

واکاوی مزایا، محدودیت‌ها و مشکلات سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی در باغات انگور

امیر نورجو^{۱*} و حامد دولتی^۲

چکیده

چالش‌های بخش کشاورزی به دلیل افزایش تقاضا برای آب به دنبال تغییرات اقلیمی، افزایش جمعیت و تغییر الگوی مصرف آب با شدت زیادی در حال افزایش است. کشاورزی و امنیت غذایی پایدار در شرایط حاضر، بدون کاهش مصرف آب در این بخش میسر نخواهد شد. در دهه‌های اخیر، سامانه‌های نوین آبیاری به‌عنوان راهکاری اساسی برای افزایش بهره‌وری آب معرفی شده‌اند. آبیاری قطره‌ای سطحی (SD) به دلیل انتقال مستقیم آب به ناحیه ریشه، گام بزرگی در جهت صرفه‌جویی آب و بهبود عملکرد برداشت محسوب می‌شود. با این حال، محدودیت‌هایی نظیر وجود تلفات تبخیر از سطح خاک، رشد علف‌های هرز و مزاحمت برای عملیات باغداری و احتمال آسیب رسیدن به لوله‌ها و قطره‌چکان‌ها همچنان باقی است. سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی (SDI) به‌عنوان یک نسل پیشرفته‌تر، با دفن لاترال‌ها در زیر سطح خاک، پتانسیل بالایی برای غلبه بر محدودیت‌های SD نشان داده است. SDI نه تنها تبخیر مستقیم آب از سطح خاک را به صفر می‌رساند، بلکه امکان مدیریت دقیق‌تر رطوبت خاک در عمق فعال ریشه را فراهم می‌سازد. با توجه به توسعه باغات انگور در کشور، استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی تأثیر قابل توجهی در کاهش مصرف آب در بخش باغی به دنبال دارد. این مقاله باهدف واکاوی مزایا و محدودیت‌های استفاده از سیستم SDI در باغات انگور، به‌ویژه باتکیه بر یک مطالعه موردی در ارومیه، انجام شده است. بر اساس نتایج این پژوهش SDI در مقایسه با متوسط مصرف استانی و SD به ترتیب در حدود ۳۵ و ۲۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی دارد و به همان ترتیب بهره‌وری مصرف آب نیز ۲۵ تا ۴۰ درصد قابل افزایش است. موفقیت در این روش از آبیاری علی‌رغم دارای محاسن قابل توجه، مستلزم رعایت نکات فنی و لازم در مراحل طراحی، تأمین لوازم، اجرا، بهره‌برداری است که در این مقاله به آنها پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: انگور، سامانه آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، بهره‌وری مصرف آب، مزایا و معایب

بیان مسئله

مرحله رشد حبه و پس از رنگ‌گیری بیشترین تأثیر را در افزایش اندازه و کیفیت محصول دارد (کریمی، ۱۳۹۶). حدود ۷۰ درصد نیاز آبی انگور مربوط به مرحله توسعه میوه تا برداشت است. هرگونه ضعف در مدیریت آب در این بازه، مستقیماً کمیت و کیفیت محصول را کاهش می‌دهد. این وابستگی بالا به منابع آب، استفاده از روش‌های آبیاری با راندمان بالا را ضروری می‌سازد. امروزه بخش کشاورزی، به‌ویژه باغبانی انگور، با چالش جدی کمبود و مدیریت منابع آب روبه‌روست. استفاده گسترده از روش‌های سنتی، به‌ویژه آبیاری سطحی، همچنان در بسیاری از باغات

ایران با شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناسب، از مهم‌ترین مناطق تولید انگور در جهان به شمار می‌رود. سطح باغات بارور انگور کشور حدود ۲۸ هزار هکتار است (معادل ۱۰/۲ درصد از کل باغات) که سالانه ۳/۱ میلیون تن انگور تولید می‌کنند و ۱۲/۴ درصد از تولید محصولات باغی را شامل می‌شود؛ بنابراین انگور سومین محصول مهم باغی کشور محسوب می‌شود (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۲). مدیریت صحیح آبیاری در افزایش بهره‌وری و کیفیت محصول اهمیت دارد. تأمین آب در مراحل حساس رشد شامل گل‌آذین، میوه‌بستن، رشد و پس از رنگ‌گیری ضروری است.

*^۱ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.

^۲ استاد پژوهش، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران.

اتلاف آب، به‌سرعت مورد توجه قرار گرفته است. در مراحل اولیه، سامانه‌های قطره‌ای به‌صورت سطحی نصب می‌شدند و اگرچه نسبت به روش‌های سنتی راندمان بالاتری داشتند، اما همچنان با مشکلاتی چون تبخیر سطحی، آسیب‌های مکانیکی و رشد علف‌های هرز همراه بودند. توسعه فناوری آبیاری زیرسطحی (SDI) برای رفع این محدودیت‌ها شکل گرفت. در این روش، لوله‌های قطره‌ای در عمق خاک و در ناحیه فعال ریشه قرار می‌گیرند تا آب مستقیماً به بخش مورد نیاز گیاه منتقل شود. این امر نه تنها تبخیر سطحی را به حداقل می‌رساند، بلکه کارایی مصرف آب را به حداکثر ارتقا می‌دهد و پایداری سیستم آبیاری را بهبود می‌بخشد.

معرفی و ساختار سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی:

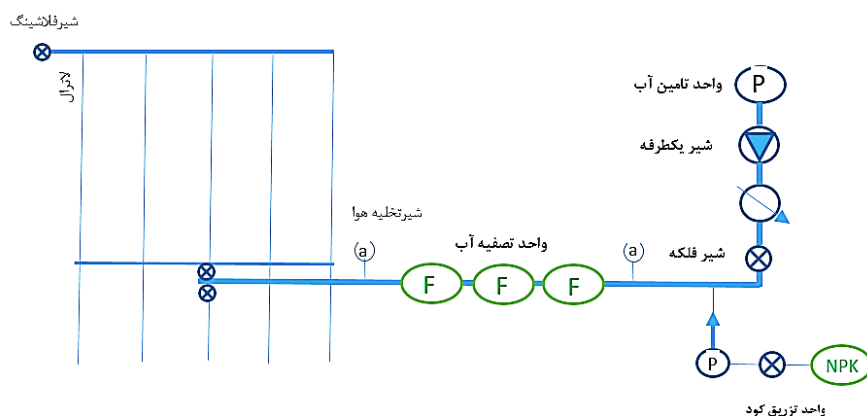
سامانه کامل SDI در باغات انگور از چندین جزء اصلی به شرح ذیل تشکیل شده است که عملکرد هماهنگ آنها تضمین‌کننده کارایی سامانه است (شکل ۱).

کشور رایج است و با راندمان کمتر از ۵۰ درصد موجب اتلاف شدید منابع آب شیرین می‌شود. همچنین علاوه بر هدررفت آب، مدیریت علف‌های هرز دشوار شده و به‌دلیل رطوبت سطحی بالا، بیماری‌های خاکزاد و تهویه ضعیف خاک را تشدید می‌کنند. در نتیجه، نه تنها بهره‌وری آب کاهش می‌یابد؛ بلکه هزینه‌های تولید نیز افزایش می‌یابد.

با توجه به تشدید تنش‌های اقلیمی و افت منابع آب زیرزمینی، گذار به سامانه‌های نوین آبیاری ضرورتی راهبردی است. در این میان، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌عنوان یکی از کارآمدترین فناوری‌های نوین، توان بالایی برای افزایش پایداری تولید، ارتقای بهره‌وری آب و کاهش اثرات زیست‌محیطی در باغات انگور دارد. این مقاله به بررسی مزایا، محدودیت‌ها و قابلیت‌های فنی و عملی این روش می‌پردازد.

معرفی دستاورد

در دهه‌های اخیر، آبیاری قطره‌ای به‌دلیل کارایی بالا در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌ویژه در کاهش



شکل ۱- اجزای اصلی یک سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

فیلتراسیون: آلودگی‌ها می‌توانند باعث گرفتگی قطره‌چکان‌ها شوند. وجود فیلتراسیون در این سامانه آبیاری اجتناب ناپذیر و غیرقابل حذف است.

ایستگاه پمپاژ و تامین آب: شامل پمپ‌های شناور یا زمینی که وظیفه تامین فشار مورد نیاز شبکه (معمولاً ۱ تا ۲ اتمسفر برای لاترال‌ها) را بر عهده دارند.

مزایای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در باغات انگور
مزایای این روش در باغات انگور فراتر از صرفه-
جویی در مصرف آب است و شامل بهبود کلی بهره-
وری و کیفیت محصول نیز می‌شود. مهم‌ترین مزایا
شامل موارد زیر است:

مدیریت دقیق آب در مجاورت ریشه، به حداقل رسیدن
تلفات آب ناشی از تبخیر، رواناب و نفوذ عمقی: آبیاری
قطره‌ای زیرسطحی با انتقال مستقیم آب به ناحیه فعال
ریشه، امکان مدیریت دقیق رطوبت خاک را فراهم
کرده و موجب کاهش چشمگیر تلفات آب ناشی از
تبخیر سطحی، رواناب و نفوذ عمقی در مزرعه می‌شود.
به عبارتی در این سامانه آب مستقیماً به ریشه می‌رسد
و هدررفت تقریباً از بین می‌رود. کاهش نفوذ عمقی در
این سامانه آبیاری تا حدود ۴۰ درصد گزارش شده
است. در این سامانه با کاهش مجموع تلفات آبیاری،
بهبود راندمان مصرف آب تا ۹۵٪ امکان‌پذیر است.

بهبود کارایی مصرف کود: در سامانه‌ی آبیاری
قطره‌ای زیرسطحی بخش عمده کود دقیقاً به ریشه
می‌رسد و کارایی مصرف کود به میزان ۳۰ تا ۵۰ درصد
در مقایسه با روش‌های آبیاری سطحی افزایش می‌یابد.
کاهش تلفات نیترات و افزایش فراهمی عناصر
ریزمغذی: در سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی
استقرار قطره‌چکان‌ها در عمق خاک، مانع از تماس
مستقیم کود با سطح زمین و در نتیجه کاهش تلفات
ناشی از تبخیر آمونیاک، رواناب و شست‌وشوی عمقی
می‌شود. در این سامانه عناصر غذایی تزریق‌شده در
ناحیه‌ی ریشه باقی مانده و مستقیماً در اختیار گیاه
قرار می‌گیرد. در این سامانه تلفات نیترات تا ۴۰ درصد
کاهش یافته و فراهمی عناصر کم مصرف مانند آهن و
روی را در ناحیه ریشه تا حدود ۲۵ درصد افزایش
می‌یابد.

فیلتراسیون (هیدروسیکلون، فیلترهای شنی، دیسکی یا
توری) معمولاً چند مرحله‌ای است: فیلترهای اولیه
برای حذف ذرات بزرگتر، فیلترهای ثانویه برای حذف
ذرات ریزتر و فیلترهای خودکار برای حفظ کارایی
فیلترها.

خطوط اصلی و فرعی: لوله‌هایی با قطر بزرگتر که
آب تصفیه شده را از ایستگاه پمپاژ به نقاط مختلف
شبکه منتقل می‌کنند. معمولاً جنس این لوله‌ها پلی‌اتیلن
با فشار نامی ۶ تا ۱۰ بار هستند.

لاترال‌ها (لوله‌های آبده) و قطره‌چکان‌ها: لوله‌هایی
با قطر کوچک تر که حاوی قطره‌چکان‌ها بوده و در
زیر خاک کارگذاری می‌شوند. در سامانه آبیاری قطره-
ای زیرسطحی، لاترال‌ها به صورت دائمی در خاک باقی
می‌مانند. این لوله‌ها از جنس پلی‌اتیلن نرم یا LDPE،
برخوردار از مقاومت مکانیکی بالا، انعطاف در برابر
تغییرات دما و کشش، همچنین دارای مواد اولیه ویژه
ضد آسیب‌های اسیدی و کود با قطر خارجی ۱۶ و ۲۰
میلی‌متر که داخل آن توسط کارخانه سازنده، قطره-
چکان‌هایی با آبدهی مشخص (معمولاً ۱/۶، ۲/۲ و ۴
لیتر در ساعت) و به فواصل معین و قابل سفارش
(معمولاً ۲۰، ۳۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سانتی‌متر) تولید می-
شوند. انتخاب نوع قطره‌چکان در آبیاری قطره‌ای
زیرسطحی از اهمیت فراوانی برخوردار است.

شیرآلات و تجهیزات کنترلی: شامل شیرهای دستی
و اتوماتیک برای مدیریت جریان و شست‌وشوی خطوط
و همچنین تجهیزات تزریق برای افزودن کود و مواد
شیمیایی.

ابزار سنجش و پایش: شامل کنتورهای حجمی
برای اندازه‌گیری دقیق آب مصرفی و کنترل گرفتگی
قطره‌چکان‌ها، سنسورهای رطوبت خاک و سیستم‌های
کنترل مرکزی.

عدم ایجاد مزاحمت در عملیات باغداری و کاهش مخاطرات سرقت و آسیب: در این سامانه موانع سطحی حذف شده و عملیات مکانیزه باغداری، کوددهی و برداشت محصول بدون مزاحمت و آسیب به شبکه آبیاری قابل انجام است. بررسی‌های میدانی نشان داده‌اند که سامانه SDI در باغ‌های میوه و تاکستان‌ها باعث کاهش ۶۰ تا ۸۰ درصدی موارد سرقت یا تخریب تجهیزات آبیاری نسبت به سامانه SD می‌شود. افزون بر آن، با حذف موانع سطحی، رفت‌وآمد و عملکرد ماشین‌آلات کشاورزی تا ۱۵ درصد سریع‌تر و ایمن‌تر گزارش شده است که بهره‌وری کاری و اقتصادی را به شکل قابل توجهی افزایش می‌دهد (Ayars et al., 2015).

بهبود بهره‌وری مصرف آب: مدیریت بهینه آب در این سامانه آبیاری، که به واسطه توزیع دقیق آب در ناحیه ریشه و کنترل مؤثر تنش‌های آبی میسر می‌شود، علاوه بر کاهش مصرف آب در مقایسه با روش‌های سنتی، منجر به افزایش عملکرد محصول می‌گردد که در نهایت بهبود بهره‌وری مصرف آب را به دنبال دارد. در پژوهشی تاثیر سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بر بهره‌وری مصرف آب در یکی از باغات ۱۵ ساله انگور شهرستان ارومیه (شکل ۲)، رقم کشمش سفید بیدانه، با آرایش کاشت ۲*۴ متردرمتر و سیستم تربیتی داربستی مورد بررسی قرار گرفت (نورجو، ۱۳۹۴ و نورجو، ۱۴۰۲). با استفاده از اطلاعات آب مصرفی و عملکرد انگور، بهره‌وری مصرف آب با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$WP_{I+P} = Y/(I+P) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن WP_{I+P} بهره‌وری آب کاربردی به کیلوگرم بر مترمکعب، Y عملکرد انگور تازه به کیلوگرم در هکتار، I و P به ترتیب حجم آب آبیاری و بارش به مترمکعب است.

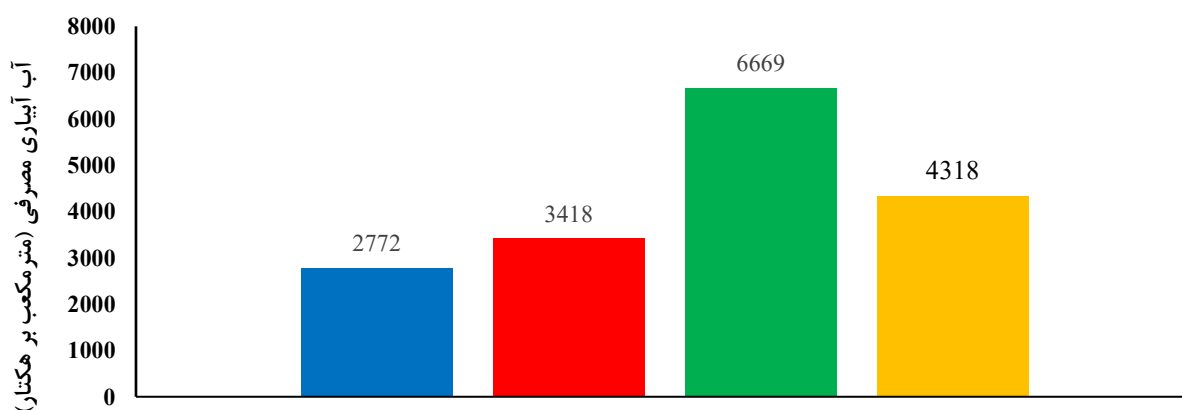
کاهش علف‌های هرز، سلامت گیاه، بیماری‌ها، کاهش مصرف سموم شیمیایی و آفات گیاهی: سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی رطوبت لایه سطحی خاک را به حداقل می‌رساند، این امر به طور مستقیم باعث کاهش رشد و جوانه‌زنی علف‌های هرز تا حدود ۷۰ درصد. نبود رطوبت سطحی، علاوه بر مهار بذرها، علف هرز، بستری نامساعد برای استقرار بسیاری از عوامل بیماری‌زای قارچی سطحی ایجاد می‌کند. همچنین در مقایسه با روش‌های مرسوم مانند آبیاری سطحی، موجب کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصدی در مصرف سموم قارچ‌کش و حشره‌کش و نیز کاهش شیوع بیماری‌های خاکزاد تا ۴۵٪ می‌شود. در این رویکرد نوآورانه با تزریق هدفمند کود و مواد شیمیایی، از طریق صرفه‌جویی در نهاده‌های شیمیایی، به بهبود سلامت خاک، کاهش بقایای سموم و افزایش پایداری زیست‌محیطی باغ کمک شایانی می‌کند (Griffin-LaHue et al., 2023). علاوه بر این، با فراهم آوردن رطوبت یکنواخت، تبخیر از سطح خاک به حداقل رسیده و کارایی مصرف آب و مواد مغذی بهبود یافته و منجر به ارتقاء رشد و کیفیت محصول می‌شود؛ این کارایی در جذب مواد مغذی حیاتی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم (N, P, K) که برای توسعه حبه‌ها ضروری است نیز منعکس شده است (Sheren et al., 2017). از نظر مدیریت بیماری‌های هوایی، خشک ماندن برگ‌ها و سرشاخه‌ها به طور چشمگیری شیوع بیماری‌های قارچی برگ‌زی مانند سفیدک سطحی و دودی را کاهش داده و نیاز به مصرف قارچ‌کش‌ها را به حداقل می‌رساند. کاهش محسوس در میزان پوسیدگی ریشه و بهبود یکنواختی خوشه‌ها در مزارع مجهز به این سامانه، کیفیت انگور را ارتقا داده و صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌های کنترل آفات ایجاد می‌نماید.



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی و تصاویری از اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در باغ منتخب

مترمکعب در هکتار) که توسط عباسی و همکاران (۱۳۹۹) گزارش شده، بسیار پایین تر است. بدین ترتیب آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی در مقایسه با متوسط مصرف استانی به ترتیب در حدود ۳۵ و ۲۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی به دنبال داشت (شکل ۳). نکته قوت اصلی این سامانه در کاهش اتلاف آب، به حذف تلفات ناشی از تبخیر و کاهش رقابت گیاهان رقیب (علف‌های هرز) مربوط می‌شود که بیشتر به آن اشاره شد.

در این پژوهش دور آبیاری با توجه به بافت خاک و امکانات موجود سه تا پنج روز در نظر گرفته شد. با استفاده از کنتورهای حجمی نصب شده در ابتدای هر لاترال، مقدار تجمعی آب مصرفی از اولین آبیاری تا زمان برداشت فراهم شد. مقدار آب مصرفی تحت سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و قطره‌ای سطحی به ترتیب ۲۷۷۲ و ۳۴۱۸ مترمکعب اندازه‌گیری شد. این ارقام با میانگین مصرف آب در باغات کشور (۶۶۶۹ مترمکعب در هکتار) و استان آذربایجان غربی (۴۳۱۸



آب مصرفی متوسط استان ■ آب مصرفی متوسط کشور ■ آب مصرفی قطره‌ای سطحی ■ آب مصرفی قطره‌ای زیرسطحی

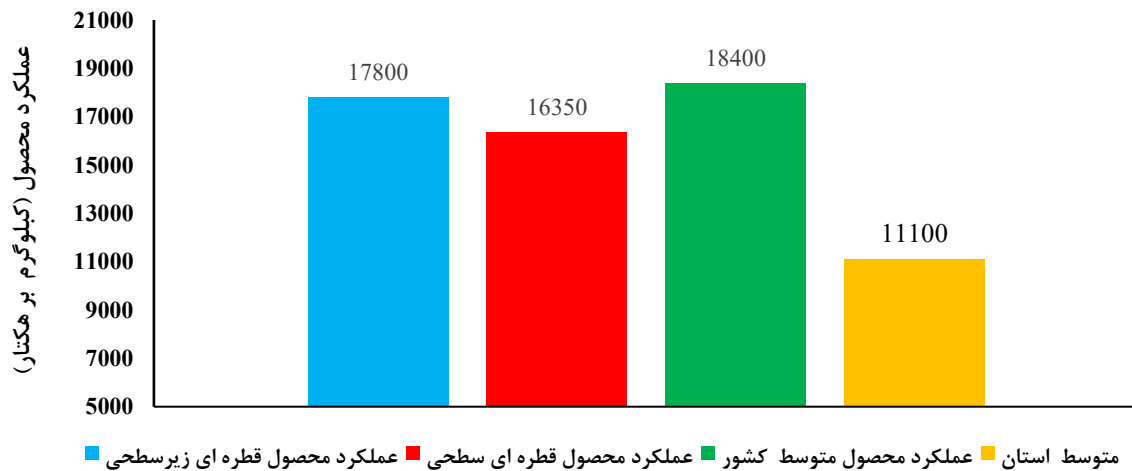
شکل ۳- مقایسه آب مصرفی در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی با متوسط مصرف باغات انگور کشور و استان آذربایجان غربی

تن در هکتار شد که در مقایسه با متوسط عملکرد استانی (۱۱/۱ تن در هکتار) در حدود ۴۰٪ افزایش

در این پژوهش، عملکرد انگور در سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به ترتیب ۱۶/۳ و ۱۷/۸

حفظ رطوبت یکنواخت در ناحیه ریشه، بهینه‌ترین وضعیت رشد و عملکرد انگور را فراهم آورده و در مجموع نسبت به روش‌های متداول استانی، افزایش پایدار در عملکرد محصول ایجاد کرده است (شکل ۴).

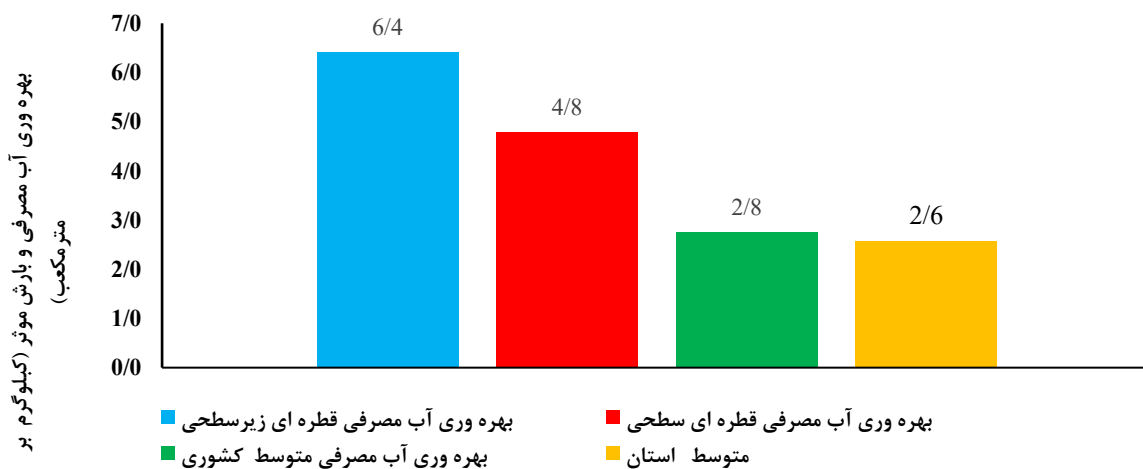
نشان می‌دهد. هرچند میانگین عملکرد کشوری حدود ۱۸/۴ تن در هکتار گزارش شده، سامانه آبیاری زیر سطحی در استان توانسته است به این سطح تولید بسیار نزدیک شود. طبق مزایای بیان شده قبل، SDI با



شکل ۴- تاثیر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عملکرد انگور و مقایسه با متوسط کشوری و استانی

مذکور را آشکار می‌سازد (شکل ۵). بهبود بیش از دو برابری بهره‌وری آب مصرفی در باغ انگور با کاهش هدررفت آب ناشی از تبخیر و رواناب سطحی، فراهمی مطلوب آب و مواد غذایی در ناحیه ریشه در ارتباط است.

از نتایج دیگر، بهره‌وری مصرفی آب در سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۶/۴ کیلوگرم انگور به ازای هر مترمکعب آب شد. که در مقایسه با آبیاری قطره‌ای سطحی در همان باغ (۴/۸ کیلوگرم به مترمکعب آب مصرفی) و به‌ویژه میانگین استانی و کشوری (به ترتیب ۲/۸ و ۲/۶ کیلوگرم بر مترمکعب) برتری سامانه آبیاری



شکل ۵- تاثیر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در بهبود بهره‌وری مصرفی آب

اندازه حبه‌ها و افت قند (بریکس) تأثیر منفی می‌گذارد. همچنین در این سامانه می‌توان به‌طور هدفمند با مدیریت دقیق تنش رطوبتی و اعمال تنش آبی سبک و کوتاه‌مدت در هفته‌های آخر رسیدن، کاهش ۱۰-۱۵٪ دور آبیاری باعث شیرین‌تر شدن محصول می‌شود (Smith et al., 2018).

چالش‌ها و معایب سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با وجود مزایای فراوان با چالش‌هایی همراه است که نیازمند درک عمیق فنی و مدیریتی است:

هزینه اولیه بالا: هزینه سرمایه‌گذاری اولیه برای تجهیز و نصب این سامانه، به‌ویژه برای لوله‌گذاری زیرسطحی لاترال‌ها (شکل ۶) به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از انواع دیگر روش‌های آبیاری است. این عامل اغلب مانع اصلی پذیرش این فناوری در مقیاس وسیع است. همچنین، پایش دقیق رطوبت و توزیع مواد مغذی در عمق نیاز به تجهیزات سنسوری پیشرفته دارد، و در صورت عدم مدیریت صحیح، ممکن است نمک‌ها در سطح خاک تجمع یافته و به لایه‌های عمیق‌تر نفوذ کنند.

نتایج این پژوهش بر تأثیر مثبت سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مدیریت بهینه منابع آب و افزایش بهره‌وری تأیید دارد. همچنین مطالعات مقایسه‌ای میزان بهره‌وری آب در کاربرد دو روش آبیاری زیرسطحی و جویچه‌ای در سیستم تربیتی داربستی و خوابیده سنتی در دو رقم فخری و بیدانه سفید در منطقه ملکان در استان آذربایجان شرقی نشان داد که روش قطره‌ای زیرسطحی باعث مدیریت بهینه آب و کاهش ۱۰ درصدی آب آبیاری نسبت به روش جویچه‌ای شد. عملکرد محصول انگور دو رقم بیدانه سفید و فخری در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب ۲۳ و ۱۱ درصد بیشتر از روش جویچه‌ای شده و بهبود بهره‌وری مصرف آب را به همراه داشته است (عروجیان مشهدی و همکاران، ۱۴۰۰).

بهبود کیفیت محصول: کاهش تنش‌های محیطی و فراهم‌سازی مداوم و یکنواخت رطوبت و مواد مغذی در ناحیه ریشه، تأثیر مستقیمی بر افزایش کیفیت، اندازه و یکنواختی محصول دارد. تنش آبی یکی از عوامل اصلی کاهش اندازه حبه‌ها و کاهش درصد قند در انگور است. SDI با تأمین مداوم و یکنواخت رطوبت و مواد مورد نیاز انگور در ناحیه ریشه، از بروز تنش آبی جلوگیری می‌کند؛ عاملی که مستقیماً بر کاهش



شکل ۶- عملیات کارگذاری لوله در عمق خاک و نیاز به هزینه‌های کارگری (نورجو، ۱۳۹۴)

پیچیدگی‌های مدیریت و نگهداری: مدیریت SDI نیازمند دانش فنی بالاتری است. چالش‌های سازگاری در باغات مسن: تغییر ناگهانی سامانه آبیاری سطحی به قطره‌ای زیرسطحی در باغات انگور قدیمی (بالای ۱۵ سال) می‌تواند به دلیل بازآرایی الگوی پراکنش ریشه منجر به تأثیر منفی موقت بر رشد ریشه‌ها شود (Saayman and Lambrechts, 1995). ریشه‌های قدیمی که به توزیع وسیع آب در آبیاری سطحی عادت کرده‌اند، در ابتدا ممکن است نتوانند به سرعت به محیط رطوبتی محدود SDI سازگار شوند و این امر می‌تواند منجر به تنش موقت و کاهش رشد شود.



انسداد قطره‌چکان‌ها: انسداد یکی از بزرگترین تهدیدات برای عملکرد پایدار این سامانه آبیاری محسوب می‌شود. این انسداد می‌تواند ناشی از ورود ریشه گیاه به داخل روزنه‌های قطره‌چکان (شکل ۷) یا رسوبات فیزیکی، شیمیایی و آلی باشد که نیاز به برنامه‌های پیچیده فیلتراسیون و تزریق شیمیایی دوره‌ای (شوکه‌دهی اسیدی یا کلری) دارد (یوسف گمرکچی، ۱۴۰۱).

آسیب‌های فیزیکی: عملیات مکانیکی مانند شخم زدن یا برداشت محصول می‌تواند به لوله‌های زیرسطحی آسیب فیزیکی وارد کند، که شناسایی و ترمیم نشت‌های پنهان در زیر خاک را پیچیده و هزینه‌بر می‌نماید.



شکل ۷- انسداد برخی قطره‌چکان‌ها (تصویر راست) و هجوم ریشه به سمت خروجی قطره‌چکان (تصویر چپ) (نورجو، ۱۴۰۲)

برای باغات با شیب بالای ۳ درصد استفاده از این نوع قطره‌چکان‌ها الزامی است. خاصیت ضد مکش بودن موجب عدم ورود ذرات خاک در زمان توقف آبیاری می‌شود. نصب قطره‌چکان نامرغوب خطر گرفتگی و آبدهی غیریکنواخت را به دنبال دارد. راهکارهای مقابله با انسداد فیزیکی و شیمیایی: در مدت بهره‌برداری تزریق دوره‌ای و منظم اسید اسیدشویی (اسید کلریدریک یا اسید سولفوریک) برای

راهکارهای مقابله با چالش‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

برای تضمین موفقیت بلندمدت سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در باغات انگور، مقابله پیشگیرانه با چالش‌ها ضروری است:

انتخاب قطره‌چکان مناسب: قطره‌چکان‌ها بایستی تنظیم کننده فشار (ویژگی PC) و ضد مکش (ویژگی AS) باشند که در بازار با نام PC AS معروف می‌باشند.

آب و قابلیت دسترسی آسان به آب و مواد غذایی بیشتر در ناحیه اطراف قطره‌چکان‌ها رخ می‌دهد و موجب انسداد آن‌ها می‌شود (Camp, 1998). اگرچه تجمع ریشه در این ناحیه به دلیل فزونی رطوبت و سهولت جذب آب توسط ریشه می‌تواند موجب بهبود کارایی مصرف آب گیاه شود ولی تجمع بیشتر ریشه در ناحیه خروج آب از قطره‌چکان‌ها می‌تواند منجر به کاهش آبدهی قطره‌چکان و حتی گرفتگی کامل آن گردد. برای مقابله با این مشکل، راهکارهایی شامل افزایش دفعات آبیاری، به کارگیری قطره‌چکان‌های مجهز به بازدارنده‌های شیمیایی مانند ترفلان در فرآیند ساخت و همچنین تزریق دوره‌ای مواد شیمیایی نظیر اسید سولفوریک، اسید فسفریک و ترفلان برای سرکوب ریشه در مجاورت لوله، پیشنهاد می‌شود (شکل ۸). همچنین استفاده از پوشش نمدی لاترال‌ها برای توزیع رطوبت از دیگر اقدامات موثر در این رابطه ذکر شده است.

شستشوی رسوبات تثبیت شده درون لوله‌ها و قطره-چکان‌ها کارساز است بعد از اسیدشویی، آبیاری سامانه با آب تمیز تا اطمینان از خروج اسید از لوله‌ها و اطراف ریشه‌ها ادامه یابد. نسبت اختلاط اسید کلریدریک رقیق شده ۱/۵ در هزار و نسبت اختلاط اسید سولفوریک رقیق شده یک در هزار پیشنهاد می‌گردد. لازم است هنگام اسید شویی به نوع گیاه و حساسیت ریشه گیاه نسبت به اسیدهای عنوان شده بررسی شده و سپس از اسید مناسب استفاده شود. توجه شود که استفاده از کودهای با کیفیت پایین احتمال رسوب مواد و گرفتگی لوله و قطره‌چکان‌ها را به دنبال دارد. قلیایی بودن آب احتمال رسوب مواد معدنی داخل آب را افزایش می‌دهد لذا اندکی اسیدی بودن آب بهتر است (اسیدیته ۵/۵ تا ۷).

راهکارهای مقابله با ریشه: چالش اصلی در پایداری بلندمدت SDI، موضوع نفوذ ریشه به داخل قطره‌چکان‌ها است که به دلیل فراوانی نسبی و تمرکز



شکل ۸- تزریق ترفلان با استفاده از سمپاش باغی (شماره ۱ و ۲) و برشی از قطره‌چکان ترفلاندار (شماره ۳) (نورجو، ۱۳۹۴)

جلبک‌ها، بذر گیاهان، تخم و نوزاد موجوداتی نظیر قورباغه و ماهی ضرورت می‌یابد. پایش دقیق و کنترل آبدهی: با نصب کنتور حجمی تشخیص سریع هر گونه نشت یا گرفتگی (از طریق اختلاف دبی مشاهده شده نسبت به مصرف مورد انتظار) فراهم می‌شود. (شکل ۹).

مدیریت کیفیت آب و فیلتراسیون: کیفیت آب تعیین کننده طراحی فیلتراسیون است. طبق قاعده کلی فیلتراسیون باید قادر باشد ذرات ریز به اندازه ربع دهانه خروجی قطره‌چکان را حذف کند چرا که تجمع ذرات ریز ممکن است منجر به گرفتگی قطره‌چکان‌ها شوند. نصب فیلترشن با هدف حذف ذرات آلی، خزه و



شکل ۹- نصب کنتور آب برای کنترل کارکرد قطره‌چکان‌ها و آگاهی از انسداد آن‌ها (نورجو، ۱۳۹۴)

آبیاری گیاهان زراعی و باغی (NIAZAB)، که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب توسعه یافته، استفاده کرد. اطلاعات کلی برای عموم، در وب سایت <http://www.swri.ir/fa-IR/DouranPortal/5335/page> بصورت رایگان در دسترس است. جهت برآورد نیاز آبی استاندارد ورود اطلاعات مکانی (نام استان، شهر و انتخاب نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی)، انتخاب نوع گیاه (انتخاب از لیست گیاهان الگوی کشت غالب) و تعیین آغاز دوره مورد نیاز است.

توصیه‌های ترویجی

برای بهره‌برداری موفق و دستیابی به عمر مفید سامانه که می‌تواند تا بیش از ۱۵ سال قابل پیش‌بینی باشد، باغداران انگور باید توصیه‌های کاربردی زیر را به عنوان یک برنامه نگهداری جامع در نظر بگیرند:

۱. اکیدا توصیه می‌شود در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی باغات انگور، از قطره‌چکان‌های PC (تنظیم کننده فشار) برای اطمینان از یکنواختی توزیع در طول لاترال به ویژه در توپوگرافی‌های ناهموار و از قطره‌چکان‌های ضد مکش برای جلوگیری از ورود ذرات خاک در هنگام تخلیه شبکه استفاده شود.
۲. عمق نصب استاندارد باید متناسب با بافت خاک رعایت شود. در خاک‌های لوم‌رسی رایج در

بهینه‌سازی عمق توزیع آب: در تاکستان‌های آبی، معمولا ریشه‌های فعال انگور بیشتر در عمق ۵۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متری سطح خاک است (Doorenbos and Kassam, 1979). از طرفی بافت خاک در تعیین عمق نصب لاترال‌ها، فاصله قطره‌چکان‌ها و برنامه آبیاری تعیین‌کننده است. در عمق نصب به عمق عملیات خاکورزی نیز توجه شود. احتمال آسیب و خسارت به سامانه در عملیات خاکورزی در صورتی که عمق نصب مناسب نباشد، وجود دارد. بر این اساس عمق ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر برای کارگذاری لاترال در خاک مناسب است. در پژوهش نورجو (۱۴۰۲) عمق ۴۰ سانتی‌متر با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از تنه با بافت لوم رسی ضمن تامین رطوبت مورد نیاز گیاه، مانعی برای عملیات باغداری ایجاد نشد. در خاک‌های شنی به دلیل پایین بودن قدرت صعود موئینگی آب در خاک، رطوبت مورد نیاز گیاه در مراحل اولیه کاشت نهال ممکن است تا استقرار کامل نهال، به طرق دیگر و روش‌های موقتی تامین شود.

برنامه‌ریزی آبیاری مبتنی بر نیاز: برنامه‌ریزی دقیق آبیاری بر اساس نیاز واقعی درختان و با توجه به سن درخت، نوع خاک و شرایط اقلیمی، زمان و مقدار آبیاری تنظیم می‌شود. برای برآورد تبخیر-تعرق واقعی و در نتیجه تعیین نیاز آبیاری می‌توان از سامانه ملی نیاز

- به طور مستمر کنترل شود
۱۱. موارد ایمنی در کلیه مراحل عملیات مرتبط با اسیدها نظیر استفاده از دستکش، عینک مخصوص، ترتیب افزودن اسید به آب و بایستی رعایت شود.
- منابع**
۱. آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۱. ۱۴۰۲. جلد سوم. دفتر آمار و فناوری اطلاعات. وزارت جهادکشاورزی. صص: ۲۷-۱۶.
 ۲. کریمی، م. ۱۳۹۶. برنامه ریزی آبیاری در باغات انگور. نشریه ترویجی، شماره ثبت ۵۱۹۵۴. مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
 ۳. عباسی، ف.، رضوانی، م.، گودرزی، م.، کریمی، م.، اسلامی، ا.، طاهری، م.، ناصری، ا.، یوسف گمرکچی، ا.، طایفه رضایی، ح. و خسروی، ح. ۱۳۹۹. تعیین آب مصرفی تاکستان های کشور. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. صص ۶۷.
 ۴. عروجیان مشهدی، ا.، میرلطیفی، س.م. و دهقانی سانج، ح. ۱۴۰۰. تاثیر آبیاری قطره ای زیرسطحی و جویچه ای بر بهره وری آب دو سیستم کشت داربستی و خزنده انگور. تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی، ۲۲(۸۴): ۳۶-۱۹.
 ۵. نورجو، ا. ۱۳۹۴. بررسی مدیریت ترفلان در آبیاری زیرسطحی انگور و وضعیت تجمع ریشه در اطراف قطره چکان. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. صص ۳۸.
 ۶. نورجو، ا. ۱۴۰۲. ارزیابی سامانه های آبیاری موضعی زیرسطحی باغات سیب و انگور در استان باغات انگور، عمق کارگذاری بهینه بین ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر توصیه می شود.
 ۳. اسیدشویی دوره ای (معمولا هر ۴ تا ۸ هفته یکبار، بسته به کیفیت آب) با تزریق اسیدهای مجاز با رعایت پروتکل های ایمنی انجام شود.
 ۴. مدیریت ریشه و پایش از اهمیت بالایی برخوردار است. در صورت مشاهده علائم نفوذ ریشه، استفاده از مواد ضد ریشه مجاز مانند ترفلان زیر نظر کارشناس مربوطه در دستور کار قرار گیرد.
 ۵. توصیه می شود در تغییر روش آبیاری باغات مسن به قطره ای زیرسطحی، دو یا سه نوبت آبیاری سطحی کمکی برای تامین رطوبت منطقه ای و تسهیل فرایند سازگاری ریشه ها به شرایط جدید آبیاری انجام پذیرد.
 ۶. شستشوی سالانه لاترال ها و خطوط لوله با باز و بسته کردن مکرر انتهای لاترال ها و لوله ها با ایجاد جریان های موجی از ارزاترین و کاراترین روش های جلوگیری از رسوب و گرفتگی قطره چکان ها در این سامانه است.
 ۷. افزایش دفعات آبیاری و اجرای آبیاری های کوتاه تر و مکرر (به جای یک آبیاری طولانی) باعث حفظ رطوبت در نزدیکی قطره چکان ها شده و از نفوذ بیش از حد ریشه به طرف آنها جلوگیری می کند.
 ۸. در صورت امکان یک یا دو نوبت آبیاری سنگین و سطحی در طول سال با هدف جلوگیری از تجمع املاح در خاک انجام شود.
 ۹. نصب شیر تخلیه و تغذیه هوا در نقاط مورد نیاز سامانه و شیرهای تخلیه آب و شستشو در نقاط پست سامانه در نظر گرفته شود.
 ۱۰. فشار شبکه (با نصب فشارسنج) در نقاط مختلف با هدف جلوگیری از کاهش فشار آب در سامانه

- KM (2023) Extended soil surface drying triggered by subsurface drip irrigation decouples carbon and nitrogen cycles and alters microbiome composition. *Front. Soil Sci.* 3:1267685. doi: 10.3389/fsoil.2023.1267685
12. Saayman, D., and Lambrechts, J. J.N. (1995). The effect of irrigation system and crop load on the vigour of Barlinka table grapes on a sandy soil, Hex River Valley. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 16,26-34.
13. Sheren, A. Abed El-Hamied, Zaen El-Deen, E.M.A. and El- Hagarey, M.E., 2017. Management of irrigation systems to improve productivity and quality of grapevine under desert conditions. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 10(10): 77-90.
14. Smith, J., et al. (2018). Impact of Subsurface Drip Irrigation on Fruit Quality Parameters. *HortScience*, 53(10), 1412–1418.
- آذربایجان غربی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. ص ۶۰.
۷. یوسف گمرکچی، ا. ۱۴۰۱. ملاحظات در بهره‌برداری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در محصولات زراعی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی ۶۱۷، ص ۴۵.
8. Al-Ghobari, A. A. (2015). Review of Subsurface Drip Irrigation: Challenges and Opportunities. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(6), 1271–1285.
9. Camp, C.R., 1998. Subsurface drip irrigation: a review. *Trans. ASAE* 41, 1353–1367.
10. Doorenbos, J. and A.H. Kassam, 1979. Yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper*, 33, p. 257
11. Griffin-LaHue D, Wang D, Gaudin ACM, Durbin-Johnson B, Settles ML and Scow

Analysis of Advantages, Limitations, and Challenges of Subsurface Drip Irrigation System in Vineyards

Amir Nourjou¹ & Hamed Doulati Bneh²

Abstract

Challenges in the agricultural sector are intensifying due to the increasing demand for water driven by climate change, population growth, and shifts in water use patterns. Achieving sustainable agriculture and food security under current conditions will not be possible without reducing water consumption in this sector. In recent decades, modern irrigation systems have been introduced as fundamental solutions to enhance water use efficiency. Surface drip irrigation (SD), by delivering water directly to the root zone, represents a major advancement toward water conservation and improved crop yield. However, several limitations remain, including evaporation losses from the soil surface, weed growth, interference with orchard operations, and the risk of damage to pipes and emitters. The subsurface drip irrigation (SDI) system, as a more advanced generation of drip irrigation, has shown great potential to overcome the limitations of SD by burying laterals below the soil surface. SDI not only eliminates direct evaporation from the soil surface but also allows for more precise management of soil moisture within the active root zone. Considering the expansion of vineyards in the country, the implementation of SDI can significantly reduce water use in orchard management. This study aims to investigate the advantages and limitations of the SDI system in vineyards, with a particular focus on a case study conducted in Urmia. The results indicate that the SDI system achieves approximately 35% and 20% water savings compared to the provincial average and the SD system, respectively, while water use efficiency (WUE) can increase by 25–40%. Despite its substantial benefits, the successful application of this irrigation method requires careful consideration of technical aspects during design, equipment procurement, installation, and operation, all of which are discussed in this paper.

Keyword: Grapevine, Subsurface Drip Irrigation System, Water Consumption Efficiency, Advantages and Limitations

¹ Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Azarbayejan Gharbi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Oromiyeh, Iran.

² Research Professor, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kurdistan, Iran.