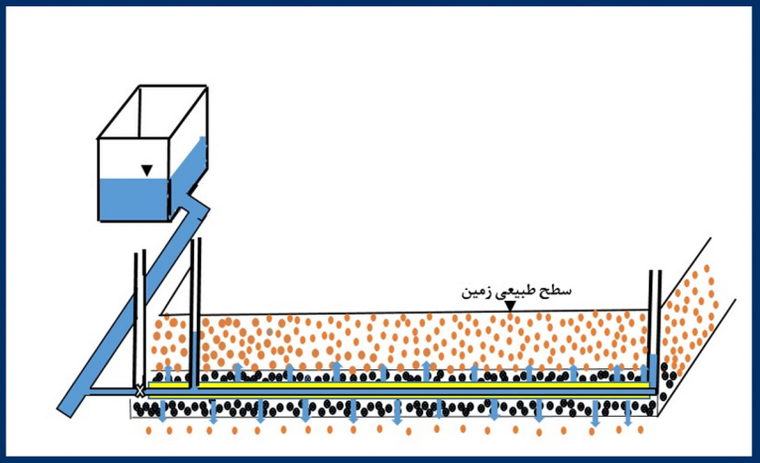
وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستنامه فنی:

سامانه‌های آبیاری زیرسطحی کم فشار بومی

شهرام اشرفی، محمد مهدی نخجوانی مقدم و
نادرکوهی چله کران



سال انتشار: ۱۴۰۱

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، کدپستی: ۳۱۳۵۹۱۳۵۳۳، مؤسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۶۱۵۰۰۰۰(۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، آدرس دسترسی: www.aeri.ir(بخش انتشارات الکترونیکی)

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستنامهٔ فنی:

سامانه‌های آبیاری زیرسطحی کم‌فشار بومی

تهیه و تدوین:
شهرام اشرفی، محمد مهدی نخجوانی مقدم و
نادر کوهی چله‌کران

به‌ترتیب اعضای هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان

سال انتشار:
۱۴۰۱

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نوع نوشتار: دستنامهٔ فنی
عنوان نوشتار: سامانه‌های آبیاری زیرسطحی کم‌فشار بومی
نگارنده: شهرام اشرفی، محمد مهدی نخجوانی مقدم و نادر کوهی چله‌کران
ویراستار ادبی: محمدرضا داهی
صفحه‌آرا: سمیه وطن دوست
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول
سال انتشار: ۱۴۰۱

مسئولیت صحت مطالب با نگارندگان است.

شماره ثبت ٦٣٢٤٦ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ١٤٠١/١٢/٢٤

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
۱- کلیات	۲
۲- مروری بر منابع	۳
۳- مزایای آبیاری زیرسطحی کم‌فشار	۱۲
۴- الزام‌های آبیاری زیرسطحی کم‌فشار	۱۳
۵- مشخصات فنی و اجرایی سامانهٔ ابداعی آبیاری زیرسطحی کم‌فشار توسط کشاورزان پیشرو در منطقهٔ انار	۱۴
۵-۱- حداقل شرایط فنی که در اجرا باید رعایت گردد	۲۱
۶- مشخصات سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار (ابداعی شرکت نوآبیاران بوستان مهر)	۲۲
۶-۱- حداقل شرایط فنی برای اجرا	۳۱
۷- ماشین حفر ترانشه	۳۲
۸- تاسیسات لازم برای کوددهی	۳۴
۹- به اشباع رسیدن لایهٔ سطحی خاک	۳۸
۱۰- موارد مشاهده شده در بررسی‌های میدانی	۴۶
۱۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری	۴۹
۱۲- منابع مورد استفاده	۵۱

مقدمه

باغ‌های پسته عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور قرار دارند و آب مورد نیاز برای تأمین نیاز آبی این گیاه از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود. عوامل متعددی مانند تغییر اقلیم، افزایش سطح زیر کشت و کاهش بارش‌های جوی باعث شده است تا سطح آب زیرزمینی در مناطقی از کشور در چند دهۀ اخیر افت شدیدی داشته باشد. چنین وضعیتی کمیت و کیفیت آب استخراج شده از چاه‌های عمیق را در منطقۀ کرمان کاهش داده است و موجب شده تا استفاده از روش آبیاری سطحی به‌منظور آبیاری درختان پسته بیش از این مقدور نباشد. شرایط به وجود آمده بسیاری از باغ‌های پسته را از بین برده و کشاورزان را بیکار کرده است. برای جلوگیری از خشک شدن درختان و از بین رفتن باغ‌ها، استفاده از سامانۀ آبیاری زیرسطحی تنها گزینۀ باقی‌مانده است. در آبیاری زیرسطحی، آب مستقیماً در ناحیۀ ریشۀ گیاه در پروفیل خاک وارد می‌شود و از این رو، برخلاف آبیاری سطحی، از تبخیر آب از سطح خاک به مقدار بسیار زیادی کاسته می‌شود و گیاه از آب کاربردی در باغ حداکثر استفاده را می‌برد. با توجه به خرد شدن اراضی و به وجود آمدن خرده مالکی و مشاع بودن چاه‌های آب، مدیریت و استفاده از سامانۀ آبیاری زیرسطحی تحت‌فشار در این مناطق عملاً ناممکن است. برای خروج از این وضعیت و استفاده از روش آبیاری زیرسطحی، گام‌هایی برداشته شده که به ابداع سامانۀ زیرسطحی کم‌فشار انجامیده است. در بین روش‌های ابداعی، دو روش آبیاری زیرسطحی وجود دارد که کارایی آنها در شرایط خرده مالکی و استفادۀ مشاع از چاه‌های آب بسیار خوب و قابل ترویج تشخیص داده شده است. اولین روش را یکی از کشاورزان پیشرو در منطقۀ انار استان کرمان و دومین روش را شرکت نوآوران بوستان مهر در پارک علم و فناوری دانشگاه یزد ابداع کرده است. نتایج به‌دست آمده از اجرای سامانۀ آبیاری

زیرسطحی کم‌فشار در استان کرمان نشان می‌دهد که این سامانه‌ها برای توزیع آب به‌صورت زیرسطحی در باغ‌های پسته قابلیت‌های بسیار بالایی دارند. در این ارتباط، دست نامهٔ لازم برای اجرای سامانه‌های مذکور تهیه و ارائه شده است.

۱- کلیات

سامانه‌های آبیاری زیرسطحی کم‌فشار عبارت‌اند از مجموعه‌ای از مجاری لوله‌ای از جنس‌های مختلف که در آنها آب بر اثر نیروی هیدرواستاتیک به حرکت در می‌آید و به‌واسطهٔ تراوش از بدنهٔ لوله یا به‌طور مستقیم وارد پروفیل خاک می‌شود. در روش‌های مختلف آبیاری زیرسطحی کم‌فشار، لوله‌های مورد استفاده در سیستم نقش انتقال آب در داخل باغ و نیز توزیع آن به پروفیل خاک را به عهده دارند. با توجه به اینکه فشار هیدرواستاتیک باعث حرکت آب در داخل لوله‌ها می‌شود، با احداث یک حوضچه در ابتدای باغ یا در ردیف‌های درختان می‌توان آب استخراج شده از چاه را به‌صورت تحت‌فشار به حوضچهٔ مذکور هدایت و فشار هیدرواستاتیک لازم را در حوضچه ایجاد کرد. در این روش آبیاری نیازی به سیستم کنترل مرکزی و استفاده از ضمائم مورد نیاز در سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار (مانند فیلتراسیون، استخر ذخیرهٔ آب و شیرهای قطع و وصل و کنترل فشار) نیست. در هر نوبت از آبیاری، آب استخراج شده از چاه مستقیماً به‌صورت تحت‌فشار در ابتدای هر قطعهٔ باغ در مدت زمان مشخص در محل حوضچهٔ اختصاصی کشاورزان هدایت و تحویل داده می‌شود. به‌واسطهٔ وجود حوضچه در ابتدای هر باغ، متناسب با روش آبیاری کم‌فشار، لوله‌هایی به قطر مشخص به حوضچه متصل می‌شوند که نقش تحویل آب از حوضچه، انتقال آن به مجاورت ردیف‌های درختان و در نهایت توزیع آن در پروفیل خاک را به عهده دارند. در روش‌های مختلف آبیاری زیرسطحی کم‌فشار، لوله‌های متصل به حوضچه از

جنس سفال، سیمانی و پی وی سی(PVC) هستند. همان‌طور که توضیح داده شد، در روش‌های مختلف آبیاری زیرسطحی کم‌فشار سیستم کنترل مرکزی و ضمائم مورد استفاده در آن حذف می‌شود و دیگر نیازی به انرژی الکتریکی در محل هر یک از قطعات زراعی/باغ نیست.

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، کاهش هزینهٔ اجرایی سامانهٔ آبیاری با لوله کم‌فشار از دلایل اصلی برای انتخاب این نوع سامانه است. در مناطق توسعه‌یافتهٔ جهان نیاز به راندمان بیشتر آب همراه با کاهش تعداد و هزینهٔ کارگر انگیزهٔ اصلی سرمایه‌گذاری در سامانه لوله‌های کم‌فشار و توسعه فناوری به منظور افزایش کارایی این سامانه بوده است. در هر حال، سامانهٔ آبیاری با لوله‌های کم‌فشار گزینه‌ای است که نیاز به سرمایه‌گذاری کمتر دارد و هزینهٔ انرژی آن نسبت به هزینهٔ انرژی آبیاری تحت‌فشار پایین‌تر است. توسعهٔ ساخت لوله‌های پلی‌اتیلن و پی وی سی سخت و لوله‌های پلاستیکی و لاستیکی تاشونده نیز از عوامل تأثیرگذار در توسعهٔ آبیاری با لوله‌های کم‌فشار بوده است.

۲- مروری بر منابع

آبیاری زیرسطحی گیاهان زراعی و باغی از سالیان بسیار دور همواره ذهن متخصصان این امر را به خود مشغول کرده است ولی به علت دسترسی‌نداشتن به لوازم و مواد مورد نیاز برای عملی کردن آن، این فکر با اندک تغییراتی توسط بلاس (۱۹۶۹) تبدیل به سامانهٔ آبیاری قطره‌ای شد.

در دههٔ ۱۹۳۰ میلادی رشد سریع یک درخت که خاک اطراف آن کاملاً خشک بود، نظر بلاس را به خود جلب کرد. وی با بررسی‌هایی که کرد به این نتیجه رسید که تراوش آب از محل اتصال خط لولهٔ انتقال دهندهٔ آب که در زیر سطح خاک قرار دارد باعث فراهم شدن شرایط مناسب رطوبتی برای رشد آن درخت شده است. بلاس از این تجربه استفاده

کرد و ایدهٔ سامانهٔ آبیاری زیرسطحی قطره‌ای را به‌میان آورد ولی به علت بالابودنقیمت لوله‌های فلزی، نبود لوله‌های پلاستیکی و نبود قطره‌چکان در آن زمان، این ایده غیرعملیاتی ماند در حالی که ذهن او همچنان به آن مشغول بود. ابداع لوله‌های پلاستیکی پس از جنگ جهانی دوم و تولید انبوه آن باعث شد تا بلاس ایده خود یعنی آبیاری زیرسطحی قطره‌ای را برای گیاهان زراعی و باغی در سال ۱۹۵۹ مطرح کند.

پس از آن گلدبرگ و شمیولی(۱۹۶۹) در دانشگاه هوبر در فلسطین اشغالی تحقیقات خود را روی آبیاری قطره‌ای آغاز کردند. این محققان ابتدا با ایده کارگذاری لوله‌ها و قطره‌چکان‌ها در زیر سطح خاک (آبیاری زیرسطحی قطره‌ای) و با هدف خشک نگه‌داشتن سطح زمین، تحقیقات خود را شروع کردند ولی به دلیل گرفتگی قطره‌چکان‌ها، مخصوصاً در اثر نفوذ ریشهٔ گیاهان به داخل آنها، کار را متوقف کردند. پس از این شکست بود که ایدهٔ قرار گرفتن لوله و قطره‌چکان در سطح زمین شکل گرفت. در این روش سطح خاک اطراف قطره چکانها دیگر خشک نبوده و با ایدهٔ اولیه که به دنبال خشک نگه‌داشتن سطح زمین بود فاصلهٔ بسیار زیاد پیدا کرد ولی نتایج بسیار مثبت به‌دست آمده از آزمایش‌های اولیه در زمینهٔ راندمان کاربرد آب در مزرعه در این سامانه آبیاری باعث گردید که ایده اولیه یعنی آبیاری زیرسطحی گیاهان به فراموشی سپرده شود. این محققان تحقیقات خود را در زمینهٔ آبیاری قطره‌ای سطحی با جدیت بیشتر دنبال کردند. نتایج بسیار مثبت تحقیقات در این زمینه باعث شد که تا پایان سال ۱۹۶۹ به میزان ۲۰۰۰ هکتار از اراضی فلسطین اشغالی به سامانهٔ آبیاری قطره‌ای سطحی مجهز گردد.

با رشد سریع جمعیت در جهان و افزایش سطح زیرکشت گیاهان زراعی و باغی از یک سو و از سوی دیگر تغییرات آب و هوایی و کاهش ذخائر آبی باعث شده است تا محققان و کارشناسان بار دیگر به ایدهٔ اولیه یعنی آبیاری زیرسطحی قطره‌ای روی آورند. هر چند راندمان کاربرد آب در مزرعه در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای سطحی، در مقایسه با دیگر سامانه‌های آبیاری، بیشتر است ولی در همین سامانه نیز قسمت قابل توجهی از حجم آب

کاربردی در مزرعه به‌صورت تبخیر از سطح خیس شدهٔ خاک به آتمسفر برمی‌گردد بی آنکه گیاه بتواند مستقیماً از آن استفاده کند. سامانهٔ آبیاری زیرسطحی قطره‌ای این امکان را فراهم می‌کند که قسمتی از حجم آب قابل تبخیر در سامانهٔ قطره‌ای سطحی در پروفیل خاک تثبیت شود، تبخیر از سطح خاک به کمترین مقدار برسد و گیاه بتواند از این آب در فرایند رشد و نمو و تولید محصول استفاده کند. در این زمینه، بوش و نی‌بون (۱۹۶۶) برای اولین بار تحقیقات خود را با لوله‌های پلاستیکی روزنه‌دار (Perforated pipe) ،که در زیر سطح خاک کار گذاشته بودند، روی چمن برمودا به‌انجام رساندند و نتایج تحقیق خود را با نتایج تحقیقات روی سامانهٔ آبیاری بارانی مقایسه کردند.

در مقایسه با روش‌های آبیاری سطحی و بارانی، در روش آبیاری قطره‌ای سطحی حجم کوچکتری از خاک مرطوب می‌شود. بنابراین در این روش آبیاری نیاز به دورهای آبیاری کمتری خواهیم داشت. با توجه به اینکه فاصله‌های زمانی بین آبیاری‌ها در این روش آبیاری خیلی کم است، بنابراین سطح زمین در اطراف قطره‌چکان‌ها همیشه مرطوب است و این وضعیت در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث می‌گردد تا قسمتی از آب آبیاری بی آنکه مورد استفاده گیاه قرار گیرد مستقیماً به صورت تبخیر از سطح خاک و در نتیجه از دسترس گیاه خارج گردد. این مسئله یکی از معایب آبیاری قطره‌ای سطحی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ناحیهٔ مرطوب شده در اطراف قطره‌چکان‌ها علاوه بر اینکه تحت تاثیر مستقیم تابش پرتوهای خورشید است، برگشت جریان گرم در سطح خاک باعث ایجاد یک گرادیان شدید فشار بخار می‌شود که این عامل نیروی بسیار شدیدی برای تبخیر آب از سطح خاک خواهد بود (مشکات و همکاران، ۲۰۰۰). تحقیقات ماتیاس و همکاران (۱۹۸۶) طی یک هفته آزمایش صحرایی نشان می دهد که ۳۳ تا ۴۴ درصد آب کاربردی در مزرعه‌ای که با آبیاری قطره‌ای آبیاری شده است، در اثر تبخیر از سطح خاک به آتمسفر بر می‌گردد. پریوت (۱۹۸۵) در مقایسه‌ای بین آبیاری قطره‌ای و آبیاری سطحی نشان داد خاکی که با سامانهٔ آبیاری سطحی مورد آبیاری

سنگین قرار گرفته است، میزان تبخیر از سطح خاک در روز اول بعد از آبیاری بسیار زیادتر از میزان تبخیر از خاکی بوده است که با سامانهٔ آبیاری قطره‌ای آبیاری شده ولی مقدار آن در روزهای دوم و سوم شدیداً کاهش یافته است. این محقق میزان تبخیر از سطح خاک را در لایسیمتر در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و شیاری روی گیاه سیب زمینی تعیین‌کرده و نشان داده است که میزان تبخیر از سطح خاک در این دو سامانه با یکدیگر تفاوتی ندارد. تحقیقات دسبرگ (۱۹۹۵) نشان می‌دهد که میزان تبخیر از سطح خاک در دو سامانهٔ آبیاری قطره‌ای و بارانی با یکدیگر یکسان است و تفاوت معنی داری بین آنها وجود ندارد. در خاک‌های شور که میزان نفوذپذیری آب در آنها در اثر تجمع نمک در سطح خاک کم است، آبیاری قطره‌ای سطحی باعث می‌شود سطح خیس شدهٔ بزرگ‌تری در اثر تجمع آب در سطح خاک ایجاد شود و سطح خاک اطراف قطره چکان‌ها حالت ماندابی پیدا کند (گریمس و همکاران، ۱۹۹۰).

نتایج تحقیقات ایوت و همکاران (۱۹۹۵) نشان می‌دهد در حالتی که سطح مزرعه از نظر پوشش گیاهی یکسان است، میزان تبخیر و تعرق (ET) در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و شیاری نیز یکسان است. تحقیقات فن و همکاران (۱۹۸۷) روی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی نشان می‌دهد که میزان محصول تولید شده در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای زیرسطحی خیلی بیشتر است تا در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای سطحی. به عبارتی دیگر، در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، برای تولید مقدار ی مشخص از محصول باید آب کمتری مصرف کرد. تفاوت مقدار محصول در آبیاری قطره‌ای سطحی، در مقایسه با آبیاری قطره‌ای زیر سطحی، ارتباط مستقیم با مقدار آب در دسترس گیاه در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی دارد. با مصرف مقدار مشخصی از آب در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیر سطحی، در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با کاهش تبخیر آب از سطح خاک، شرایط رطوبتی مناسب‌تری برای گیاه فراهم می‌گردد و این امر در مقایسه با آبیاری قطره‌ای سطحی باعث افزایش مقدار محصول بیشتری می‌شود.

مشکات و همکاران (۲۰۰۰) روی آبیاری زیرسطحی با استفاده از ستون شن تحقیق و گزارش کردند که در روش آبیاری قطره‌ای همراه با ستون شن و ماسه، تبخیر آب از سطح خاک مرطوب به کمک سه فرایند کنترل و باعث ماندگاری رطوبت در داخل خاک می‌شود.

۱- کنترل انرژی تابشی خورشید. در روش آبیاری قطره‌ای همراه با ستون شن، سطح مرطوب خاک از سطح زمین به زیر زمین انتقال داده می‌شود. بنا براین سطح خیس شده در داخل زمین و زیر سطح خاک قرار خواهد گرفت و لایهٔ سطحی زمین در مجاورت هوا به عنوان لایهٔ محافظت کننده از رطوبت خاک عمل می‌کند. در این شرایط، مقداری از انرژی خورشید در اثر عبور از لایه سطحی خاک تعدیل می‌شود و مقدار اندکی از این انرژی به خاک مرطوب در زیر سطح خاک می‌رسد، بنابراین، مقدار تبخیر یا فرایند تبدیل مایع به بخار کم می‌شود و باعث تثبیت رطوبت در پروفیل خاک خواهد شد.

۲- تابش خورشید در سطح خاک باعث گرم شدن و خشک شدن لایهٔ سطحی خاک می‌گردد. در این شرایط، لایه‌های زیرین خاک در مقایسه با لایهٔ سطحی خاک دمای کمتری دارند و به عبارت دیگر لایه‌های زیرین خنک تر از لایهٔ سطحی خاک هستند. در چنین حالتی، گرادیان یا شیب حرارتی از طرف لایه سطحی به سمت لایه‌های زیرین خاک شکل می‌گیرد. این گرادیان حرارتی باعث می‌شود تا رطوبت خاک از لایه‌های گرم‌تر به سمت لایه‌های خنک تر در جریان باشد. در عمل، این فرایند باعث می‌شود گرادیان کلی حرکت رطوبت از عمق به سطح خاک کمتر شود.

۳- خشک بودن لایهٔ سطحی خاک باعث می‌شود هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک بسیار کم شود و رطوبت در این لایه به کندی حرکت کند.

کلیهٔ روش‌های کاهش تبخیر از سطح خاک تلفیقی است از یک یا دو قانون کاهش تبخیر (هیلل، ۱۹۸۰). نتیجهٔ تحقیقات مودایش و همکاران (۱۹۸۵) نشان می‌دهد که شن

دانه‌درشت، در مقایسه با شن دانه‌ریز، قابلیت بهتری برای کاهش تبخیر دارد. صعود مویینگی (صعود کاپیلار) آب در شن با دانه‌بندی درشت کمتر از صعود مویینگی آب در شن با دانه‌بندی ریز است. یکی دیگر از مزایای شن با دانه بندی درشت، نفوذ پذیری خیلی زیاد این مواد است. در مقایسه با شن دانه‌ریز، آب به سرعت در ستون شن دانه‌درشت نفوذ می‌کند و به کف ستون شن می‌رسد و از ایجاد کانال یا معابر آب در مجاورت شن و دیوارهٔ حفره جلوگیری می‌شود (مشکات و همکاران، ۲۰۰۰). مشکات و همکاران (۱۹۹۹)آزمایش‌های خود را روی ستون‌های خاک دست‌نخورده در آزمایشگاه اجرا کردند. برای این کار ستون‌های خاک به قطر ۷۵/. و ارتفاع ۸/. متر در مزرعه تهیه و با آنها را با رینگ‌های محافظ محصور کردند و به آزمایشگاه بردند. برای برش جانبی خاک اطراف ستون‌های خاک از یک ترنچر و برای برش کف ستون خاک از یک دستگاه مخصوص استفاده شده است که خود طراحی کرده بودند . حفره ها یا ستون‌های شنی در آزمایش این محققان به قطر ۱۰ سانتی‌متر و به عمق ۱۵ سانتی‌متر بود. نتایج به‌دست آمده از مقایسهٔ تحقیقات آزمایشگاهی آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی نشان می‌دهد که در روش آبیاری زیرسطحی قطره‌ای با استفاده از ستون شن، مقدار قابل توجهی تبخیر آب از سطح خاک کاهش پیدا می‌کند.محققان یاد شده این فرایند را به سه بخش زیر تقسیم کردند.

۱- انتقال آب به عمق از ستون شن باعث می‌شود لایهٔ سطحی خاک در مقایسه با لایه‌های دیگر خشک‌تر شود و هدایت هیدرولیکی غیر اشباع کمتری داشته باشد. این امر باعث می‌شود حرکت رطوبت در پروفیل خاک به صورت صعود کاپیلار و تبخیر از سطح خاک کند شود.

۲- ایجاد گرادیان حرارتی در پروفیل خاک یکی از مزیت‌های بسیار مهم آبیاری زیرسطحی است. در این روش آبیاری، دمای لایهٔ سطحی خاک بیشتر و در نتیجه گرم‌تر است. در این شرایط، به علت خنک‌تر بودن لایه‌های زیرین خاک، یک گرادیان حرارتی از سمت لایه‌های بالایی به سمت لایه‌های زیرین شکل

می‌گیرد که این امر از حرکت رطوبت به سمت لایه‌های بالایی خاک جلوگیری می‌کند و از تبخیر از سطح خاک می‌کاهد.

۳- در روش آبیاری زیرسطحی، امکان تجمع نمک در مجاورت ریشهٔ گیاه خیلی کم است و در این شرایط گیاه رشد و نمو بهتری خواهد داشت.

مشکات و همکاران در ادامه می افزایند، این روش آبیاری در مناطق خشک و حتی در خاک‌های با نفوذپذیری کم قابل توصیه است.

بررسی منابع در ارتباط با روش آبیاری زیرسطحی در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه نشان می‌دهد که روی آبیاری زیرسطحی گیاهان زراعی/باغی در این کشورها تحقیقات بسیار زیادی شده است. در کلیه تحقیقات آب به‌صورت تحت‌فشار در لوله‌های آبده و قطره-چکان‌ها حرکت می‌کند و در محدودهٔ ریشهٔ گیاهان در پروفیل خاک وارد و تثبیت می‌شود. آبیاری زیرسطحی کم‌فشار موضوعی است که تا این تاریخ هیچ‌یک از پژوهشگران بدان توجه نکرده است. سه دلیل عمده در این زمینه وجود دارد. اولین دلیل این است که در کشورهای پیشرفته مسئله‌ای به نام خُرد شدن زمین و تبدیل زمین یکپارچه به قطعات کوچک وجود ندارد. دومین دلیل این است که به علت یکپارچگی زمین‌ها در این کشورها، موضوع بهره‌برداری از چاه آب به‌صورت مشاعی مطرح نیست. سومین دلیل، امکان ورود ریشهٔ گیاهان به داخل لولهٔ آبده است. در آبیاری زیرسطحی کم‌فشار قطر روزنه‌هایی که آب را از لولهٔ آبده به پروفیل خاک وارد می‌کند بسیار بزرگ و در حد ۶ تا ۱۴ میلی‌متر است، و از این رو امکان ورود ریشه به داخل لولهٔ آبده و انسداد آن وجود دارد. این موضوع موجب شده تا محققان در فکر استفاده از روش آبیاری زیرسطحی کم‌فشار نباشند.

باغ‌های پسته عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور قرار دارند و آب مورد نیاز برای تأمین نیاز آبی این گیاه از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود. عموماً برای آبیاری باغ‌های پسته از روش‌های آبیاری سطحی استفاده می‌شود. نتایج حاصل از تحقیقات در این در این زمینه نشان می‌دهد که میانگین راندمان آبیاری در روش‌های سطحی (کرتی/نواری) ۴۷/۷ درصد

است (اشرفی و همکاران، ۱۳۸۵). عوامل متعددی از جمله تغییر اقلیم، افزایش سطح زیر کشت و کاهش بارش‌های جوی باعث شده است سطح آب زیرزمینی در مناطقی از کشور از جمله مناطق تحت کشت پسته در چند دهه اخیر افت شدیدی داشته باشد. رشد بی‌رویه سطح زیرکشت پسته در کرمان و متعاقب آن برداشت بیش از حد از منابع باعث شده است که سطح ایستابی در سفره‌های آب زیرزمینی در حدفاصل سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳ به‌طور متوسط ۰/۷ متر در سال افت داشته باشد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، ۱۳۹۶). این امر باعث کاهش کیفیت و کمیت آب استخراج شده از سفره‌های آب زیرزمینی شده است. خُرد شدن زمین‌های تحت کشت پسته به قطعات کوچک و استفادهٔ مشاع از چاه آب، یکی دیگر از معضل‌های موجود در منطقهٔ کرمان است. در بعضی نقاط استان کرمان مساحت باغ‌های پسته به ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر مربع رسیده و حقابه هر قطعه باغ متناسب با دبی چاه آب ۱ تا ۲ ساعت در دورهای آبیاری ۱۲ تا ۱۵ روزه شده است که این امر باعث کاهش هرچه بیشتر راندمان آبیاری در منطقه شده است. مجموعهٔ عوامل فوق‌الذکر باعث شده تا استفاده از روش آبیاری سطحی به‌منظور آبیاری درختان پسته بیش از این مقدور نباشد. شرایط به وجود آمده بسیاری از باغ‌های پسته را از بین برده و به بیکاری کشاورزان انجامیده است. برای جلوگیری از خشک شدن درختان و از بین رفتن باغ‌ها، استفاده از سامانهٔ آبیاری زیرسطحی تنها گزینهٔ باقی‌مانده است. در آبیاری زیرسطحی آب مستقیماً در ناحیهٔ ریشهٔ گیاه در پروفیل خاک وارد می‌شود، و از این رو برخلاف آبیاری سطحی، از تبخیر آب از سطح خاک به مقدار بسیار زیادی کاسته می‌شود و گیاه از آب کاربردی حداکثر استفاده را می‌کند. روش‌های مختلف آبیاری تحت‌فشار طی سالیان متمادی در کشورهای مختلف به‌کار گرفته شده است. پیش‌تر توضیح داده شد که آبیاری زیرسطحی قطره‌ای یکی از روش‌های آبیاری تحت‌فشار است و تحقیقات زیادی در چهار دههٔ گذشته روی آن شده است. این روش آبیاری در حال حاضر در بعضی از کشورها از جمله در آمریکا برای آبیاری گیاهان باغی/زراعی در سطح وسیع به‌کار می‌رود. گرفتگی قطره‌چکان‌ها به واسطهٔ ورود ریشه به داخل آنها یکی

از معضل‌های این روش آبیاری است. در مقابل، کاهش تبخیر از سطح خاک و ایجاد شرایط مناسب رطوبتی در ناحیهٔ ریشهٔ گیاه از عمده‌ترین مزایای این روش آبیاری است. وجود منبع آب مستقل و یکپارچگی زمین‌های تحت پوشش منبع آب، از الزام‌های اجرای سامانهٔ آبیاری زیرسطحی قطره‌ای است. هرچند روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی مزایای بسیار زیادی از جمله استفادهٔ بهینه از منابع آب دارد، ولی در مناطقی که زمین‌های کشاورزی به قطعات کوچک تقسیم شده‌اند و به‌صورت خرده مالکی بهره‌برداری می‌شوند، اجرا و بهره‌برداری از این سامانهٔ آبیاری عملاً ناممکن است.

این عوامل محدود کننده باعث شده است محققان و کشاورزان پیشرو در مناطق خشک کشور روشهایی ابداع کنند که در شرایط خُرده مالکی، باغ‌ها را به‌صورت زیرسطحی آبیاری کنند. استفاده از گسیلنده‌های سفالی در آبیاری زیرسطحی درختان پسته اولین بار در منطقه فتح آباد کرمان در سال ۱۳۸۵ بررسی گردید. گسیلنده‌های مذکور به شکل لوله‌های سفالی به قطر داخلی و خارجی به ترتیب ۲/۵ و ۳/۵ سانتی‌متر و طول تقریبی ۳۰ سانتی‌متر به‌صورت خطی در دو طرف ردیف‌های درخت پسته در عمق ۴۵ تا ۶۰ سانتی‌متر و به فاصلهٔ ۶۰ تا ۸۰ سانتی‌متر از تنهٔ اصلی درختان روی ۸ ردیف درخت، هر یک به طول ۵۰ متر به اجرا گذاشته شد (اشرفی، ۱۳۹۸). در روش آبیاری مذکور، با توجه به آبدهی یا تراوایی بسیار کم گسیلنده، آب باید به‌طور دائم در طول فصل زراعی در لوله‌های سفالی جریان داشته باشد. فشار هیدرواستاتیک لازم برای حرکت آب در لوله‌های سفالی توسط حوضچهٔ آرامش در محل پمپاژ آب از چاه تأمین می‌شود. کاهش تراوایی گسیلنده‌های گفته‌شده در زمان بهره‌برداری از سیستم باعث ناکارایی آن برای استفادهٔ پایدار در آبیاری زیرسطحی تشخیص داده شده است. با توجه به اینکه آب باید به طور دائم در لوله‌های سفالی جریان داشته باشد، حتی در صورتی که تراوایی کاهش نیابد، استفاده از روش مذکور در نظام خُرده مالکی و بهره‌گیری مشاعی از یک چاه آب امکان پذیر نیست.

استفاده از لوله‌های متخلخل سیمانی در آبیاری زیرسطحی درختان پسته، یکی دیگر از روش‌های کم‌فشار ابداع شده در منطقهٔ انار استان کرمان است. در این روش آبیاری، لوله‌های سیمانی به قطر ۲۰ سانتی‌متر به‌صورت خطی و به فاصلهٔ تقریبی ۱/۶ متر از ردیف درختان، در دو طرف هر ردیف درخت و در عمق تقریبی ۳۰ سانتی‌متر کارگذاشته می‌شود. فشار هیدرواستاتیک لازم برای حرکت آب در لوله‌های سیمانی به‌واسطهٔ یک حوضچه در ابتدای باغ تأمین می‌شود. با توجه به متخلخل بودن لولهٔ سیمانی، آب با ورود به لوله از بدنهٔ آن می‌تراود و باعث مرطوب شدن خاک در اطراف آن می‌شود. علاوه بر این، مقداری آب نیز از محل اتصال لوله‌های سیمانی به یکدیگر، به پروفیل خاک وارد می‌شود (محمدی محمد آبادی، ۱۳۹۵).

استفاده از لوله‌های پی وی سی (PVC) به قطرهای ۶۳ تا ۱۲۰ میلی‌متر در آبیاری زیرسطحی کم‌فشار در باغ‌های پسته در منطقهٔ انار و رفسنجان، دو روش دیگر از موارد ابداعی در استان کرمان است که در شرایط خرده مالکی و استفادهٔ مشاع از چاه‌های آب بسیار خوب و قابل ترویج تشخیص داده شده است. اولین روش را یکی از کشاورزان پیشرو در منطقهٔ انار استان کرمان و دومین روش را شرکت نوآورن بوستان مهر در پارک علم و فناوری دانشگاه یزد ابداع و در منطقهٔ رفسنجان به اجرا گذاشته‌اند که در این دست نامه به آن‌ها پرداخته می‌شود.

۳- مزایای آبیاری زیرسطحی کم‌فشار

استفاده از سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار برای آبیاری درختان پسته دارای مزایای زیر است.

- قابلیت اجرا در زمین‌های کوچک و خرده مالکی.
- ساده بودن مدیریت بهره‌برداری و نگهداری از آن.

- بی‌نیاز بودن از برق، سیستم کنترل مرکزی و استخر ذخیرهٔ آب.
- سهولت استفاده از کودهای آلی و شیمیایی محلول در آب.
- کاهش تلفات اعم از رواناب سطحی و تبخیر از سطح خاک و نفوذ عمقی آب.
- کاهش جمعیت علف‌های هرز و در نتیجه کاهش هدر رفت آب .
- کاهش هزینه کارگری.
- مصونیت در برابر سرما، گرما و آفتاب و سرقت.
- مزاحمت‌نداشتن در اجرای عملیات باغبانی.
- افزایش بهره‌وری آب کاربردی در سطح باغ.

٤- الزام‌های آبیاری زیرسطحی کم‌فشار

پیش از اجرای سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار در باغ‌های پسته، شرایط حاکم بر نظام بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی باید به گونه‌ای باشد که نتوان از دیگر سامانه‌های آبیاری رایج استفاده کرد و اجرای سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار تنها گزینهٔ موجود برای عبور از آن شرایط باشد. از این رو، پیش از اجرای سامانه مذکور در نظرگرفتن موارد زیر الزامی است.

- اجرای سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار در باغ‌هایی توصیه می‌شود که اجرای آبیاری زیرسطحی قطره‌ای از لحاظ فنی و اجتماعی امکان‌پذیر نباشد.
- سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار در مناطقی قابل اجراست که نظام حقابه بری بهره‌برداران به‌صورت نوبتی و ساعتی باشد و امکان رعایت دور و ساعات آبیاری مطابق با نیاز آبی فراهم نباشد.

- مساحت باغ‌ها کوچک‌تر از ۵ هکتار باشد.
- شیب زمین در جهت ردیف درختان کمتر از یک در هزار و در جهت مسیر لولهٔ اصلی انتقال آب کمتر از ۵ در هزار باشد.
- شوری آب آبیاری (EC) کمتر از ۱۵۰۰۰ باشد
- حد اقل کمیت آب آبیاری در خاک‌های با بافت سنگین، متوسط و سبک به ترتیب ۵۰۰۰، ۶۰۰۰ و ۷۰۰۰ متر مکعب در سال مهیا باشد.
- عمر درختان کمتر از ۵۰ سال و باغ‌ها از پوشش مناسبی برخوردار باشند.
- بافت خاک ترجیهاً متوسط تا سنگین باشد.
- آب آبیاری فاقد ماسه باشد.
- به منظور کاهش شوری، دو نوبت آبشویی خاک در هر سال زراعی الزامی است. از این رو منابع آب امکان تأمین آب مورد نیاز را برای آبشویی خاک داشته باشند.

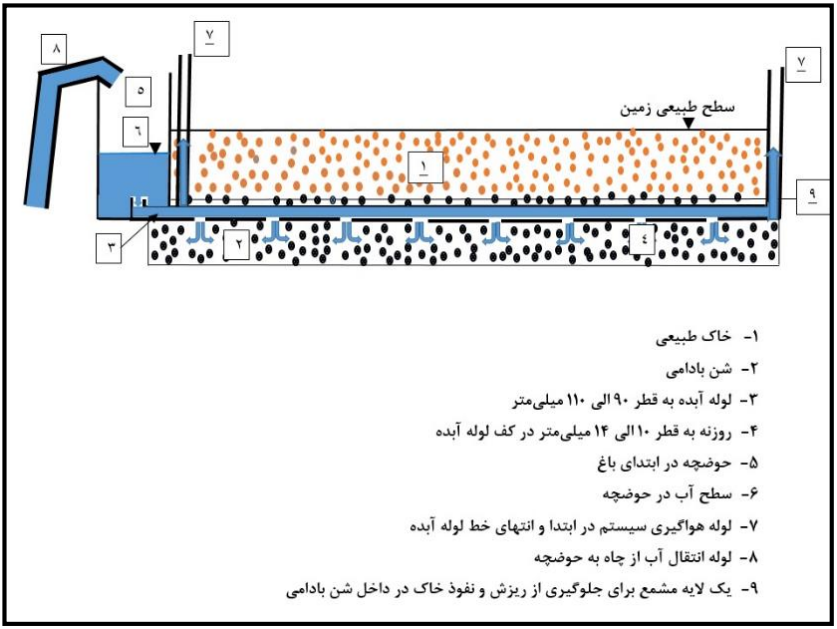
۵- مشخصات فنی و اجرایی سامانه ابداعی آبیاری زیرسطحی کم‌فشار توسط کشاورزان پیشرو در منطقه انار

یکی از سامانه‌هایی که از لوله‌های پی وی سی (PVC) برای آبیاری زیرسطحی کم‌فشار استفاده کرده توسط کشاورزان پیشرو در منطقهٔ انار ابداع شده است. در اواخر دههٔ ۸۰ و اوایل دههٔ ۹۰ یکی از کشاورزان پیشرو در منطقهٔ انار به ابداع سامانه آبیاری زیرسطحی کم‌فشار دست زد که اجرای آن در زمین‌های کوچک و خُرده مالکی بسیار موثر بوده است. در روش مذکور، آب از محل چاه عمیق با یک لوله به قطر تقریبی ۸ اینچ به صورت تحت‌فشار به ابتدای هر باغ هدایت می‌شود و به یک حوضچهٔ تقسیم می‌ریزد. طول، عرض و عمق تقریبی حوضچهٔ تقسیم به ترتیب ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر است. اختلاف ارتفاع حوضچه از سطح زمین به طور تقریب ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر است. لوله‌هایی از

جنس پی‌وی‌سی به قطر ۹۰ تا ۱۱۰ میلی‌متر در کف حوضچه قرار دارد تا آب را از حوضچه دریافت و به ابتدای ردیف‌های درختان هدایت کنند. اگر ظرفیت آب وروری از چاه آب به حوضچه بیشتر از ظرفیت خروجی آب از لوله‌های انتقال دهنده آب حوضچه به ردیف درختان باشد، آب از حوضچه سرریز خواهد کرد. برای جلوگیری از سرریز شدن آب، کارگذاری یک لوله به قطر حداقل ۱۵ سانتی-متر در بدنهٔ حوضچه و در نزدیکی لبه بالایی آن ضروری است. در این شرایط باید با احداث یک جوی آب در محل ریزش آب سرریز شده از حوضچه و هدایت آن به مجاور اولین ردیف درخت، از ایجاد رواناب در سطح باغ جلوگیری کرد (تصویر ۱). در واقع، لوله‌های موجود در کف حوضچه دو نقش آبرسانی و آبدهی به ردیف‌های درختان را دارند. در حد فاصل حوضچه تا ابتدای ردیف درختان، نقش آبرسانی و از ابتدای هر ردیف درخت تا انتهای همان ردیف درخت نقش لوله آبده را دارند. برای هر ردیف درخت دو خط لولهٔ آبده (در طرفین هر ردیف درخت) در نظر گرفته شده است. لوله تقریباً ۵۵ تا ۶۵ سانتی‌متر در زیر سطح خاک است. حرکت آب در این لوله به‌واسطهٔ فشار هیدرواستاتیک در حوضچه تأمین می‌شود. برای ایجاد یکنواختی در توزیع آب در طول ردیف درختان، طول لولهٔ آبده متناسب با بافت خاک ۷۰ تا ۱۰۰ متر است. این لوله در جهت شیب زمین در فاصلهٔ تقریبی ۷۰ تا۱۰۰ سانتی‌متری از تنه درختان قرار می‌گیرد. برای کارگذاری آن، معولاً یک ترانشه به عمق ۷۰ تا ۹۰ و عرض ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر حفر می‌شود. بعد از حفر ترانشه، یک لایه شن بادامی یا نخودی به عمق ۳۰ – ۲۰ سانتی‌متر در کف ترانشه ریخته می‌شود. قبل از کارگذاری لولهٔ آبده روی لایهٔ شنی در ترانشه، روزنه‌هایی به قطر تقریبی ۱۰ تا ۱۴ میلی‌متر به فاصلهٔ یکسان ۲۰ سانتی‌متر، در کف لوله در طول هر ردیف درخت ایجاد می‌شود. این روزنه‌ها محل تخلیهٔ آب از لولهٔ آبده به داخل شن بادامی موجود در داخل ترانشه هستند.

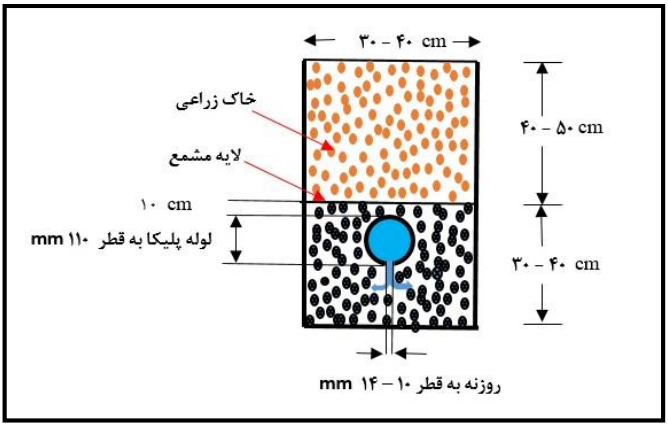
لولۀ آبده را روی شن بادامی و در نقطۀ مرکزی ترانشه کار می‌گذارند و اطراف لولۀ آبده را مجدداً با شن بادامی پر می‌کنند. در مرحلۀ آخر یک لایه شن بادامی یا نخودی به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر روی لولۀ آبده ریخته می‌شود. برای جلوگیری از ورود خاک زراعی به لایۀ شنی، معمولاً یک لایۀ مشمعی روی لایۀ شنی در بالای لولۀ آبده پهن می‌شود. بعد از این مرحله، ترانشه را با خاک زراعی پر می‌کنند. در ابتدا و انتهای خط لولۀ آبده یک لوله به صورت قائم، هم‌قطر با لولۀ آبده و عمود بر آن، برای تخلیۀ هوا و دیدن سطح آب در لولۀ آبده نصب می شود. مابقی عمق ترانشه به ضخامت ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر خاک زراعی ریخته شده و با زمین زراعی هم‌سطح می‌شود. (تصویرهای ۲ تا ۵). یک نمونه از باغ پسته که به مدت ۱۰ سال است به سامانۀ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار مجهز شده در تصویر ۶ نشان داده شده است.

تصویر ۱- نمونه‌هایی از لولهٔ انتقال آب از چاه به حوضچه و لوله‌های PVC انتقال دهندهٔ آب از کف حوضچه به ردیف درختان پسته در باغ‌های پسته منطقهٔ انار



تصویر ۲- پروفیل طولی اجزای سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار (ابداعی کشاورزان پیشرو)

تصویر ۳- یک نمونه از پروفیل طولی اجرا شده (ابداعی کشاورزان پیشرو)



تصویر ٤- پروفیل عرضی اجزای سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار (ابداعی کشاورزان پیشرو)

تصویر ٥- نمونه‌ای از محل خروجی آب روزنه‌ها به لایهٔ شنی در ترانشه

تصویر ٦- باغ پسته مجهز شده به سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار (باغ کشاورز پیشرو)

۵-۱- حداقل شرایط فنی که در اجرا باید رعایت گردد

- قطر لوله‌های آبده ۹۰ تا ۱۱۰ میلی‌متر متناسب با طول ردیف درختان و بافت خاک است.
- حداکثر طول لوله‌های آبده با توجه به بافت خاک ۷۵ تا ۱۰۰ متر است.
- قطر روزنه‌ها در کف لوله‌های آبده ۱۰ تا ۱۴ میلی‌متر است.
- فاصلهٔ روزنه‌ها در کف لولهٔ آبده حدود۲۰ سانتی‌متر است.
- عمق ترانشه با- توجه به بافت خاک ۷۰ تا ۹۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود. هرچه بافت خاک سبک‌تر باشد، عمق ترانشه کمتر است.
- عرض ترانشه ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر متناسب با بافت خاک است.
- فاصله لوله‌های آبده از تنه درختان در پروفیل خاک متناسب با سن درخت و بافت خاک ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی است. هرچه بافت خاک سبک‌تر باشد، فاصلهٔ لولهٔ آبده از تنهٔ درخت کمتر است.
- وجود لوله‌های هواگیری در رقوم‌های متفاوت در ابتدا و انتهای هر خط لولهٔ آبده ضروری است.
- لولهٔ آبده از جنس پی وی سی است.
- در طرفین هر ردیف درخت یک خط لولهٔ آبده کارگذاشته می‌شود.

- در خاک‌های با بافت سنگین، کف ترانشه باید به ضخامت تقریبی ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر از شن بادامی پر و لولهٔ آبده در مرکز آن قرار داده شود. در خاک‌های با بافت سبک، ضخامت شن بادامی در کف به ۱۰ سانتی‌متر کاهش می‌یابد.
- حداقل به دونوبت آبشویی خاک در حدفاصل دو فصل زراعی متوالی نیاز خواهد بود.

- احداث حوضچه به طول و عرض ۱۰۰ در ۱۲۰سانتی‌متر و عمق ۱۰۰ سانتی‌متر برای پایش، کنترل جریان، کودآبیاری، تثبیت ماسه و تصفیه آب ورودی به لوله-های آبده الزامی است
- برای جلوگیری از سرریز آب از لبه حوضچه، اتصال یک لوله به قطر ۱۵۰ میلی-متر در نزدیکی لبهٔ حوضچه و هدایت آب خارج شده به یک جوی مجاور حوضچه ضروری است. این جوی باید تا ابتدای یک ردیف درخت امتداد داشته باشد تا در صورت سرریز آب از حوضچه، به‌صورت سطحی مورد استفادهٔ درختان قرار گیرد.
- طراحی باید به‌صورتی باشد که پیشروی آب در لوله‌های آبده در جهت شیب طبیعی زمین باشد.

٦- مشخصات سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار (ابداعی شرکت نوآبیاران بوستان مهر)

در روش آبیاری زیرسطحی کم‌فشار، ابداعی شرکت نوآبیاران بوستان مهر، در ابتدای هر یک از قطعات باغ یک حوضچه به طول و عرض تقریبی ۱۰۰ در ۱۲۰ سانتی‌متر و عمق تقریبی ۱۰۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متر احداث می‌شود. هدف از این حوضچه ته‌نشینی ماسه، پایش و کنترل جریان، افزودن کود محلول و ایجاد فشار هیدرواستاتیک است. آب پمپاژ شده از چاه مستقیماً به داخل حوضچه وارد می‌شود. از نظر رقومی، سعی می‌شود محل احداث حوضچه در بلندترین نقطه در ابتدای باغ باشد. کف حوضچه تقریباً ۵۰ سانتی‌متر زیر سطح طبیعی زمین قرار می‌گیرد.

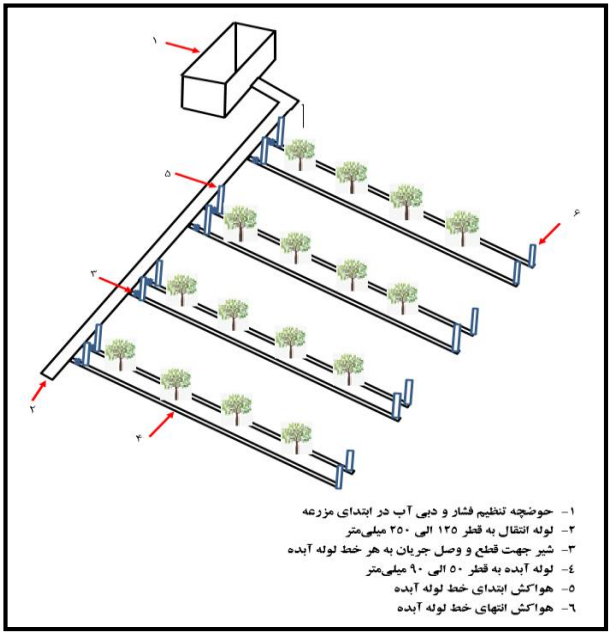
پنج تا ده سانتی‌متر بالاتر از محل اتصال دیواره به کف حوضچه دو تا سه لولهٔ انتقال از جنس پی‌وی‌سی (PVC) یا پلی‌اتیلن (PE) به قطر تقریبی ۱۲۵ تا ۲۵۰

میلی‌متر (بسته به مساحت باغ و دبی آب ورودی به حوضچه) قرار دارد که آب را از حوضچه به ابتدای هر ردیف درخت هدایت می‌کند. حوضچه می‌تواند از جنس لوله‌های سیمانی به قطر ۱ متر باشد. روش‌های مختلف احداث حوضچه و نحوهٔ آبگیری لوله‌های انتقال از حوضچه در تصویر ۷ ارائه شده است. در تصویر ۸ دیده می‌شود که لولهٔ انتقال آب از حوضچه به باغ عمود بر ردیف درختان در ابتدای باغ قرار دارد.

در کنار هر ردیف از درخت دو خط لولهٔ آبده از جنس پی‌وی‌سی (PVC) به قطر ۵۰ تا ۹۰ میلی‌متر (بسته به طول ردیف درختان و بافت خاک) در پروفیل خاک کارگذاشته می‌شود. این لوله عمود بر لولهٔ انتقال است. در ابتدای هر خط لولهٔ آبده یک شیر به‌منظور قطع و وصل جریان قرار دارد. با توجه به دبی چاهِ آب، مدیریت قطع و وصل جریان آب به داخل لولهٔ آبده با کشاورز است(تصویر ۸).

تصویر ۷- یک نمونه از حوضچهٔ اجرا شده در ابتدای باغ (ابداعی شرکت نوآبیاران بوستان مهر)

ادامه تصویر ۷- نمونهٔ دیگری از حوضچهٔ اجرا شده در ابتدای باغ (ابداعی شرکت نوآبیاران بوستان مهر)



تصویر ۸- شماتیک سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار (ابداعی شرکت نوآبیاران بوستان مهر)

شماتیک نحوه قرار گرفتن لولهٔ آبده در پروفیل خاک در تصویرهای ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. در چهار جهتِ لولهٔ آبده روزنه‌هایی به قطر ۶ میلی‌متر در طول لوله قرار دارد. روزنه‌ها در هر متر طول لولهٔ آبده طبق طراحی و بسته به شرایط باغ حداکثر ۱۰ عدد است. حداکثر طول مجاز لولهٔ آبده ۱۰۰ متر است.

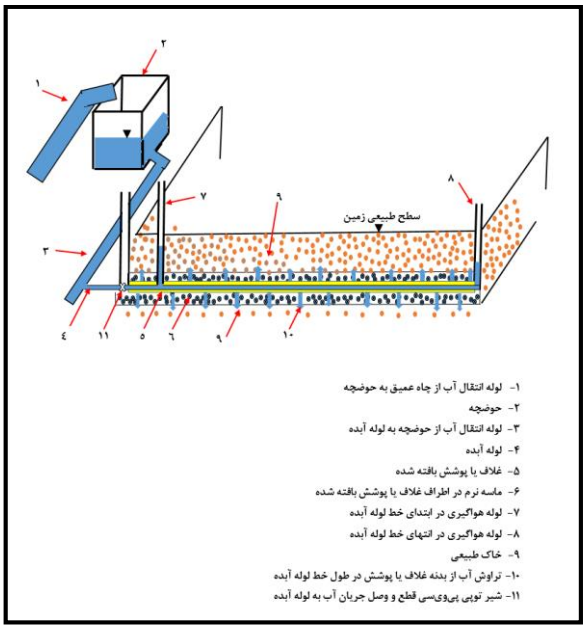
برای کارگذاری لوله آبدهٔ در پروفیل خاک ابتدا یک ترانشه به عمق ۶۰ تا ۶۵ سانتی‌متر حفر می‌گردد.

در خاک‌های با بافت سبک، عمق ترانشه ۴۰ الی ۴۵ سانتی‌متر است. عرض ترانشه در خاک‌های سبک ۲۵-۲۰ سانتی‌متر و در خاک‌های سنگین ۴۵-۴۰ سانتی‌متر به است. فاصله کارگذاری لوله‌های آبده از تنهٔ اصلی درخت، در خاک‌های سبک ۶۰ و در خاک‌های سنگین تا ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. پیش از کارگذاری لولهٔ آبده، کف ترانشه تسطیح و به ضخامت ۵ سانتی‌متر با ماسهٔ نرم پر می‌شود (تصویرهای ۹ و ۱۰). در خاک‌های با بافت سبک، کاربرد ماسه در کف ترانشه ضرورتی ندارد. هرچه خاک سنگین‌تر باشد، ضرورت استفاده از ماسه در کف ترانشه بیشتر است.

برای جلوگیری از ورود ماسه بادی به داخل لولهٔ آبده و نیز برای پخش تقریباً یکنواخت آب در حدفاصل دو روزنهٔ متوالی، لولهٔ آبده را از داخل یک غلاف یا پوشش بافته شده از جنس پلاستیک عبور می‌دهند، به طوری که سرتاسر لولهٔ آبده در داخل غلاف مذکور قرار می‌گیرد. در این شرایط، لولهٔ آبده هیچ تماسی با ماسه داخل ترانشه نخواهد داشت.

پس از کارگذاری لولهٔ آبده در کف ترانشه و حصول اطمینان از پوشش کامل با غلاف، مجدداً تا ضخامت تقریبی ۵ سانتی‌متر بالای لولهٔ آبده در داخل ترانشه با ماسهٔ دانه‌ریز پر می‌شود. اگر بافت خاک سبک باشد (با رس کمتر از ۱۵ درصد)

مقداری کود حیوانی (بسته به توان باغدار) روی لولهٔ آبدهٔ غلافدار ریخته و باقیماندهٔ ترانشه با خاک زراعی تا سطح طبیعی زمین پر می‌شود.

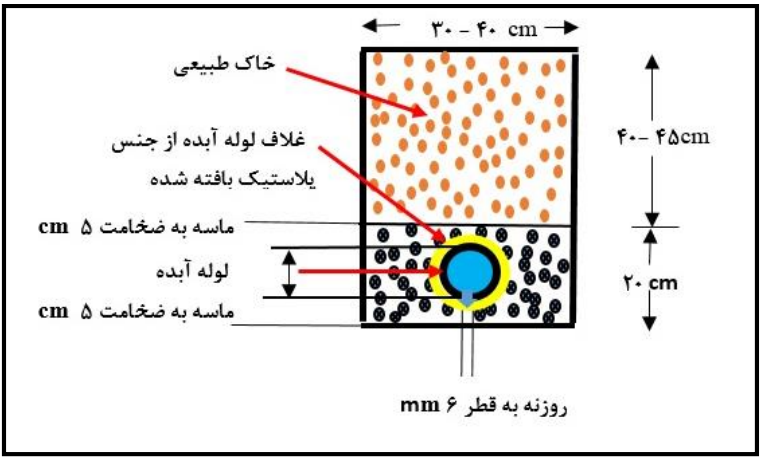


تصویر ۹- پروفیل طولی اجزای سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار (ابداعی شرکت نوآبیاران بوستان مهر)

در این شرایط، در خاک‌های سنگین به ضخامت تقریبی ۲۰ سانتی‌متر در کف ترانشه ماسه بادی وجود دارد و لولهٔ آبده غلاف دار در مرکز لایهٔ مذکور قرار گرفته است. در خاک‌های سبک‌تر ضخامت لایهٔ ماسه کمتر است. در خاک کاملاً سبک، نیازی به ماسه در کف ترانشه نیست. پس از این مرحله، بقیهٔ عمق ترانشه با خاک زراعی پر و هم‌سطح زمین طبیعی می‌شود (تصویر ۱۰).

در ابتدا و انتهای خط لولهٔ آبده یک لولهٔ هواگیری به قطر ۶۳ میلی‌متر از محل لولهٔ آبده انشعاب گرفته می‌شود و تا ارتفاعی بالاتر از سطح زمین ادامه می‌یابد. انشعاب مذکور در ابتدای خط لولهٔ آبده معمولاً تا ارتفاع ۹۰ سانتی‌متری از سطح زمین و انشعاب انتهایی تا ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری از سطح زمین قرار خواهد داشت (تصویرهای ۸ و ۹).

نمونه‌هایی از پروفیل طولی اجرا شده در منطقهٔ نوق رفسنجان در تصویر ۱۱ ارائه شده است. یک نمونه از خط لولهٔ آبده برش داده شده در باغ در تصویر ۱۲ دیده می‌شود.



تصویر ۱۰- مقطع عرضی پروفیل در آبیاری زیرسطحی کم‌فشار
(ابداعی شرکت نوآبیاران بوستان مهر)

تصویر ۱۱- محل قرارگیری لولهٔ آبده در پروفیل خاک
(ابداعی شرکت نوآبیاران بوستان مهر)

تصویر ۱۲- یک نمونه از لولۀ آبده غلاف دار (برش داده شده از خط لولۀآبده)

٦-١- حداقل شرایط فنی برای اجرا

- قطر لوله‌های آبرسان یا انتقال ۱۱۰ تا۲۵۰ میلی‌متر متناسب با دبی جریان ورودی به عرصه.
- قطر لوله‌های آبده ۵۰ تا ۹۰ میلی‌متر متناسب با طول ردیف درختان و بافت خاک.
- طول لوله‌های آبده در حدفاصل ۴۰ تا ۱۰۰ متر .
- قطر روزنه‌ها روی لوله‌های آبده حد اکثر ۶ میلی‌متر.
- لولهٔ آبده از جنس پی وی سی.
- لوله‌های آبده باید پوششی (غلافی) از جنس پلاستیک بافته شده (PP) داشته باشند.
- وجود لوله‌های هواگیری در رقوم‌های متفاوت در ابتدا و انتهای هر خط لولهٔ آبده ضروری است.
- در طرفین هر ردیف درخت یک خط لولهٔ آبده کارگذاشته می‌شود.
- عمق ترانشه ۶۰ تا ۶۵ سانتی‌متر، متناسب با بافت خاک است.
- عرض ترانشه ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر، متناسب با بافت خاک است.
- در خاک‌های با بافت سنگین، کف ترانشه باید به ضخامت تقریبی ۲۰ سانتی-متر از ماسه بادی پر و لولهٔ آبده در مرکز آن قرار داده شود. در خاک‌های با بافت سبک، کاربرد ماسه در کف ترانشه ضرورت ندارد.
- فاصلهٔ لوله‌های آبده از تنهٔ درختان، متناسب با سن درخت و بافت خاک، ۶۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر است.
- حداقل دو نوبت آبشویی خاک در حدفاصل دو فصل زراعی متوالی ضروری است.

- احداث حوضچه به ابعاد ۱۰۰ در ۱۵۰سانتی‌متر و عمق ۱۱۰ سانتی‌متر برای پایش، کنترل جریان، کودآبیاری، تثبیت ماسه و تصفیهٔ آب ورودی به لوله‌های آبده الزامی است.
- طراحی لولهٔ آبده باید به‌صورتی باشد که پیشروی آب در لولهٔ آبده در جهت شیب طبیعی زمین باشد.

در هر نوبت آبیاری، مدت زمان اختصاص یافته به هر قطعهٔ باغ بر اساس مساحت و حقابه کشاورز مشخص است. از این رو در زمان آبیاری، کشاورزان باید متناسب با دبی چاه و مدت زمان اختصاص یافته به آنها، تعداد شیرهایی را که به‌صورت هم‌زمان آبگیری می‌کنند مدیریت کنند تا بتوانند کل باغ را در زمان مذکور آبیاری نمایند.

۷- ماشین حفر ترانشه

برای حفر ترانشه در باغ‌های دایر نیاز به ماشینی است که مشخصات زیر را داشته باشد:

۱- به راحتی بتواند در نزدیکی تنهٔ درختان حرکت کند.

۲- آسیب‌دیدگی شاخه‌های مسن و جوان در حداقل مقدار ممکن باشد.

۳- وزن ماشین سبک باشد تا تراکم خاک در مجاورت تنهٔ درخت به حداقل مقدار ممکن برسد.

۴- دامنهٔ حرکت و چرخش (مانور) خوبی در باغات داشته باشد.

برای این منظور یکی از کشاورزان پیشرو در منطقهٔ انار از توابع رفسنجان با استفاده از تجربیات و امکانات موجودِ خود، تغییراتی در تراکتور باغی داده‌است تا برای حفر ترانشه مناسب باشد (تصویر ۱۳). در این تصویرها دیده می‌شود که ارتفاع دستگاه و بوم بیل مکانیکی آن بسیار کم و باتوجه به ابعاد دستگاه، قابلیت حرکت و مانور آن در باغ‌های دایر بسیار خوب است. در این شرایط، در هنگام حفر ترانشه در باغ‌های دایر، آسیب‌دیدگی شاخه‌های درختان حداقل مقدار ممکن خواهد بود.

تصویر ۱۳- ماشین حفر ترانشه در باغ (ابداعی کشاورز پیشرو)

۸- تاسیسات لازم برای کوددهی

بر اساس تجربیات کشاورزان، استفاده از کود دامی برای تغذیهٔ درختان پسته ضروری شناخته شده و از گذشته‌های دور نیز مرسوم بوده است. برای این منظور، در گذشته برای استفاده از کود دامی در باغ‌های پسته، ابتدا در فاصله‌ای از تنهٔ درخت زمین حفاری و کود دامی در آن مدفون می‌شد . با تغییر روش آبیاری سطحی به زیرسطحی، امکان اینکه با همان روش کود داده شود وجود ندارد زیرا در روش آبیاری زیرسطحی، حفر زمین باعث ریزش شن و برهم خوردن چیدمان موجود در ناحیهٔ اطراف لولهٔ آبده خواهد شد.

برای این منظور یکی از کشاورزان پیشرو در منطقهٔ انار روشی ابداع کرده است که با آن روش می‌توان کود دامی را در ناحیهٔ ریشه گیاه به پروفیل خاک اضافه کرد.

در این روش یک استخر زمینی به طول و عرض تقریبی به ترتیب ۶ و ۲/۵ و عمق ۲ متر در مجاورت چاه آب احداث می‌شود. این استخر باید کاملاً ایزوله و مجهز به دستگاه همزن و یک صافی یا توری از جنس استیل باشد. محل قرارگیری صافی در گوشه استخر است. یک همزن الکتریکی نیز در سطح استخر روی یک شاسی قرار دارد. شاسی از طرفین روی ریل‌هایی قرار دارد که در طول استخر تعبیه شده‌اند. برای تهیهٔ شیرابه، ابتدا کود دامی در داخل استخر تخلیه و به آن آب افزوده می‌شود تا به اشباع برسد. کود و آب موجود در استخر ۲۴ تا ۴۸ ساعت در استخر باقی می‌مانند و هر روز ۳ تا ۴ نوبت با همزن کاملاً مخلوط می‌شوند (تصویر ۱۴).

در مجاورت استخر یک آب انبار زیرزمینی ایزوله شده به ظرفیت حجمی ۲ تا ۳ برابر استخر کود وجود دارد که شیرابهٔ تهیه شده در استخر به آن انتقال داده می‌شود (تصویر ۱۵). برای این منظور در محل نشیمن‌گاه صافی در کف استخر، یک خروجی وجود دارد که متصل به یک الکتروپمپ است. این الکتروپمپ شیرابه عبور کرده از صافی را در آب انبار تخلیه می‌کند. در زمان آبیاری، شیرآبه کود دامی به آب استخراج شده از چاه افزوده و وارد سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار می‌شود و در پروفیل خاک و به ناحیه‌ای می رسد که ریشهٔ گیاه قرار دارد. علاوه بر کود دامی، هر نوع کود انحلال‌پذیر در آب را می‌توان با این روش به سیستم آبیاری تزریق کرد.

تصویر ١٤- استخر فرآوری برای تهیهٔ شیرابه از کود دامی (ابداعی کشاورز پیشرو)

ادامه تصویر ١٤- استخر فرآوری برای تهیهٔ شیرابه از کود دامی (ابداعی کشاورز پیشرو)

تصویر ۱۵- آب انبار زیرزمینی به‌منظور ذخیره‌کردن شیرابهٔ کود دامی (ابداعی کشاورز پیشرو)

۹- به اشباع رسیدن لایهٔ سطحی خاک

همان‌طور که به تفصیل توضیح داده شد، در روش آبیاری زیرسطحی کم‌فشار آب از محل چاه عمیق با یک لوله به قطر ۸ اینچ به صورت تحت‌فشار به ابتدای هر باغ هدایت می‌شود و به یک حوضچهٔ تقسیم می‌ریزد. حوضچهٔ تقسیم معمولاً در بلندترین رقوم هر یک از باغ‌های کشاورزانی قرار دارد که به‌صورت مشاعی از چاه آب بهره‌برداری می‌کنند. اختلاف ارتفاع لبهٔ بالایی حوضچه از سطح زمین به طور تقریب ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر است و لوله‌هایی از جنس پی وی سی در کف حوضچه قرار دارند که آب را از حوضچه به ردیف‌های درختان منتقل می‌کنند. برای هر ردیف درخت یک خط لولهٔ آبرسان از محل حوضچه در نظر گرفته شده است. عمق کارگذاری این لوله تقریباً ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر در زیر سطح خاک است. حرکت آب در این لوله به‌واسطه فشار هیدرواستاتیک آب در حوضچه تأمین می‌شود. برای هر ردیف درخت فقط یک لولهٔ آبرسان در نظر گرفته می‌شود و در محل ردیف درخت دو انشعاب از آن گرفته خواهد شد. این دو انشعاب به لوله‌های آبده در طرفین ردیف درخت متصل می‌شوند. لوله‌های آبده در جهت شیب زمین و در فاصلهٔ تقریبی ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی-متری از تنه درختان قرار دارند. در هر دو روش توضیح داده شده، در طول لولهٔ آبده روزنه‌هایی به قطرهای تقریبی ۶ تا ۱۴ میلی‌متر وجود دارد که آب از روزنه‌های مذکور وارد لایه شن/ماسه می‌شود.

زمانی که آب در لولهٔ آبده جاری می‌شود، روزنه‌های موجود در بدنهٔ لولهٔ آبده مقداری از جریان آب را به سمت لایهٔ شنی در اطراف لولهٔ آبده هدایت می‌کنند. مازاد آب در لولهٔ آبده به سمت پایین‌دست لوله حرکت می‌کند تا به روزنهٔ بعدی برسد. تا زمانی که مجموع دبی خروجی آب از روزنه‌های بالادست کمتر از دبی ورودی آب به لولهٔ آبده باشد، آب باقیمانده در لولهٔ آبده به‌سمت پایین‌دست حرکت می‌کند و به روزنه‌های جدید می‌رسد و از محل روزنه‌های مذکور خارج می‌شود و به لایهٔ شنی در اطراف لولهٔ آبده حرکت می‌کند. این عمل تا زمانی ادامه دارد که مجموع دبی خروجی از روزنه‌ها برابر با دبی آب ورودی به ابتدای لولهٔ

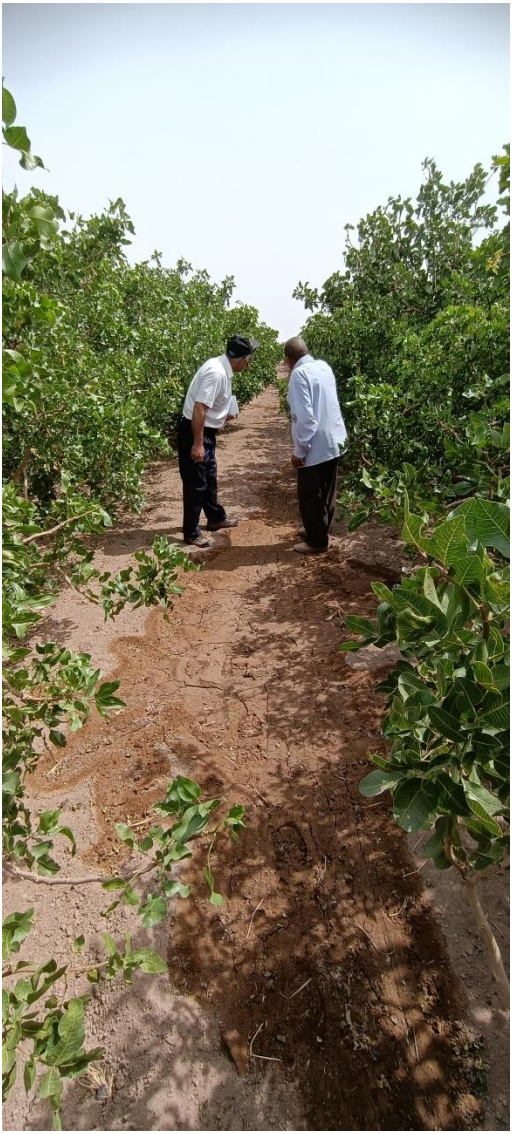
آبده شود. با توجه به اینکه قطر خلل و فرج در لایهٔ شنی بسیار بزرگ است، آب تخلیه شده از روزنه‌ها به سرعت وارد لایهٔ مذکور می‌شود. با توجه به پیوستگی لایه شنی در طول لولهٔ آبده، پس از اشباع لایه شنی در ابتدای خط لولهٔ آبده، آب در لایه شنی در جهت شیب زمین به سمت پایین‌دست خط لولهٔ آبده به حرکت در می‌آید. با اشباع آب در لایهٔ شنی، دبی خروجی از روزنه‌هایی که در این محل قرار دارند کاهش می‌یابد و دبی جریان به سمت پایین‌دست لولهٔ آبده بیشتر می‌شود. این عمل به‌صورت تناوبی در طول لولهٔ آبده آن‌قدر تکرار می‌شود تا جریان آب به انتهای لولهٔ آبده برسد. در این شرایط لایهٔ شنی در انتهای خط لوله آبده نیز به اشباع می‌رسد و آب در سرتاسر طول لولهٔ آبده تحت‌فشار (فشار هیدرواستاتیک ناشی از اختلاف رقوم سطح آب در حوضچه با رقوم سطح آب در انتهای لولهٔ آبده) قرار می‌گیرد. در این شرایط، فشار هیدرواستاتیک موجود در خط لوله آبده باعث نفوذ (تزریق) آب به لایهٔ خاک در اطراف لایهٔ شنی در ترانشه می‌گردد. اگر شیب زمین در جهت ردیف درختان صفر و نفوذپذیری خاک در اطراف لولهٔ آبده نیز به حداقل مقدار خود رسیده باشد، از نظر تئوری حداکثر فشار هیدرواستاتیک در طول خط لوله آبده مساوی است با اختلاف رقوم سطح آب در حوضچه با رقوم سطح آب در انتهای خط لولهٔ آبده. با توجه به اینکه در هر لحظه از زمان مقداری آب از بدنهٔ ترانشه به داخل خاک نفوذ می‌کند، بنابراین در این شرایط هرچه از سمت بالادست لولهٔ آبده به سمت پایین‌دست لولهٔ آبده حرکت کنیم دبی جریان درطول لولهٔ آبده کمتر و متناسب با آن فشار هیدرواستاتیک در طول لولهٔ آبده نیز کمتر می‌شود.

با گذشت زمان، نفوذپذیری خاک در طول لولهٔ آبده کاهش می‌یابد و به زمانی می‌رسیم که آب تزریق شده به پروفیل خاک در سرتاسر لوله آبده به مقدار تقریباً ثابتی می‌رسد. در این زمان، بیشترین فشار هیدرواستاتیک در ابتدای خط لولهٔ آبده و کمترین آن در انتهای خط لولهٔ آبده است. فشار هیدرواستاتیک در هر نقطه از طول لولهٔ آبده برابر با اختلاف رقوم سطح آب در حوضچه با رقوم سطح آب در همان نقطه در مرکز لولهٔ آبده است. با توجه به اینکه خلل و فرج موجود در خاک در مقابل جریان عبوری مقاومتی از خود نشان می‌دهند، بنابراین در شرایطی که خاک در بالاسر لولهٔ آبده (در حدفاصل سطح زمین تا لبهٔ بالایی لولهٔ آبده)

به اشباع رسیده باشد، هرچه به سمت سطح خاک نزدیک‌تر می‌شویم فشار هیدرواستاتیک در هر نقطه از خاک کمتر می‌شود. وقتی باغ در سطحی شیبدار احداث شده و ردیف‌های درختان در جهت شیب زمین باشد، مقدار اختلاف رقوم سطح زمین در هر نقطه از طول لولهٔ آبده با رقوم سطح زمین در محل حوضچه، باعث افزایش فشار هیدرواستاتیک در همان نقطه در طول لولهٔ آبده می‌شود.

وجود فشار هیدرواستاتیک در خاک موجود در بالاسر لولهٔ آبده باعث می‌شود سرعت حرکت آب در خلل و فرج خاک نیز افزایش یابد. در شرایط عادی، حرکت آب داخل خلل و فرج خاک به‌صورت آرام و خطوط جریان موازی با یکدیگر است که اصطلاحاً به آن وضعیت یا شرایط لامینار (Laminar) می‌گویند. وجود فشار هیدرواستاتیک باعث می‌شود آب باسرعت زیادی در خلل و فرج خاک حرکت کند و خطوط جریان در خلل و فرج خاک به‌صورت درهم یا متلاطم (Turbullant) شود. این وضعیت فرسایش بدنهٔ خلل و فرج و در نهایت ناپایداری را در ساختمان خاک و متلاشی شدن خاکدانه‌ها به‌همراه خواهد داشت. در این شرایط، آب به محض رسیدن به نزدیکی سطح خاک باعث فرسایش شدید خاک در لایهٔ سطحی زمین و افزایش سطح مقطع جریان می‌شود و سرانجام در سطح زمین به‌جریان می‌افتد. نمونه‌هایی از چنین وضعیتی در باغ‌های مختلف در تصویرهای ۱۶ تا ۱۸ دیده می‌شوند.

تصویر ١٦- فرسایش و ایجاد حفره در سطح زمین در یکی از باغ‌های پستهٔ منطقهٔ انار



تصویر ۱۷- جاری شدن آب در سطح زمین به علت وجود فشار هیدرو استاتیک در پروفیل خاک

تصویر ۱۸- آثار به‌جا مانده از ایجاد حفره در سطح زمین در یکی از باغ‌های تجهیز شده به سامانهٔ زیرسطحی کم‌فشار در منطقهٔ رفسنجان

تصویر ۱۹- آثار به‌جا مانده از فشار هیدرواستاتیک در پروفیل خاک و جاری شدن آب در سطح زمین در یکی از باغ‌های تجهیز شده به آبیاری زیرسطحی کم‌فشار در منطقهٔ نوق

همان‌طور که در تصویرهای ۱۶ تا ۱۹ دیده می‌شود، فشار هیدرواستاتیک در پروفیل خاک باعث به اشباع رسیدن خاک در حد فاصل سطح زمین تا بالای لوله آبده و در بعضی موارد به‌جاری شدن آب در سطح زمین انجامیده است. وجود علف‌های هرز در محدودهٔ خط لوله آبده در بعضی از باغ‌های تجهیز شده به سامانهٔ آبیاری زیرسطحی نشان دهندهٔ شرایط مساعد رطوبتی در نقاط مذکور است (تصویر ۲۰).

تصویر ۲۰- رشد علف هرز در مسیر لولهٔ آبده در باغ‌های تجهیز شده به سامانهٔ زیرسطحی کم‌فشار

به‌واسطهٔ وجود فشار هیدرواستاتیک در مجاورت لولهٔ آبده در محدودهٔ محفظهٔ شنی، حرکت اشباع آب در حدفاصل بالای لولهٔ آبده تا سطح زمین شرایط ویژه‌ای به وجود می‌آورد که با دیگر روش‌های زیرسطحی تفاوت بسیار دارد. در دیگر روش‌های آبیاری زیرسطحی، آب از محل استقرار گسیلنده (قطره‌چکان) به سمت سطح خاک بر اثر نیروی شعریهٔ خاک در خلل و فرج بسیار ریز حرکت می‌کند. بنابراین در روش‌های معمول آبیاری زیرسطحی، درصد اشباع خاک در نقاط مختلف در حدفاصل محل استقرار گسیلنده تا سطح خاک متفاوت است. در روش‌های معمول آبیاری زیرسطحی، هرچه از محل گسیلنده دورتر و به سطح خاک نزدیک‌تر شویم، درصد اشباع خاک کمتر می‌شود. وجود فشار هیدرواستاتیک در محفظهٔ شنی شرایط را در روش آبیاری زیرسطحی کم‌فشار بومی کاملاً متفاوت می‌کند. با توجه به اینکه لولهٔ آبده در عمق تقریبی ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متری پروفیل خاک در محفظه‌ای شنی استقرار یافته، بنابراین فشار هیدرواستاتیک آب در محفظهٔ شنی باعث می‌شودکل لایهٔ خاک در حد فاصل محل استقرار محفظه شنی تا سطح زمین به اشباع کامل برسد. در نقاطی که خاک خلل و فرج مناسب داشته باشد و تراکم خاک نیز کم باشد، این امر باعث می‌شود آب در سطح زمین جاری شود (تصویرهای ۱۶ تا ۱۹).

اگر زمین شیب‌دار باشد، مقدار شیب زمین به فشار هیدرواستاتیک در سیستم اضافه خواهد شد که در این حالت آب با مقدار و سرعت بیشتری در سطح زمین جاری می‌شود. در این شرایط، هرچه به انتهای خط لولهٔ آبرسان نزدیک‌تر شویم شرایط بدتر خواهد شد. وجود علف هرز بسیار زیاد در قسمت انتهایی باغ‌ها نشان می‌دهد که فشار هیدرواستاتیک در انتهای خط لولهٔ آبده باعث به اشباع رسیدن خاک سطحی شده و شرایطی مناسب برای رشد علف هرز به وجود آورده است (تصویر ۲۰).

۱۰- موارد مشاهده شده در بررسی‌های میدانی

موضوع دیگری که باید به آن توجه داشت نفوذ ریشهٔ گیاهان مختلف به داخل لایهٔ شنی در اطراف لولهٔ آبده است. با توجه به اینکه محفظهٔ شنی متصل به خاکِ بدنهٔ ترانشه است، به مرور زمان خاک طبیعی وارد محفظهٔ شنی می‌شود و متعاقب آن ریشهٔ درخت و علف هرز نیز به محفظهٔ شنی نفوذ می‌کند. در روش ابداعی کشاورزان پیشرو توضیح داده شد که یک لایهٔ مشمع روی سطح بالایی محفظهٔ شنی قرار داده می‌شود تا از ورود خاک به داخل آن جلوگیری کند. پوسیدن و از بین رفتن مشمع در خاک به طور معمول نیاز به زمان بسیار طولانی دارد ولی نفوذ ریشهٔ گیاهان به داخل مشمع و سوراخ شدن آن باعث می‌شود خاک موجود در قسمت فوقانی سطح محفظه شنی به مرور زمان به خلل و فرج موجود در محفظهٔ شنی ریزش کند (تصویر ۲۱). ریزش خاک به‌مرور زمان فضاهای خالی بین دانه‌های شن بادامی را پر می‌کند. با پر شدن خاک در محفظهٔ شنی، شرایط مناسب برای نفوذ ریشه به داخل محفظهٔ شنی نیز فراهم می‌شود (تصویر ۲۲).

تصویر ۲۱- سوراخ شدن مشمع در اثر نفوذ ریشه در آن

تصویر ۲۲- تجمع ریشه در محفظهٔ شنی به‌واسطهٔ پر شدن خلل و فرج آن از خاک

با ورود خاک به داخل محفظهٔ شنی، به مرور زمان تراکم ریشه در این ناحیه نیز زیاد خواهد شد و در درازمدت باعث کاهش پیوستگی تخلخل و در نتیجه باعث برهم خوردن چیدمان خاک و محفظهٔ شنی در سامانهٔ آبیاری می‌شود. ورود ریشه به داخل لولهٔ آبده یکی از موارد بسیار مهم است که استفادهٔ پایدار از این سامانه را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. در پایلوت‌های اجرا شده روی درختان پسته در مناطق خراسان رضوی و کرمان، این موضوع بررسی دقیق شده است. عمر سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار بومی در پایلوت‌های اجرا شده ۳ تا ۸ سال بود. برای این منظور در مجاورت خط لولهٔ آبده یک ترانشه حفر و تجمع ریشه و ورود احتمالی آن به داخل روزنه‌های موجود در کف لولهٔ آبده ارزیابی شد. در این ارزیابی برای انتخاب محل حفاری، سعی شد نقاطی بررسی شوند که بیشترین تجمع علف هرز در باغ را دارند. ریشهٔ گیاه مَرغ بسیار آب‌دوست و در نقاطی از پروفیل خاک بیشترین تراکم و تجمع را پیدا می‌کند که رطوبت در آن مناسب است، از این رو سعی شده است که این نقاط حفاری و بررسی شوند (تصویرهای ۲۳ تا ۲۵). تصویر ۲۳ نشان دهندهٔ تجمع ریشه در اطراف لولهٔ

آبده در یک باغ پستهٔ مسن است. در این باغ، سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار برای درختان پستهٔ مسن اجرا شده است. دیده می‌شود ریشهٔ درخت پسته و علف هرز در محفظهٔ شنی نفوذ و تجمع کرده است. آثاری از ورود ریشه به داخل روزنه‌های موجود در کف لولهٔ آبده مشاهده نشد. تصویر ۲۴ اجرای سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار بومی را روی درختان ۶ ساله نشان می‌دهد. در این باغ، همراه با کاشت نهال، سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار نیز به اجرا گذاشته شده است. تصویر ۲۵ تجمع ریشه را در اطراف لولهٔ آبده در باغ پستهٔ مسن نشان می‌دهد. سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار بومی به مدت ۱۰ سال است که در باغ مذکور به اجرا گذاشته شده است.

تصویر ۲۳- تجمع ریشه در اطراف لولهٔ آبده در منطقه بردسکن از توابع خراسان رضوی (پایلوت ۳ ساله)

تصویر ٢٤- تجمع ریشه در اطراف لولهٔ آبده در منطقهٔ بردسکن
(پایلوت ٦ ساله روی درختان جوان)

تصویر ٢٥- تجمع ریشه در اطراف لولهٔ آبده در منطقهٔ انار
(پایلوت ١٠ ساله روی درختان مسن)

١١- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

بررسی اجزای تشکیل دهندهٔ سامانهٔ آبیاری زیرسطحی کم‌فشار بومی نشان می‌دهد که وجود شن بادامی در سامانهٔ ابداعی توسط کشاورزان پیشرو نقش بسیار مهمی در تخلیهٔ آب از لولهٔ آبده به پروفیل خاک دارد. در واقع، خلل و فرج موجود بین دانه‌های شن باعث می‌شود آب

از روزنه‌های موجود در کف لولۀ آبده با سرعت بسیار زیاد خارج شود و در تونل شنی ایجاد شده در زیر لولۀ آبده تجمع کند و به سمت پایین‌دست باغ حرکت کند. در این شرایط، آب از دو جبهه به سمت پایین‌دست باغ حرکت می‌کند. جبهۀ اول حرکت آب در داخل لولۀ آبده و جبهۀ دوم حرکت آب در داخل خلل و فرج موجود در محفظه شنی در لایه زیرین ترانشه است. تا زمانی که خلل و فرج موجود در بین دانه‌های شن توسط خاک دیواره‌ها و کف ترانشه پر نشده باشند، آبیاری و توزیع آب در پروفیل خاک در هر ردیف از درخت بدون مشکل پیش می‌رود. با ورود ذررات خاک به داخل خلل و فرج موجود در لایۀ شنی، چیدمان اولیه تغییر می‌کند و حرکت آب در داخل آن دشوار خواهد شد. وجود خاک، ریشۀ درختان و ریشۀ علف‌های هرز در پروفیل‌های حفر شده در بازدیدهای میدانی این امر را تائید می‌کند. در ورود ذرات خاک به داخل خلل و فرج موجود در بین دانه‌های شن عوامل بسیار زیادی دخالت دارند که بررسی دقیق‌تر را می‌طلبد. در هر حال این پدیده اتفاق خواهد افتاد و حجم مفید و زنده موجود در لایۀ شنی از نظر عمل آبیاری در این سامانۀ آبیاری به مرور زمان به حجم غیر مفید یا مرده تبدیل خواهد شد. این وضعیت شرایطی را از لحاظ رطوبتی در اطراف لولۀ آبده به وجود می‌آورد که ریشۀ درخت و علف‌های هرز در این ناحیه نیز رشد و نمو کنند. وضعیت تشریح شده در بالا در سامانۀ ابداع شده توسط شرکت نوآبیاران بوستان مهر متفاوت است. با توجه به اینکه در این سامانه به جای شن بادامی از ماسه بادی استفاده شده و قطر خلل و فرج موجود در بین ماسه بادی به مراتب کوچک‌تر از قطر خلل و فرج موجود در بین شن بادامی است، ورود ذررات خاک به محیط متخلخل اطراف لولۀ آبده و تغییرات در ساختار آن کاملاً متفاوت است. از نظر عمل آبیاری، محیط متخلخل اطراف لولۀ آبده در سامانه‌های مذکور قلب سامانۀ آبیاری به‌شمار می‌آید که هر گونه تغییری در آن، تحویل آب به پروفیل خاک را مختل می‌کند.

وجود فشار هیدرواستاتیک در سیستم یکی دیگر از فاکتورهای بسیار مهم در این سامانه-هاست. به‌هنگام آبیاری، با ورود آب به داخل لولۀ آبده و حرکت در آن، به محض رسیدن جبهۀ آب به اولین روزنه موجود در لولۀ آبده، آب از روزنه خارج می‌شود و به داخل محفظه شنی/ماسه‌ای ریزش می‌کند. در این شرایط، آب مازاد در لولۀ آبده به سمت پایین‌دست

حرکت می‌کند و به ترتیب به روزنه‌های دیگر می‌رسد و از آنجا به بیرون می‌ریزد. این عمل تا زمانی ادامه خواهد داشت که آب موجود در لولهٔ آبده از روزنه‌های موجود در مسیر گذشته باشد و آبی برای حرکت به سمت پایین‌دست لولهٔ آبده باقی نمانده باشد. آب ریزش کرده در محیط متخلخل اطراف لوله آبده در نقاط بالا دست، متقابلاً باعث به اشباع رسیدن محیط متخلخل اطراف لوله در این نقاط خواهد شد. به عبارت دیگر، در این زمان دبی خروجی از روزنه‌های موجود در نقاط بالادست کاهش می‌یابد و حجم بیشتری از آب در داخل لولهٔ آبده به سمت پایین‌دست به حرکت در می‌آید. این عمل تا زمانی که حجم کل لولهٔ آبده از آب پر نشده باشد به‌صورت مداوم و موجی در طول لوله تکرار می‌گردد. با پر شدن لولهٔ آبده از آب، به مرور زمان فشار هیدرواستاتیک در لولهٔ آبده افزایش می‌یابد. در این زمان است که کل لولهٔ آبده تحت‌فشار هیدرواستاتیک، آب را به داخل محفظه شنی تزریق می‌کند. همان‌طور که در بالا توضیح داده شد، با پر شدن فضای زنده موجود در محفظه شنی، این چیدمان هیدرولیکی نیز تغییر می‌کند.

۱۲- فهرست منابع :

۱- اشرفی، شهرام. ۱۳۹۸. بررسی آزمایشگاهی و صحرائی تغییرات تراوش لوله‌های سفالی با کاربرد آبهای با کیفیت متفاوت در مناطق مختلف اجرای طرح. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. گزارش نهایی. شماره ثبت ۵۶۹۳۰

۲- اشرفی، شهرام.، افشار، هادی، تاجیک، فواد.، حیدری، نادر.، عباسی، فریبرز.، نادری، نادر.، نیک‌نژاد، داود. و یارقلی، بهمن. ۱۳۸۵. یک دهه تلاش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ناشرسازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. ۵۲ صفحه

۳- شرکت آب منطقه‌ای کرمان. امور آب رفسنجان. ۱۳۹۶. اطلاعات منتشر نشده.

٤- محمـدی محمدآبادی، الف.، عبدالهی عزت آبادی، م. ۱۳۹۵. معرفی روش آبیاری زیرسطحی با لوله‌های سیمانی در باغ‌های پسته. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشـاورزی. موسـسـه تحقیقات علوم باغبانی. پژوهشکده پسته.

5- Blass, S. 1969. Drip irrigation. Water works-consulting and design. Tel-Aviv, Israel. Pp. 1-16, 1969.

6- Busch, C. D. and Kneebone, W.R. 1966. Subsurface irrigation with perforated plastic pipe. Transaction of the ASAE 9: 100-101.

7- Desberg, S. 1995. Drip and spray irrigation of citrus orchards in Israel. In Proc. 5TH International Microirrigation Congress, 281-287, Orlando, Florida, 2-6 April. St. Josef, Mich. : ASAE.

8- Evett, S.R., T.A. Howell, and Schneider. 1995. Energy and water balances for surface drip irrigated corn. In Proc. 5TH International Microirrigation Congress, 135-140, Orlando, Florida, 2-6 April. St. Josef, Mich. : ASAE.

9- Goldberg, D. and Shmueli, M. 1969. Trickle irrigation- a method for increased agricultural production under conditions of saline water and adverse soils. International Arid Lands Conference. Pp. 1-15.

10- Grimes, S. W., D.S. Munk, and D.A. Goldhamer. 1990. Drip irrigation emitter depth placement in a slowly permeable soil. In Vision of the Future. Proc. 3rd Nat. Irrigation Symp., 248-254, Phoenix, Arizona, 28 Oct-1 Nov. St. Joseph, Mich.: ASAE.

11- Hillel, D.1980. Application of soil physics, 120-134. New York, N,Y. :Academic Press, Inc.

12- Matthias, A.D., R. Salehi, and A.W. Warrick. 1986. Bare soil evaporation near a surface point-source emitter. Agricultural Water Management. 11: 257-277.
13- Meshkat, M., R.C. Warner, and S.R. Workman. 1999. Lysimeter design, construction and instrumentation from a large undisturbed soil monolith. Applied Engineering in Agriculture. 15(4): 303-308.
14- Meshkat, M., R.C. Warner, and S.R. Workman. 2000. Evaporation Reduction potential in an unsaturated soil irrigated with surface drip and sand tube irrigation. Transactions of the ASAE, 43(1), 79-86.
15- Modahish, A. S., R. Horton, and D. Kirkham. 1985. Soil water evaporation suppression by sand mulches. Soil Science, 139(4): 357-361.
16- Phene, C. T., K. R. Davis, R. B. Hutmacher, and R. L. McCormick. 1987. Advanced of Subsurface irrigation for processing tomatoes. Acta. Hort. 200: 101-103.
17- Pruitt, W. O., and F. J. Lourence. 1985. Experience in lysimetry for ET and surface drag measurements. In Proc. Nat. Conf. on Advances in Evapotranspiration, 51-69, Chicago, III, 16-17 Dec. St. Joseph, Mich.: ASAE.