سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی

PRC
پژوهشکده پسته

آشنایی با سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی و اصول علمی اجرای آن در باغ‌های پسته

نگارندگان:
ناصر صداقتی
سید جواد حسینی‌فرد

شماره ۱۱۳

۱۴۰۰

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی
پژوهشکده پسته

آشنایی با سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی و اصول علمی اجرای آن در باغ‌های پسته

نگارندگان:
ناصر صداقتی و سیدجواد حسینی‌فرد

۱۴۰۰

آشنایی با سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی و اصول علمی اجرای آن در باغ‌های پسته

نگارندگان: ناصر صداقتی و سیدجواد حسینی‌فرد

ویراستاران علمی: حمید علی‌پور، اکبر محمدی محمدآبادی و نادر کوهی چله‌کران

ناشر: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته

شماره نشریه: ۱۱۳

حاصل از : گزارش نهایی با عنوان «بررسی امکان تغییر سیستم آبیاری سطحی غرقابی به زیرسطحی با لوله‌های PVC در باغ‌های پسته»، به شماره ثبت ۴۶۵۵۲ مورخه ۹۳/۱۱/۱۱ و تجربیات ۱۰ ساله نگارندگان روی سیستم‌های اجراشده در باغ‌های پسته.

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰

مسئولیت درستی مطالب با نگارندگان است.

این نشریه با شماره ٦٠٢١٠ مورخ ١٤٠٠/٦/١٧ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: رفسنجان- میدان شهیدان حسینی- پژوهشکده پسته

شماره تلفن: ۰۳۴۳۴۳۲۵۲۰۱ دورنگار: ۰۳۴۳۴۲۲۵۲۰۸ نشانی سایت: http://pri.hsri.ac.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	۵
مقدمه	۵
معرفی سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی	۶
مزایای سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی	۷
– مزایای آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی نسبت به آبیاری سطحی (غرقابی)	۷
– مزایای آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی نسبت به روش‌های خردآبیاری	۹
فاکتورهای مهم در طراحی سیستم آبیاری زیر سطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی	۱۰
– قطر لوله‌های آبده زیرسطحی	۱۰
– مشخصات فیلتر دور لوله‌های آبده زیرسطحی	۱۱
– عمق کانال (عمق نصب لوله‌های آبده زیرسطحی)	۱۲
– عرض کانال	۱۳
– محل حفر کانال نسبت به ردیف درختان	۱۳
– شیب مناسب لوله‌های آبده زیرسطحی	۱۳
– طول خط لوله‌های آبده زیرسطحی	۱۳
– محل سوراخ‌های روی لوله‌های آبده زیرسطحی	۱۳
– فاصله سوراخ‌های روی لوله‌های آبده زیرسطحی	۱۴
– قطر سوراخ‌های روی لوله‌های آبده زیرسطحی	۱۴
– مشخصات حوضچه‌ها و طرز استقرار لوله‌ها در آن‌ها	۱۵
– دبی ورودی آب به لوله‌های آبده زیرسطحی	۱۶
– هواکش‌های سیستم آبیاری زیرسطحی	۱۷
– نوع مناسب شیرهای یا دربندهای آب	۱۸
– محافظت از سیستم در برابر عوامل فیزیکی آلوده‌کننده سیستم آبیاری زیرسطحی	۱۹
– کنترل ورود ریشه به داخل سوراخ‌های روی لوله‌های آبده زیرسطحی	۱۹
– کوددهی در داخل سیستم (کودآبیاری)	۲۰
برنامه‌ریزی آبیاری در سیستم آبیاری زیرسطحی	۲۰
– نیاز آبی	۲۰
– مدت زمان آبیاری در هر نوبت	۲۱
– دور آبیاری	۲۳
– آبشویی زمستانه	۲۳
جمع‌بندی	۲۵
منابع	۲۵

چکیده

محدودیت منابع آبی در کشور و بخصوص مناطق پسته‌کاری، لزوم استفاده بهینه از منابع آبی موجود را قوت بخشیده و استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری با کارایی بالا را امری اجتناب‌ناپذیر نموده است. در چنین شرایطی و با عنایت به نقش اساسی که صادرات پسته در اقتصاد مناطق پسته‌کاری کشور دارد، لزوم توجه جدی به مسئله آب و آبیاری و استفاده از سیستم‌های مناسب آبیاری به منظور افزایش بهره‌وری استفاده از آب آبیاری در باغ‌های پسته، بیش از پیش احساس می‌شود. در این رابطه تحقیقات کاربردی و متناسب با فرهنگ بومی هر منطقه در خصوص سیستم‌های آبیاری، جهت استفاده بهینه از آب در باغ‌های پسته، از اهمیت بسزایی برخوردار است. نشریه حاضر حاصل ۱۰ سال کار تحقیقاتی و تجربیات کسب‌شده نگارندگان آن در خصوص سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی می‌باشد که علاوه بر افزایش راندمان و بهره‌وری استفاده از آب در باغ‌های پسته، سازگاری بسیار خوبی با شرایط مناطق پسته‌کاری از نظر امکان استفاده از آب‌های نامتعارف و نیز شرایط خرده‌مالکی پسته‌کاران منطقه دارد. در این نشریه کارشناسان و باغداران عزیز با مزایای این سیستم آبیاری نوین و اصول علمی اجرای آن آشنا می‌شوند. در بحث اصول طراحی این سیستم آبیاری بر اساس مشخصات درختان باغ، بافت خاک و وضعیت حق‌آبه باغ مورد نظر، پارامترهای مهمی نظیر محل مناسب نصب لوله‌های آبده نسبت به ردیف درختان، عمق و عرض کانال‌ها، مشخصات دانه‌بندی و ضخامت فیلتر دور لوله‌ها، قطر لوله‌های آبده، محل، فاصله و قطر مناسب سوراخ‌های روی لوله‌های آبده، مشخصات حوضچه‌های آبگیری لوله‌ها، دبی مناسب هر خط لوله، وضعیت هواکش‌ها و شیرهای مناسب جهت آبگیری حوضچه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. ضمن اینکه دستورالعمل‌هایی در خصوص برنامه‌ریزی آبیاری (شامل نیاز آبی، مدت آبیاری و دور مناسب آبیاری)، نحوه کوددهی در داخل سیستم آبیاری (کود آبیاری)، محافظت از سیستم در برابر عوامل آلاینده فیزیکی و ورود ریشه به داخل لوله‌های آبده و برنامه آبشویی زمستانه جهت جلوگیری از تجمع نمک در ناحیه ریشه درختان ارائه گردیده است.

مقدمه

در شرایط آب وهوایی ایران یکی از عمده‌ترین موانع افزایش تولید محصولات کشاورزی، عدم استفاده بهینه از منابع آبی می‌باشد، زیرا قسمت عمده آب استحصالی در بخش کشاورزی مصرف شده و بازده مصرف آن در این بخش کم می‌باشد. از این رو استفاده بهینه از منابع آب به عنوان محور اصلی توسعه بایستی مورد توجه قرار گیرد. گسترش سریع سطح زیر کشت باغ‌های پسته در استان کرمان، استفاده از روش آبیاری غرقابی و مدیریت نامناسب آبیاری سبب افزایش شدید برداشت آب از مخازن زیرسطحی شده و همه‌ساله افت سطح آب زیرزمینی در دشت‌های مختلف این استان را به همراه داشته است که بر اساس آخرین اطلاعات اخذ شده از اداره امور آب رفسنجان، میزان افت سالیانه سطح آبخوان زیرزمینی دشت رفسنجان و انار به ۰/۸ متر رسیده است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمان، امور آب رفسنجان، ۱۳۹۶). این معضل به همراه خشکسالی‌های چند سال اخیر، علاوه بر کاهش دبی چاه‌ها، کیفیت آن‌ها را نیز به شدت پایین آورده است.

با توجه به گرمای شدید هوا در مناطق پسته‌کاری استان کرمان و تبخیر شدید آب در این منطقه، بخش زیادی از آب آبیاری که به سطح خاک داده می‌شود در اثر تبخیر از دسترس گیاه خارج می‌شود. هو و همکاران (۱۹۹۵) در چین میزان تبخیر از سطح خاک را بین ۲۵ تا ۵۰ درصد آب مورد استفاده جهت آبیاری بیان نمودند. جالوتا در سال ۱۹۹۳ ذکر کرده است که در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایالت کارولینای جنوبی امریکا، حدود ۴۰ تا ۷۰ درصد از اتلاف آب از سطح خاک به وسیله تبخیر می‌باشد که می‌توان به وسیله مواد پوشاننده خاک از آن جلوگیری نمود و در اختیار گیاه قرار داد. از طرفی بارت و همکاران درسال ۲۰۰۲ تحقیقی در مورد تاثیر استفاده از خاکپوش انجام دادند که نتایج نشان داد با این روش می توان بعد از آبیاری میزان تبخیر از سطح خاک را از ۱۱ تا ۸۴ درصد برای یک دوره کوتاه مدت و نصف این میزان را در دراز مدت کاهش داد.

بنابراین اصلاح و بهینه‌سازی آبیاری‌های سطحی، اعمال روش‌های کم‌آبیاری، کاربرد خاکپوش‌ها در سطح خاک و استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار از جمله راهکارهای کاهش مصرف آب در باغ‌های پسته و مبارزه با معظل کم آبی می‌باشد. هر چند روش‌های خردآبیاری با کاهش سطح خیس‌شده و افزایش راندمان آبیاری، مصرف آب را به طور چشم‌گیری کاهش می‌دهند، اما هنوز مقادیر قابل‌توجهی از آب در ردیف‌های آبیاری از طریق تبخیر مستقیم و نیز تعرق به وسیله علف‌های هرز روییده شده در نوار خیس‌شدگی، تلف می‌گردد. از طرفی آب‌های با کیفیت نامناسب و نیز خرده‌مالکی از جمله موانع پیش رو در بحث گسترش سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار می‌باشد، لذا باید به دنبال روش‌هایی باشیم تا علاوه بر به حداقل رساندن رطوبت در سطح خاک و امکان استفاده از آب‌های نامتعارف، با فرهنگ باغدار پسته‌کار نیز مطابقت داشته باشد. سیستم آبیاری زیرسطحی با لوله‌های پی‌وی‌سی از جمله روش‌هایی است که می‌تواند بدون داشتن این مشکلات، کمک شایانی در کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری استفاده از آن، نماید. این سیستم آبیاری، روشی جدید است که تقریبا با قدمتی حدود ۱۰ سال، از سال ۱۳۸۹ در باغ‌های پسته استان کرمان (بخصوص شهرستان انار) مورد ارزیابی قرار گرفت. اولین کار تحقیقاتی در خصوص ارزیابی کلی عملکرد این سیستم بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ در پژوهشکده پسته کشور انجام گردید که گزارش نهایی این تحقیق در سال ۱۳۹۳ منتشر شده است (صداقتی و همکاران، ۱۳۹۳). مقالاتی نیز از این کار تحقیقاتی در مجله علمی پژوهشی علوم و فنآوری پسته (صداقتی و همکاران، ۱۳۹۸) و مجموعه مقالات دومین همایش بین‌المللی شورورزی (صداقتی و همکاران، ۱۳۹۹) به چاپ رسیده است. در ضمن این طرح با کسب رتبه نخست در مسابقه بین‌المللی صرفه‌جویی در آب کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی، برنده جایزه در بخش «تکنولوژی صرفه‌جویی در آب» گردیده است. در این نشریه به معرفی این سیستم، مزایای استفاده از آن و نیز اصول علمی اجرای آن می‌پردازیم.

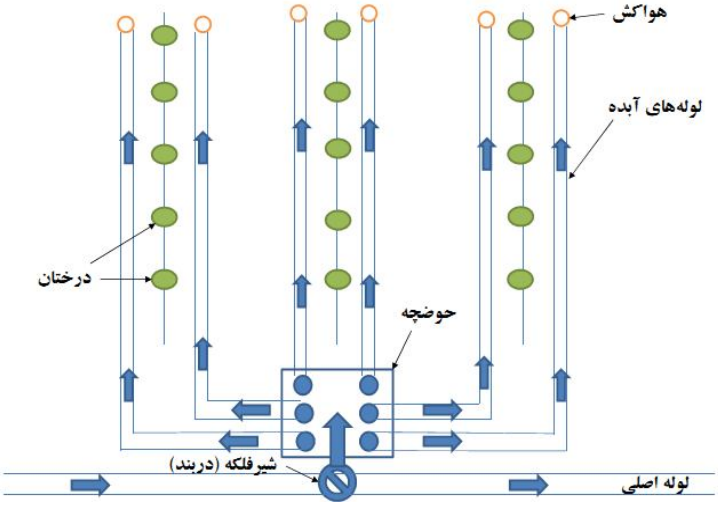
معرفی سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی

این سیستم آبیاری همانطور که از اسم آن پیداست، نه مانند سیستم آبیاری سطحی کاملا با جریان آب آزاد می‌باشد و نه مثل سیستم‌های آبیاری تحت فشار، کاملا در یک محیط بسته و تحت‌فشار جریان دارد. در این سیستم آب از منبع تامین آب آبیاری (چاه یا استخر ذخیره آب)، با استفاده از سیستم پمپاژ، در لوله‌های تحت فشار تا ابتدای قطعات باغ منتقل شده و سپس توسط شیرفلکه‌ها یا دربندهای مخصوص به داخل حوضچه تقسیم آب می‌ریزد. بنابراین در این قسمت از سیستم آبیاری، آب از حالت تحت‌فشار خارج می‌گردد و توسط نیروی ثقل و بر اساس شیب زمین، در داخل لوله‌های آبده به حرکت در می‌آید. در داخل هر حوضچه، لوله‌های آبده که تعداد آن‌ها بستگی به ابعاد حوضچه، قطر لوله‌های آبده و دبی سیستم آبیاری دارد، وظیفه انتقال آب به زیر خاک و محدوده ریشه درختان را بر عهده دارند. انتهای لوله‌های آبده نیز باز بوده و توسط یک زانویی به یک لوله عمودی (هواکش) متصل می‌گردند. این هواکش علاوه بر تخلیه هوای داخل لوله و سهولت جریان آب داخل آن، باعث می‌گردد که جریان در لوله از حالت تحت‌فشار خارج شده و تنها در هنگامی که لوله‌ها پر از آب شوند، کمی تحت‌فشار قرار می‌گیرند. به همین دلیل هم به این سیستم آبیاری، کم‌فشار اطلاق می‌گردد.

لوله‌های آبده با قطرهای مختلف که بستگی به خصوصیات فیزیکی خاک، طول ردیف‌ها، دبی سیستم آبیاری، شیب زمین و ... دارد، در دو طرف ردیف درختان و در عمق مشخصی از سطح خاک نصب می‌گردند. عمق نصب لوله‌های آبده بستگی به بافت خاک دارد و معمولا طوری انتخاب می‌گردد که کمترین خیس‌شدگی را در سطح خاک داشته باشیم تا از تلفات تبخیر سطحی آب از خاک جلوگیری شود. بنابراین هرچه خاک سنگین‌تر باشد، به دلیل صعود کاپیلاری بیشتر، عمق نصب لوله افزایش می‌یابد. فاصله لوله‌ها از تنه درخت نیز بسته به سن گیاه و ابعاد تاج درختان پسته متفاوت می‌باشد. شکل ۱ نمای کلی از یک سیستم آبیاری

زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های PVC را نشان می‌دهد که در آن سه ردیف درخت با شش خط لوله و از طریق یک حوضچه، آبیاری می‌شوند.

شکل ۲ نیز وضعیت استقرار لوله‌ها در باغ را نسبت به آرایش کاشت درختان، قبل و بعد از خاکریزی روی لوله‌ها نشان می‌دهد. در مجموع این سیستم آبیاری تجهیزات پیچیده‌ای نداشته و بهره‌برداری و نگهداری آن نیز نسبت به سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار ساده‌تر می‌باشد، ولی به دلیل اینکه سیستم جدیدی بوده و بسیاری از استانداردهایی که در سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار وجود دارد، در مورد این سیستم موجود نیست، نیاز به شناخت بیشتر دارد. در این نشریه نتایج حاصل از ۱۰ سال تحقیقات و تجربیات نگارنده در اختیار کارشناسان و باغداران عزیز قرار می‌گیرد.



شکل ۱- نمای کلی از آرایش سه ردیفه آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های PVC

شکل ۲- وضعیت استقرار لوله‌ها در باغ نسبت به درختان، قبل و بعد از خاکریزی روی لوله‌ها

مزایای سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی

مزایای این سیستم از دو جنبه باید مد نظر قرار گیرد: اول نسبت به آبیاری سطحی (غرقابی) و دوم نسبت به سیستم‌های خردآبیاری.

مزایای آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی نسبت به آبیاری سطحی (غرقابی)

از مهم‌ترین مزایای این سیستم آبیاری نسبت به سیتم‌های آبیاری سطحی (غرقابی) می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- **کاهش مصرف آب**

همانطور که ذکر شد، بسته به روش آبیاری، سطح سایه‌انداز درخت، بافت خاک و ...، بین ۲۵ تا ۷۰ درصد آبی که در سطح خاک به باغ داده می‌شود، در اثر تبخیر سطحی، تلف می‌گردد (هو و همکاران، ۱۹۹۵ و جالوتا، ۱۹۹۳). با توجه به اینکه در این سیستم آب کاملا در زیر سطح خاک توزیع شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، در صورتی که سیستم به درستی طراحی شده باشد و نشت آب به سطح خاک نداشته باشیم، بخش تلفات تبخیر سطحی آب از خاک تا حد بسیار زیادی حذف می‌گردد. ضمن اینکه راندمان آبیاری نیز در این روش بیش‌تر است. بسته به فاصله ردیف کاشت درختان (۶ متر یا بیشتر)، نوع سیستم آبیاری غرقابی مورد استفاده (غرقابی کامل یا کاهش عرض نوار) و میزان آب مصرفی باغدار قبل از اجرای این سیستم آبیاری، میزان کاهش حجم آب مصرفی در این سیستم آبیاری، متفاوت می‌باشد، بطوریکه مطالعات انجام شده تاکنون حاکی از کاهش حداقل ۳۰ درصدی مصرف آب نسبت به آبیاری غرقابی می‌باشد. در خصوص نیاز آبی و نحوه محاسبات آن در بخش‌های بعدی بطور مفصل‌تر بحث خواهد شد.

- **افزایش بهره‌وری مصرف آب**

با توجه به اینکه در این سیستم بخش غیر مفید نیاز آبی گیاه (تبخیر) حذف شده و آب تحویل‌شده به درختان، عمدتا صرف تعرق (بخش مفید نیاز آبی) می‌گردد، بهره‌وری مصرف آب بیشتر است. تحقیقات انجام شده در پژوهشکده پسته در یک باغ در شهرستان انار استان کرمان، افزایش ۴۱ تا ۶۲ درصدی بهره‌وری مصرف آب در باغ‌های پسته را نشان داد. اما میزان افزایش بهره‌وری مصرف آب ثابت نبوده و ممکن است از باغی به باغ دیگر، متفاوت باشد. چرا که به وضعیت باغ قبل از اجرای این سیستم آبیاری از نظر مدیریت آبیاری (شامل حجم آب مصرفی، روش آبیاری، دور آبیاری و ...)، وضعیت رشدی و عملکردی درختان (پتانسیل درختان) و سایر عوامل مدیریتی باغ نظیر مدیریت تغذیه، آفات و بیماری‌ها و ... دارد.

- **افزایش راندمان آبیاری و یکنواختی توزیع آب در خاک**

با توجه به اینکه در این سیستم، در تمام قسمت‌های باغ، آب در لوله‌ها توزیع می‌گردد، در صورتی که نشتی آب از محل اتصال لوله‌ها به یکدیگر نداشته باشیم، راندمان انتقال و توزیع آب تا ابتدای حوضچه‌ها و قطعات آبیاری، نزدیک به ۱۰۰ درصد می‌باشد. ضمن اینکه به دلیل حرکت آب در لوله در طول کرت‌ها و ردیف درختان، با کاهش تلفات نفوذ عمقی، راندمان کاربرد آب و یکنواختی توزیع آب در باغ نیز بطور چشمگیری افزایش می‌یابد.

- **کاهش دور آبیاری**

افزایش بی‌رویه سطح زیر کشت درختان پسته بدون توجه به نسبت بهینه آب به زمین، باعث افزایش دور آبیاری در باغ‌های پسته شده است. کاهش مصرف آب و زمان آبیاری در هر نوبت، بطور طبیعی باعث کاهش دور آبیاری در این سیستم خواهد شد.

- **کاهش رشد علف‌های هرز و هزینه‌های کارگری**

در این سیستم به دلیل خشک ماندن سطح خاک در طول فصل رشد درختان، رشد علف‌های هرز محدود شده و به تدریج در طی چند سال، کاملا حذف می‌گردند. این موضوع باعث کاهش هزینه‌های کنترل علف‌های هرز از طرق مختلف نظیر استفاده از علف‌کش‌ها و یا کارگر علف‌زن می‌گردد. ضمن اینکه باعث کاهش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از سموم شیمیایی می‌شود.

- افزایش بهره‌وری مصرف کودها

به دلیل اینکه در این سیستم، آبیاری بصورت موضعی و فقط در محدوده توسعه ریشه درختان انجام می‌شود، بخش زیادی از خاک باغ بسته به فاصله ردیف‌های کاشت درختان (حداقل ۴۰ درصد)، خشک می‌ماند. بنابراین توزیع کود در این سیستم در منطقه حداکثر توسعه ریشه درختان پسته بوده و بطور طبیعی مقدار آن کاهش می‌یابد. این امر باعث افزایش بهره‌وری مصرف کود می‌گردد، چرا که حجم خاک کوددهی شده کاهش می‌یابد.

- تسهیل در سایر عملیات کشاورزی

با توجه به انجام آبیاری در زیرسطح خاک و خشک ماندن خاک سطحی در این روش آبیاری، حتی در حین عملیات آبیاری نیز امکان انجام سایر عملیات کشاورزی نظیر محلول‌پاشی، سم‌پاشی و بطور کلی تردد ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی، وجود دارد. این امر به کشاورز در جهت مدیریت زمان بسیار کمک می‌کند. بطور مثال اگر مبارزه با یک آفت خاص حتی به مدت کوتاه به تاخیر بیفتد، می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری بر رشد و عملکرد درختان داشته باشد.

مزایای آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی نسبت به روش‌های خردآبیاری

از مهم‌ترین مزایای این سیستم نسبت به سیستم‌های خردآبیاری (قطره‌ای سطحی، قطره‌ای زیرسطحی و ...)، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- سازگار به شرایط خرده‌مالکی

یکی از بزرگترین موانع توسعه سیستم‌های خردآبیاری، شرایط خرده‌مالکی کشاورزی کشور و بخصوص باغ‌های پسته می‌باشد. این مشکل هر ساله با توجه به قوانین ارث و تقسیم باغ‌ها بین وراث متوفی، افزایش می‌یابد، بطوریکه بر اساس مطالعات انجام شده در باغ‌های پسته شهرستان‌های انار و رفسنجان، حدود ۳۸ درصد باغ‌ها سطحی کمتر از یک هکتار دارند. سهم باغ‌های با سطح ۱ تا ۲ هکتار نیز ۲۳ درصد می‌باشد. به عبارت دیگر، حدود ۶۱ درصد باغ‌های شهرستان‌های انار و رفسنجان، سطحی کمتر از ۲ هکتار دارند (عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به سطح بهینه اقتصادی جهت اجرای سیستم‌های خردآبیاری که حدود ۵ هکتار می‌باشد، اجرای این سیستم‌ها در اغلب باغ‌های موجود، اقتصادی نیست، مگر اینکه تجمیع باغ‌ها صورت پذیرد. به دلیل اینکه در سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی، امکان توزیع حجم زیاد آب در مدت زمان کوتاه در باغ وجود دارد، محدودیت شرایط خرده‌مالکی را کاهش می‌دهد. ضمن اینکه دورهای آبیاری مناسب در این سیستم (۲۵ تا ۳۰ روز بسته به نوع بافت خاک)، نیز نزدیک به دورهای آبیاری بهینه در روش آبیاری غرقابی است و از این نظر نیز مشکلی برای بحث حق‌آبه باغداران ایجاد نمی‌نماید.

- عدم نیاز به احداث استخر ذخیره آب و پمپاژ ثانویه

همانطور که در قسمت قبل هم ذکر شد، استفاده از سیستم‌های خردآبیاری، نیاز به ذخیره آب و استفاده از آن با دورهای آبیاری کوتاه (۱۰ تا ۱۵ روز) دارد که با توجه به حق‌آبه باغداران، عملا امکان‌پذیر نیست. لذا حتما باید آب در استخر ذخیره شده و در زمان لازم در داخل سیستم پمپاژ گردد. این موضوع باعث افزایش هزینه احداث استخر و پمپاژ ثانویه (افزایش مصرف انرژی) می‌گردد. با توجه به اینکه در سیستم‌های آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی، دور آبیاری بیشتر از سیستم‌های خردآبیاری بوده و امکان توزیع حجم زیاد آب در مدت زمان کوتاه می‌باشد، نیاز به احداث استخر و پمپاژ ثانویه نمی‌باشد.

- عدم نیاز به سیستم کنترل مرکزی تصفیه آب و کاهش مشکلات گرفتگی نازل‌ها در آب‌های نامتعارف

در سیستم‌های خردآبیاری، سیستم کنترل مرکزی و تصفیه آب به عنوان قلب سیستم بوده و کوچکترین مشکل در کارایی آن، باعث شکست سیستم خواهد شد، چرا که به دلیل کوچک بودن قطر سوراخ خروجی نازل‌های توزیع‌کننده آب در کنار درختان، ورود هر گونه آلودگی (اعم از فیزیکی یا بیولوژیکی) به داخل سیستم آبیاری، منجر به بسته‌شدن آن‌ها و کاهش کارایی سیستم آبیاری می‌گردد. قطر بزرگ سوراخ‌های خروج آب در سیستم آبیاری زیر سطحی کم‌فشار که گاهی تا ۱۵ میلی‌متر هم می‌رسد، حساسیت آن‌ها به گرفتگی را کاهش داده و نیاز به سیستم تصفیه آب پیشرفته‌ای ندارند. ضمن اینکه در این سیستم آبیاری، مشکلات گرفتگی شیمیایی ناشی از رسوب کربنات کلسیم نیز در آب‌های نامتعارف و با مقادیر بی‌کربنات بالا وجود ندارد.

- امکان کاربرد در شرایط استفاده از آب‌های نامتعارف

استفاده از آب‌های نامتعارف (شور) به دلیل نوع توزیع آب در سیستم‌های خردآبیاری با محدودیت روبرو بوده و باعث تجمع نمک در حاشیه پیاز رطوبتی می‌گردد. بنابراین این مشکل کاربرد سیستم‌های مختلف آبیاری موضعی از جمله قطره‌ای و بابلر را در شرایط باغ‌های پسته کشور تحت شرایط شور، دشوار ساخته است. اما در این سیستم به دلیل بیشتر بودن حجم آب مصرفی در هر نوبت و ایجاد نوار آبیاری یکنواخت در طول ردیف‌ها، مناطق با شوری آب بالا حذف می‌گردد. ضمن اینکه آبشویی نمک‌ها نیز بهتر انجام می‌شود. لذا کاربرد این روش آبیاری در قیاس با روش‌های دیگر آبیاری موضعی در شرایط شور با مشکلات کمتری مواجه می‌باشد.

فاکتورهای مهم در طراحی سیستم آبیاری زیر سطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی

در بحث فاکتورهای طراحی و اجرای این سیستم آبیاری عوامل مختلفی دخالت دارند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به عوامل گیاهی (نوع گیاه، نیاز آبی گیاه و عمق توسعه ریشه)، عوامل خاکی (بافت و ساختمان خاک و شیب زمین) و عوامل زراعی (قطر تاج درخت، طول ردیف‌های کاست و فاصله آن‌ها از یکدیگر)، اشاره نمود. هر کدام از فاکتورهای طراحی بطور مستقیم و یا غیرمستقیم تحت تاثیر این عوامل قرار دارند. در این قسمت بطور خلاصه به این فاکتورها پرداخته می‌شود.

- قطر لوله‌های آبده زیرسطحی

قطر لوله مناسب در این سیستم بستگی به عواملی نظیر طول و فاصله ردیف درختان، بافت خاک و دبی آب در دسترس دارد. هرچه طول ردیف درختان بیشتر، بافت خاک سنگین‌تر و دبی آب بیشتر باشد، می‌توان از لوله‌های با قطر بزرگتر استفاده نمود. در صورتی که با یک دبی مشخص، قطر لوله‌ها کوچک در نظر گرفته شده باشد، باید تعداد حوضچه بیشتری را همزمان آبیاری نمود تا از پرشدن سریع لوله‌های آبده و حوضچه‌ها قبل از اتمام زمان آبیاری، جلوگیری نمود. برای فواصل ردیف کمتر از ۶ متر نیز در صورتی که بخواهیم از یک خط لوله بین هر دو ردیف درخت استفاده کنیم، معمولا از لوله‌های با قطر بزرگتر استفاده می‌شود. قطرهای معمول مورد استفاده در این سیستم ۹۰، ۱۱۰ و ۱۲۵ میلی‌متر می‌باشند. با توجه به وضعیت غالب باغ‌های پسته، بخصوص در استان کرمان، رایج‌ترین قطر مورد استفاده در این سیستم، قطر ۱۱۰ میلی‌متر می‌باشد. قطر لوله ۹۰ میلی‌متر معمولا برای طول ردیف‌های کمتر از ۵۰ متر و خاک‌های سبک‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد. قطرهای ۱۲۵ میلی‌متر نیز در فواصل ردیف کمتر از ۶ متر و کاربرد یک خط لوله در بین هر دو ردیف درخت، قابل استفاده است. نوع لوله‌های مورد استفاده در این سیستم نیز از نوع لوله‌های بازیافتی برای مصارف کشاورزی می‌باشد (شکل ۳).

شکل ۳- نمونه لوله‌های پی‌وی‌سی بازیافتی جهت مصارف کشاورزی

- مشخصات فیلتر دور لوله‌های آبده زیرسطحی

برخی از باغداران کاربرد فیلتر شن نخودی را کم اهمیت دانسته و برای کاهش هزینه‌های اجرای این سیستم از کاربرد فیلتر شن نخودی صرفنظر می‌کنند. برخی نیز بجای شن نخودی، از گونی‌های پلاستیکی دور لوله استفاده می‌کنند، که نسبت به محاسنی که فیلتر شن نخودی نسبت به گونی‌های پلاستیکی دارد، از نظر نگارنده این نشریه، قابل توصیه نیست. اما اهمیت کاربرد فیلتر شن نخودی بسیار زیاد بوده، بطوریکه استفاده از آن دور لوله، تامین کننده پنج هدف می‌باشد:

۱- مانع از تماس مستقیم خاک با سوراخ‌های لوله شده و به این وسیله از ورود ذرات خاک به داخل لوله جلوگیری می‌کند.

۲- احتمال ورود ریشه علف‌های هرز را به داخل لوله کاهش می‌دهد.

۳- با ایجاد محیطی یکنواخت در دور لوله، باعث افزایش یکنواختی خروج آب از سوراخ‌های روی لوله‌ها و توزیع آب در طول خط لوله‌ها می‌شود.

۴- مانع از آب‌شستگی خاک در هنگام خروج آب از سوراخ‌های روی لوله‌ها می‌شود.

۵- در خاک‌های سنگین با نفوذپذیری و نشت کند آب در خاک، به عنوان یک مخزن ذخیره آب در زیر خاک عمل می‌کند تا آب به تدریج در منطقه ریشه درختان توزیع گردد.

قطر ذرات فیلتر باید به گونه‌ای باشد که مانع از رسیدن ذرات خاک به لوله آبده و ورود آن‌ها به داخل لوله گردد. بهترین دانه‌بندی شن نخودی برای این منظور استفاده از شن نخودی با قطر ۶ تا ۱۲ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۴).

شکل ۴- دانه‌بندی و قطر ذرات شن نخودی مورد استفاده به عنوان فیلتر دور لوله‌های آبیاری زیرسطحی

شکل ۵- پلاستیک مورد استفاده برای روی لوله‌های آبیاری زیرسطحی

بسته به بافت خاک، معمولا ضخامت فیلتر در حدود ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. هرچه بافت خاک سنگین‌تر (با قطر ذرات ریزتر) باشد، ضخامت فیلتر بیشتر در نظر گرفته می‌شود. برای جلوگیری از نشت احتمالی آب به سطح خاک (جلوگیری از تلفات تبخیر سطحی) و ورود ذرات خاک از قسمت فوقانی لوله‌ها به داخل فیلتر شن، در هنگام آبیاری غرقابی، می‌توان از یک لایه پلاستیک به عرض کانال حفرشده، روی خط لوله استفاده نمود (شکل ۵). نحوه ریختن فیلتر دور لوله‌های آبده و وضعیت نهایی لوله‌ها پس از فیلتر‌ریزی کامل نیز در شکل ۶ نشان داده شده است.

شکل ۶- نحوه ریختن فیلتر دور لوله‌های آبده و وضعیت نهایی آن‌ها پس از فیلتر‌ریزی کامل

- **عمق کانال (عمق نصب لوله‌های آبده زیرسطحی)**

از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر عمق کانال می‌توان به بافت خاک، عمق حداکثر تراکم ریشه و ضخامت فیلتر دور لوله اشاره نمود. عمق کانال باید به گونه‌ای انتخاب شود که با توزیع بهینه آب در ناحیه حداکثر تراکم ریشه درختان، کم‌ترین نشت آب به سطح خاک را داشته باشد. شکل ۷ نشت آب به سطح خاک در اثر انتخاب نامناسب عمق کارگزاری لوله‌ها را نشان می‌دهد. نشت آب به سطح خاک باعث افزایش تلفات آب از طریق تبخیر سطحی خواهد شد. بنابراین با توجه به اینکه هر چه بافت خاک سنگین‌تر باشد، صعود موئینه (کاپیلاری) آب به سطح خاک بیشتر است، بنابراین عمق کانال نیز باید افزایش یابد. از طرفی عمق نصب لوله باید به گونه‌ای باشد که تردد ماشین‌آلات کشاورزی در سطح خاک، باعث شکستگی و صدمه به لوله نگردد و نیز احتمال ورود ریشه علف‌های هرز به داخل لوله‌ها را کاهش دهد. با در نظر گرفتن همه موارد ذکر شده، عمق کانال باید به گونه‌ای انتخاب شود که با توجه به قطر لوله و ضخامت فیلتر شن نخودی، حداقل ۳۰ سانتی‌متر خاک روی لوله داشته باشیم. بنابراین معمولا عمق کانال بسته به بافت خاک (سبک تا سنگین)، بین ۵۰ تا ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. بر همین اساس عمق نصب لوله‌ها نیز بین ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر متغیر است.

شکل ۷- نشت آب به سطح خاک در اثر انتخاب نامناسب عمق کارگزاری لوله‌ها

- عرض کانال

عرض کانال بستگی به قطر لوله انتخابی و ضخامت فیلتر دور لوله دارد و معمولا بین ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

- محل حفر کانال نسبت به ردیف درختان

فاصله کانال‌ها نسبت به ردیف درختان بسته به بافت خاک و قطر تاج درخت، معمولا بین ۰/۸ تا ۱/۳ متر در نظر گرفته می‌شود. فواصل بیشتر مربوط به خاک‌های سنگین می‌باشد، چرا که توزیع افقی آب و به تبع آن قطر پیاز رطوبتی در خاک‌های سنگین بیشتر از خاک‌های سبک است. کانال‌ها باید در یک خط مستقیم و بدون انحناء حفر شوند. به منظور یکنواختی کانال‌ها، بهتر است از بیل مکانیکی برای حفر آن‌ها استفاده شود. در صورتی که قطر تاج درخت بزرگتر از ۳ متر باشد، برای رعایت فاصله ۰/۸ تا ۱/۳ متری کانال‌ها تا تنه درختان، حفر کانال‌ها باید توسط کارگر و تقریبا در وسط سایه‌انداز درختان انجام شود. شکل ۸ نحوه حفر کانال یکنواخت با عمق مشخص و وضعیت تقریبی محل حفر آن را نسبت به ردیف درختان و قطر تاج آن‌ها نشان می‌دهد.

شکل ۸- نحوه حفر کانال یکنواخت با عمق مشخص و وضعیت تقریبی محل حفر آن را نسبت به ردیف درختان

- شیب مناسب لوله‌های آبده زیرسطحی

بهترین شیب برای خط لوله در این سیستم آبیاری، حدود ۰/۱ درصد می‌باشد. یعنی اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای لوله در طول ۱۰۰ متر، تنها ۱۰ سانتی‌متر باشد. در اغلب باغ‌های پسته، شیب خاک در طول کرت‌های آبیاری در همین حدود می‌باشد، چرا که شیب مناسب در آبیاری سطحی نیز همین مقدار در نظر گرفته می‌شود و باغداران بصورت تجربی این شیب را رعایت کرده‌اند. در خاک‌های سبک و طول‌های ردیف کم (کمتر از ۵۰ متر)، شیب‌های تا ۰/۳ درصد نیز قابل قبول است. با توجه به اینکه اغلب باغ‌های پسته قدیمی بوده و امکان اصلاح شیب زمین در طول کرت‌های آبیاری نمی‌باشد، بهتر است در شیب‌های بیشتر از ۰/۳ درصد، با تغییر عمق کانال در طول ردیف درختان، شیب خط لوله را به کمتر از ۰/۳ درصد رساند.

- طول خط لوله‌های آبده زیرسطحی

طول مناسب خط لوله بستگی به عواملی نظیر بافت خاک، شیب زمین و دبی آب در دسترس دارد. هر چه بافت خاک سنگین‌تر، شیب زمین کمتر و دبی آب بیشتر باشد، امکان انتخاب طول بیشتر برای خط لوله می‌باشد.با توجه به شرایط غالب باغ‌های پسته استان کرمان، معمولا مناسب‌ترین طول‌ها برای خط لوله با توجه به بافت خاک (سبک تا سنگین)، بین ۵۰ تا ۱۰۰ متر می‌باشد.

- محل سوراخ‌های روی لوله‌های آبده زیرسطحی

سوراخ‌های روی لوله‌ها معمولا دو گروه هستند:

۱- سوراخ‌های کف لوله که وظیفه تخلیه کامل لوله را در پایان عملیات آبیاری به عهده دارند. ضمن اینکه گل و لای احتمالی ورودی به لوله را نیز به خارج لوله منتقل می‌کنند.

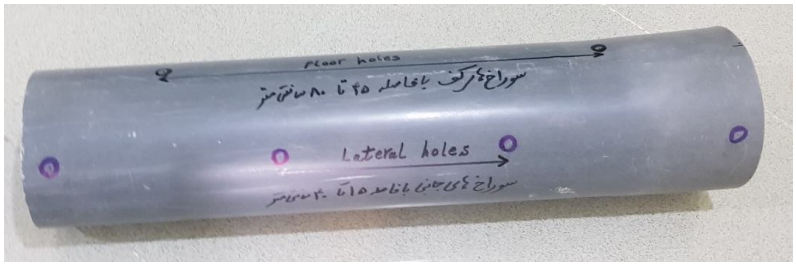
۲- سوراخ‌های جانبی که وظیفه آبیاری و توزیع مناسب آب در منطقه ریشه درختان را به عهده دارند. این سوراخ‌ها معمولا با زاویه حدود ۶۰ درجه نسبت به خط عمود بر کف لوله و به سمت محل چالکود، تعبیه می‌شوند. در صورتیکه تنها از یک خط لوله در وسط ردیف درختان استفاده شود (فواصل ردیف کمتر از ۶ متر)، این سوراخ‌ها در هر دو سمت لوله تعبیه می‌شوند.

- فاصله سوراخ‌های روی لوله‌های آبده زیرسطحی

با توجه به آنچه در خصوص محل سوراخ‌های روی لوله‌ها در قسمت قبل گفته شد، دو گروه سوراخ داریم که فواصل آن‌ها نیز متغیر بوده و به شرح زیر می‌باشد:

۱- فاصله سوراخ‌های کف بسته به فاصله سوراخ‌های جانبی، معمولا بین ۴۵ تا ۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود و معمولا بطور یک یا دو درمیان، بین سوراخ‌های جانبی، منتها در کف لوله تعبیه می‌شود.

۲- فاصله سوراخ‌های جانبی بستگی به بافت خاک، طول خط لوله و دبی آب ورودی به هر خط لوله دارد. هرچه طول ردیف بیشتر، بافت خاک سبک‌تر (شنی‌تر) و دبی آب ورودی کمتر باشد، فاصله سوراخ‌ها بیشتر در نظر گرفته می‌شود. در صورتیکه در خاک‌های سبک و طول زیاد، فاصله سوراخ‌ها کم در نظر گرفته شود، معمولا آب به سختی به انتهای خط لوله می‌رسد و بیشتر آب در قسمت‌های اولیه لوله و قبل از رسیدن به انتهای لوله خارج می‌گردد. این موضوع باعث عدم یکنواختی توزیع آب در طول خط لوله می‌گردد. بنابراین بسته به بافت خاک، طول خط لوله و مقدار دبی آب ورودی به هر خط لوله، فاصله سوراخ‌های جانبی بین ۱۵ تا ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. شکل ۹ نحوه استقرار لوله‌های کف و جانبی و فاصله آن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۹- نحوه استقرار لوله‌های کف و جانبی روی لوله‌های آبده

- قطر سوراخ‌های روی لوله‌های آبده زیرسطحی

با توجه به آنچه در بخش فاصله سوراخ‌های روی لوله‌های آبده گفته شد، دو گروه سوراخ روی لوله‌ها تعبیه می‌شود که شامل سوراخ‌های کف و جانبی می‌باشند. اما وظیفه اصلی آبیاری درختان بر عهده سوراخ‌های جانبی است. قطر این سوراخ‌های تاثیر بسزایی در چگونگی یکنواختی توزیع آب در طول خط لوله و ردیف درختان دارد. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر قطر سوراخ‌ها می‌توان به بافت خاک، طول خط لوله و دبی ورودی به هر خط لوله اشاره نمود. هرچه بافت خاک سبک‌تر، طول خط لوله بیشتر و دبی ورودی به خط لوله کمتر باشد، قطر سوراخ‌ها نیز کمتر می‌شود. قطرهای معمول برای سوراخ‌های کف و جانبی معمولا بین ۹ تا ۱۵ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. در شکل ۱۰ نحوه سوراخ‌کردن لوله‌ها نشان داده شده است. البته در حال حاضر باغداران می‌توانند لوله‌ها را با مشخصات مورد نظر خود از نظر قطر، فاصله و محل سوراخ‌ها به فروشندگان لوله‌ها سفارش داده و بصورت آماده تحویل گیرند.

شکل ۱۰- نحوه سوراخ‌کردن لوله‌های آبیاری زیرسطحی

- مشخصات حوضچه‌ها و طرز استقرار لوله‌ها در آن‌ها

ابعاد حوضچه‌ها بستگی به تعداد لوله داخل حوضچه و قطر لوله‌ها دارد. تعدا خط لوله‌ای که از یک حوضچه آبگیری می‌شوند نیز بر اساس دبی آب در دسترس باید محاسبه گردد که در بخش بعدی به آن می‌پردازیم. با توجه به تعداد معمول لوله داخل حوضچه (۴ تا ۸ لوله) و قطرهای رایج مورد استفاده (۹۰ تا ۱۲۵ میلی‌متر)، ابعاد حوضچه از ۵۰×۵۰ سانتی‌متر تا ۵۰×۱۰۰ سانتی‌متر متغیر است. استقرار لوله‌ها در داخل حوضچه‌ها باید کاملا منظم باشد، چرا که استقرار نامنظم آن‌ها باعث افزایش ابعاد حوضچه‌ها می‌گردد. انتخاب بزرگتر ابعاد حوضچه، ضمن افزایش غیر یکنواختی توزیع آب بین خطوط لوله‌ها، باعث افزایش مصالح مصرفی و هزینه‌های احداث آن می‌گردد. ابعاد کوچکتر از اعداد ذکرشده نیز از نظر اقتصادی توجیه ندارد، ضمن اینکه انجام عملیات آبیاری را نیز وقت‌گیر و دشوار می‌نماید. شکل ۱۱ نحوه استقرار مناسب و نامناسب لوله‌ها در حوضچه‌های آبگیری را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱- نحوه استقرار مناسب (راست) و نامناسب (چپ) لوله‌ها در داخل حوضچه‌های آبگیری

تاثیر نحوه استقرار لوله‌ها بر وضعیت آبگیری آن‌ها در داخل حوضچه‌ها نیز در شکل ۱۲ نشان داده شده است. ارتفاع حوضچه‌ها نیز معمولا بین ۵۰ تا ۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. در حالتی که انشعاب مربوط به آبیاری غرقابی زمستانه از حوضچه آبیاری زیرسطحی گرفته شده باشد، ارتفاع حوضچه افزایش می‌یابد. کف حوضچه‌ها باید کاملا مسطح و تراز باشد تا از توزیع غیر یکنواخت آب در لوله‌ها جلوگیری شود. لوله‌ها در داخل حوضچه باید بصورت منظم مربعی یا مسطیلی قرار گیرند و لبه لوله‌ها حداقل ۱۰ سانتی‌متر از کف حوضچه بالاتر قرار گیرند. در این حالت آب داخل حوضچه تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری بالا آمده و پس از ایجاد یک ارتفاع فشاری ثابت برای همه لوله‌ها، به داخل آن‌ها سرازیر می‌گردد. ضمن اینکه ذرات شن همراه آب و باد، در کف حوضچه ته‌نشین شده و آب عاری از آلوده‌گی‌های فیزیکی به داخل لوله‌های آبده جریان می‌یابد.

شکل ۱۲- تاثیر نحوه استقرار لوله‌ها بر وضعیت آبگیری آن‌ها در داخل حوضچه‌ها

در طراحی حوضچه‌ها باید بحث آبشویی زمستانه هم در نظر گرفته شود. برای این منظور به دو صورت می‌توان عمل کرد:

۱- آب به داخل یک حوضچه اولیه ریخته و مسیر حوضچه لوله‌های آبیاری زیرسطحی و آبشویی زمستانه از یکدیگر مجزا باشد.

۲- آب مستقیما وارد یک حوضچه مرکزی بزرگتر شده و سپس انتخاب باز و بسته شدن هر کدام از مسیرهای جریان آب در لوله‌های آبیاری زیرسطحی و یا مسیر آبشویی زمستانه توسط دربندهای مخصوص انجام شود.

شکل ۱۳ این دو حالت را نشان می‌دهد ولی در مجموع حالت اول به دلیل کارکرد آسان‌تر، مناسب‌تر بوده و قابل توصیه است

شکل ۱۳- نحوه طراحی حوضچه‌های آب در آبیاری زیر سطحی و آبشویی زمستانه در دو حالت اول (راست) و دوم (چپ)

- دبی ورودی آب به لوله‌های آبده زیرسطحی

مقدار دبی ورودی آب به هر خط لوله بستگی به بافت خاک، طول خط لوله، قطر لوله‌ها و قطر سوراخ‌های روی آن‌ها دارد. هر چه بافت خاک سبک‌تر، طول لوله بیشتر و قطر لوله‌ها و سوراخ‌های روی آن‌ها بزرگتر باشد، میزان دبی ورودی به هر خط لوله افزایش می‌یابد. تحقیقات و تجربیات ده ساله روی این سیستم نشان داده است که در صورت طراحی مناسب سیستم، مقدار دبی ورودی به هر خط لوله از حدود ۱/۵ تا ۵ لیتر بر ثانیه متغیر است. به عبارت دیگر اگر بخواهیم بر حسب دبی مورد نیز هر متر خط لوله در نظر بگیریم، مقدار آن تقریبا بین ۰/۰۳ تا ۰/۱ لیتر بر ثانیه متغیر است. این بدان معنی است که بطور مثال اگر دبی آب باغی ۱۵ لیتر بر ثانیه باشد، بین ۱۵۰ تا ۵۰۰ متر طول خط لوله را می‌توان هم‌زمان آبیاری نمود. حال اگر طول ردیف درختان ۵۰ متر باشد، با این مقدار آب می‌توان بین ۳ تا ۱۰ خط لوله (۱/۵ تا ۵ ردیف درخت با آرایش ۲ خط لوله برای هر ردیف درخت) را آبیاری نمود. بنابراین می‌بینیم که تعداد خط لوله داخل هر حوضچه و به تبع آن ابعاد حوضچه‌ها، بطور مستقیم تحت تاثیر دبی آب در دسترس قرار دارد. با توجه به مطالب ارائه‌شده در بخش تعداد خط لوله داخل حوضچه‌ها (حداقل ۴ خط لوله)، در صورتی که دبی آب در

دسترس خیلی کم باشد، باید با بستن درپوش برخی از لوله‌های داخل حوضچه، عملیات آبیاری را با تعداد خط لوله کمتر، انجام داد. در هر صورت دبی هر خط لوله باید به گونه‌ای انتخاب شود که پس از گذشت حداکثر یک سوم زمان آبیاری، آب به انتهای خط لوله رسیده باشد. بطور مثال اگر محاسبات نشان داد که با دبی مشخص، زمان آبیاری یک حوضچه برای تامین نیاز آبی درختان در زمان مشخص، ۳۰ دقیقه باشد، باید پس از ۱۰ دقیقه از شروع آبیاری، آب به انتهای خطوط لوله رسیده باشد. در صورتی که دبی ورودی به هر خط لوله کم باشد، ممکن است آب به انتهای خط لوله نرسد و یا در دقایق پایانی زمان آبیاری به انتهای خط لوله برسد که در اینصورت ممکن است درختان انتهای ردیف دچار کم‌آبیاری و تنش خشکی شوند و یکنواختی توزیع آب در باغ کاهش یابد. انتخاب دبی‌های زیاد برای هر خط لوله نیز باعث می‌گردد، قبل از اینکه زمان لازم برای تامین نیاز آبی گیاه در هر نوبت آبیاری تامین شود، لوله‌ها پر شده و آب پس بزند. هواکش‌ها که در قسمت بعد به آن پرداخته شده است، می‌توانند در انتخاب دبی مناسب هر خط لوله به ما کمک نمایند. در پایان این بحث باید به این نکته اشاره نمود که اعداد و ارقام ذکر شده در خصوص دبی ورودی آب به لوله‌ها بصورت تجربی و حاصل ده سال تحقیق و تجربه نگارنده این نشریه بوده و ممکن است بسته به پارامترهای طراحی یک سیستم خاص، اعدادی خارج از محدوده ارائه شده مناسب باشد، ولی رعایت اصل رسیدن آب به انتهای خط لوله حداکثر پس از گذشتن یک سوم از زمان آبیاری، کمک شایانی در انتخاب دبی مناسب هر خط لوله و افزایش یکنوختی توزیع آب در طول کرت خواهد نمود.

- هواکش‌های سیستم آبیاری زیرسطحی

در انتهای هر خط لوله بوسیله یک زانویی و یک قطعه لوله، هواکشی تعبیه می‌شود که وظیفه آن خروج هوای داخل لوله در هنگام آبیاری و سهولت جریان آب در مسیر لوله‌ها می‌باشد (شکل‌های ۱۴ و ۱۵). البته می‌توان انتهای خطوط لوله دو طرف هر ردیف درختان را نیز به یکدیگر متصل کرده و یک هواکش برای آن‌ها در نظر گرفت. این حالت یک مزیت دارد و یک محدودیت. مزیت آن اینست که در هنگام آبیاری، آب دو طرف ردیف درختان به یکدیگر متصل بوده و اگر احیانا جریان آب در یک خط لوله با مشکل مواجه شده باشد، آب از لوله سمت دیگر به آن منتقل شده و درختان با مشکل کم‌آبی و تنش خشکی مواجه نشوند. اما محدودیت آن در این است که اگر بخواهیم در این سیستم در شرایط کم‌آبی و دورهای آبیاری طولانی، روش آبیاری یک‌درمیان متغیر را اجرا نماییم، عملا امکان‌پذیر نمی‌باشد.

شکل ۱۴- وضعیت هواکش‌ها در انتهای هر خط لوله آبیاری زیرسطحی

شکل ۱۵- کنترل زمان رسیدن آب به انتهای خط لوله از طریق هواکش‌های انتهای لوله‌های آبیاری زیرسطحی

اما هواکش‌ها علاوه بر تسهیل جریان آب در داخل لوله‌های آبده، ابزار مناسبی جهت مانیتورینگ سیستم و یا به عبارتی کسب اطلاع از وضعیت جریان آب در طول خط لوله و زمان رسیدن آب به انتهای خطوط لوله‌ها می‌باشد. شکل ۱۵ وضعیت هواکش‌ها

در زمان رسیدن آب به انتهای هر خط لوله را نشان می‌دهد. با کنترل آن می‌توان به انتخاب مناسب یا احتمالا نامناسب دبی ورودی به هر خط لوله پی برد. دبی جریان باید به گونه‌ای تنظیم شود که حداکثر پس از گذشتن یک سوم از زمان آبیاری، آب به انتهای لوله رسیده باشد. یعنی اگر بطور مثال برای تامین نیاز آبی درختان در یک زمان مشخص، باید نیم ساعت آبیاری انجام شود، پس از اینکه ۱۰ دقیقه از زمان آبیاری گذشت، باید آب به انتهای لوله‌ها رسیده باشد.

- نوع مناسب شیرهای یا دربندهای آب

بهترین وسیله برای توزیع آب در حوضچه‌های تقسیم آب در سیستم آبیاری زیرسطحی، شیرفلکه‌های کشویی هستند. اما به دلیل گران بودن، هزینه‌های اولیه اجرای سیستم را بالا برده و مقرون به صرفه نمی‌باشند. بنابراین معمولا در باغ‌های پسته از دربندهای مخصوصی استفاده می‌گردد که به دو نوع هندلی و معمولی (صفحه‌ای) تقسیم‌بندی می‌شوند. با توجه به اینکه در این سیستم آبیاری، اغلب باید کل آب بین چند حوضچه بطور یکسان تقسیم شود، بنابراین باید از دربندهای هندلی که این امکان را می‌دهد، استفاده نمود. شکل ۱۶ نمونه‌ای از شیرفلکه‌های کشویی و دربندهای مورد استفاده در باغ‌های پسته را نشان می‌دهد.

شکل ۱۶ - نمونه شیرفلکه کشویی (راست)، دربند هندلی (وسط) و دربند معمولی یا صفحه‌ای (چپ)

دربندهای معمولی، بیشتر در آبیاری غرقابی و زمانی که کل آب از یک دربند خارج می‌شود، قابل استفاده است، چرا که اگر بخواهیم با این دربندها مقدار آب را تنظیم کنیم، اغلب آب به اطراف پاشیده شده و ضمن هدررفت آب، باعث آب‌شستگی خاک اطراف حوضچه‌ها و ورود گل و لای به داخل آن‌ها می‌گردد. شکل ۱۷ نحوه خروج آب از این دو نوع دربند را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌گردد، در دربندهای معمولی، زمانی که دربند بطور کامل باز نباشد، آب به اطراف پاشیده می‌شود.

شکل ۱۷- ریزش مناسب آب در حوضچه در دربندهای هندلی (راست) و پاشش آب به اطراف حوضچه در دربندهای معمولی (چپ)

- محافظت از سیستم در برابر عوامل فیزیکی آلوده‌کننده سیستم آبیاری زیرسطحی

با توجه به اینکه کف حوضچه‌ها معمولا پایین‌تر از سطح خاک بوده و از طرفی ورودی لوله‌ها نیز باز و با جریان آزاد می‌باشد، امکان ورود آلودگی‌های فیزیکی نظیر شاخ برگ درختان و ماسه بادی‌ها همراه باد و ... به داخل حوضچه‌ها و لوله‌های آبده وجود دارد. بنابراین ضمن رعایت نکات ذکرشده در بخش ابعاد حوضچه‌ها و نحوه استقرار لوله‌ها در آن‌ها، باید تمهیدات لازم برای جلوگیری از ورود هرگونه آلودگی فیزیکی به داخل لوله‌ها اندیشیده شود، چرا که در صورت ورود آن‌ها به داخل لوله، رفع مشکل بسیار سخت و گاهی غیر ممکن خواهد بود. بهترین حالت این‌است که کل حوضچه دارای درب باشد. اما در صورتی که هزینه تامین آن برای باغدار امکان‌پذیر نباشد، می‌توان از درپوش‌های تکی مخصوص که روی سطح فوقانی هر خط لوله بسته می‌شود، استفاده نمود. شکل ۱۸ نمونه‌ای از این درپوش‌ها را نشان می‌دهد. برخی از باغداران برای محافظت از سیستم از توری فلزی استفاده می‌کنند (شکل ۱۹)، که با توجه به درشتی ابعاد سوراخ‌های آن‌ها، فقط سیستم را در برابر منابع آلودگی خیلی بزرگ نظیر شاخ و برگ درختان، آن هم تا حدودی، محافظت می‌کند، چرا که برگ‌ها هم پس از خشک شدن، به ذرات کوچک‌تر تقسیم شده و به راحتی وارد سیستم آبیاری می‌شوند و نیز ذرات ماسه بادی نیز توسط باد به داخل لوله منتقل می‌شوند.

شکل ۱۸- درپوش‌های استاندارد روی لوله‌های آبده

شکل ۱۹- نصب توری روی لوله‌های آبده

- کنترل ورود ریشه به داخل سوراخ‌های روی لوله‌های آبده زیرسطحی

هر سیستم کارآمدی در کنار مزایایی که دارد، ممکن است شامل برخی محدودیت‌ها باشد. این‌سیستم آبیاری نیز با توجه به مزایای بسیار زیادی که در ابتدای این نشریه بیان شد، به عنوان یک روش آبیاری مناسب برای باغ‌ها پسته به شمار می‌رود. اما یکی از مواردی که در هنگام استفاده از این سیستم باید به آن توجه کرد، کنترل علف‌های هرز باغ جهت جلوگیری از ورود ریشه آن‌ها به داخل لوله‌ها می‌باشد. تجربیات و مطالعات میدانی ما در طی حدود ده سال که از عمر این سیستم در باغ‌های پسته می‌گذرد، نشان داده که هیچگونه ورود ریشه درختان پسته به داخل لوله‌های آبده زیرسطحی مشاهده نگردیده است. ریشه درختان پسته اساسا با شرایط ماندابی سازگار نیستند. اما در صورت طراحی نامناسب سیستم و استقرار لوله‌ها در عمق کم نسبت به سطح خاک و عدم کنترل مناسب علف‌های هرز، امکان ورود ریشه آن‌ها به داخل لوله و مسدود شدن مسیر جریان آب وجود دارد. در این خصوص باید با اسفاده از علف‌کش‌های پیش‌رویشی و نیز روش‌های زراعی نظیر تیلر کردن خاک سطحی چند روز پس از آبیاری، علف‌های هرز باغ را کنترل نمود. اگر در طی چند سال پس از اجرای سیستم، عملیات کنترل علف‌های هرز به درستی اجرا گردد، با توجه به اینکه در این سیستم در طول فصل رشد، سطح خاک باغ خشک می‌ماند، به تدریج علف‌های هرز باغ ریشه‌کن خواهند شد. در اینجا به برخی از روش‌های شیمیایی کنترل علف‌های هرز باغ اشاره می‌شود:

۱- استفاده از علف‌کش پیش‌رویشی آلیون (ایندازینفلان ۲۰٪ اس سی) بصورت کاربرد خاکی روی سطح خاک و بخصوص روی لوله‌ها و محلی که ممکن است رطوبت به سطح خاک برسد. دوز مصرفی به میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر در ۳۰۰ لیتر آب برای یک هکتار باغ بوده و زمان مصرف آن در زمستان و قبل از رویش علف‌های هرز می‌باشد.

۲- استفاده از علف‌کش تری‌فلان (تری فلورالین) بصورت کاربرد خاکی روی سطح خاک و بخصوص روی لوله‌ها و محلی که ممکن است رطوبت به سطح خاک برسد. دوز مصرفی به میزان ۷/۵ لیتر در ۳۰۰ تا ۴۰۰ لیتر آب برای یک هکتار باغ بوده و زمان مصرف آن قبل از سبز شدن علف‌های هرز در اسفندماه می‌باشد. علف‌کش روی سطح خاک پاشیده شده و به صورت سطحی (در عمق ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر) توسط رتیواتور و یا کولتیواتور با خاک مخلوط می‌گردد. البته برای زیر درختان ۴ لیتر در هکتار کافی است و یا می‌توان محلول ۱۰ در هزار علف کش درست نمود و یک تانک ۱۰۰۰ لیتری آن را برای حدود دو هکتار استفاده کرد.

- کوددهی در داخل سیستم (کودآبیاری)

کوددهی در این سیستم از طریق کودهای محلول در آب می‌باشد. در صورتی که سطح اجرای شده سیستم زیاد باشد، می‌توان کودهای مورد نیاز را در داخل یک تانک کود مرکزی بزرگ حل نمود و با تزریق در مسیر جریان آب به داخل سیستم هدایت نمود. در باغ‌های کوچک، از طریق تانک‌های کود کوچک که در کنار حوضچه تقسیم آب قرار می‌گیرند، عملیات کوددهی انجام می‌شود (شکل ۲۰). کودهای آلی و شیمیایی با مصرف زیاد نیز از طریق چالکودهایی که با فاصله حداقل ۰/۵ متر از کانال نصب لوله‌های زیرسطحی و به طرف وسط ردیف درختان حفر می‌گردد، به درختان داده می‌شود. با توجه به اینکه در این سیستم آبیاری در زیر سطح خاک و کنار ریشه درختان انجام می‌شود، امکان استفاده از کودهای شیمیایی با جابجایی کم در خاک (کودهای فسفره و پتاسه) نیز وجود دارد. از طرفی با توجه به اینکه درصد خیس‌شدگی خاک در این سیستم بسته به فاصله کاشت درختان، معمولا بین ۴۰ تا ۶۰ درصد حجم خاک باغ تا عمق توسعه ریشه را شامل می‌گردد، نیاز کودی نیز به همین نسبت در مقایسه با آبیاری سطحی کاهش یافته و بهره‌وری مصرف کود را افزایش می‌دهد.

شکل ۲۰- نحوه کوددهی در سیستم آبیاری زیرسطحی در باغ‌های کوچک (راست) و باغ‌های بزرگ (چپ)

برنامه‌ریزی آبیاری در سیستم آبیاری زیرسطحی

- نیاز آبی

همانطور که در قسمت مزایای این سیستم آبیاری (بخش کاهش مصرف آب) نسبت به سیستم آبیاری غرقابی بیان شد، در این سیستم آبیاری کاهش حداقل ۳۰ درصدی آب مصرفی را نسبت به روش آبیاری غرقابی کامل، خواهیم داشت. در علم آبیاری

برای روش‌هایی که نسبت به روش آبیاری غرقابی، درصد کمتری از خاک را خیس می‌کنند، فرمولی جهت اصلاح نیاز آبی وجود دارد که به شرح زیر می‌باشد (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶):

$$ET_f=ET_{crop}\{P_s+0.15(1-P_s)\}$$

در این فرمول: ET_f تبخیر و تعرق یا نیاز آبی گیاه در روش آبیاری موضعی، ET_{crop} تبخیر و تعرق یا نیاز آبی در روش‌های آبیاری با سطح خیس‌شده کامل مانند آبیاری غرقابی و P_s درصد مساحت خیس‌شده خاک یا درصد پوشش گیاهی می‌باشد. در واقع قسمت داخل کروشه در فرمول فوق به عنوان «**ضریب تصحیح نیاز آبی**» نامیده می‌شود. جدول ۱ نیاز خالص و ناخالص آبیاری و نیز میزان کاهش مصرف آب در روش‌های مختلف آبیاری را نسبت به آبیاری غرقابی در شهرستان رفسنجان نشان می‌دهد.
بنابراین با توجه به نیاز آبی درختان پسته در روش غرقابی در هر منطقه از مناطق پسته‌کاری کشور، بر اساس این جدول می‌توان نیاز ناخالص آبیاری در روش آبیاری زیرسطحی کم فشار را محاسبه نمود. بر حسب اینکه باغدار در روش آبیاری غرقابی چقدر کمتر یا بیشتر از نیاز ناخالص بهینه آبیاری غرقابی در آن منطقه مصرف می‌کند، درصد کاهش آب مصرفی در سیستم آبیاری زیرسطحی کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی، تغییر می‌نماید.

جدول ۱- نیاز آبی خالص و ناخالص درختان پسته در روش‌های مختلف آبیاری در شهرستان رفسنجان

ردیف	روش آبیاری	درصد مساحت سایه‌انداز یا خیس‌شده (Ps)	ضریب تصحیح نیاز آبی	راندمان آبیاری (درصد)	نیاز خالص آبیاری (m^3/ha)	نیاز ناخالص آبیاری (m^3/ha)	کاهش نیاز ناخالص آبیاری نسبت به آبیاری غرقابی (درصد)
۱	آبیاری غرقابی با سطح خیس‌شده کامل	۱۰۰	۱	۷۰	۶۹۱۱	۹۸۷۳	-
۲	آبیاری زیرسطحی کم‌فشار (پی‌وی‌سی)	۶۰	۰/۶۶	۸۰	۴۵۶۱	۵۷۰۱	۴۲/۳
۳	آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی	۵۰	۰/۵۷۵	۸۵	۳۹۷۴	۴۶۷۵	۵۲/۶

- مدت زمان آبیاری در هر نوبت

یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر کارایی این سیستم آبیاری، مدت زمان آبیاری در هر شیفت می‌باشد. این مدت زمان باید به گونه‌ای تنظیم گردد که نیاز آبی ناخالص درختان را در فاصله بین دو آبیاری متوالی، تامین نماید. بسیاری از باغداران بدون توجه به خصوصیات طراحی و هیدرولیکی لوله‌های آبده، حجم زیادی از آب را در یک حوضچه وارد کرده و این امر باعث می‌گردد که قبل از اینکه نیاز آبی گیاه در آن دوره زمانی تامین گردد، لوله‌ها از آب پر شده و آب به اصطلاح پس بزند. در این وضعیت باغدار مجبور به قطع آب می‌گردد. در چنین شرایطی نیاز آبی درختان تامین نشده و با انجام کم‌آبیاری، دچار تنش خشکی خواهند شد. بنابراین دبی ورودی به حوضچه‌ها و به تبع آن خطوط لوله آبده باید به گونه‌ای تنظیم گردد که کل مدت زمان لازم برای تامین نیاز آبی درختان را پوشش دهد. در صورتیکه دبی آب ورودی به لوله‌های آبده را در محدوده ذکرشده در قسمت‌های قبلی (۰/۰۳ تا ۰/۱ لیتر بر ثانیه در هر متر از طول لوله) در نظر گرفته و زمان رسیدن آب به انتهای خط لوله (حدود یک سوم زمان آبیاری) باشد، ضمن توزیع یکنواخت آب در طول خط لوله، مدت زمان مورد نیاز جهت تامین نیاز ناخالص آبیاری نیز رعایت خواهد شد. در اینجا با ذکر یک مثال روش محاسبه مدت زمان آبیاری در هر شیفت ارائه می‌گردد.

مثال: مشخصات یک باغ پسته که با سیستم آبیاری کم‌فشار با لوله‌های پی‌وی‌سی آبیاری می‌شود، به شرح ذیل می‌باشد:
تعداد ردیف درختان (N_r): ۳۶ ردیف، طول ردیف درختان (L_r): ۵۰ متر، فاصله ردیف درختان (W_r): ۶ متر و دبی آب چاه (Q): ۲۵ لیتر بر ثانیه می‌باشد. در صورتی که برای هر ردیف آبیاری دو خط لوله در دو طرف در نظر گرفته شده باشد و طراحی سیستم به گونه‌ای باشد که هر سه ردیف از درختان از داخل یک حوضچه آبیاری شوند (شش خط لوله از یک حوضچه آبگیری نمایند) و هر دو حوضچه بطور همزمان آبگیری شوند، با دور آبیاری (F) ۳۰ روز و نیاز آبیاری ناخالص (IR_g) ۵۷۰۰ متر مکعب در هکتار (جدول ۱) در هشت ماه فصل رشد، مدت زمان آبیاری (T_i) هر دو حوضچه و کل باغ در هر شیف آبیاری (T_s) را محاسبه نمایید.

- مساحت کل باغ (A_t) از حاصل ضرب سه پارامتر تعداد ردیف درختان، طول ردیف و فاصله ردیف‌ها بدست می‌آید.

$$A_t = N_r \times L_r \times W_r = 36 \times 50 \times 6 = 10800\ m^2 = 1.08\ ha$$

- با دور آبیاری ۳۰ روز، تعداد نوبت آبیاری (N_i) در ۸ ماه فصل رشد، ۸ نوبت خواهد بود. با توجه به اینکه در این ۸ ماه باید مقدار ۵۷۰۰ متر مکعب در هکتار آب به باغ داده شود، لذا حجم آب آبیاری برای هر هکتار در هر نوبت (V_i)، از تقسیم حجم آب کل (IR_g) به تعداد نوبت آبیاری حاصل می‌شود.

$$V_i = \frac{IR_g}{N_i} = \frac{5700}{8} = 712.5\ m^3/ha$$

- با توجه به اینکه در هنگام عملیات آبیاری هر دو حوضچه بطور همزمان آبیاری می‌شوند، برای تعیین زمان آبیاری دو حوضچه در هر نوبت (T_i)، ابتدا باید سطح تحت پوشش دو حوضچه (A_i) را حساب کنیم. با توجه به اینکه هر حوضچه شامل سه ردیف درخت می‌باشد، A_i از حاصل ضرب چهار پارامتر تعداد حوضچه‌ای که همزمان آبیاری می‌شوند، تعداد ردیف تحت پوشش هر حوضچه، فاصله ردیف‌ها و طول هر ردیف بدست می‌آید.

$$A_i = 2 \times 3 \times 6 \times 50 = 1800\ m^2$$

- با توجه به محاسبه حجم آب مورد نیاز برای هر هکتار باغ در هر شیفت (V_i) در مرحله قبلی، با یک تناسب ساده، حجم آب آبیاری مورد نیاز برای دو حوضچه (V_p) با سطح تحت پوشش ۱۸۰۰ متر مربع بصورت زیر محاسبه می‌گردد. در ضمن مخرج کسر زیر مساحت یک هکتار باغ بر حسب متر مربع می‌باشد.

$$V_p = \frac{V_i \times A_i}{10000} = \frac{712.5 \times 1800}{10000} = 128.25\ m^3$$

- برای تعیین مدت زمان آبیاری هر دو حوضچه در هر شیفت (T_i)، باید حجم آب مورد نیاز (V_p) را بر دبی آب چاه (Q) تقسیم نماییم. اما با توجه به اینکه حجم آب بر حسب متر مکعب می‌باشد، دبی آب در فرمول نیز باید به متر مکعب بر ثانیه تبدیل شود. یعنی بجای ۲۵ لیتر بر ثانیه، ۰/۰۲۵ متر مکعب بر ثانیه قرار گیرد.

$$T_i = \frac{V_p}{Q} = \frac{128.25}{0.025} = 5130\ sec = 85.5\ min = 1.425\ hr$$

- تعداد کل حوضچه‌ها از تقسیم تعداد ردیف درختان باغ بر تعداد ردیفی که تحت پوشش هر حوضچه می‌باشد (سه ردیف)، قابل محاسبه است.

$$N_p = \frac{N_r}{3} = \frac{36}{3} = 12$$

- با توجه به اینکه هر دو حوضچه بطور همزمان آبیاری می‌شوند، بنابراین این ۱۲ حوضچه در ۶ مرحله و هر مرحله به مدت ۸۵/۵ دقیقه آبیاری می‌گردد. لذا مدت زمان کل باغ در هر شیفت (T_s) بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T_s = 6 \times T_i = 6 \times 85.5 = 513 \text{ min} \cong 8.55 \text{ hr}$$

- برای تعیین دبی آب کاربردی در هر متر طول لوله (Q_l) در این سیستم، ابتدا باید طول لوله‌هایی که همزمان آبیاری می‌شوند (L_s) را محاسبه نمود. با توجه به اینکه ۶ ردیف درخت با طول ۵۰ متر همزمان آبیاری شده و هر ردیف هم شامل دو خط لوله می‌باشد، بنابراین L_s از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$L_s = 6 \times 50 \times 2 = 600 \text{ m}$$

- حال مقدار Q_l از تقسیم دبی آب سیستم (Q) بر طولی از لوله که همزمان آبیاری می‌شود (L_s) محاسبه می‌گردد.

$$Q_l = \frac{Q}{L_s} = \frac{25}{600} \cong 0.042 \text{ lit.s}^{-1}.\text{m}^{-1}$$

نکته‌ای که باید به آن اشاره کرد این است که دبی آب کاربردی بدست آمده در هر متر طول لوله (Q_l) در این مثال، در محدوده مناسب ذکر شده در قسمت قبل (۰/۰۳ تا ۰/۱ لیتر بر ثانیه) بوده و نشان‌دهنده طراحی مناسب آن می‌باشد.
در مجموع محاسبات نشان داد که کل ۳۶ ردیف درخت این باغ در هر نوبت آبیاری در طول فصل، در مدت ۸/۵۵ ساعت آبیاری می‌شود. به عبارت دیگر مدت زمان آبیاری هر ردیف درخت و هر خط لوله به ترتیب ۱۴/۲۵ و ۷/۱۲۵ دقیقه خواهد بود.

- دور آبیاری

دور آبیاری در این روش آبیاری نزدیک به دورهای آبیاری بهینه در آبیاری غرقابی است و بسته به بافت خاک و ماه سال، از ۲۵ روز تا ۳۵ روز متغیر می‌باشد. هر چه بافت خاک سبک‌تر (شنی‌تر) و آبیاری در ماه گرمتر سال (تیر و مرداد) باشد، دور آبیاری کوتاه‌تر انتخاب می‌شود. بطور متوسط دور آبیاری ۳۰ روز در اغلب شرایط وضعیت مناسبی را از نظر رطوبتی در محدوده ریشه درختان پسته ایجاد می‌کند. نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده از وضعیت رطوبت خاک در بین دو آبیاری متوالی در محدوده عمق حداکثر تراکم ریشه درختان پسته (عمق ۳۰ تا ۸۰ سانتی‌متر) در یک خاک لومی شنی و در ماه‌های تیر و مرداد (زمان حداکثر تبخیر و تعرق) نشان داد که رطوبت خاک تا ۲۵ روز پس از آبیاری در محدوده رطوبت سهل‌الوصول قرار داشت. بنابراین انتخاب دور آبیاری ۲۵ تا ۳۵ روز برای خاک‌های سبک تا سنگین، مناسب به نظر می‌رسد (صداقتی و همکاران، ۱۳۹۳).

- آبشویی زمستانه

با توجه به اینکه در این سیستم در طول فصل رشد درختان، آبی بصورت سطحی یا غرقابی به خاک باغ داده نمی‌شود و آبیاری فقط بصورت زیرسطحی انجام می‌گردد، مشابه سایر سیستم‌های خردآبیاری، افزایش شوری خاک در اطراف پیاز رطوبتی و بخصوص قسمت بالایی لوله‌های آبده، دور از ذهن نمی‌باشد. شکل ۲۱ وضعیت شورشدگی سطح خاک بالای لوله‌های آبده را نشان می‌دهد. البته این افزایش شوری در طول فصل مشکلی را برای درختان ایجاد نمی‌نماید، ولی با تجمع آن‌ها در دراز مدت، در صورتیکه از ناحیه ریشه خارج نشوند، باعث بروز مسمومیت‌های ناشی از شوری و تجمع املاح در درختان خواهند شد.

شکل ۲۱- وضعیت شورشدگی سطح خاک بالای لوله‌های آبده در آبیاری زیرسطحی

بنابراین بسته به میزان شوری آب آبیاری، انجام یک تا دو نوبت آبشویی زمستانه، جهت شستشوی املاح اضافی از منطقه ریشه درختان، الزامی است. برای محاسبه مقدار نیاز آبشویی زمستانه، مدل‌های نظری و تجربی بسیار زیادی وجود دارد، اما ساده‌ترین مدل تجربی که در ایران کاربرد بسیار زیادی دارد، مدل تجربی ریو (۱۹۵۷) می‌باشد. بر اساس این مدل مقدار نیاز آبشویی زمستانه از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$Diw = Ds \times \frac{ECei}{5 \times ECef} + 0.15$$

در این فرمول:

Diw: عمق آب آبشویی مورد نیاز (متر)

Ds: عمق خاک اصلاحی (متر)

ECei: هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل از آبشویی (دسی‌زیمنس بر متر)

ECef: هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بعد از آبشویی (دسی‌زیمنس بر متر) می‌باشد. برای درک بهتر مطلب به ذکر یک مثال می‌پردازیم.

مثال: چنانچه متوسط هدایت الکتریکی خاک منطقه ریشه درختان پسته تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری، قبل از آبشویی زمستانه، ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر باشد و بخواهیم شوری عصاره اشباع خاک را به ۷ دسی‌زیمنس بر متر برسانیم، عمق آب آبشویی مورد نیاز را محاسبه نمایید.

$$Diw = Ds \times \frac{ECei}{5 \times ECef} + 0.15 = 1.2 \times \frac{10}{5 \times 7} + 0.15 = 0.49\ m = 49\ cm$$

بنابراین برای اینکه شوری خاک منطقه ریشه را تا عمق ۱۲۰ سانتی‌متری از ۱۰ به ۷ دسی‌زیمنس برسانیم، باید ۴۹ سانتی‌متر آب روی کرت قرار گیرد. البته بهتر است که این میزان آب غرقابی به دو قسمت تقسیم شده و در طی دو مرحله با فاصله چند روزه (۴ تا ۷ روزه بسته به بافت خاک سبک تا سنگین) به خاک داده شود. این کار راندمان آبشویی را بطور چشمگیری افزایش می‌دهد. چرا که در آبیاری اول، املاح خاک فرصت انحلال پیدا می‌کنند و در آبیاری بعدی، بهتر آبشویی می‌شوند.

جمع‌بندی

در مجموع این سیستم با مزایای زیادی نظیر کاهش مصرف آب، کاهش دور آبیاری، افزایش بهره‌وری مصرف آب و کود، افزایش راندمان آبیاری و یکنواختی توزیع آب در باغ، سازگاری سیستم با شرایط خرده‌مالکی، امکان استفاده از سیستم در شرایط آب‌های نامتعارف، کاهش رشد علف‌های هرز و هزینه‌های کارگری، تسهیل سایر عملیات کشاورزی در زمان آبیاری، عدم نیاز به احداث استخر ذخیره آب و پمپاژ ثانویه و هماهنگی مناسب با فرهنگ باغدار به دلیل کارکرد آسان، می‌تواند به عنوان یک روش آبیاری کارآمد در جهت استفاده بهینه از منابع آب و افزایش بهره‌وری مصرف آب در باغ‌های پسته مورد استفاده قرار گیرد. اما همه این مزایا در صورتی محقق می‌شود که سیستم به درستی طراحی، اجرا و بهره‌برداری گردد. بنابراین این نشریه می‌تواند به عنوان یک راهنما برای دست اندرکاران اجرای این سیستم آبیاری مورد استفاده قرار گیرد. امید است که با اجرای مناسب این سیستم در باغ‌های پسته کشور،ضمن کاهش مشکلات ناشی از خشکسالی و تنش‌های خشکی ناشی از آن، گام بلندی در جهت افزایش بهره‌وری مصرف آب برداشته شود.

مهمترین پیام نشریه:
منابع آبی در ایران رو به کاهش است. برای استفاده مناسب از این منبع ارزشمند در کشاورزی باید با استفاده از روش‌های نوین آبیاری نظیر آبیاری زیرسطحی کم‌فشار بومی، علاوه بر کاهش مصرف آب، بهره‌وری استفاده از آن را افزایش دهیم.

منابع

- شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان. امور آب رفسنجان. ۱۳۹۶. اطلاعات منتشر نشده.
- صداقتی، ناصر.، حسینی فرد، سید جواد و محمدی محمدآبادی، اکبر. ۱۳۹۱. مقایسه عملکرد سیستمهای آبیاری قطره ای سطحی و زیرسطحی بر روی درختان بارور پسته. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، دانشگاه مشهد. جلد ۲۶، شماره ۳. مرداد و شهریور ۱۳۹۱، صفحات ۵۸۵-۵۷۵.
- صداقتی، ناصر.، حسینی فرد، سید جواد و عبدالهی عزت‌آبادی، محمد. ۱۳۹۳. بررسی امکان تغییر سیستم آبیاری سطحی غرقابی به زیرسطحی با لوله‌های PVC در باغ‌های پسته. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی پژوهشکده پسته، رفسنجان. ۲۶ صفحه. شماره ثبت ۴۶۵۵۲ مورخه ۹۳/۱۱/۱۱.
- صداقتی، ناصر.، حسینی‌فرد، سیدجواد.، عبدالهی عزت‌آبادی، محمد و نیکویی دستجردی، محمد رضا. ۱۳۹۹. اثر تغییر سیستم آبیاری از روش سطحی (غرقابی) به زیرسطحی با لوله‌های پی‌وی‌سی (PVC) بر شوری خاک و عملکرد درختان پسته. مجموعه مقالات دومین همایش بین‌المللی شوروزی. ۲۵ تیر ۱۳۹۹، مرکز تحقیقات شوری یزد. صفحات ۱۴۴-۱۳۷.
- صداقتی، ناصر.، حسینی‌فرد، سیدجواد.، عبدالهی عزت‌آبادی، محمد.، محمدی محمدآبادی، اکبر و نیکویی دستجردی، محمد رضا. ۱۳۹۸. اثر تغییر سیستم آبیاری از روش سطحی (غرقابی) به زیرسطحی با لوله‌های پی‌وی‌سی(PVC) بر شوری

خاک، رشد و عملکرد درختان پسته. مجله علوم و فنآوری پسته. مجله علوم و فنآوری پسته. جلد ۴، شماره ۸. صفحات ۴۲-۲۸. پاییز و زمستان ۱۳۹۸.

- صداقتی، ناصر.، حسینی‌فرد، سیدجواد.، عبدالهی عزت‌آبادی، محمد و نیکویی دستجردی، محمد رضا. ۱۳۹۹. اثر تغییر سیستم آبیاری از روش سطحی (غرقابی) به زیرسطحی با لوله‌های پی‌وی‌سی (PVC) بر شوری خاک و عملکرد درختان پسته. مجموعه مقالات دومین همایش بین‌المللی شورورزی. ۲۵ تیر ۱۳۹۹، مرکز تحقیقات شوری یزد. صفحات ۱۴۴-۱۳۷.
- صداقتی، ناصر.، علیزاده، امین.، انصاری، حسین و حسینی‌فرد، سید جواد. ۱۳۹۴. اثر استفاده از خاکپوش پلاستیکی در آبیاری قطره‌ای بر رشد، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب پسته. نشریه پژوهش آب در کشاورزی/ب/ جلد ۲۹، شماره ۴. صفحات ۴۹۵-۴۸۳.
- فرشی، علی اصغر.، شریعتی، محمد رضا.، جارالهی، رقیه.، قائمی، محمد رضا.، شهابی‌فر، مهدی و تولایی، میر مسعود. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی، جلد دوم، گیاهان باغی. موسسه تحقیقات خاک و آب کشور. نشر آموزش کشاورزی، ۶۳۰ صفحه.
- Burt, C. M., Mutziger, A., Howes, D. J., and Solomon, K. H. 2002. The effect of stubble and mulch on soil evaporation. Irrigation training and research center BioResource and Agricultural Engineering Dept. California polytechnic state university san Luis obis. CA 93407-805-756-2433.
- Hu, W., Duan, S., and Sui, Q. 1995. High yield technology for ground-nut. *International Arachis Newsletter 15 (Suppl.), 1–22.*
- Jalota, S. K. 1993. Evaporation Through soil mulch in relation to characteristics and evaporativity. Australian Journal Soil Research. 31(2): 131-136.
- Reeve, R. C. 1957. The relation of salinity to irrigation and drainage requirements. Third Congress of International Commission on Irrigation and Drainage. Transactions 5:10.175-10.187.
- Sedaghati, N., A. Alizadeh., H. Ansari and S. J. Hosseinifard. 2016. Study of Changes in Soil Moisture and Salinity Under Plastic Mulch and Drip Irrigation in Pistachio Trees. Journal of Nuts 7(1):21 -33.

Introduction of Low-Pressure Subsurface Irrigation System with PVC Pipes and Scientific Principles of its Implementation in Pistachio Orchards

By:

Nasser Sedaghati

Seyed Javad Hosseinifard

2021

پژوهشکده پسته

رفسنجان: میدان شهید حسینی

تلفن: ۰۳۴-۳۴۲۲۵۲۰۳-۰۷

دورنگار: ۰۳۴-۳۴۲۲۵۲۰۸

http://pri.hsri.ac.ir

انتشارات
موسسه تحقیقات
علوم باغبانی
۱۳۹۷