت، جهت برازش داده‌ها، از نرم‌افزار EXCEL و جهت آنالیز آماری، از نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد. همچنین جهت بررسی توزیع شوری در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، از میانگین نمونه های خاک در طول دوره نمونه‌برداری استفاده شد و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Surfer 8 به‌صورت دو بعدی ترسیم شد که در ترسیم آنها،

1- Pol
2- Brix
3- Saccharimeter
4- Refractometer
5- Purity (PTY)
6- Quality Ratio (Q.R)
7- Yield (Y)
8- Recorvery Sugar (R.S)
9- Sugar Yield (S.Y)

از درون‌یابی با روش کریجینگ استفاده گردید.

نتایج و بحث

حجم آب آبیاری و حجم آب ناشی از بارندگی و در نهایت حجم کل آب مصرف شده در طول دوره داشت نیشکر، در تیمار آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و همچنین در آبیاری مرسوم منطقه به‌عنوان شاهد (کنترل)، در جدول ۵، ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که منبع اصلی تأمین آب مورد نیاز گیاه، ناشی از آبیاری است و حجم بارندگی نسبت به حجم آب آبیاری ناچیز است. در مجموع حجم کل آب مصرفی ناشی از آبیاری در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، حدود ۸۰ درصد آبیاری مرسوم است.

در جداول ۶ و ۷، نتایج تجزیه واریانس خصوصیات مختلف کمی و کیفی نیشکر در آبیاری قطره ای زیرسطحی و آبیاری چویچه‌ای انتها بسته (شاهد)، نشان داده شده است.

جدول ۵- حجم آب آبیاری، بارندگی و حجم کل آب مصرفی در آبیاری قطره ای زیرسطحی و آبیاری مرسوم(کنترل)

Table 5- Irrigation water volume, rainfall and total water volume in subsurface drip irrigation and furrow irrigation(control)

تیمارهای آبیاری Irrigation treatments		حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) Volume of consume water (m^3/ha)		
فاصله Space (cm)	عمق Depth (cm)	ناشی از آبیاری Caused by irrigation	ناشی از بارندگی Caused by rain	کل حجم آب Total water consume
L_{75}	D_{30} D_{20} D_{15}	19471	1470	20941
آبیاری جویچه‌ای–Furrow irrigation (شاهد)–Conventional)		24333	1470	25803

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کمی نیشکر

Table 6- The results of analysis of variance of quantitative characteristics of sugarcane.

پارامتر Parameter	درجه آزادی df	عملکرد نی Cane yield (ton/ha)	تعداد ساقه در هکتار Number of tiller (in ha)	ارتفاع ساقه Sugarcane length (cm)	WP (kg/m^3)	
					برای نیشکر For sugarcane	برای شکر For sugar
بلوک Block	3	10.7^{ns}	590721090^{*}	72.2^{ns}	0.57^{*}	0.11^{*}
تیمار Treat	2	211^{**}	670617836^{*}	315.9^{*}	0.63^{*}	0.11^{*}
خطا Error	2	14.08	92523673	57.5	0.93	0.002
ضریب تغییرات Coefficient of variation		6.2	10.7	8.6	9.2	4.8

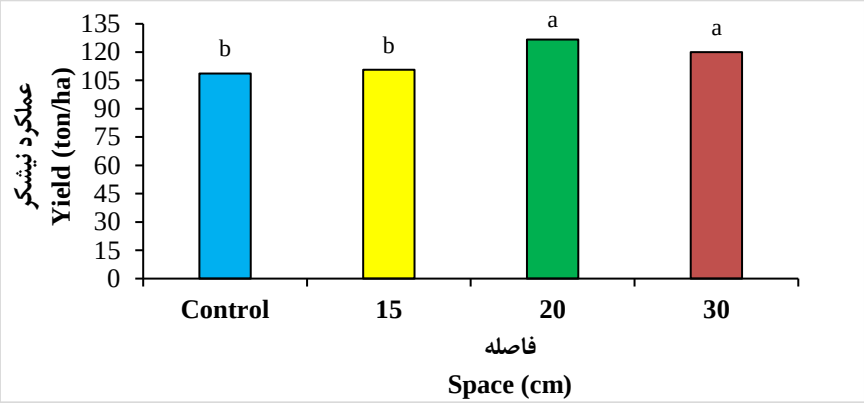
جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات کیفی نیشکر

Table 7- The results of analysis of variance of qualitative characteristics of sugarcane.

پارامتر Parameter	درجه آزادی df	درصد پل Pol (%)	درصد بریکس Brix (%)	درصد خلوص Purity (%)	درصد شکر RS (%)	عملکرد شکر Sugar yield (ton/ha)
بلوک Block	3	0.14^{ns}	0.11^{ns}	0.16^{ns}	0.07^{ns}	0.02^{ns}
تیمار Treat	2	0.17^{ns}	0.18^{ns}	0.09^{ns}	0.08^{ns}	3.4^{**}
خطا Error	2	0.15	0.1	0.34	0.084	0.15
ضریب تغییرات Coefficient of variation		8.4	7.5	6.7	5.1	7.3

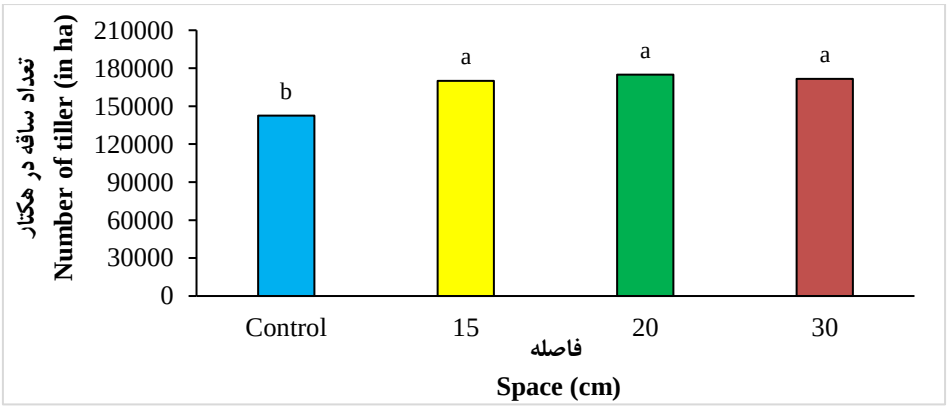
نتایج تجزیه واریانس صفات کمی (جدول ۶)، نشان داد که عمق کارگذاری قطره‌چکان‌ها، از لحاظ عملکرد در سطح یک درصد و از لحاظ صفات ارتفاع ساقه، تعداد ساقه در هکتار و بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار بود. با توجه به نتایج صفات کیفی، اثر تیمار عمق کارگذاری قطره‌چکان‌ها، در کلیه صفات، غیرمعنی دار بود (جدول ۷). همچنین در صفت عملکرد شکر که از حاصل ضرب صفت‌های کمی عملکرد نیشکر و کیفی درصد شکر سفید تصفیه به‌دست می‌آید، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

در شکل‌های (۸-۳)، خصوصات کمی و کیفی و بهره‌وری آب با توجه به عملکرد نیشکر و شکر تولیدی، بر اساس آزمون دانکن (میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با هم ندارند)، نشان داده شده است.



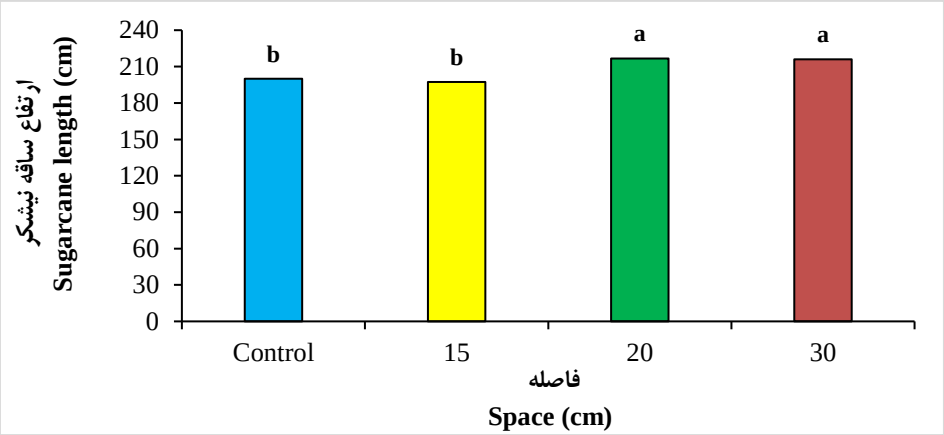
شکل ۳- مقایسه میانگین اثر عمق کارگذاری قطره‌چکان روی عملکرد نیشکر و مقایسه با روش معمول (شاهد)

Figure 3- Comparison of the mean effect of emitter installation depths on sugarcane yield and comparison with conventional method (control)



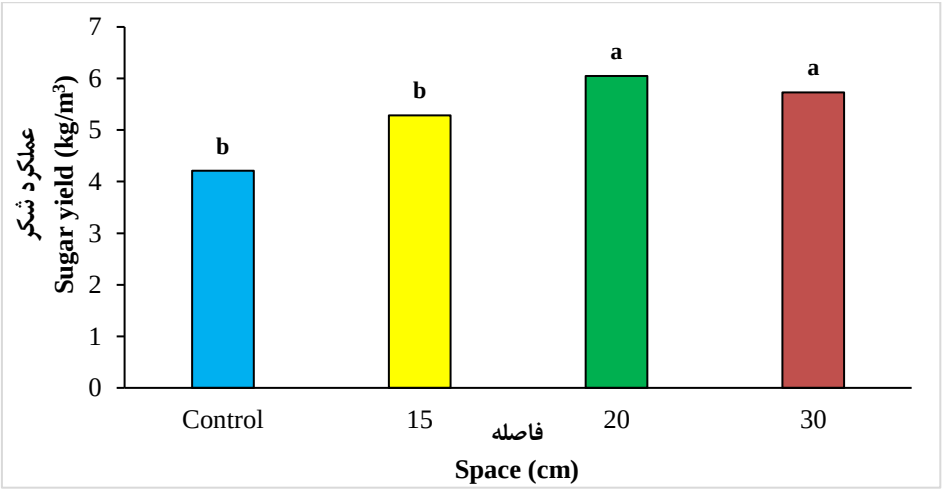
شکل ٤- مقایسه میانگین اثر عمق کارگذاری قطره‌چکان روی تعداد ساقه نیشکر در هکتار و مقایسه با روش معمول (شاهد)

Figure 4- Comparison of the mean effect of emitter installation depths on number of tiller (in hectare) and comparison with conventional method (control)



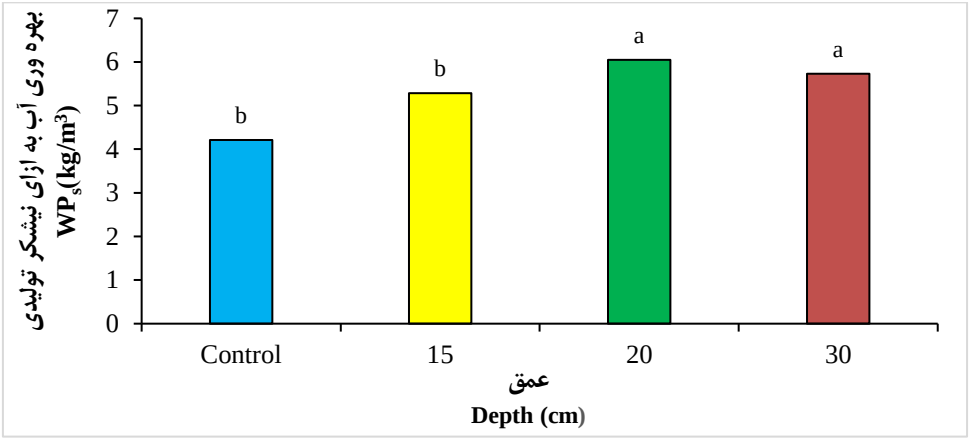
شکل ۵- مقایسه میانگین اثر عمق کارگذاری قطره‌چکان روی ارتفاع ساقه نیشکر و مقایسه با روش معمول (شاهد)

Figure 5- Comparison of the mean effect of emitter installation depths on sugarcane length and comparison with conventional method (control)



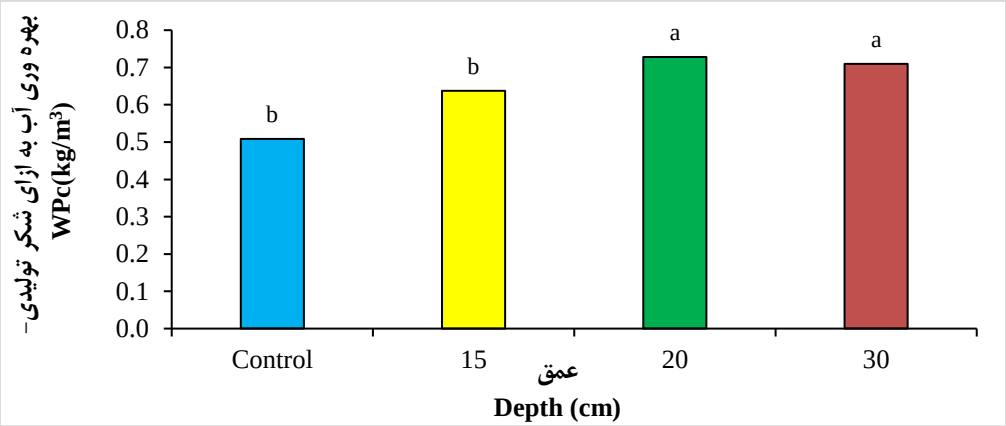
شکل ٦- مقایسه میانگین اثر عمق کارگذاری قطره‌چکان روی عملکرد شکر و مقایسه با روش معمول (شاهد)

Figure 6- Comparison of the mean effect of emitter installation depths on sugar yield and comparison with conventional method (control)



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر عمق کارگذاری قطره‌چکان روی بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی و مقایسه با روش معمول (شاهد)

Figure 7- Comparison of the mean effect of emitter installation depths on Water Productivity and comparison with conventional method (control)



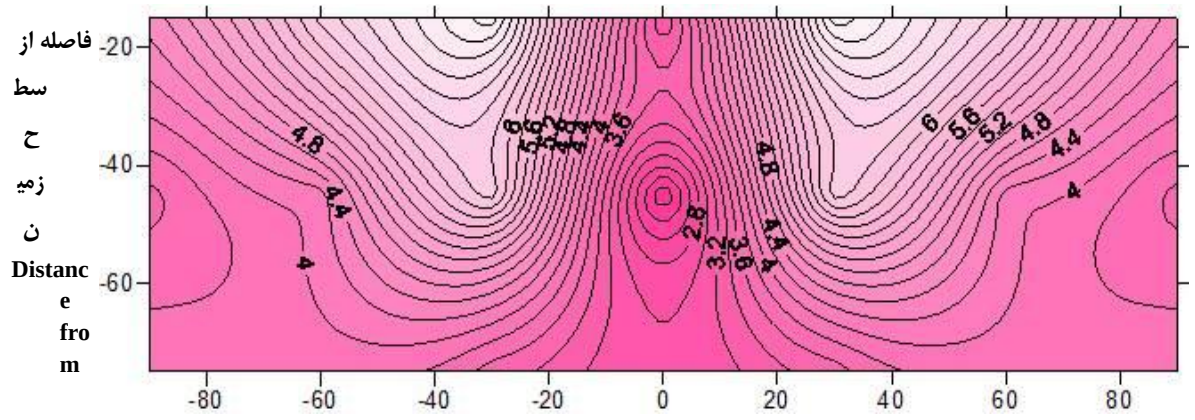
شکل ۸- مقایسه میانگین اثر عمق کارگذاری قطره‌چکان روی بهره‌وری آب به ازای شکر تولیدی و مقایسه با روش معمول (شاهد)

Figure 8- Comparison of the mean effect of emitter installation depths on Water Productivity and comparison with conventional method (control)

نتایج مقایسه میانگین مربوط به صفات کمی نیشکر (شکل‌های ۳ تا ۶)، نشان داد که بالاترین عملکرد نیشکر، مربوط به عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها و معادل ۱۲۷ تن در هکتار بوده که تفاوت معنی‌داری با عمق ۳۰ سانتی‌متری نداشت ولی با عمق ۱۵ سانتی‌متری و شاهد (کنترل)، تفاوت معنی‌داری نشان داد. بیشترین عملکرد تعداد ساقه در هکتار، در عمق کارگذاری ۲۰ سانتی متری قطره‌چکان‌ها به‌میزان ۱۷۴۹۲۵ ساقه در هکتار بوده و تفاوت معنی‌داری با اعماق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متری نداشته و در یک گروه قرار می گیرند، ولی با شاهد، تفاوت معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع ساقه نیز در عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها به‌میزان ۲۱۷ سانتی‌متر بوده و تفاوت معنی‌داری با عمق ۳۰ سانتی‌متری نداشته، ولی با عمق ۱۵ سانتی متری و شاهد، اختلاف معنی‌دار بود. همچنین بیشترین عملکرد شکر تولیدی در عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها به‌میزان ۱۵/۳ تن در هکتار بوده و تفاوت معنی‌داری با عمق ۳۰ سانتی‌متری نداشته، ولی با عمق ۱۵ سانتی متری و شاهد، تفاوت معنی‌دار بود. نهایتاً باتوجه به نتایج فوق، عمق ۲۰ سانتی‌متری کارگذاری لوله آبده، جهت سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با فاصله ۷۵ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها (دبی خروجی قطره‌چکان‌ها ۲/۲ لیتر بر ساعت)، می‌تواند به‌عنوان گزینه مناسب پیشنهاد شود که این نتایج، با یافته‌های لئوناردو و همکاران (۲۰۱۶)، دالری و کروز (۲۰۰۸)، کاندرلوس و همکاران (۲۰۱۷) و رجیناسلیا و همکاران (۲۰۱۵)، هم‌خوانی دارد.

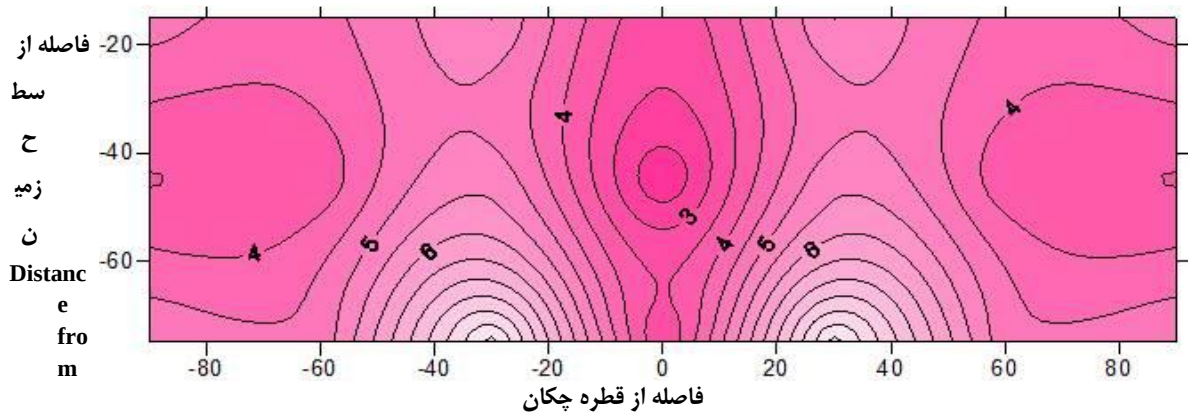
در عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها، بالاترین بهره وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی به‌ترتیب میزان ۶/۱ و ۰/۷۳کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد که با عمق کارگذاری ۳۰ سانتی‌متر تفاوت معنی‌داری داشته ولی با عمق کارگذاری ۱۵ سانتی متر و شاهد اختلاف معنی‌دار نبود. کم‌ترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی، نیز در تیمار شاهد به‌ترتیب میزان ۴/۲ و ۰/۵۱ کیلوگرم بر متر مکعب تعیین شد که با عمق کارگذاری ۱۵ سانتی متری، تفاوت معنی‌دار نبوده و در یک گروه قرار گرفتند، ولی با اعماق کارگذاری ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری اختلاف معنی‌داری داشتند. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود بهره‌وری آب در تیمار شاخص انتخابی (عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متر)، به ازای نیشکر و شکر تولیدی، افزایش بیش از ۳۰ درصدی بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی را نسبت به آبیاری معمول مزارع (شاهد)، به‌دنبال داشته است (شکل‌های ۷ و ۸). نتایج فوق، با نتایج حاصل از سرندران و همکاران (۲۰۱۶) و جوادی و همکاران (۱۳۹۰)، تأیید می‌شود، زیرا سرندران و همکاران (۲۰۱۶)، بهره‌وری آب آبیاری را در روش آبیاری قطره‌ای برتر از روش آبیاری سطحی دانستند. به عقیده آنها، در روش‌های آبیاری قطره‌ای، شسته شدن مواد غذایی به قسمت‌های پایین‌تر پروفیل خاک کمتر رخ می‌دهد و در عین حال که صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف آب حاصل می‌شود، بهره‌وری آب نیز افزایش می‌یابد. همچنین جوادی و همکاران (۱۳۹۰)، بهره‌وری آب به ازای نیشکر تولیدی برای بهترین مزارع انتخابی در سیستم آبیاری جویچه ای انتها بسته (روش مرسوم)، در کشت و صنعت حکیم فارابی با رقم CP57-614 را بین ۳/۵۴-۱/۹۲ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آوردند که بهره‌وری آب به‌دست آمده در این آزمایش با اعمال سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی شاخص انتخابی، به‌طور متوسط حدود ۵۲ درصد بیشتر از میانگین مقدار فوق است و دلیل آن به نوع سیستم آبیاری و مدیریت آن بر می‌گردد که این موضوع نشان می‌دهد استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری، می‌تواند باعث افزایش قابل توجه بهره‌وری آب شود.

جهت بررسی میانگین توزیع شوری در اطراف قطره‌چکان‌ها، با استفاده از نمونه‌برداری‌های خاک اطراف قطره‌چکان‌ها و اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در طول دوره داشت، شکل‌های ۹ تا ۱۱، با استفاده از نرم‌افزار سورفر، رسم شده‌اند.



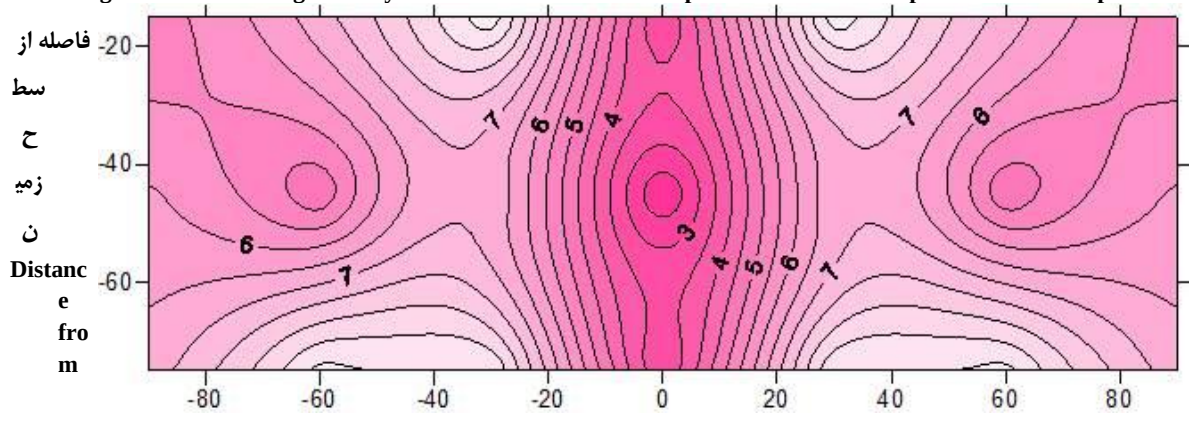
شکل ۹- میانگین توزیع شوری در اطراف قطره‌چکان‌ها در عمق کارگذاری ۱۵ و فواصل قطره‌چکان‌ها ۷۵ سانتی‌متر

Figure 9- The average salinity distribution around the droplets at installation depth of 15 cm and space 75 cm.



شکل ۱۰- میانگین توزیع شوری در اطراف قطره‌چکان‌ها در عمق کارگذاری ۲۰ و فواصل قطره‌چکان‌ها ۷۵ سانتی‌متر

Figure 10- The average salinity distribution around the droplets at installation depth of 20 cm and space 75 cm



شکل ۱۱- میانگین توزیع شوری در اطراف قطره‌چکان‌ها در عمق کارگذاری ۳۰ و فواصل قطره‌چکان‌ها ۷۵ سانتی‌متر

Figure 11- The average salinity distribution around the droplets at installation depth of 30 cm and space 75 cm

در عمق کارگذاری ۱۵ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها (شکل ۹)، کمترین مقادیر شوری همواره به‌صورت یک محدوده در اطراف قطره‌چکان دیده شد و با فاصله گرفتن از قطره‌چکان، شوری افزایش یافته، به‌طوری که با افزایش فاصله، ناحیه شوری بیشتر در فاصله ۴۰-۲۰ سانتی‌متری از قطره‌چکان‌ها، از سطح تا عمق پراکنده شده و در فاصله بیشتر از ۴۰ سانتی‌متری، شوری بیشتر به طرف سطح خاک متمایل گردیده است. در عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متری قطره‌چکان ها (شکل ۱۰)، نیز کمترین مقادیر شوری همواره به‌صورت یک محدوده در اطراف قطره‌چکان دیده شد و با فاصله گرفتن از قطره‌چکان، شوری افزایش یافته، به‌طوری که با افزایش فاصله، ناحیه شوری بیشتر در فاصله ۶۰-۲۰ سانتی‌متری از قطره‌چکان‌ها، از سطح به عمق گسترش یافته است. همچنین در عمق کارگذاری ۳۰ سانتی متری قطره‌چکان‌ها (شکل ۱۱)، کمترین مقادیر شوری همواره به‌صورت یک محدوده در اطراف قطره‌چکان دیده شد و با فاصله گرفتن از قطره‌چکان، شوری افزایش یافته، به‌طوری که با افزایش فاصله، ناحیه شوری بیشتر در فاصله ۴۰-۲۰ سانتی‌متری از قطره‌چکان‌ها، متمایل به عمق پایین‌تر از ۴۰ سانتی‌متری گسترش یافته و در فاصله بیشتر از ۴۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها، شوری بیشتر به اعماق پایین‌تر انتقال یافته است. با توجه به شکل‌های فوق، هرچه از لوله آبده فاصله گرفته می‌شود، مقادیر شوری افزایش یافته است، زیرا با افزایش فاصله از لوله آبده، مقدار آب کمتری وارد خاک شده و به همان نسبت جابجایی نمک‌ها کمتر رخ داده است. از طرفی به‌علت تبخیر از سطح خاک، عمدتاً شوری در عمق کارگذاری کمتر، در سطح خاک بیشتر از اعماق پایین‌تر می‌باشد و در عمق کارگذاری بیشتر، از سطح به عمق افزایش داشته است.

نتیجه‌گیری

آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، از بهینه ترین روش‌های آبیاری است که در بخش‌های اجرایی، پژوهشی و دانشگاهی بالاخص برای نیشکر تقریباً ناشناخته بوده و برای اولین بار در کشت نیشکر در ایران اجرا شده است. با توجه به خشکسالی‌های اخیر و مسئله بحران و کمبود آب و اهمیت مسائل زیست‌محیطی، جهت بررسی بیشتر و کاربردی کردن آن بسیار با ارزش خواهد بود. به‌طور کلی در این پژوهش، با کاربرد دبی ۲/۲ لیتر در ساعت و فاصله ۷۵ سانتی‌متری و عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متری قطره‌چکان‌ها، بالاترین عملکردهای کمی و کیفی و بالاترین بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی حادث شد. همچنین صرف‌نظر از اعمال هرگونه تیمار عمق‌گذاری، سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سامانه آبیاری مرسوم، کاهش حدود ۲۰ درصدی آب مصرفی و ۲۶ درصدی بهره‌وری آب به ازای نیشکر و شکر تولیدی را به‌دنبال داشت. باتوجه به نتایج حاصل و با در نظر گرفتن یکنواختی توزیع رطوبت، شوری سطح خاک، عدم ایجاد رواناب، حفاظت از لوله آبده، حذف تبخیر سطحی و توسعه ریشه نیشکر، عمق ۲۰ سانتی‌متری کارگذاری لوله آبده با فاصله ۷۵ سانتی متری قطره‌چکان‌ها روی لوله‌فرعی با دبی ۲/۲ لیتر بر ساعت، پیشنهاد می‌شوند. همچنین با وجودی که پراکنش پیاز رطوبتی تا فاصله ۸۰ سانتی‌متری تأمین شده است، ولی فاصله کمتر قطره‌چکان ها مانند ۶۰ سانتی‌متری با دبی فوق نیز نیاز به بررسی بیشتر دارد.

سپاسگزاری

از مدیر عامل و معاونت محترم مؤسسه تحقیقات و آموزش نیشکر خوزستان، جناب آقای مهندس امیر درخشان‌زاده و جناب آقای دکتر کورش طاهرخانی، جهت حمایت‌های مادی و اجرایی طرح و همکاران محترم مدیریت به‌زراعی، بالاخص آقایان مهندسین جلیل کرمان‌نژاد، مجید حمودی و آقای دکتر مسلم منصوری‌نژاد، جهت همکاری در کلیه مراحل اجرایی، سپاسگذارم.

منابع

1. Abbasi F., and Sheinidashtegol A. 2016. Assess and improve the management of furrow irrigation in irrigated fields of sugarcane in Khuzestan. Journal of Water and Soil Science (2)4: 109-121. (In Persian)
2. Anonymous. 1998-2018. ANOVA Report of sugarcane Research Institute of Khuzestan, Iran. (In Persian)
3. Bhingardeve S.D., Pawar D.D., Dinger S.K., and Hasure R.R. 2017. Water Productivity in Sugarcane under Subsurface Drip Irrigation. International Journal of Agriculture Sciences 9(29): 4377-4381.
4. Çolak Y.B., Yazar A., Gönen E., and Çağlar Eroğlu E. 2018. Yield and quality response of surface and subsurface drip-irrigated eggplant and comparison of net returns. Agricultural Water Management 206: 165–175.
5. Consoli S., Stagno F., Roccuzzo G., Cirelli G.L. and Intrigliolo, F. 2014. Sustainable management of limited water resources in a young orange orchard. Agricultural water management 132: 60-68.
6. Dalri A. B. and. Cruz R. L. 2008. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. Engieering Agrculture 28(3): 516–524. (In Portuguese)
7. ICUMSA (International Commission for Uniform Methods in Sugar Analysis). 2009. ICUMSA Methods book and ICUMSA supplement. Edt, Whalley, H.C.S. Elsevier publishing company, Amsterdam, London, New York. 420pp.

8. Javadi F., Moazed H., Haghnazari F., and Bait leteh R. 2011. Evaluation Water Productivity and Water Use Efficiency in the cultivation of sugar cane on the CP57-614 Variety in the agro-industry Hakim Farabi, the first national conference on strategies for achieving sustainable agriculture, PNU, Ahvaz. (In Persian)
9. Karlberg L., Rockstrom J., Annandale J.G., and Steyn J.M. 2007. Low-cost drip irrigation. A suitable technology for southern Africa: An example with tomatoes using saline irrigation water. Agricultural Water Management 89(1): 59-70.
10. Kandelous M.M., and Simunek J. 2010b. Numerical simulations of water movement in a subsurface drip irrigation system under field and laboratory conditions using HYDRUS-2D. Agricultural Water Management 97: 1070–1076.
11. Lamm F.R., and Cam C.C. 2007. Subsurface drip irrigation. Micro irrigation for crop production: Design, operation and management, F.R. Lamm, J.E. Ayars and F. S. Nakayama, eds., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 618.
12. Leonardo N.S. dos Santosa., Edson E., Matsura Ivo Z., Gonc alves Eduardo A.A., Barbosa Aline A., Nazário Natalia F., Tuta Marcelo C.L., Elaiuy Daniel R.C., and Feitosa Allan C.M. de Sousa. 2016. Water storage in the soil profile under subsurface drip irrigation: Evaluating two installation depths of emitters and two water qualities, Agricultural Water Management n170: 91-98.
13. Martínez-Gimeno M.A., Bonet L., Provenzano G., Badal E., Intrigliolo D.S., and Ballester C. 2018. Assessment of yield and water productivity of clementine trees under surface and subsurface drip irrigation. Agricultural Water Management 206: 209–216.
14. Regina Céli M.P., Eduardo Augusto A.B., Flávio Bussmeyer A., Emílio S., and Tonny Jose A.S. 2015. Effects of Subsurface Drip Irrigation and Different Planting Arrangements on the Yields and Technological Quality of Sugarcane. ASCE, A5014001-1, Journal Irrigation Drainage Engineering.
15. Sedaghati N., Hosaini-Fard S., and Mohamadi Mohamad-Abadi. 2012. Compare the effect of surface and subsurface drip irrigation on growth and yield of pistachio trees, Journal of Soil and Water 26(3): 575-585. (In Persian)
16. Sheini- Dashtegol A., Kashkouli H.A., and Boroomand-Nasab S. 2009. The effects of every-other furrow irrigation on Water Use Efficiency and quality and quantity characteristics in South Ahvaz sugarcane fields, Journal of Soil and Water Sciences, Isfahan University of Technology year 13, 49: 45-57. (In Persian)
17. Skaggs TH., Trout TJ., Šimůnek J., and Shouse PJ. 2004. Comparison of HYDRUS-2D simulations of drip irrigation with experimental observations. Journal Irrigation Drainage Engineering 130: 304–310.
18. Surendran U., Jayakumar M., and Marimuthu S. 2016. Low cost drip irrigation: impact on sugarcane yield, water and energy saving in semiarid tropical agro ecosystem in India. Science of the Total Environment 573: 1430-1440.
19. Uribe R.A.M., Gava DE. C., Saad J.C.C., and Koll O.T. 2013. Ratoon sugarcane yield integrated drip irrigation and nitrogen fertilization. Eng. Agríc., Jaboticabal 33(6): 1124-1133.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 4, Sept-Oct 2020, p. 797-811

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۹، ص. ۸۱۱-۷۹۷

Effects of Subsurface Drip Irrigation on Salinity Dynamics, Water Productivity and Ratoon Sugarcane Yield

A. Sheini-Dashtgol[1]*- S. Boroomand-Nasab[2]- A.A. Naseri[3]

Received: 24-07-2019
Accepted: 26-07-2020

Introduction: Sugarcane fields of the southwest of Iran have heavy soil texture, high temperatures, hot and dry wind flow at spring and summer seasons. The electrical conductivity of irrigation water was considered about 1.1 $dS.m^{-1}$, in basic designs of this irrigation method. In addition to sugarcane production, sugar is a fundamental good in the economic section of Iran. It has multiple use in food, medical and chemical industry, production of by-products such as feedstuffs, yeast and alcohol, wood and paper. Sugarcane requires lots of water during the growing period and sensitive to water stress and is not compatible with long duration of flooding. If groundwater rises and covers the root zone, crop yield decreases due to root rot. Significant benefits are identified in terms of increased yield, improved crop quality, reduction in applied water, and reduced agronomic costs for weed control, fertilization, and tillage. Improved water management is crucial for a sustainable future, and SDI will be one tool that is available to improve water productivity. The main advantages of SDI are related to water savings because water is applied directly to the crop's root zone, which prevents losses due to direct evaporation from the soil and deep drainage, and, if properly managed, SDI allows for the maintenance of appropriate levels of soil moisture. Due to the water crisis in Iran, this study aimed to reduce the volume of consumed water and water productivity for sugarcane and sugar yield by managing water consumption using drip irrigation for the first time in the cultivation of sugarcane.

Material and Methods: According to recent droughts and severe water crises in Iran, subsurface drip irrigation was implemented in sugarcane for the first time. It seems that water consumed in subsurface drip irrigation is less than other methods. Therefore, its effect was investigated by 15, 20, and 30 cm depths and 75 cm space of subsurface emitters and comparison with control, on water productivity and sugarcane yield. An experiment based on randomized complete block design was carried out at the Sugarcane Research and Training Institute of Khuzestan in the South-West of Iran. After harvesting the plant field (start Ratoon), soil samples were collected at 0-30, 30-60, and 60-90 cm depths. In order to measure the bulk density of soil, samples were collected from the undistributed samples with sampler cylinders, and the texture was determined by the hydrometer method. To assess soil moisture percentage, pressure plate was used for determining content in field capacity (FC) and permanent wilting point (PWP) (the results were 25.1% and 12.9%, respectively). Emitters were pressure controlled emitter type, anti-siphon and the pressure at the pump station was 4.3 bar, and emitters with a flow 2.2 $liter^{-1}$ and the depth of emitters pipes were 15, 20, and 30 cm from the surface soil. Depending on irrigation frequencies and irrigation water acidity, acid was injected into the irrigation water to prevent clogging of the emitters. After a specified time, it was discharged from the network.

Regarding the presence of algae in irrigation water, chlorine gas was used in acid filtration before irrigation in field capacity. Finally, the average quantity and quality functions and Water Productivity in subsurface drip irrigation were compared with compression irrigation. For data fitting and curves, EXCEL software was used, and SAS statistical software was used for statistical analysis. Also, to investigate the salinity distribution in drip irrigation, the mean soil samples were used during the sampling period. The figures were drawn using 8 Surfer software in two dimensions. In drawing the shapes, Craig's introspection was used.

Results and Discussion: High evaporation, air temperature, and relatively low quality of irrigation water are the most important limiting factors for sugarcane irrigation in Khuzestan. It seems that according to the research records, the irrigation of subsurface drops with proper management is successful. Therefore, for this purpose, the effect of planting depth of 15, 20, and 30 and a distance of 75 cm drops and to compare with the regular irrigation of sugarcane lands as control (control), on water productivity and sugarcane yield complete random blocks was applied.

1- Ph.D. Student of Irrigation and Drainage of Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Director of Agronomy Division Research Department, Khuzestan Sugar cane Research and Training Institute
(*- Corresponding Author Email: sheinidasht1971@gmail.com)
2 and 3- Professors of Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz
DOI: 10.22067/jsw.v34i4.81423

The results of the analysis of variance of quantitative traits showed significant effects of the planting depth of droplets, in terms of yield at the level of one percent and in terms of stem height traits, number of stems per hectare, and water efficiency per sugarcane and produced sugar, at the level of five percent. According to the results of qualitative traits, the effect of treatment of droplet implant depth in all traits was non-significant. At a depth of 20 cm, the highest efficiency of water production for sugarcane and sugar production were 1.6 and 0.73 kg / m3, respectively. The lowest water productivity for sugarcane and sugar produced in the control treatment was 4.2 and 0.51 kg / m3, respectively. As a result, water productivity in the treatment of selected index (planting depth of 20 cm) per sugarcane and produced sugar has resulted in an increase of more than 30% in water productivity compared to the usual irrigation of fields (control). The results of salinity distribution around the droplets also showed that under the conditions of irrigation of subsurface droplets with salt water, the lowest salinity values were always seen as a range around the droplets. With increasing distance from the droplets, the salinity increased. More salts The drops are concentrated in the streams on both sides of the drops, The highest salinity occurred at the bottom of the furrow, and the lowest salinity was found on the ridge, where the drip pipe was planted and on either side of which there were two rows of reeds.

Conclusion: Subsurface drip irrigation is one of the most optimal irrigation methods that are almost unknown to sugarcane in the executive, research, and academic sectors, and has been implemented for the first time in sugarcane cultivation in Iran. Given the recent droughts and the crisis and water scarcity, and the importance of environmental issues, it will be invaluable to investigate further and apply them. In general, in this study, using a flow rate of 2.2 lit/hr and a space of 75 cm and an installation depth of 20 cm droplets, the highest quantitative and qualitative functions and the highest water productivity per sugar cane. And the sugar produced. Also, regardless of any deepening treatment, the drip irrigation system, compared to the conventional irrigation system, reduced water consumption by about 20% and water yield by 26% per sugarcane and sugar produced. According to the results and considering the uniformity of moisture distribution, soil surface salinity, lack of runoff, protection of the discharge pipe, removal of surface evaporation and sugarcane root development, depth of 20 cm, application of the discharge pipe with a distance of 75 cm drops on the hose with a flow rate of 2.2 lit/hr are recommended. Also, although the distribution of moisture onions is provided up to a distance of 80 cm, a shorter distance between the droplets, such as 60 cm with the above flow, needs further investigation.

Keywords: Subsurface drip irrigation, Emitters, Salinity dynamics, Sugarcane yield, Water Productivity