



مدیریت بهینه آبیاری درختان انار با استفاده از روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی

بیثا مروج الاحکامی*

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

* نویسنده مسئول: b.moravej@areeo.ac.ir

چکیده

در مناطق با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، بخش قابل توجهی از کل تبخیرتعرق مربوط به تبخیر از سطح خاک است که عمده‌ترین بخش تلفات آب در سیستم‌های آبیاری سطحی است. از سوی دیگر اجرای سیستم‌های آبیاری زیرسطحی در مواردی منجر به شور شدن خاک سطحی شده است. در مطالعه حاضر، روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی با هدف بهبود توزیع رطوبت خاک و کاهش فرونشست عمقی در مزرعه آزمایشی واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد اجرا شد. روش‌های آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی و قطره‌ای سطحی با حجم یکسان آب کاربردی، هر یک با سه تکرار ارزیابی و مقایسه شدند. در روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی، نیمی از حجم آب آبیاری در سطح و نیم دیگر در عمق ۳۰ سانتی-متری خاک وارد شد. در ساعات اولیه بعد از اتمام آبیاری، رطوبت خاک در لایه بالایی خاک در روش تلفیقی سطحی-زیرسطحی بیشتر از روش قطره‌ای سطحی مشاهده شد که این نتیجه بیانگر برتری روش تلفیقی سطحی-زیرسطحی در آبیاری نهال‌های انار (با ریشه‌های سطحی) به دلیل تأمین رطوبت بیشتر در لایه مذکور است. به دلیل تمرکز ریشه‌های فعال درختان چندساله انار در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک، رطوبت خاک بعد از اتمام آبیاری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک نیز بررسی شد که حاکی از بیشتر بودن رطوبت خاک در روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی بود. این نتیجه نیز بیانگر صرفه‌جویی در مصرف آب با کاربرد روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی در درخت‌های انار چندساله از طریق طولانی‌تر کردن دور آبیاری نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی است.

کلمات کلیدی: آبیاری قطره‌ای، آبیاری زیرسطحی، رطوبت، تبخیر



بیان مساله

در مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک به دلیل تابش شدید آفتاب، بخش قابل توجهی از کل تبخیر تعرق، مربوط به تبخیر از سطح خاک است که عمده ترین بخش تلفات آب در سیستم های آبیاری سطحی است. به همین دلیل استفاده از سیستم های آبیاری زیرسطحی به ویژه آبیاری قطره ای زیرسطحی به عنوان یکی از راهکارهای حل این مساله مطرح می باشد. بر این اساس کشاورزان در استان یزد به منظور کاهش تبخیر سطحی تمایل به استفاده از سیستم های آبیاری زیرسطحی دارند. مطالعات گذشته نشان می دهد که کاربرد آبیاری قطره ای زیرسطحی در مقایسه با آبیاری قطره ای سطحی، به دلیل کاهش تبخیر از سطح خاک منجر به صرفه جویی در مصرف آب خواهد شد. در مطالعه انجام شده در خصوص مقایسه روش های آبیاری قطره ای سطحی و زیرسطحی برای ذرت در شرایط اقلیم خشک پاکستان، بهره وری آب در روش آبیاری قطره ای زیرسطحی با نصب لوله فرعی در عمق ۱۵ سانتی متری افزایش قابل توجهی داشته است (مونیر و همکاران، ۲۰۲۲). یکی از روش های جدید آبیاری زیرسطحی استفاده از لوله های پی وی سی سوراخ دار است که به صورت عمودی در داخل خاک قرار گرفته و آب را به زیرسطح خاک هدایت می کند. مطالعات نشان می دهد که کاربرد این روش آبیاری برای درختان پسته علی رغم کاهش قابل توجه تبخیر سطحی منجر به افزایش شوری خاک در ناحیه بالای لوله های زیرسطحی قبل از اعمال آبیاری می شود (صدادتی و همکاران، ۱۳۹۸). اصلی ترین تلفات آب در آبیاری زیرسطحی، فرونشست عمقی است که در طول مرحله اولیه کاشت بیشترین است و با رشد سیستم ریشه کاهش می یابد. نتیجه یک مطالعه تحقیقاتی در عراق حاکی از اهمیت توجه به عمق نصب لوله های فرعی در آبیاری قطره ای زیرسطحی بسته به بافت خاک است (حمید و سلیم، ۲۰۲۱).

تکثیر انار عموماً به روش قلمه انجام می شود و در این شرایط ریشه نهال انار به صورت کاذب و متمرکز در لایه سطحی خاک تا عمق ۱۵ سانتی متری است. به تدریج ریشه های اصلی در درختان چندساله انار شکل گرفته به گونه ای که حداکثر حجم ریشه انار در عمق ۲۰ تا ۷۰ سانتی متری خاک قرار می گیرد (شاکری، ۱۳۸۷). بر اساس بررسی های انجام شده ریشه های فعال درختان انار برای جذب آب و عناصر غذایی عموماً در عمق ۳۰ سانتی متری خاک متمرکز شده است (محسنی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به لزوم کاشت انار در خاک های با زهکشی مناسب و سبک و تمرکز ریشه های فعال انار عموماً در عمق ۳۰ سانتی متری خاک، کاربرد سیستم های آبیاری زیرسطحی منجر به ایجاد فرونشست عمقی و خارج شدن آب از ناحیه ریشه خواهد شد (محسنی و همکاران، ۱۳۹۹؛ وظیفه شناس و همکاران، ۱۴۰۱).

معرفی دستاورد یا راهکار

بر اساس مطالعات انجام شده می توان با کاهش دبی گسیلنده ها در آبیاری قطره ای زیرسطحی، فرونشست عمقی را کاهش داد (نظری و همکاران، ۱۳۹۸). راهکار دیگر ارایه شده در این خصوص، ایجاد مانع نفوذناپذیر در زیر لوله های افقی قطره چکان-دار است که منجر به کاهش فرونشست عمقی در خاک های با بافت سبک خواهد شد (براون و همکاران، ۱۹۹۶). استفاده از تکنیک مانع هیدرولیکی (کاربرد یک لوله قطره ای ثانویه در زیر لوله اولیه به منظور تغییر الگوی رطوبتی) منجر به کاهش سرعت حرکت عمودی آب از لایه بالایی به سمت لایه های تحتانی شده که در نتیجه آن فرونشست عمقی کاهش می یابد. در این مطالعه در نظر است با کاربرد روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی و ایجاد مانع هیدرولیکی، ضمن تأمین نیاز رطوبتی نهال و درختان چندساله انار و همچنین کاهش فرونشست عمقی، از تجمع شوری در سطح خاک جلوگیری شود.

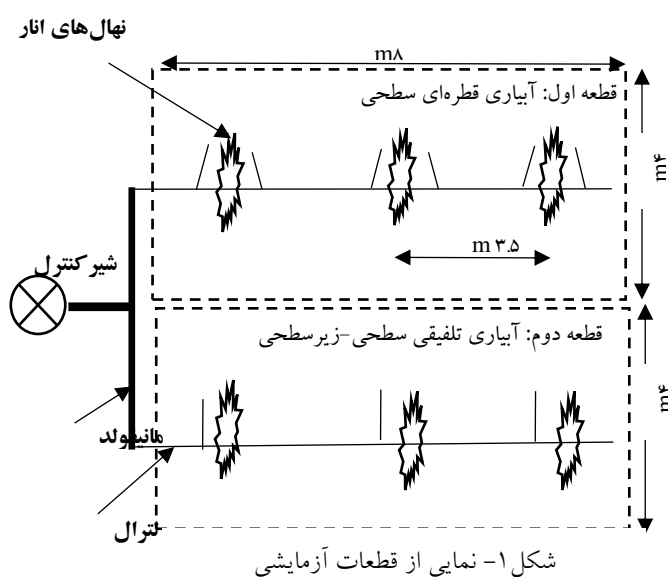
بنابراین به منظور تأمین رطوبت مورد نیاز انار بسته به عمق توسعه ریشه در نهال یا درختان چندساله، روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی پیشنهاد شده است. این روش مشابه روش کاربرد لوله های پی وی سی سوراخ دار در داخل خاک است که به دلیل کاهش تلفات تبخیر و بهبود توزیع رطوبت در اعماق تحتانی خاک مورد استقبال باغداران قرار گرفته و مطالعات



متفاوتی نیز در این خصوص انجام شده است. پلات آزمایشی در مطالعه حاضر واقع در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد (31° 55' 2.16" N and 54° 16' 53.16" E) بود. این پلات شامل دو قطعه بود که در هر قطعه سه نهال انار یکساله (رقم رباب فارس) در ۲۸ اردیبهشت سال ۱۳۹۸ با فاصله ۳/۵ متر کاشته شدند. با توجه به اینکه انار نیازمند زهکشی مناسب خاک است و در خاک کاملاً سنگین رشد مناسبی ندارد عموماً خاک رسی شنی غنی از مواد غذایی توصیه می‌شود (وظیفه‌شناس و همکاران، ۱۴۰۱). بر این اساس نمونه خاک در هر قطعه در سه نقطه ابتدا، وسط و انتهای قطعه جمع-آوری و در آزمایشگاه مورد تحلیل قرار گرفت و بافت خاک منطقه مطالعاتی (لوم رسی شنی) برای کاشت درختان انار مناسب تشخیص داده شد (جدول ۱). در یکی از قطعات روش آبیاری قطره‌ای سطحی و در قطعه دیگر روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی هر یک با سه تکرار اجرا و ارزیابی شدند (شکل ۱).

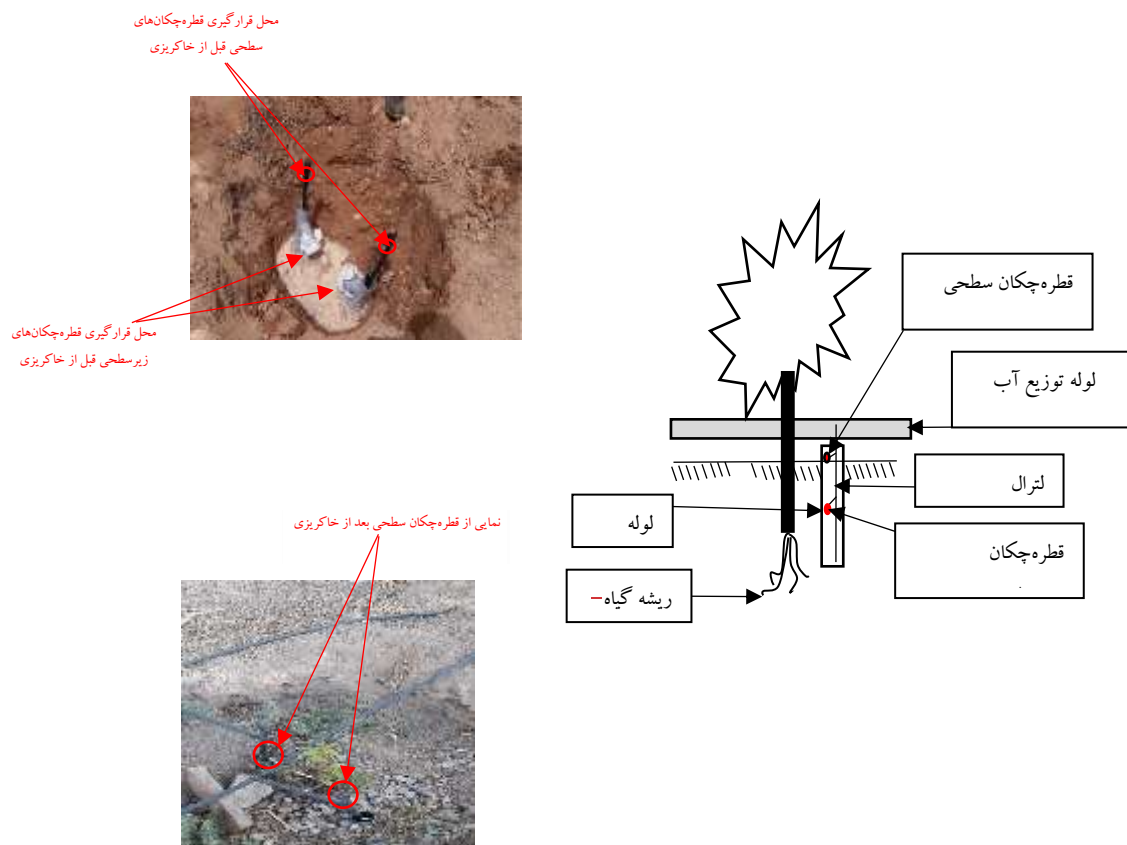
جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک در مزرعه آزمایشی

درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
۵۷/۴	۱۹/۶	۲۳	لوم رسی شنی	۱۵/۴
۶۰/۴	۱۴/۶	۲۵	لوم رسی شنی	۱۱/۲





در سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، لوله‌های لترال از جنس لوله‌های پلی‌اتیلن به قطر ۱۶ میلی‌متر بودند که قطره‌چکان‌های ۸ لیتر بر ساعت بر روی آنها نصب شدند. برای هر نهال انار در این قطعه دو قطره‌چکان در نظر گرفته شد. در روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی نیز از لوله‌های پی‌وی‌سی ولی بدون سوراخ به عنوان لوله حامل استفاده شد. دو قطره‌چکان با دبی ۸ لیتر بر ساعت به صورت روی خطی روی لوله پلی‌اتیلن ۱۶ میلی‌متر نصب و در داخل لوله حامل قرار گرفتند. یکی از قطره‌چکان‌ها در سطح خاک آبشویی پیوسته لایه سطحی و جلوگیری از شور شدن خاک سطحی و تأمین رطوبت لایه سطحی خاک است. هم‌چنین با توجه به تجمع ریشه‌های فعال انار در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک، در این روش آبیاری عمق قطره‌چکان زیرسطحی ۳۰ سانتی‌متر لحاظ شد. در لوله حامل در عمق ۳۰ سانتی‌متری در محل قطره‌چکان زیرسطحی، منفذ خروج آب تعبیه شده است که خروج آب از این قطره‌چکان در عمق موردنظر را امکان‌پذیر می‌سازد. بنابراین در روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی، نیمی از حجم آب آبیاری توسط قطره‌چکان سطحی و نیم دیگر توسط قطره‌چکان زیرسطحی تأمین شد (شکل ۲).

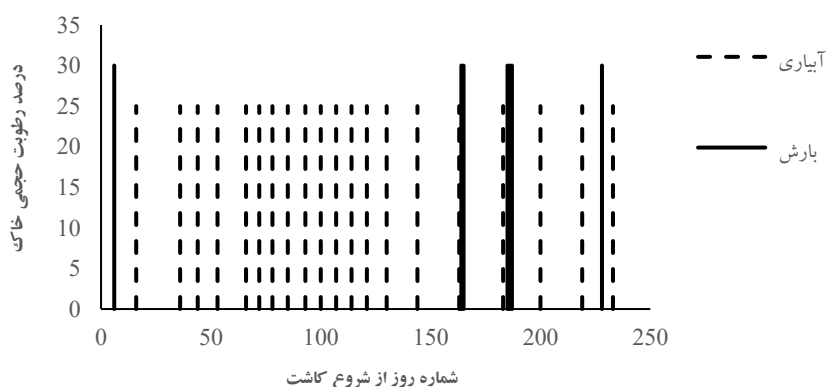


شکل ۲- نمایی از روش آبیاری تلفیقی سطحی- زیرسطحی



نصب این سیستم با حفر یک گودال به عمق ۳۰ سانتی‌متر، قرار دادن مجموعه مذکور در این عمق و سپس خاک‌ریزی امکان‌پذیر است. برنامه‌ریزی آبیاری بر طبق خصوصیات خاک و نیاز آبی انار انجام شد. نیاز آبی انار بر اساس اطلاعات هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به مزرعه آزمایشی ($31^{\circ} 54' 14.41'' N$ و $54^{\circ} 17' 23.28'' E$) با استفاده از روش فائو پنمن مانتیث تخمین زده شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

دور آبیاری بر اساس نگهداشت رطوبت خاک و نیاز آبی انار تنظیم شد. لازم به ذکر است که در هر دو روش آبیاری حجم آب کاربردی یکسان بود. در کل، ۲۱ آبیاری از ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۸ تا ۲۱ دی ۱۳۹۸ انجام شد. در طول این دوره هفت بارندگی اتفاق افتاد (روز ششم و ۱۶۴، ۱۶۵، ۱۸۵، ۱۸۶، ۱۸۷ و ۲۲۸ روز بعد از کاشت) (شکل ۳).



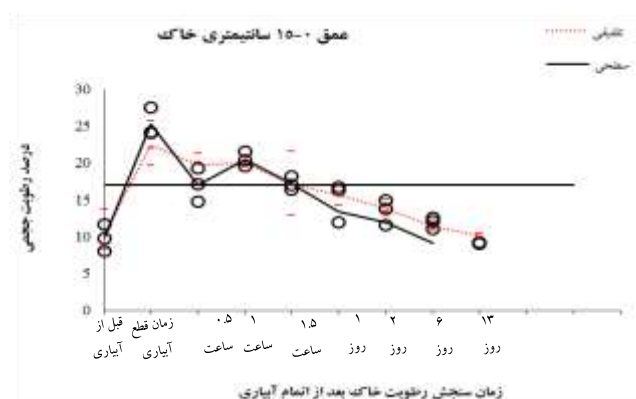
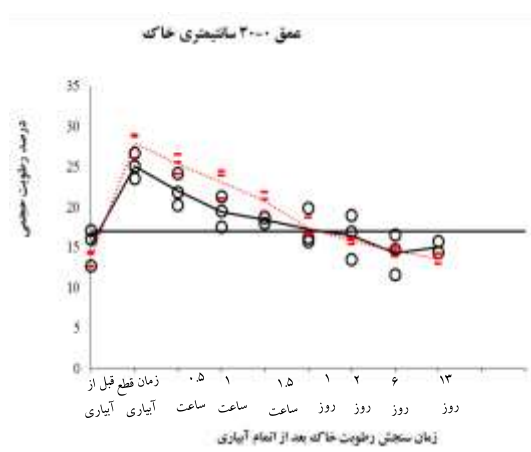
شکل ۳- وقایع بارش و آبیاری در مزرعه آزمایشی

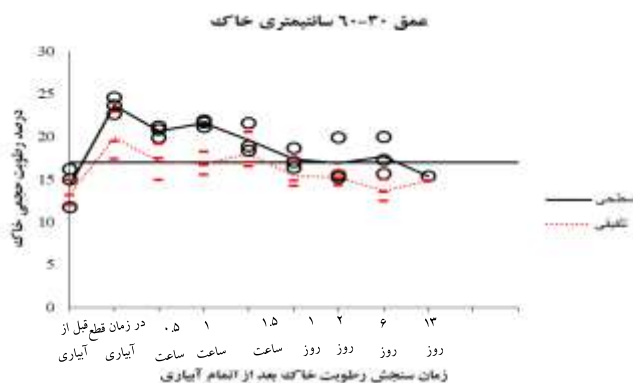
برای ثبت رطوبت حجمی در هر روش آبیاری در عمق‌های متفاوت خاک، پروب‌های TDR در اعماق ۱۵ سانتی‌متر، ۳۰ سانتی‌متر و ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک برای هر نهال نصب شدند. ثبت رطوبت حجمی خاک قبل و بعد از آبیاری انجام شد. رطوبت خاک در سه واقعه آبیاری (آبیاری در ۲۰۰ روز بعد از کاشت، ۲۱۹ روز بعد از کاشت و ۲۳۳ روز بعد از کاشت) با فواصل زمانی کوتاه مورد پایش قرار گرفت (قبل از آبیاری، بلافاصله بعد از اتمام آبیاری، ۱/۵ ساعت بعد از آبیاری، یک روز، دو روز، چهار روز، شش روز و ۱۳ روز بعد از آبیاری).

بر اساس بررسی آماری انجام شده، رطوبت اولیه خاک اندازه‌گیری شده قبل از آبیاری در اعماق متفاوت در قطعات آزمایشی، در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود. به عبارتی در شروع آزمایش‌ها توزیع رطوبت در اعماق متفاوت خاک در قطعات آزمایشی یکنواخت بود و رطوبت اندازه‌گیری شده بعد از اتمام آبیاری تحت تاثیر نوع روش آبیاری کاربردی است. ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی با توجه به بافت خاک و جداول فائو، به ترتیب ۰/۲۱ و ۰/۱۳ تخمین زده شد. با در نظر گرفتن تخلیه مجاز رطوبتی معادل ۵۰ درصد برای انار، مقدار رطوبت سهل‌الوصول برای انار در بافت خاک منطقه مورد مطالعه ۱۷ درصد محاسبه شد. در شکل (۴)، توزیع رطوبت خاک تحت دو روش آبیاری برای لایه سطحی (۰-۱۵ سانتی‌متر) و لایه میانی (۰-۳۰ سانتی‌متر) (متر) ارائه شده است.



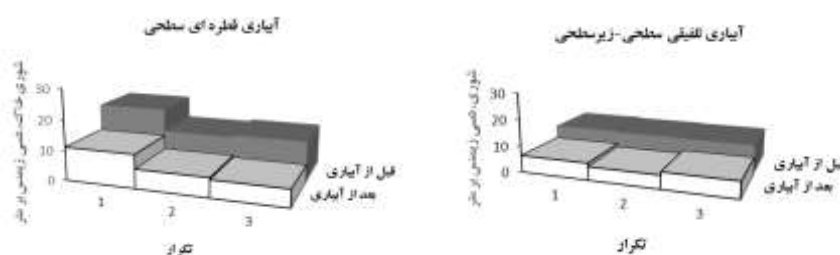
علت ارایه این دو عمق بررسی تغییرات رطوبت برای نهال انار با ریشه های سطحی تا عمق ۱۵ سانتی متر و درختان چندساله انار با عمق فعال ریشه تا ۳۰ سانتی متری خاک است. در عمق ۰-۱۵ سانتی متری خاک اگرچه در زمان قطع آبیاری رطوبت خاک در روش قطره ای سطحی بیشتر از روش تلفیقی سطحی-زیرسطحی بوده است (به دلیل کاربرد کمتر آب در لایه سطحی خاک برای روش آبیاری تلفیقی) اما در سایر زمان ها رطوبت در روش تلفیقی سطحی-زیرسطحی بیشتر از روش قطره ای سطحی مشاهده شد. بنابراین برای نهال های انار به دلیل وجود ریشه های سطحی و کاذب، روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی به دلیل تأمین رطوبت بیشتر در لایه سطحی خاک قابل توصیه است. در شرایط این آزمایش در لایه سطحی خاک، برای روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی یک روز بعد از آبیاری، رطوبت سهل الوصول خارج شده و گیاه دچار تنش خواهد شد و نیازمند آبیاری مجدد است این در حالی است که تنش رطوبتی در روش قطره ای سطحی، ۱.۵ ساعت بعد از اتمام آبیاری اتفاق افتاده و نیازمند آبیاری مجدد است. با توجه به شکل (۴) در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک بیشترین رطوبت خاک در روش تلفیقی سطحی-زیرسطحی در این لایه اتفاق افتاده است. در روش تلفیقی سطحی-زیرسطحی روز سوم بعد از اتمام آبیاری رطوبت سهل الوصول از خاک خارج شده و گیاه نیازمند آبیاری مجدد است. این در حالی است که در روش قطره ای سطحی یک روز بعد از اتمام آبیاری این لایه دچار تنش رطوبتی شده است. بنابراین در درخت های انار چندساله نیز روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی با طولانی تر کردن دور آبیاری و صرفه جویی در مصرف آب قابل توصیه است. اگرچه حجم آب کاربردی در دو روش قطره ای سطحی و تلفیقی سطحی-زیرسطحی یکسان بوده است ولی با توجه به شکل (۴) در روش قطره ای سطحی، رطوبت در لایه های تحتانی خاک (۳۰ تا ۶۰ سانتی متر) تمرکز بیشتری یافته است و عملاً از دسترس ریشه های فعال متمرکز در عمق ۳۰ سانتی متری خاک خارج شده است (فرونشت عمقی). در روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی به دلیل ورود همزمان آب در سطح خاک (از طریق قطره چکان سطحی) و در عمق ۳۰ سانتی متری خاک (از طریق قطره چکان زیرسطحی) و ایجاد مانع هیدرولیکی در عمق ۳۰ سانتی متری، حرکت عمودی آب از قطره چکان سطحی کاهش یافته و بر اساس مطالعات قبلی انجام شده توزیع رطوبت در جهت افقی گسترش می یابد که این منجر به کاهش فرونشت عمقی در زیر منطقه فعال ریشه درختان انار و کاهش تلفات آب آبیاری می شود (اسماعیل و همکاران، ۲۰۰۶).





شکل ۴- نمایی از روند تغییرات زمانی رطوبت خاک در اعماق متفاوت خاک

همچنین کاربرد پیوسته آب در سطح خاک در روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی منجر به آشنویی لایه سطحی خاک شده و شوری لایه سطحی خاک که معمولا در روش‌هایی آبیاری زیرسطحی مانند کاربرد لوله‌های پی‌وی‌سی سوراخ‌دار مشاهده شده است رخ نخواهد داد. در شکل (۵) شوری لایه سطحی خاک، ۱۰۲ روز بعد از شروع آزمایش‌ها، برای هر دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی ارایه شده است که حاکی از کاهش شوری لایه سطحی خاک بعد از اعمال آبیاری در طول فصل رشد است.



شکل ۵- شوری لایه سطحی خاک قبل و بعد از اعمال آبیاری

توصیه ترویجی

بر اساس نتایج این مطالعه در شرایط حجم آب کاربردی یکسان، توزیع عمودی رطوبت در عمق ۰-۱۵ سانتی‌متر و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری خاک در روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای سطحی بوده است. همچنین فرونشست عمقی در زیر لایه ۳۰ سانتی‌متری خاک در روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی نسبت به روش قطره‌ای سطحی کاهش یافته است. اجرای این روش آبیاری به سادگی با حفر گودال تا عمق ۳۰ سانتی‌متری و قراردادن مجموعه موردنظر امکان‌پذیر است. با توجه به سن درختان و نیاز آبی، تعداد مجموعه نصب شده، قابل تغییر است. این روش بر خلاف روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی قابل پایش بوده و در صورت گرفتگی احتمالی قطره‌چکان‌ها لوله پلی‌اتیلن حاوی قطره‌چکان‌ها، به راحتی (بدون نیاز به حفاری) قابل خارج شدن است. همچنین در روش پیشنهادی، به دلیل تلفیق آبیاری زیرسطحی با آبیاری قطره‌ای سطحی، آشنویی در لایه‌های بالایی خاک اتفاق افتاده و از شورشدگی لایه سطحی خاک جلوگیری خواهد شد.



به طور کلی با توجه به تمرکز ریشه های فعال درختان انار چندساله در عمق ۳۰ سانتی متری خاک و با توجه به لزوم کاربرد خاک با زهکشی مناسب برای کاشت انار، پیشنهاد می شود به منظور تأمین رطوبت مورد نیاز نهال های انار و درختان چند ساله انار، جلوگیری از فرونشست عمقی و کاهش شوری خاک سطحی از روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی استفاده شود. لازم به ذکر است که نتایج به دست آمده در این مطالعه با توجه به شرایط حاکم بر آزمایش ها بوده است و نیازمند مطالعات بیشتر در خصوص توزیع افقی و عمودی رطوبت در روش آبیاری تلفیقی سطحی-زیرسطحی است.

فهرست منابع

- صداقتی، ن.، حسینی فرد، س. ج.، عبدالحی عزت آبادی، م.، محمدی محمدآبادی، ا. و نیکوئی دستجرد، م. ر. ۱۳۹۸. اثر تغییر سیستم آبیاری از روش سطحی (غرقابی) به روش زیرسطحی با لوله های پی وی سی (PVC) بر شوری خاک، رشد و عملکرد درختان پسته. مجله علوم و فناوری پسته، ۴(۸): ۲۸-۴۲.
- شاگری، م. ۱۳۸۷. اصول فنی احداث باغ انار. مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی یزد.
- محسنی، ع.، فرازمنند، ح.، طباطبایی اردکانی، س. ض.، عسگری، م.، عسگری خاکزاد، س.، عشقی، م.، غضنفری، س.، حسن پوراونجی، س. ر. و عنقای، ح. ۱۳۹۹. راهنمای انار (کاشت، داشت، برداشت). معاونت آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی.
- نظری، ا.، بشارت، س.، زینالزاده، ک. و محمدی، ع. ۱۳۹۸. اندازه گیری و شبیه سازی جریان آب و جذب ریشه در خاک تحت سامانه آبیاری قطره ای زیرسطحی درخت سیب. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۶(۱۳): ۱۸۰۶-۱۸۱۹.
- وظیفه شناس، م. ر.، اسمعیل زاده حسینی، س. ع.، زارع، س. و یآوری، ع. م. ۱۴۰۱. صد و بیست نکته کلیدی در پرورش انار. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت آموزش و ترویج کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی.
- Allen, R. G, Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evaporation (Guidelines for computing crop water requirements). FAO 56. www.Fao.org.
- Brown, K. W., Thomas, J.C., Friedman, S. and Meiri, A. 1996. Wetting patterns associated with directed subsurface irrigation. In: Camp CR, Sadler EJ, Yoder RE (eds) Proceedings International Conference on evapotranspiration and irrigation scheduling. St. Joseph, Mich, ASAE, pp 806-811.
- Hameed, A. I. and Salim, A. F. 2021. The effect of depths of subsurface drip irrigation levels with two types of soil on the percentage of soil moisture content. Journal of Teknologi (Sciences & Engineering) 84(4): 149-157.
- Ismail, S.M., Zein, El-Abedin, T. K., Wassif, M.M. and El-Nesr, M. N. 2006. Physical and hydraulic barriers under surface and subsurface drip irrigation systems. The 14th Annual Conference of Misr J Agr Eng MSAE, 23(4): 1021-1034.
- Muneer, M. A., Arshad, M., Shahid, M. A. and Anwar-ul-Haq, M. 2022. Efficacy of subsurface and surface drip irrigation regarding water productivity and yield of maize. Pakistan Journal of Agricultural Science, 59(1): 125-134.