

مقاله علمی-پژوهشی

اثر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر شوری خاک، گرفتگی قطره‌چکان‌ها، عملکرد و بهره‌وری آب محصول یونجه

علی قدمی فیروزآبادی^{۱*}، علی محمد جعفری^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آبی کشور، بهینه کردن سامانه‌های آبیاری به نحوی که بتوان تلفات تبخیر و مدیریت تعرق را بهبود بخشید، از عوامل مهم در افزایش بهره‌وری آب است. لذا این پژوهش به منظور بررسی روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سامانه آبیاری بارانی بر عملکرد و بهره‌وری آب محصول یونجه طی سال‌های (۱۳۹۸ لغایت ۱۴۰۰) در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان انجام شد. آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بدون تزریق تریفلورالین (T1)، آبیاری زیرسطحی با تزریق تریفلورالین به میزان ۴ لیتر در هکتار (T2)، آبیاری زیرسطحی با تزریق تریفلورالین به میزان ۶ لیتر در هکتار (T3)، آبیاری با لوله‌های ناندین (T4) و یک تیمار آبیاری بارانی (شاهد) بودند. تاثیر تیمارهای مورد مطالعه بر میزان عملکرد و بهره‌وری آب در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. تیمار T3 با بیشترین میزان عملکرد و بهره‌وری آب، به ترتیب به میزان ۲۰۸۷۳ کیلوگرم در هکتار ۲/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب بر سایر تیمارها برتری داشت. میانگین عملکرد ۳ ساله محصول یونجه در دو سامانه سیستم آبیاری قطره‌ای و بارانی به ترتیب ۱۹۷۷۹ و ۱۴۷۵۱ کیلوگرم در هکتار و میزان بهره‌وری آب به ترتیب ۲/۴ و ۱/۳ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. میانگین حجم آب مصرفی در دو سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و بارانی، به ترتیب ۸۴۷۲ و ۱۱۴۸۰ مترمکعب در هکتار بود. لذا سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی علاوه بر افزایش عملکرد محصول، باعث کاهش ۲۶/۲ درصدی در آب مصرفی و بهبود بهره‌وری آب به میزان ۸۴/۶ درصد نسبت به سامانه آبیاری بارانی شد. همچنین هیچگونه اثری از تجمع ریشه در اطراف قطره چکانها مشاهده نشد. افزایش شوری در عمق خاک زراعی مزرعه در زمان اتمام آبیاری‌ها در دو سیستم آبیاری ملاحظه شد که با بارندگی‌های رخ داده در طول سال تقلیل پیدا می‌کرد.

واژه‌های کلیدی: توسعه ریشه، تریفلورالین، مدیریت آبیاری

مقدمه

به‌منظور بهبود بهره‌وری آب به سرعت در حال رشد است. از طرفی محدودیت منابع آب و خشکسالی‌های اخیر و نگرانی‌ها در مورد تلفات آب و کود، علاقه به استفاده از سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (SDI۳) را به‌عنوان سیستمی کارآمد و دقیق در تحویل آب و کود مطرح کرده‌است. آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دارای پتانسیل زیادی در صرفه‌جویی مصرف آب با کاهش خسی سطح خاک و در نتیجه کاهش تلفات تبخیر نسبت به سایر روش‌های آبیاری است. اما در این روش نگرانی‌هایی نظیر گرفتگی قطره‌چکان‌ها، تجمع ریشه اطراف قطره‌چکان‌ها و تجمع نمک در سطح خاک وجود دارد. نظر به اینکه یونجه با بیش از ۴۰۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت دومین محصول آبی استان همدان بعد از گندم است و محصولی آب بر است، ارتقای

با افزایش تقاضای منابع محدود آب و تامین نیاز غذایی جمعیت رو به رشد، بدون شک سامانه آبیاری قطره‌ای نقش مهمی در زراعت ایران بازی خواهد کرد. این روش آبیاری باعث صرفه‌جویی در آب و انرژی که از چالش‌های کشت آبی در دنیای امروزی است، می‌گردد. بنابراین استفاده از آبیاری قطره‌ای در مناطق خشک و نیمه خشک

۱- دانشیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۲- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
(Email: aghadami@gmail.com) * نویسنده مسئول

مزایای روش آبیاری زیرسطحی است (Oron et al., 1999). بر اساس مطالعات پاتل و راجپوت آبیاری زیرسطحی باعث کاربرد آب کمتری نسبت به آبیاری سطحی قطره‌ای و صرفه‌جویی در مصرف آب در یک خاک با بافت لومی شنی شده بود (Patel and Rajput, 2007). عالم و همکاران آزمایشی را با استفاده از آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (SDI) بر روی محصول یونجه انجام دادند. خاک مزرعه لوم، فاصله نوارهای آبیاری قطره‌ای ۶۰، ۴۰ و ۳۰ اینچ و عمق کارگذاری لوله‌ها ۱۸ و ۱۲ اینچ بود. نتایج نشان داد که عمق قرارگیری نوارهای آبیاری قطره‌ای، هیچ تأثیری بر عملکرد محصول نداشت و فاصله نوار قطره‌ای ۴۰ اینچی دارای توجیه اقتصادی و عملکرد بالاتری نسبت به عمق ۶۰ اینچ داشت (Alam et al., 2002). در پژوهشی در مکزیک آبیاری زیرسطحی با دو فاصله ۱ متری و ۸۰ سانتی‌متری در زراعت یونجه با تأمین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی مورد مقایسه قرار گرفت، نتایج نشان داد که عملکرد علوفه یونجه در فاصله یک متری لترال‌ها نسبت به فاصله ۸۰ سانتی-متری آن‌ها به ترتیب برابر با ۹۴، ۹۷ و ۹۲ درصد بود (Avila et al., 2003). ادل و همکاران در تحقیق خود بیان داشتند که مقدار آب مصرفی در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ممکن است کمتر از روش آبیاری قطره‌ای سطحی نباشد (Adel, 2007). زیرا که در این روش تبخیر از سطح خاک کمتر بوده و اثر آن بر افزایش رطوبت نسبی هوا نیز کمتر است، بنابراین گیاه تعرق بیشتری خواهد داشت. در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به علت کاهش تبخیر از سطح خاک و کاهش رطوبت خاک، گیاه تعرق بیشتری انجام می‌دهد. مطالعات نشان داده است که میزان تعرق در روش قطره‌ای زیرسطحی ۱۵٪ بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای معمولی است. نتایج مطالعات دستورانی و همکاران حاکی از تفاوت معنی‌دار کارایی دو روش آبیاری سطحی و زیرسطحی در باغات پسته و همچنین افزایش عملکرد محصول در روش آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری سطحی بود (Dastorani et al., 2010). تحقیقات یو و همکاران روی تأثیر مدیریت (غلظت و زمان تزریق) ترفلان بر جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان و اثرات آن در عملکرد و کیفیت گندم نشان داد که غلظت ترفلان (۳ یا ۷ میلی‌گرم در لیتر) تأثیری بر عملکرد، کیفیت و سیستم ریشه گیاه ندارد (Yu et al., 2010).

محققین دیگر دریافته‌اند که میزان حجم آب آبیاری در آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری سطحی حدود ۱۵ تا ۴۹ درصد کاهش و میزان عملکرد محصول بین ۱۴ تا ۲۵ درصد افزایش یافت. آن‌ها آبیاری زیرسطحی را با تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی توصیه کردند (Lamm et al., 2012). از طرفی یکسری نگرانی در رابطه با گرفتگی قطره‌چکان‌ها، تجمع ریشه اطراف قطره‌چکان‌ها و تجمع نمک در سطح خاک وجود دارد. برخی محققین جلوگیری از تجمع بیش از حد ریشه در مجاورت قطره‌چکان‌ها را به‌عنوان عاملی مؤثر در

بهره‌وری و راندمان آبیاری باعث صرفه‌جویی در مصارف آب کشاورزی می‌گردد. در کشت این محصول به دلیل آنکه در طول سال بیش از یک بار برداشت می‌شود امکان اجرای آبیاری قطره‌ای سطحی امکان‌پذیر نیست و با محدودیت‌های فنی روبرو است. از این رو سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی می‌تواند مشکلات فوق را برطرف نماید.

آبیاری زیرسطحی برای اولین بار در کالیفرنیا در سال ۱۹۵۹ به کار گرفته شد و بعد از آن در قسمت‌های مختلف جهان مورد استفاده قرار گرفت. این روش آبیاری دارای مزایای زیادی نظیر تلفات آبشویی کمتر نسبت به آبیاری سطحی، عملکرد محصول بیشتر، کنترل بهتر علف‌های هرز به علت خشکی سطح خاک، کیفیت بهتر محصول و توانایی کاربرد آب و مواد غذایی به فعال‌ترین بخش ناحیه ریشه، تجمع بسیار کمتر املاح در لایه‌های سطحی‌تر خاک در مقایسه با آبیاری قطره‌ای معمولی، طول عمر بیشتر لوله ابده و قطره‌چکان‌ها به دلیل عدم قرارداشتن در معرض تابش آفتاب و صدمات مکانیکی است (Selim et al., 2009; Lamm and Camp, 2007).

مطالعات زیادی در رابطه با کاربرد و کارایی آبیاری زیرسطحی در محصولات مختلف انجام گرفته است. نتایج مطالعات مارتینز و همکاران در بررسی اثر کود بر رشد و عملکرد ذرت حاکی از برتری این روش نسبت به آبیاری سطحی بود (Martinez et al., 1991). نتایج مطالعات زولدکس و همکاران، سولمون و جورگنسون و عبدی حاکی از افزایش کارایی مصرف آب و توانایی آبیاری زیرسطحی در زراعت چمن دارد (Zoldoske et al., 1995. Solomon and Jorgensen, 1993; Abdi, 2003). به این نتیجه رسیدند که آبیاری زیرسطحی باعث افزایش عملکرد محصول نسبت به سایر روش‌های آبیاری می‌شود (Phene et al., 1992). هاتمچر و همکاران کارایی آبیاری زیرسطحی قطره‌ای و آبیاری سطحی قطره‌ای را در زراعت یونجه مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که آبیاری زیرسطحی نسبت به آبیاری سطحی باعث افزایش ۲۰ درصدی در عملکرد یونجه و کاهش ۶ درصدی در حجم آب مصرفی شد (Hutmacher et al., 1992). ملک و بینگام در مطالعه خود به بیان این مطالب پرداختند که، قرار دادن لوله‌های قطره‌چکان‌دار در زیر سطح خاک تلفات تبخیر و تجمع نمک در سطح خاک را به حداقل ممکن کاهش می‌دهد و از آنجاکه آب و مواد غذایی مستقیماً به محل ریشه وارد می‌شود، گیاه رشد بیشتری دارد و غیریکنواختی مکانی و زمانی توزیع آب کاهش می‌یابد (Malek and Bingham, 1993). کمپ اثر آبیاری زیرسطحی را بر روی بیش از ۳۰ نوع محصول مختلف مورد بررسی قرار داد که همگی نشان‌دهنده برتری این روش آبیاری بود (Camp, 1998). اورن و همکاران بعد از مطالعات فراوان بیان کردند که کنترل تلفات آب، کنترل علف‌های هرز و همچنین مدیریت بهتر آبیاری از

قطره‌چکان‌ها به مدت ۵ سال در آبیاری زیرسطحی گیاه چمن، بدون هرگونه مشکل گرفتگی توسط زولدوسکی و همکاران گزارش شد (Zoldoske et al. 1995). نتایج مشابهی برای گیاه چمن برمودا توسط سواریزی و همکاران گزارش شده است. (Suarez-Rey et al., 2006). نورو (۱۳۹۴) در تحقیقی اثر ترفلان در گرفتگی قطره-چکان‌ها را در باغات انگور مورد بررسی قرار داد، نتایج نشان داد که با افزایش غلظت ترفلان از حجم ریشه در محیط قطره‌چکان به‌طور معنی‌داری کاسته شد. به‌طوریکه تزریق ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم ترفلان به ازای هر قطره‌چکان به‌ترتیب موجب کاهش ۹/۷ و ۱۹/۲ درصدی تجمع ریشه در اطراف قطره‌چکان (به شعاع ۱۰ سانتیمتری قطره چکان) در مقایسه با تیمار بدون تزریق ترفلان شد. وی با توجه به تمایل بیشتر سالانه ریشه برای تجمع در اطراف قطره‌چکان‌ها تزریق ۲۵ میلی‌گرم ترفلان به ازای هر قطره‌چکان در سال اول بهره-برداری و ۵۰ میلی‌گرم ترفلان به ازای هر قطره‌چکان در سال دوم و در سال‌های بعدی به ازای هر سال افزایش میزان غلظت ترفلان به مقدار ۵۰ میلی‌گرم توصیه نمود. با توجه به اینکه در رابطه با آبیاری قطره‌ای زیرسطحی یونجه در ایران تحقیقات گسترده‌ای انجام نشده است، لذا این پژوهش به‌منظور بررسی اثر دو سامانه آبیاری بارانی و قطره‌ای زیرسطحی بر عملکرد و بهره‌وری آب یونجه در استان همدان انجام شد.

مواد و روش

این تحقیق به‌منظور بررسی روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری بارانی بر عملکرد و بهره‌وری آب یونجه در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان در سطح ۱/۴۴ هکتار انجام شد. بافت خاک مزرعه لوم با سرعت نفوذ نهایی ۹ میلی‌متر بر ساعت بود. آب مورد نیاز جهت انجام این پژوهش از چاه موجود در این ایستگاه تهیه شد، خصوصیات مزرعه خاک و آب آبیاری در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است.

آماده سازی زمین شامل زیرشکنی در دو جهت طولی و عرضی مزرعه، شخم، سیکلوتیلر، لولر در مهرماه ۱۳۹۷ انجام شد. اجرای سیستم آبیاری زیرسطحی در اواخر آبانماه ۱۳۹۷ صورت گرفت. عمق کارگذاری لوله‌های آبد ۴۰ سانتی‌متر بود. فاصله لاترال‌ها ۵۰ سانتی-متر و فاصله قطره‌چکان‌ها ۴۰ سانتی‌متر منظور شد. آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بدون تزریق تریفلورالین (T1)، آبیاری زیرسطحی با تزریق تریفلورالین به میزان ۴ لیتر در هکتار (T2)، آبیاری زیرسطحی با تزریق تریفلورالین به میزان ۶ لیتر در هکتار (T3)، آبیاری با لوله‌های ناندین (T4) و یک تیمار آبیاری بارانی (شاهد) بودند. مشخصات سیستم آبیاری قطره‌ای و بارانی در

کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها مطرح کرده‌اند (Wang et al., 2005; Rubens and Luis, 2003). یکی از روش‌ها برای جلوگیری از ورود ریشه به ناحیه مجاور قطره‌چکان، تزریق مواد شیمیایی نظیر اسید سولفوریک و اسید فسفریک هست. استفاده منظم اسید فسفریک و اسید سولفوریک در آبیاری‌ها جهت جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها توسط ریشه گیاهان ذرت و گوجه‌فرنگی توسط آیارس و همکاران و ناکایاما و باک به‌صورت موفقیت‌آمیز به اثبات رسیده است (Ayars et al., 1986; Nakayama and Bucks, 2015; al., 2015). اگرچه سواریزی و همکاران کاربرد اسید سولفوریک یا فسفریک در جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری چمن برمودا را در برخی مواقع مؤثر گزارش کرده‌اند (Suarez-Rey et al., 2006). اما به دلیل اینکه اسیدسولفوریک و فسفریک در محیط مرطوب و دمای زیاد دارای قدرت تجزیه‌پذیری زیادی بوده و بایستی از این مواد به‌طور متعدد در عملیات آبیاری استفاده نمود که درنهایت موجب گران بودن و سخت شدن عملیات آبیاری در این شیوه مقابله با گرفتگی قطره‌چکان‌ها شده است، توصیه نمی‌شود. ماده ترفلان که معمولاً برای کنترل علف‌های هرز یک‌ساله در مزارع مورد استفاده قرار می‌گیرد به‌دلیل اینکه دارای نیمه‌عمر نسبتاً طولانی است و طول دوره مؤثر آن در خاک بستگی به درجه حرارت و رطوبت خاک دو تا سه ماه است و به‌عنوان جایگزین مناسبی برای اسید سولفوریک و اسید فسفریک جهت جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها پیشنهاد می‌گردد. نتایج مطالعه اورون و همکاران حاکی از استفاده مؤثر ترفلان در جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری زیرسطحی با آب نامتعرف به مدت ۵ سال بود (Oron et al., 2005). اما بعضی محققین از تأثیر ترفلان به‌عنوان علف‌کش مضر در محیط خاک و آب ابراز نگرانی کرده‌اند. نتایج مطالعه روسو و همکاران در شبیه‌سازی کامپیوتری حرکت و انتشار ترفلان در خاک‌ها نشان داد که این ماده به علت جذب قوی توسط ذرات خاک به‌کندی و با تأخیر در خاک حرکت می‌کند و بدین ترتیب وجود ترفلان در خاک مجاور قطره‌چکان مانع ورود ریشه به قطره‌چکان می‌شود (Russo et al., 2001). همچنین نتایج تحقیق آزمایشگاهی روسکین و همکاران بر روی ستون خاک نشان داد که حرکت ترفلان در خاک کاملاً به بافت خاک بستگی دارد و ترفلان تزریق شده در قطره‌چکان‌های زیرسطحی، در خاک مجاور قطره-چکان باقی می‌ماند و احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی در خاک‌های با بافت سنگین وجود ندارد (Ruskin et al., 1997). در سال‌های اخیر نیز قطره‌چکان‌های ویژه‌ای باقابلیت محافظت در برابر گرفتگی برای سامانه قطره‌ای زیرسطحی طراحی و ساخته شده است. به‌طوریکه در فرایند ساخت قطره‌چکان‌ها ماده ترفلان تزریق می‌شود تا ریشه به‌داخل قطره‌چکان وارد نشود. این ماده پس از مدفون شدن لوله‌ها در خاک به یکنواختی در محیط خاک اطراف ریشه آزاد شده و مانع ورود ریشه به ناحیه مجاور قطره‌چکان می‌شود. استفاده از این نوع

جدول ۳ و ۴ ارائه شده است. تیمارهای با تزریق تریفلورالین، تزریق در سه مرحله (اواسط فروردین، اواسط تیر و اواسط مهر) انجام شد. طول و عرض هر کرت به ترتیب ۴۰ و ۲۰ متر منظور شد. در

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام تحقیق

عمق (سانتی متر)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	پ. هاش	درصد موادخشتی شونده	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (پی.پی.ام)	پتانسیل قابل جذب (پی.پی.ام)	درصد بافت خاک
۰-۲۵	۰/۴۹	۷/۴۹	۷/۵	۰/۳۹	۸/۹۶	۲۱۰	لوم ۰/۰۳۹

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی منبع آبی

سال	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	پ- هاش	میلی اکی والان در لیتر					نسبت جذب سدیم		
			کربنات	-بیکربنات	کلر	سولفات	کلسیم			
اول	۰/۷۸	۶/۳۵	۰	۵/۶	۱/۳۲	۱/۵۵	۳/۲	۴/۰	۱/۲۷	۰/۶۲
دوم	۰/۸۲	۷/۳	۰	۶/۶	۱/۸	۱/۷	۴/۲	۳	۲/۶	۱/۳
سوم	۰/۷۸	۰	۰	۶/۱	۱/۶	۲/۴	۴/۵	۳	۲/۶	۱/۳

جدول ۳- مشخصات سیستم آبیاری قطره‌ای

تیمار	نوع سیستم	نوع و مشخصات لوله آبیاری قطره‌ای زیرسطحی	دبی (لیتر در ساعت)	فاصله قطره چکانها (سانتی متر)
T1, T2, T3	قطره‌ای	لوله درپردار ۱۶ میلی متری آنتی سیفون	۱/۵	۴۰
T4	قطره‌ای	لوله درپردار ۱۶ میلی متری ناندرین	۱/۵	۴۰

جدول ۴- مشخصات سیستم آبیاری بارانی

تیمار	نوع سیستم	سطح زیر کشت	نوع و مشخصات قطره چکان یا آبیاش	فاصله آبیاشها (متر)	قطر نازل (میلی متر)	فشار سر آبیاش (متر)
سیستم آبیاری بارانی (S)	کلاسیک ثابت روی زمینی	۸۰۰ (متر مربع)	سبزینه (طرح پروت zk30)	۲۰*۲۰	۱۰ میلی متر	۴۰

در روابط بالا، EC_{iw} : مقدار شوری آب آبیاری، EC_e : شوری عصاره اشباع خاک و EC_{emax} : مقدار ماکزیمم شوری قابل تحمل گیاه است. به منظور بررسی تغییرات شوری خاک در شروع و انتهای فصل آبیاری نسبت به تعیین شوری خاک در دو عمق ۳۰-۶۰ و ۰-۳۰ اقدام شد. در پایان هر فصل زراعی یکنواختی توزیع آب در قطره-چکان‌ها با اندازه‌گیری و بررسی تغییرات دبی قطره‌چکان‌ها ارزیابی شد (شکل ۱). جهت بررسی گرفتگی قطره‌چکان‌ها در پایان سال سوم (پس از برداشت چین پایانی)، ترانسه‌هایی به طول ۲ متر و عمق بیش از ۱ متر زده شد و از داخل ترانسه توسط آب، خاک اطراف ریشه‌ها بدون جابجا کردن ریشه‌ها مورد شستشو قرار گرفت (شکل ۲). برای تعیین یکنواختی توزیع آب در قطره‌چکان‌ها، پس از انتخاب قطره‌چکان‌هایی در ابتدا، یک سوم، دو سوم و انتهای لترال‌ها و اندازه-گیری دبی آنها، مقدار تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد.

جهت محاسبه نیاز آبی از اطلاعات هواشناسی روزانه ایستگاه هواشناسی استفاده و تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن مانیت (آلن و همکارن، ۱۹۹۸) و روابط زیر محاسبه شد.

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad (1)$$

$$I_n = ET_c * (P_s + 0.15 * (1 - P_s)) \quad (2)$$

که در آن P_s نسبت سایه‌انداز گیاه، ET_c تبخیر و تعرق گیاهی، I_n نیاز خالص آبیاری می‌باشد. حجم آب آبیاری با استفاده از کنتورهای کالیبره شده در هر آبیاری اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری عمکرد محصول از هر کرت آزمایشی رکوردگیری به عمل آمد. جهت محاسبه نیاز آبشویی از فرمول‌های ذیل استفاده شد (علیزاده، ۱۳۹۸).

الف- در روش آبیاری بارانی

$$LR = 100 * \frac{EC_{iw}}{5 * EC_e - EC_{iw}} \quad (3)$$

ب- در روش آبیاری قطره‌ای

$$LR = 100 * \frac{EC_{iw}}{2 * EC_{e max}} \quad (4)$$



شکل ۱- اندازه‌گیری دبی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی



شکل ۲- حفر ترانشه و شستشوی خاک اطراف لوله‌ها، جهت بررسی گرفتگی قطره‌چکان‌ها (پایان سال سوم)

S: انحراف معیار دبی قطره‌چکان‌ها

q: متوسط دبی قطره‌چکان‌ها

چنانچه میزان cv کمتر از ۰/۰۵ باشد جزء قطره‌چکان‌های خوب، اگر بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ باشد در گروه متوسط و اگر میزان این ضریب بین ۰/۱ تا ۰/۱۵ باشد در گروه نسبتاً بد و اگر بیشتر از ۰/۱۵ باشد در گروه غیرقابل قبول هستند.

نتایج و بحث

به‌منظور تعیین عملکرد محصول یونجه در هر کرت آزمایشی و در هر سال زراعی (در هر چین) از تیمارهای مختلف، رکوردگیری به-عمل آمد. نتایج تجزیه واریانس عملکرد نشان داد که بین تیمارها از نظر عملکرد محصول تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۵).

$$q_{var} = 100 * \left(1 - \left(\frac{q_{min}}{q_{max}}\right)\right) \quad (۵)$$

q_{var}: تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها بر حسب درصد

q_{max}: حداکثر دبی در قطره‌چکان‌ها بر حسب لیتر در ساعت

q_{min}: حداقل دبی در قطره‌چکان‌ها بر حسب لیتر در ساعت

چنانچه تغییرات (q_{var}) دبی قطره‌چکان‌ها، کمتر از ۱۰ درصد باشد، در گروه خوب و اگر بین ۱۰ تا ۲۰ درصد باشد، جزء گروه قابل قبول و اگر ضریب تغییرات دبی بیشتر از ۲۰ درصد باشد جزء گروه غیر قابل قبول هستند (علیزاده، ۱۳۸۹).

ضریب تغییرات قطره‌چکان‌ها با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شد (انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا).

$$cv = \left(\frac{S}{q}\right) * 100 \quad (۶)$$

که در آن :

cv: ضریب تغییرات دبی

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد محصول یونجه در سه سال انجام پژوهش

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	احتمال
تکرار	۲	۷۴۱۲۰۱/۷	۳۷۰۶۰۰/۹	۰/۴۶۸۷	
سال (A)	۲	۴۴۵۳۹۹۲۹۱/۶	۲۲۲۶۹۹۶۴۵/۸	۲۸۱/۶۶	۰/۰۰۰
تیمار (B)	۴	۲۳۲۲۴۹۹۰۱/۲	۵۸۰۶۲۴۷۵/۳	۷۳/۴۳	۰/۰۰۰
اثر متقابل (A*B)	۸	۲۴۱۸۴۶۵۴/۴	۳۰۲۳۰۸۱/۸	۳/۸۲	۰/۰۰۳۸
خطا	۲۸	۲۲۱۳۹۰۳۶/۲۷	۷۹۰۶۷۹/۹		
کل	۴۴	۷۲۴۷۱۴۰۸۵/۲			

دارد، نتایج مطالعات فین و همکاران (۱۹۹۲)، ملک و بینگام (۱۹۹۳)، عبدی (۲۰۰۳)، دستورانی و همکاران (۲۰۱۰) تایید کننده نتایج این پژوهش است.

حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب

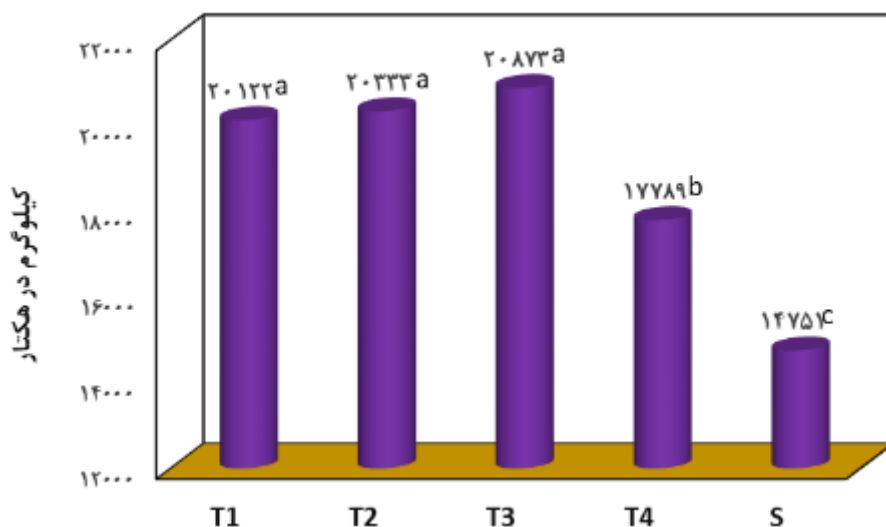
میانگین حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب در تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سیستم آبیاری بارانی در سال‌های انجام پژوهش در جدول ۵ ارائه شده‌است. میانگین حجم آب مصرفی در دو سامانه آبیاری قطره ای و بارانی به ترتیب ۸۴۷۲ و ۱۱۴۸۰ مترمکعب در هکتار تعیین شد. میانگین بهره‌وری سه ساله آب کاربردی در دو سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و بارانی به ترتیب ۲/۴ و ۱/۳ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد (جدول ۵). بنابراین سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی نسبت به سامانه آبیاری بارانی باعث کاهش میزان ۲۶ درصدی در آب مصرفی و افزایش ۸۵ درصدی در بهره‌وری آب شده‌است. زولدکس و همکاران (۱۹۹۵)، سولمون و جورگسون (۱۹۹۳) و عبدی (۲۰۰۳)، فین و همکاران (۱۹۹۲)، هاتمچر و همکاران (۱۹۹۲) و پاتل و راجپوت (۲۰۰۷) به نتایج مشابهی در رابطه با کاهش آب مصرفی و افزایش بهره‌وری آب در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سایر سامانه‌های آبیاری دست یافته‌اند، که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

نتایج تجزیه واریانس سه ساله بهره‌وری آب نشان دهنده تفاوت معنی‌دار تیمارها از نظر بهره‌وری آب در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۸). مقایسه میانگین سه ساله بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف نشان دهنده تفاوت بهره‌وری آب کاربردی در این تیمارها بود به طوری که در گروه‌های آماری مختلف قرار گرفتند (شکل ۴). تیمار T3 با ۲/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین بهره‌وری و تیمار آبیاری بارانی با ۱/۲۸ کیلوگرم بر مترمکعب کمترین بهره‌وری آب را به خود اختصاص دادند.

دامنه عملکرد محصول در تیمارهای مختلف آبیاری قطره‌ای در سال اول انجام پژوهش از ۱۴۳۷۲ تا ۱۵۸۷۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۱۵۲۹۳ کیلوگرم در هکتار بود. در سال دوم انجام پژوهش عملکرد محصول یونجه دامنه‌ای از ۱۸۰۴۰ تا ۲۳۱۹۰ کیلوگرم در هکتار داشته و میانگین ۲۱۰۳۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، و در سال سوم انجام پژوهش نیز میانگین عملکرد محصول یونجه از ۲۰۹۵۶ کیلوگرم در هکتار تا ۲۴۳۴۱ کیلوگرم در هکتار متغیر و بطور متوسط ۲۳۰۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تعیین شد (جدول ۶). تفاوت عملکرد محصول در سال اول، دوم و سوم انجام پژوهش به این دلیل است که کشت یونجه در بهار سال ۱۳۹۸ (سال اول) صورت گرفته و گیاه کاملاً پنجه نروده بود و تعداد چین‌های برداشتی یونجه سه چین بود. ولی در سال دوم و سوم پژوهش تعداد چین‌های برداشتی یونجه پنج چین بود. عملکرد محصول یونجه در سامانه آبیاری بارانی در سه سال انجام پژوهش به ترتیب ۱۱۰۲۵، ۱۶۲۳۸ و ۱۶۹۹۰ کیلوگرم بر هکتار تعیین شد. مقایسه میانگین عملکرد در تیمارهای مختلف در سطح احتمال یک درصد نیز نشان داد که تیمارهای مختلف در گروه آماری مختلف قرار گرفتند (شکل ۳). همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود تیمارهای T1، T2، T3 تفاوت معنی‌داری نداشته و در یک گروه آماری قرار می‌گیرند، هر چند تیمار T3 (تزریق ۶ لیتر تریفلورابین) بیشترین عملکرد را نسبت به سایر تیمارها داشته و با سامانه آبیاری بارانی از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری داشت و در دو گروه آماری جداگانه قرار گرفتند، بنابراین تیمار آبیاری قطره‌ای با تزریق ۶ لیتر در هکتار نسبت به سامانه آبیاری بارانی توصیه می‌شود. میانگین عملکرد سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و بارانی، به ترتیب ۱۹۷۷۹ و ۱۴۷۵۱ کیلوگرم در هکتار بود، بنابراین کاربرد روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث بهبود عملکرد محصول یونجه به میزان ۳۴/۱ درصد نسبت به آبیاری بارانی شده‌است. زیرا قرار دادن لوله‌های قطره‌چکان‌دار در زیر سطح خاک تلفات تبخیر در سطح خاک را به حداقل ممکن کاهش می‌دهد و از آنجا که آب و مواد غذایی مستقیماً به محل ریشه وارد می‌شود، گیاه رشد و عملکرد بیشتری

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد یونجه در تیمارهای مختلف در سال‌های مختلف

S	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	تیمار سال زراعی
بارانی	۱۴۳۷۲	۱۵۰۸۸	۱۵۸۷۰	۱۵۸۴۰	۱۳۹۷-۹۸
۱۶۳۳۸	۱۸۰۴۰	۲۳۱۹۰	۲۰۹۵۰	۲۱۹۴۰	۱۳۹۸-۹۹
۱۶۹۹۰	۲۰۹۵۶	۲۴۳۴۱	۲۴۱۷۸	۲۲۵۸۵	۱۳۹۹-۱۴۰۰



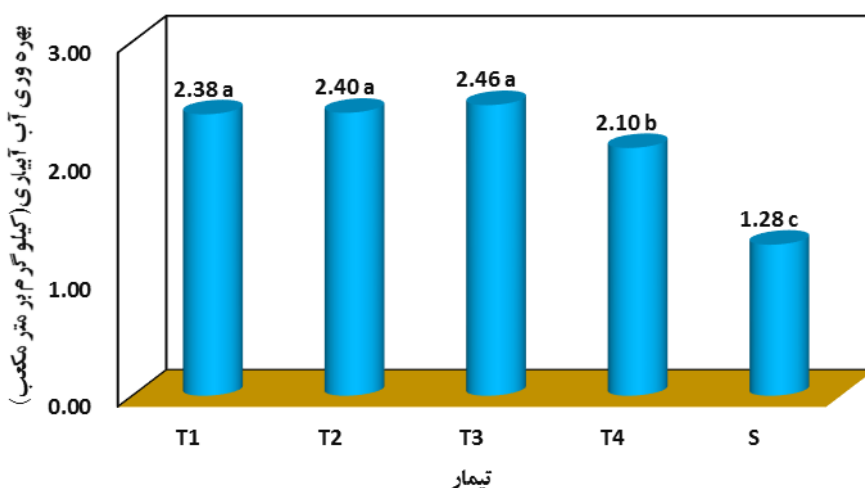
شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد سه ساله در تیمارهای مورد مطالعه

جدول ۷- مقایسه حجم آب کاربردی و بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری مورد استفاده (سال‌های مختلف)

سال زراعی	سیستم آبیاری	آب کاربردی (مترمکعب در هکتار)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱۳۹۷-۹۸	قطره‌ای زیرسطحی	۷۴۴۶	۲/۱
	بارانی	۱۰۲۵۱	۱/۱
۱۳۹۸-۹۹	قطره‌ای زیرسطحی	۷۸۸۶	۲/۶۷
	بارانی	۱۱۰۸۸	۱/۴۶
۱۳۹۹-۱۴۰۰	قطره‌ای زیرسطحی	۱۰۰۸۴	۲/۲۸
	بارانی	۱۳۱۰۱	۱/۳
میانگین سه ساله	قطره‌ای زیرسطحی	۸۴۷۲	۲/۴
	بارانی	۱۱۴۸۰	۱/۳

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس مرکب بهره‌وری آب کاربردی در سال‌های انجام پژوهش

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	احتمال
تکرار	۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۳۷۵۱	۰/۰۰۰
سال (A)	۲	۲/۴۵۸	۱/۲۲۹	۱۱۹/۴۲	۰/۰۰۰
تیمار (B)	۴	۸/۷۲۶	۲/۱۸۱	۲۱۱/۹۸	۰/۰۰۱۱
اثر متقابل (A*B)	۸	۰/۳۸۱	۰/۰۴۸	۴/۶۳	
خطا	۲۸	۰/۲۸۸	۰/۰۱		
کل	۴۴	۱۱/۸۶۱			



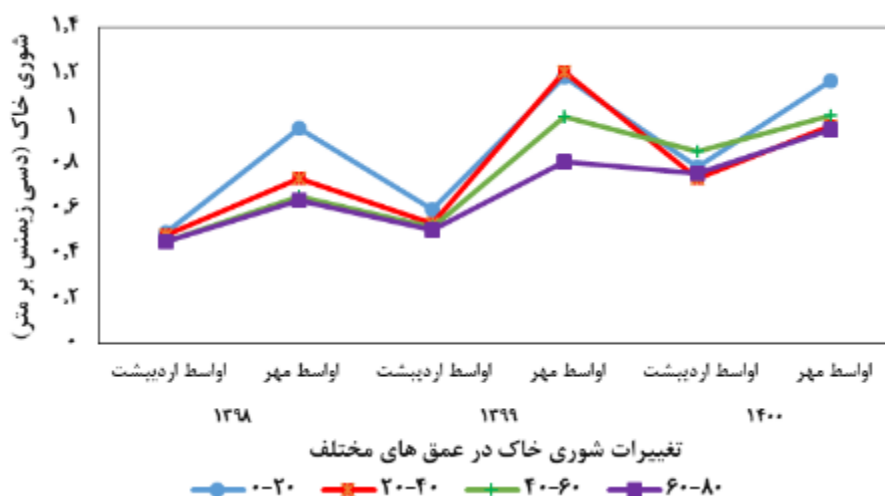
شکل ۴- مقایسه میانگین بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف مورد مطالعه (سه ساله)

تغییرات شوری در خاک

تغییرات شوری خاک طی سه فصل زراعی از کشت یونجه در شکل ۵ ارائه شده‌است. بررسی تغییرات شوری خاک در سال اول انجام پژوهش، حاکی از افزایش میزان شوری خاک، از ۰/۴۹ دسی-زیمنس بر متر در شروع فصل کشت به ۰/۹۳ دسی-زیمنس بر متر در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در انتهای فصل آبیاری (در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری) و کاهش آن در اوایل فصل اردیبهشت سال ۱۳۹۹ به ۰/۵۹ دسی-زیمنس بر متر به دلیل شستشوی نمک با بارندگی‌های صورت گرفته بود (شکل ۵).

در سال دوم میزان شوری خاک در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بطور متوسط از ۰/۵۹ دسی-زیمنس بر متر در شروع آبیاری‌ها به ۱/۱۸ دسی-زیمنس بر متر در پایان فصل آبیاریها (اواسط مهرماه ۱۳۹۹)

رسید که با توجه به بارندگی‌های زمستانه میزان شوری خاک در عمق نصب لوله‌های آبیاری قطره‌ای در اواسط اردیبهشت سال ۱۴۰۰ به ۰/۷۸ دسی-زیمنس کاهش یافت. همین روند در عمق‌های مختلف و در سال سوم انجام پژوهش نیز مشاهده می‌شود (شکل ۱۲). بنابراین در مناطق با بارندگی‌های زمستانه و بهاره مناسب، آبتشویی بوسیله بارندگی‌ها انجام خواهد شد، در غیر این صورت آبتشویی آخر فصل ضروری است. لازم به ذکر است محصول یونجه تا شوری ۲ دسی-زیمنس بر متر، ۱۰۰ درصد پتانسیل عملکرد خود را دارد و با این میزان شوری مشکلی در عملکرد یونجه رخ نمی‌دهد ولی بایستی تغییرات شوری خاک را در سال‌های آتی بررسی نمود تا بتوان در این مورد اظهار نظر نهائی نمود.



شکل ۵- تغییرات شوری در عمق‌های مختلف خاک طی سال‌های انجام پژوهش



شکل ۶- نمائی از حرکت ریشه یونجه در اطراف لوله های آبیاری قطره ای

ارزیابی و بررسی گرفتگی قطره‌چکانها:

در پایان فصل زراعی ترانسه‌هایی زده شد، و با شستشوی خاک اطراف لوله‌ها و قطره‌چکان‌ها هیچگونه نشانه‌ای از گرفتگی قطره-چکان‌ها ملاحظه نشد.

نتایج ارزیابی قطره‌چکانها در ابتدای اجرای سامانه و انتهای انجام پروژه در جدول ۷ ارائه شده است. نتایج نشان داد که قطره‌چکانها از نظر ضریب تغییرات (cv) و تغییرات دبی (q_{var}) در ابتدای اجرای

سامانه در رده متوسط بودند، ولی پس از سه سال ضریب تغییرات (cv) آنها به حدود ۱۰ درصد که به مرز بین متوسط و ضعیف رسیده اند. میزان تغییرات دبی قطره‌چکانها از ۱۱/۲ و ۱۳ درصد به حدود ۲۰ درصد رسید، هرچند میزان تغییرات دبی آنها افزایش یافته است ولی همچنان از نظر تغییرات میزان دبی در رده قطره‌چکانهای متوسط می‌باشند (جدول ۹).

جدول ۹- ضریب تغییرات (cv) دبی و میانگین تغییرات دبی (q_{var}) در تیمارهای مختلف

تیمارها	ضریب تغییرات		تغییرات دبی	
	ابتدای اجرای سامانه	انتهای سال سوم	ابتدای اجرای سامانه	انتهای سال سوم
T1: بدون تزریق تریفلورالین	۶/۲	۱۰/۸	۱۳	۱۹/۵
T2: با تزریق تریفلورالین (۴ لیتر در هکتار)	۶/۲	۱۰/۵	۱۳	۱۹/۲
T3: با تزریق تریفلورالین (۴ لیتر در هکتار)	۶/۲	۹/۹	۱۳	۱۹/۷۵
T4: قطره‌چکان ناندین	۵/۱	۱۱/۱	۱۱/۱۸	۲۰

نتیجه‌گیری

نتایج سه ساله این پژوهش حاکی از افزایش عملکرد و بهره‌وری آب در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری بارانی بود. بطوریکه سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باعث کاهش ۲۶ درصدی در میزان آب آبیاری و به ترتیب باعث افزایش ۳۳/۹ و ۸۴/۶ درصدی در عملکرد محصول و میزان بهره‌وری آب آبیاری نسبت به سامانه آبیاری بارانی شد. بررسی تغییرات شوری در سال‌های انجام پژوهش نشان داد که علی‌رغم افزایش شوری خاک در پایان فصل آبیاری (اوایل فصل پاییز)، با بارندگی‌های رخ داده در طول فصل پاییز و زمستان، شوری خاک تقلیل پیدا می‌کرد و شوری خاک پایین‌تر از آستانه تحمل گیاه یونجه به شوری بود. ولی در

مناطق که بارندگی‌های فصل پاییز و زمستان برای آبشویی خاک کافی نباشد و احتمال تجمع نمک در سطح خاک وجود داشته باشد، بایستی هر ۲ تا ۳ سال یکبار با آبیاری سنگین، آبشویی ناحیه ریشه گیاه انجام شود.

منابع

علیزاده، ا. ۱۳۸۹. آبیاری قطره‌ای (اصول و عملیات)، دانشگاه امام رضا. ۴۹۴ صفحه.
 نورجو، ا. ۱۳۹۴. بررسی مدیریت ترافلان در آبیاری زیرسطحی انگور و وضعیت تجمع ریشه در اطراف قطره‌چکان. سازمان تحقیقات،

- Bowen ratio-energy balance and the water balance methods for the measurement of evapotranspiration. *Journal of Hydrology*. 146:209-220.
- Martinez, H., Bar, Y., Sef, B. and Kafkafi, U. 1991. Effect of surface and subsurface drip fertigation on sweet corn rooting, uptake, dry matter production and yield. *Irrigation Science*. 12: 153-159.
- Nakayama, F.S. and Bucks, D.A. 1986. *Trickle Irrigation for Crop Production. Design, Operation and Management*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, p. 383.
- Oron, G.Y., Campos, C., Gillerman, L. and Salgot, M. 1999. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. *Agricultural Water Management*. 38: 223-234.
- Oron, G., Demalach, J., Hoffman, Z., Cibotaru, R. 2005. Subsurface microirrigation with effluent. *J. Irrig. Drain.* -ASCE 117, 25-36.
- Patel, N. and Rajput, T.B.S. 2007. Effect of drip tape placement depth and irrigation level on yield of potato. *Agricultural Water Management*, Volume 88, Issues 1-3, 16 March 2007, Pages. 209-223.
- Phene, C.J., Davis, K.R., Hutmacher, R.B., Bar-Yosef, B., Meek, D.W. and Misaki, J. 1992. Effect of high frequency surface and subsurface drip irrigation on root distribution of sweet corn. *Irrigation Science*. 12, 135-140.
- Phene, C.J. 1995. The sustainability and potential of subsurface drip irrigation. In *Proceedings of 5th Microirrigation Congress (ASAE)*, April 2-6, Orlando, Florida, USA.
- Rubens, D.C. and Luis, F.F. 2003. Comparing drippers for root intrusion in subsurface drip irrigation applied to citrus and coffee crops. In: *Proceedings of the ASAE Annual International Meeting*, Nevada, USA. 626-641.
- Ruskin, R., Van, P.V. and Cataldo, D.A. 1997. Technical analysis of the movement of TFN in the soil when applied through a subsurface drip irrigation system. In: *Proceedings of ASAE Annual International Meeting*, August 10-14, 1997 at Minneapolis, MN, USA. 121-127.
- Russo, D.J., Zaidel, A., Laufer, Z. and Gerstl, G. 2001. Numerical analysis of transport of trifluralin from a subsurface dripper. *Soil Science Society of America*. 65: 1648-1658.
- Selim, E.M., Mosa A.A. and El-Ghamry, A.M. 2009. Evaluation of humic substances fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egyptian sandy soil conditions. *Agricultural water management*. 96:1218-1222
- Solomon, K.H. and Jorgensen, G. 1993. *Subsurface drip irrigation*. The Center for Irrigation Technology: California State University, USA.
- آموزش و ترویج کشاورزی. گزارش نهایی به شماره ۹۴/۴۷۶۷۵.
- Abdi, Q. 2003. *Subsurface irrigation: a situation analysis*. Institute of Sustainable Irrigated Agriculture (ISIA) at Tatura, Australia, for (IPTRID).
- Zeggaf, A.T., Takeuchi, S., Dehghanisanij, H., Anyoji, H. and Yano, T. 2007. A Bowen Ratio Technique for partitioning energy fluxes between Maiz transpiration and soil surface evaporation. *Agronomy Journal*. 100(4): 988-996.
- Alam, M., Trooien, T. P., Dumler, T. J. and Rogers, D. H. 2002. Using subsurface drip irrigation for alfalfa. *J. Amer. Water Resources Assoc.* 38(6):1715-1721.
- Avila, C. G., Trujillo, F. L., Estrada, C. A. T., Gaxiola, S. J. A., and Juarez, R. I. 2003. Water consumption, water relations, and yield in alfalfa with subsurface drip irrigation. *Agricultura Tecnica en Mexico*. 29(2): 113-123.
- Ayars, J.E., Fulton, A. and Taylor, B. 2015. Subsurface drip irrigation in California—Here to stay? *Agricultural Water Management*. (157) 39-47.
- Blank, L.T. and Tarquin, A.J. 1998. *Engineering Economic*, 4 th Edited, MacGraw-Hill Publisher. 160-161.
- Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation. A review, *Transactions of the ASAE*. 41 (5):1353-1367.
- Camp C.R., Lamm F.R., Evans, R.G. and Phene C.J. 2000. Subsurface drip irrigation – past, present and future. In *Proceedings of the 4th Decennial National Irrigation Symposium*, 14-16 November 2000, Phoenix, Ariz. 363-372.
- Dastorani, M., Heshmati, M. and Sadeghzadeh, M. 2010. Evaluation of the efficiency of surface and subsurface irrigation dryland environments. *Irrigation and Drainage*. 59: 129-137.
- Hutmacher, R.B., Phene, C.J., Mead, R.M., Shouse, P., Clark, D., Vail, S.S., Swain, R., Peters, M.S., Hawk, C.A., Kershaw, D., Donovan, T., Jobes, J and Fargerlund, J. 1992. Subsurface drip of alfalfa in Imperial Valley. In *Proceedings of the 22nd California/Arizona Alfalfa Symposium*, Davis, California, USA; 20-32.
- Lamm, F. R. and Camp, C.R. 2007. Maintenance. In: Lamm FR, Ayars JE, Nakayama FS (Eds) *Microirrigation for crop production. Design, operation and management*. Elsevier, Amsterdam. 473-551.
- Lamm, F. R., Harmoney, K. R., Aboukheira, A. A. and Johnson, S. K. 2012. Alfalfa Production with Subsurface drip irrigation in the central great planis. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 55(4): 1203-1212.
- Malek, E. and Bingham, G.E. 1993. Comparison of the

Wang, R.L. and Gong, S.H., Li, G.Y. 2005. The methods and measures of root intrusion protection in subsurface drip irrigation. *Water Saving Irrigation*. 22, 205–211 (in Chinese, with English abstract).

Zoldoske, D.F., Genito, S. and Jorgensen, G.S. 1995. Subsurface drip irrigation (SDI) on turfgrass: a university experience. In: *Proceedings of the 5th International Microirrigation Congress*, St. Joseph, MI. 300–302.

Suarez-Rey, E.M., Choi, C.Y., William, B., McCloskey, W.B. and Kopec, D. M. 2006. Effects of chemicals on root intrusion into subsurface drip emitters. *Irrigation and Drainage*. 55, 501–509.

Yu, Y.D., Shihong, G., Di, X., Jiandong, W. and Xiaopeng, Ma. 2010. Effects of Treflan injection on winter wheat growth and root clogging of subsurface dripper's. *Agricultural Water Management*. 97(5): 723-730.

The Effect of Subsurface Drip irrigation on Soil Salinity, Clogging of Drippers, Yield and Water Productivity of Alfalfa Crop

A. Ghadami Firouzabadi^{*1}, A.M. Jafari²

Received: Nov.17, 2023

Accepted: Feb.03, 2024

Abstract

Due to the limited water resources of the country, optimizing irrigation systems in a way that can improve evaporation losses and transpiration management is one of the important factors in increasing water productivity. Therefore, this study was conducted to investigate and compare Technical and economical comparison of sprinkler and subsurface drip irrigation system of alfalfa during three years (2019-2021) in Ekbatan station of Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Hamedan Province. The treatments included subsurface drip irrigation without trifluralin injection (T1), subsurface irrigation with trifluralin injection at a rate of 4 liters per hectare (T2), subsurface irrigation with trifluralin injection at a rate of 6 liters per hectare (T3), irrigation with nan Drin pipes (T4) and a sprinkler treatment (control). The statistical format of the project was randomized complete blocks with 3 replications. The results of this study showed a significant effect of different treatments on yield and water productivity ($p \leq 1\%$). T3 treatment with the highest yield and water productivity, at 20873 kg.ha^{-1} and 2.46 kg.m^{-3} , respectively, was preferable to the other treatments. The average 3-year yield of alfalfa crop in two systems of drip and sprinkler irrigation systems was 19779 and 14751 kg.ha^{-1} respectively, and water productivity was 2.4 and 1.3 kg.m^{-3} , respectively. The average volume of applied water in the subsurface and sprinkler drip irrigation system was 8472 and $11480 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$, respectively. Therefore, it can be said that the subsurface drip irrigation system, in addition to increasing crop yield, has reduced water consumption by 26.2% and improved water productivity by 84.6% . Also, no traces of root accumulation around the drippers were observed. An increase in salinity in the depth of the farm soil was observed at the end of irrigation in two irrigation systems, which decreased with the rainfalls that occurred throughout the year.

Keywords: Irrigation management, Root development, Trifluralin

1- Associate Professor of Irrigation and Drainage Engineering, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran

2- Assistant Professor, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran

(*- Corresponding Author: aghadami@gmail.com)