دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

تأثیر کم‌آبیاری و روش PRD بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در زراعت سیب‌زمینی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی

عباس غفاری ششجوانی

اساتید راهنما

دکتر بهروز مصطفی زاده فرد

دکتر سید فرهاد موسوی

۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی آقای عباس غفاری ششجوانی

تحت عنوان

تأثیر کم‌آبیاری و روش PRD بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در زراعت سیب‌زمینی

در تاریخ ۱۳۸۷/۱۰/۲۴ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر بهروز مصطفی زاده فرد
۲- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر سید فرهاد موسوی
۳- استاد مشاور پایان‌نامه	مهندس علیرضا مأمن پوش
۴- استاد مشاور پایان‌نامه	مهندس سید حسین سقائیان نژاد
۵- استاد داور	دکتر سید سعید اسلامیان
۶- استاد داور	دکتر خورشید رزمجو
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر فرشید نوربخش

چکیده

سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین و عمده‌ترین محصولات زراعی ایران و جهان می‌باشد. در اکثر مناطق جهان به ویژه در ایران، عامل محدود کننده تولیدات زراعی، آب است. کم‌آبیاری یک راهکار بهینه برای صرفه‌جویی در مصرف آب در شرایط کم‌آبی و در نهایت کاهش هزینه و افزایش سود است. به منظور بررسی روش‌های مختلف آبیاری شیاری از لحاظ عملکرد و کارآیی مصرف آب در زراعت سیب‌زمینی، آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان (ایستگاه رزوه) در سال ۱۳۸۶ انجام شد. این تحقیق در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با تیمار آب آبیاری در سه سطح (آبیاری پس از ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A) و روش آبیاری (آبیاری شیاری معمولی، PRD، شیاری یک در میان، شیاری یک در میان تا اواسط فصل، شیاری یک در میان از اواسط فصل به بعد و شیاری با دو ردیف کاشت روی پشته) در سه تکرار انجام گرفت. نتایج نشان داد که راندمان کاربرد آبیاری به روش PRD (۹۳/۸ درصد) بیشتر از روش شیاری معمولی (۷۴/۱ درصد) است. اثر روش آبیاری بر عملکرد سیب‌زمینی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. کمترین عملکرد مربوط به روش شیاری یک در میان تا آخر فصل (۱۶/۱۳ تن در هکتار) و بیشترین عملکرد مربوط به روش شیاری یک در میان تا اواسط فصل (۲۴/۴۷ تن در هکتار) می‌باشد. اثر مقدار آب آبیاری بر عملکرد سیب‌زمینی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد (۲۵/۸۲ تن در هکتار) مربوط به تیمار آب آبیاری ۱۲۰ درصد و حداقل عملکرد (۱۳/۸۴ تن در هکتار) مربوط به تیمار آب آبیاری ۷۵ درصد بود. اثر روش آبیاری بر کارآیی مصرف آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بیشترین کارآیی مصرف آب مربوط به روش‌های شیاری یک در میان تا اواسط فصل (۵/۳۳ کیلوگرم بر متر مکعب) و PRD (۵/۲۴ کیلوگرم بر متر مکعب) و کمترین کارآیی مصرف آب مربوط به روش شیاری دو ردیفه (۳/۷۸ کیلوگرم بر متر مکعب) بود. اثر مقدار آب آبیاری بر کارآیی مصرف آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بیشترین کارآیی مصرف آب (۴/۶۸ کیلوگرم بر متر مکعب) در تیمار آب آبیاری ۱۰۰ درصد و کمترین کارآیی مصرف آب (۳/۸۲ کیلوگرم بر متر مکعب) در تیمار آب آبیاری ۷۵ درصد به‌دست آمد. اثر روش آبیاری بر درصد غده‌های بزرگتر از ۵۵ میلی‌متر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بیشترین تولید غده‌های بزرگتر از ۵۵ میلی‌متر (۳۰/۴۴ درصد) در روش شیاری یک در میان تا اواسط فصل و کمترین (۱۶/۳۸ درصد) در روش شیاری با دو ردیف کاشت روی پشته حاصل شد. با افزایش آب آبیاری، درصد غده‌های بزرگتر از ۵۵ میلی‌متر افزایش یافت.

فصل اول
مقدمه و بررسی منابع

۱-۱ کلیات

در حال حاضر تقاضای رو به رشد برای محصولات کشاورزی که ناشی از افزایش سریع جمعیت می‌باشد، بزرگترین مشکل بسیاری از جوامع بشری است. تا قرن نوزدهم میلادی افزایش محصولات کشاورزی در بیشترکشورهای جهان در اثر افزایش و توسعه سطح زیر کشت بود. ولی در قرن بیستم کشورهای پیشرفته برای افزایش تولید، به بالا بردن تولید در واحد سطح رو آورده‌اند. از طرف دیگر با توجه به اینکه وسعت اراضی قابل کشت محدود بوده و افزودن بر سطح کشت در مواردی ناممکن و یا پرهزینه می‌باشد، پس لازم است که از طریق تحقیق، مطالعه و استفاده از فناوری‌های جدید، تولید در واحد سطح را افزایش داد. یکی از عوامل مهم در افزایش تولید محصول در واحد سطح زیر کشت، استفاده بهینه از آب و روش‌های مناسب آبیاری است [۴].

در اکثر مناطق جهان و به ویژه در ایران، عامل محدود کننده تولیدات زراعی، آب است. با توجه به روند افزایش جمعیت در ایران و استفاده بهینه از آب، یکی از مهم‌ترین مسائل برنامه ریزی کلان مملکتی برای خود اتکایی در تأمین غذا، عامل آب می‌باشد [۵۳].

کشور ما ایران سرزمینی است نسبتاً خشک، به طوری که اگر میانگین بارندگی سالانه در سطح کره زمین را که حدوداً ۸۶۰ میلی‌متر تخمین زده می‌شود با متوسط بارندگی در ایران که تقریباً رقمی معادل ۲۵۲ میلی‌متر است، مقایسه کنیم ملاحظه می‌شود که مقدار بارندگی در ایران حتی کمتر از یک سوم متوسط بارندگی در سطح دنیاست [۵].

در ایران مقدار آب قابل استحصال تجدید شونده حدود ۱۱۷ میلیارد متر مکعب است و با ۱۳ میلیارد متر مکعبی که از کشورهای همسایه وارد می‌شود جمع منابع تجدید شونده به ۱۳۰ میلیارد متر مکعب می رسد.

مقدار آب سهل الوصول تجدید شونده قریب به ۹۰ میلیارد متر مکعب است. راندمان کاربرد آبیاری در مزارع کوچک قریب به ۳۲ درصد و کارایی مصرف آب (WUE) حدود ۰/۷ کیلوگرم بر متر مکعب است. با توجه به آمار موجود می‌توان تخمین زد که در سال ۱۴۰۰ به ۱۲۰ میلیون تن محصولات کشاورزی و ۱۵۰ میلیارد مترمکعب آب برای تولید آن نیاز است. لذا برای نیل به خودکفایی لازم است که WUE به حدود ۱/۳ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش داده شود. در کشور ایران ۵۹ درصد اراضی کشاورزی تحت کشت آبی قرار می‌گیرد که ۸۹ درصد از تولیدات غذایی کشور در این اراضی تأمین می‌شود و ۱۱ درصد بقیه از اراضی دیم حاصل می‌گردد [۴۰].

در آبیاری، استفاده حداکثر از هر واحد آب مورد نظر می‌باشد. لذا هر روشی که بتوان به وسیله آن از آب استفاده بهتر و اقتصادی‌تری نمود، می‌تواند به عنوان یک الگوی مدیریتی مصرف آب مطرح گردد. کم‌آبیاری یکی از روش‌های مدیریتی است که می‌توان آن را به شیوه‌های مختلف در مقاطعی از دوره رشد و یا در طول دوره رشد گیاه اعمال نمود [۲۰ و۲۸].

کم‌آبیاری عبارت است از یک تکنیک فنی و مهندسی جهت تأمین آب مورد نیاز گیاهان فاریاب، به طوری که حداکثر استفاده از واحد حجم آب (در شرایط کمبود منابع آب) و یا از واحد اراضی (در شرایط محدودیت زمین) بدست آید و حداکثر سود حاصل شود. اگرچه نتیجه کم‌آبیاری کاهش عملکرد در واحد سطح است، اما مزایای مهمی دارد که عبارتند از: افزایش راندمان مصرف آب، افزایش راندمان آبیاری، افزایش سود خالص و کاهش هزینه تولید شامل هزینه‌های انتقال آب، سوخت، کارگر، سموم و کودهای شیمیایی [۷۲].

سیب‌زمینی یکی از محصولات دارای نیاز آب زیاد می‌باشد و آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده در تولید آن است. سیب‌زمینی بعد از گندم، برنج و ذرت، چهارمین محصول زراعی مهم در سطح

جهان می‌باشد. این گیاه از نظر سرعت رشد (۳۷ گرم در متر مربع در روز)، تولید ماده خشک (۲/۲ تن در هکتار)، انرژی (۲۱۶ مگاژول در هکتار در روز) و پروتئین (۱/۴ کیلوگرم در هکتار در روز) نسبت به بسیاری از محصولات زراعی برتر می‌باشد [۵۳].

۱-۲ روش‌های آبیاری

آبیاری در مناطق خشک دنیا دو هدف عمده دارد: ۱) تأمین رطوبت برای رشد گیاه، که شامل انتقال عناصر غذایی لازم نیز می‌شود و ۲) شستشو یا رقیق کردن نمک‌های خاک.

روش و زمان‌بندی آبیاری اثرات مهمی بر تولید محصول دارند. بنابراین، در حالی که هدف اول آبیاری تأمین رطوبت خاک است، روش و مدیریت آن نیز مهم بوده و باید مد نظر قرار گیرد [۵۰].

امروزه آبیاری به دو روش آبیاری کامل و کم‌آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، که این دو تکنیک آبیاری با استفاده از روش‌های معمول آبیاری از قبیل آبیاری سطحی و آبیاری تحت فشار قابل اجرا می‌باشند.

۱-۲-۱ آبیاری سطحی

اصطلاح آبیاری سطحی به طیف وسیعی از روش‌های آبیاری اشاره دارد که در آنها آب به روش ثقلی روی مزرعه پخش می‌شود [۵۰].

آبیاری سطحی تا کمی بعد از جنگ جهانی دوم رایج ترین شیوه آبیاری بود. بعد از جنگ جهانی دوم، با توسعه صنعت و پیشرفت فناوری و فراهم شدن انرژی بیشتر و ارزان، آبیاری به روش بارانی به سرعت گسترش یافت و از دهه ۱۹۷۰ به بعد به علت افزایش قیمت انرژی در جهان، پژوهش برای طراحی بهتر روش‌های آبیاری سطحی مورد توجه قرار گرفت [۴].

متأسفانه در بسیاری از مزارع، روش آبیاری سطحی به درستی اعمال نمی‌شود. در نتیجه نه تنها مقدار زیادی آب به هدر می‌رود، بلکه گاهی به گیاهان نیز صدمه وارد می‌شود. برای جلوگیری از بروز این مشکلات باید به گونه‌ای عمل کرد که روش آبیاری سطحی به نحو مطلوب طراحی و اجرا گردد تا نتایج خوبی در بر داشته باشد [۴۹].

یکی ار رایج‌ترین انواع روش‌های سطحی، آبیاری شیاری است. در این شیوه، آب روی تمام سطح خاک جریان نمی‌یابد، بلکه درون جویچه‌های باریک موسوم به شیار نفوذ می‌کند و خاک را مرطوب

می‌سازد. آب به طرق مختلف از جمله استفاده از سیفون، لوله‌های دریچه‌دار و روش مستقیم سنتی به درون این شیارها منتقل می‌شود. از این روش آبیاری در خاک‌هایی که سله می‌بندند، زمین‌هایی که دارای شیب عرضی زیاد هستند و گیاهانی که تحمل غرقاب شدن را ندارند می‌توان بهره جست [۴ و ۳۷].

تحت بیشتر شرایط آبیاری سطحی، شیارها امکان مدیریت بهتر آب در مزرعه را فراهم می‌نمایند. شیارها انعطاف پذیری خوبی را ایجاد می‌کنند که لازمه دستیابی به راندمان بالا برای هر آبیاری در طول یک فصل است. در آبیاری شیاری به سادگی می‌توان با تغییر تعداد شیارهایی که همزمان آبیاری می‌شوند، دبی هر شیار را تنظیم کرد تا خصوصیات متغیر جذب آب در نظر گرفته شود. مقدار جریان در داخل شیار باید از سرعت نفوذ آب به داخل خاک بیشتر و در حدی باشد که آب با سرعت مطلوب در طول شیار پیشروی کند و در ضمن باعث ایجاد فرسایش نگردد [۴ و ۵۰].

برخی از اطلاعاتی که قبل از طراحی سیستم‌های آبیاری شیاری باید جمع آوری کرد به شرح زیر است:

- بافت خاک و عمق آن
- درصد رطوبت در ظرفیت زراعی
- درصد رطوبت در نقطه پژمردگی دائم
- وزن مخصوص ظاهری خاک
- شیب عمومی زمین در جهت طول شیار
- انتخاب عرض شیارها با توجه به ماشین آلات مورد استفاده
- مشخصات مقطع هندسی شیار و زبری شیار
- انتخاب گیاه مورد نظر

پس از جمع آوری اطلاعات فوق می‌توان نسبت به طراحی آبیاری شیاری اقدام نمود.

۱-۳ کم‌آبیاری

کم آبیاری یک راهکار بهینه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که همراه با کاهش محصول می‌باشد. کم‌آبیاری به نام‌های دیگری همچون "آبیاری بخشی و ناقص"، "کم آبیاری تنظیم شده"و "آبیاری محدود" نیز خوانده می‌شود [۲۰].

هدف اصلی از اجرای کم‌آبیاری همانا افزایش راندمان کاربرد آب، چه از طریق میزان آب آبیاری در هر نوبت و یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین بازدهی را دارند. اعمال مدیریت کم‌آبیاری چندان هم ساده نیست و بسیار بحث برانگیز است. ولی در صورتی که هدف به حداکثر رساندن سود یا تثبیت تولید مواد غذایی باشد، کم‌آبیاری می‌تواند به عنوان یک راهکار ارزشمند مطرح شود [۲۰ و ۳۰].

محاسن کم‌آبیاری از سه فاکتور نشأت می‌گیرد:

۱- کاهش هزینه‌های تولید

۲- افزایش راندمان کاربرد آب

۳- کاهش هزینه های مربوط به آب آبیاری

گرچه کم‌آبیاری قرن‌هاست که در کشور ایران به صورت سنتی توسط کشاورزان انجام می‌گیرد و شاید در سایر کشورهای خشک و نیمه خشک نیز با آن به نحوی آشنا هستند، اما این روش چنان تحولی را در اقتصاد آب در بخش کشاورزی به همراه داشته و خواهد داشت که نیازمند تبیین مفاهیم و تحقیق پیرامون جنبه‌های علمی، عملی و کاربردی آن است [۲۰].

اصولاً کم‌آبیاری یک روش اضطراری آبیاری در شرایط کم آبی نیست، بلکه یک نوع مدیریت کارا و پویای بهره برداری به شمار می‌رود و اثرات ویژه‌ای در مدیریت استحصال، انتقال و مصرف آب و نهایتاً در مدیریت اقتصادی دارد.

روش‌های متعددی برای اعمال کم‌آبیاری در جهان تجربه شده است. آبیاری شیاری یک در میان و آبیاری به روش خشک کردن ناحیه‌ای ریشه (PRD)[1] از جمله این روش‌ها می‌باشند که در ادامه به توضیح این دو روش پرداخته خواهد شد.

۱-۳-۱ آبیاری شیاری یک در میان

آبیاری جویچه‌ای یک در میان یکی از روش‌هایی است که برای صرفه‌جویی در مصرف آب به‌کار می‌رود [۲۸].

در این روش در هر نوبت آبیاری، شیارها به صورت یک در میان آبیاری می‌شوند. بنابراین میزان آب داده شده به زمین کاهش و سطح زیر کشت، راندمان مصرف آب و نهایتاً سود افزایش می‌یابد. در این روش آب در یک طرف ردیف‌های کاشت قرار می‌گیرد و پیاز رطوبتی پیشروی جانبی خواهد داشت و

[1] - Partial Root-zone Drying

می‌تواند تا حدی رطوبت مورد نیاز شیارهای آبیاری نشده را تأمین کند. هرچه این پیشروی بیشتر باشد، آبیاری با موفقیت بیشتری انجام خواهد شد. بنابراین اعمال روش مذکور در خاک‌هایی با نفوذپذیری زیاد و شیب ناچیز مناسب خواهد بود، زیرا این دو خصوصیت باعث افزایش پیشروی جانبی می‌شوند. به علت اینکه در روش مذکور نفوذ جانبی بیشتر از روش شیاری معمولی می‌باشد، بنابراین روش آبیاری شیاری یک در میان، عمق آب مصرفی را به اندازه ۵۰ درصد نسبت به روش معمولی آن کاهش می‌دهد [۵۳].

در روش‌های سنتی آبیاری سطحی، تمام سطح مزرعه آبیاری شده و از آن تبخیر صورت می‌گیرد. چون که نباتات زراعی تمام سطح مزرعه را مخصوصاً در ابتدای فصل نمی‌پوشانند، بنابراین مقداری از آب بیهوده تلف می‌شود (به صورت تبخیر و یا نفوذ عمقی از دسترس خارج می‌شود). در روش شیاری یک در میان که بخشی از مزرعه آبیاری می‌شود، سطح تبخیر کاهش یافته و آب کمتری نیز وارد مزرعه می‌گردد [۲۰ و ۲۸].

روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان روشی است که از سال ۱۹۶۳ به طور وسیعی در آمریکا مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج این مطالعات با توجه به محل، نوع محصول، آب وهوا، طول شیار، شرایط سطح خاک و دیگر فاکتورها، متغیر است. اما تعمیم پاره‌ای موارد کلی زیر امکان پذیر است:

با کم‌آبیاری با روش شیارهای یک در میان، کاهش مصرف آب تا یک سوم در هر آبیاری امکان پذیر است که در ضمن در این روش، آبیاری نیز سریع‌تر انجام می‌گیرد و هزینه‌های دستمزد آبیاری پایین می‌آید. کل آب مصرفی در فصل رشد کاهش می‌یابد. در این روش، سطح خیس شده خاک خیلی کمتر است. لذا اتلاف از طریق تبخیر نیز کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند عامل اساسی در کاهش مصرف آب باشد [۲۰ و ۸۰].

فیش باخ و مولینر [۶۸] نشان دادند که آبیاری یک در میان ذرت در خاک لوم رسی لای دار به‌طور متوسط ۲۹ درصد در آب آبیاری به‌کار رفته صرفه‌جویی کرده است، در حالی که محصول کاهش چشمگیری نداشته است (۴/۷٪ کاهش محصول دانه).

قاسمی و سپاسخواه [۴۲] با بررسی اقتصادی آبیاری جویچه‌ای یک در میان برای سورگوم دانه‌ای به این نتیجه رسیدند که با مد نظر قرار دادن قیمت یارانه‌ای و واقعی آب در دو منطقه باجگاه و کوشککک برای روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر با دور ۱۰ روز در هر دو منطقه تفاوت چندانی با آبیاری جویچه‌ای معمولی با دور ۱۰ روز نداشته و حتی در باجگاه بیشتر نیز می‌باشد.

خواجه عبدالهی و سپاسخواه [۱۷] با بررسی اقتصادی آبیاری جویچه‌ای یک در میان برای ذرت دانه‌ای با دورهای مختلف اظهار داشتند که تیمار آبیاری چهار روزه یک در میان نسبت به تیمار جویچه‌ای با دور ۷ روز معمولی آب کمتری نیاز دارد، محصول کاهش چندانی نداشته و اقتصادی‌تر بوده است.

۱-۳-۲ روش آبیاری بخشی (PRD)

PRD یک روش جدید آبیاری است که برای اولین بار برای درخت انگور مورد استفاده قرار گرفت و امروزه درطیف وسیعی از درختان چند ساله و همچنین گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته است و در این راستا نتایج خوبی نیز گرفته شده است. از جمله درختان میوه که با این روش آبیاری شده‌اند می‌توان لیمو و گلابی را نام برد که حتی در برخی موارد نتایج به دست آمده از نتایج حاصل از کشت انگور تحت روش PRD بهتر بوده است. بعلاوه این روش نتایج خوبی برای درختان گیلاس، زیتون و پرتقال داشته است. در حال حاضر تأثیر PRD بر محصولاتی نظیر بادمجان، تمشک، سیب زمینی، کلزا و پنبه در حال بررسی می‌باشد [۷۷].

در این تکنیک آبیاری، محیط ریشه به دو ناحیه تقسیم می‌شود که به صورت تناوبی هر بار یکی از این دو ناحیه آبیاری می‌شود و ناحیه دیگر خشک نگهداشته می‌شود. هنگامی که قسمتی از ریشه خشک می‌شود، مقدار آبسیسیک اسید (ABA) (که نوعی هورمون رشد گیاهی است) در گیاه افزایش می‌یابد و به دنبال آن پیغامی به برگ‌ها فرستاده می‌شود تا به عنوان واکنشی نسبت به تنش آبی، روزنه‌ها را ببندند. در این حالت تولید شاخه‌های جانبی کاهش می‌یابد و تبخیر و تعرق از سطح برگ کم می‌شود. ولی چون قسمت‌های دیگر ریشه به آب دسترسی دارند، رشد گیاه و میوه به‌طور مشخصی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد [۷۱، ۷۳، ۷۷ و ۸۱].

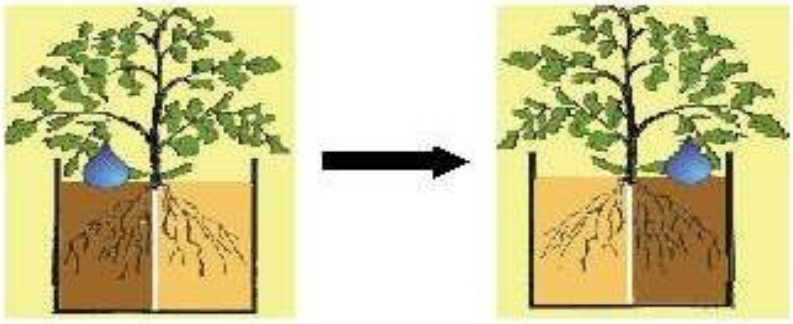
برخی تحقیقات نشان می‌دهد که در روش PRD عمق ریشه و همچنین میزان بیومس تولیدی در ریشه هم افزایش می‌یابد. این افزایش طول ریشه موجب بالا رفتن توانایی گیاه در دسترسی به منابع موجود در خاک از قبیل آب و نیتروژن می‌گردد [۶۳]. اگر روش آبیاری PRD به صورت صحیحی انجام شده باشد نباید تأثیر خیلی زیادی بر کیفیت محصول داشته باشد [۷۱].

لیو و همکاران [۷۵] در سال ۲۰۰۶ تحقیقی روی محصول توت فرنگی انجام دادند، که در آن آبیاری به روش PRD را مورد مطالعه قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که آبیار ی به روش PRD در مقایسه با آبیاری کامل تا ۵۰ درصد کارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهد. این در حالی است که PRD تا حد زیادی کل محصول تولیدی را کاهش می‌دهد.

در تحقیقی در مزارع انگور استرالیا، آبیاری به روش PRD انجام شد. در این تحقیق با فرض یک تنش آبی ملایم در یک سمت گیاه، سیگنال‌های محرکی از ریشه به تمام قسمت‌های گیاه فرستاده شد که موجب بالا بردن ۴۰ درصدی راندمان کاربرد آب گردید. علاوه بر این، افزایش کیفیت محصول یکی دیگر از نتایج آبیاری به روش PRD بود [۷۷].

نکته قابل توجه این است که هنوز نمی‌دانیم پاسخ سایر گیاهان در برابر PRD چگونه است و باید برای رسیدن به جواب این مسئله، آزمایش‌های متعدد گلخانه‌ای و صحرایی انجام گیرد.

شکل‌های (۱-۱) و (۱-۲) روش اجرای آبیاری به روش PRD را داخل گلدان و مزرعه نشان می‌دهند.



شکل(۱-۱) آبیاری به روش PRD داخل گلدان [۷۹]

شکل (۱-۲) آبیاری به روش PRD داخل مزرعه [۷۹]

۱-۴ مقایسه اثر روش های آبیاری بر عملکرد سیب زمینی

سامیز [به نقل از ۴۲] در تحقیقی اثر روش آبیاری شیاری (سنتی)، بارانی، قطره‌ای و زیرسطحی را برعملکرد سیب‌زمینی در یک خاک لوم رسی بررسی کرد. آبیاری زمانی صورت می‌گرفت که پتانسیل آب در عمق ۱۵ سانتی‌متری به ۲۰ کیلو پاسکال می‌رسید. حداکثر عملکرد و کارآیی مصرف آب با سیستم‌های آبیاری زیرسطحی و قطره‌ای وکمترین‌کارآیی مصرف آب با آبیاری شیاری و بارانی به دست آمد.

احسان پور [به نقل از ۴۷] پس از مطالعه تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری شیاری بر تعداد غده سیب‌زمینی در منطقه فریدن اصفهان نتیجه گرفت که دورهای ۷ و ۱۰ روز (۳۵ و ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشت) تأثیر معنی داری بر عملکرد غده ندارد.

قدمی فیروزآبادی و حیدری [۴۲] به منظور تعیین کارایی مصرف آب در زراعت سیب‌زمینی، چهار مزرعه در دشت قهاوند که به روش بارانی آبیاری می‌شدند را انتخاب کردند. میانگین آب مصرفی در مزارع مورد مطالعه ۱۰۷۰۰ متر مکعب اندازه‌گیری شد. مقدار کارایی مصرف آب در مزارع مطالعاتی از ۱/۵ کیلوگرم بر متر مکعب تا ۴/۲ کیلوگرم بر متر مکعب متغیر و به‌طور متوسط ۲/۵ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد گردید.

شاه نظری و همکاران [۸۱] تأثیر دو روش آبیاری با تیمارهای آبیاری زیر سطحی با ۱۰۰ درصد نیاز تبخیر و تعرق گیاه سیب‌زمینی و تیماری که به اسم PRD معروف است را طی دو سال مورد مطالعه قرار دادند. در تیمار ۱۰۰ در صد نیاز تبخیر و تعرق آب مورد نیاز به طور کامل به زمین داده شد. همچنین در تیمار PRD اینگونه عمل شد که مقدار آب مورد نیاز در دوره‌های کوتاه‌تر و به مقدار کمتر به طور یک در میان، یک بار در سمت راست و بار دیگر در سمت چپ، به گیاه داده شد. مشاهدات نشان داد که تفاوت چشمگیری بین شاخص سطح برگ و حداکثر ماده خشک در تیمارها وجود ندارد. در برداشت انتهای فصل، غده‌ها از نظر اندازه به چهار کلاس C_1-C_4 گروه بندی شدند که در روش PRD کلاس C_2، ۲۰ درصد بالاتر از تیمار آبیاری کامل بود. در مقایسه آبیاری کامل و PRD با همان مقدار محصول، روش PRD تا ۳۰ درصد در آب آبیاری صرفه‌جویی کرد و ۶۱ درصد بازده کاربرد آب آبیاری را افزایش داد.

نادری و محمدی [۵۳] به منظور بررسی تأثیر آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر عملکرد سیب‌زمینی، تحقیقی را طی دو سال در اراضی مرکز کشاورزی شاهرود اجرا کردند. نتایج دو سال آزمایش نشان داد که در تیمارهای آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت و متغیر، میزان مصرف آب حدود ۵۰ درصد کاهش یافت ولی به دلیل بروز تنش شدید خشکی، ارتفاع بوته، تعداد غده در هر بوته، متوسط وزن غده‌ها و در نهایت عملکرد محصول به‌شدت کاهش یافت. شایان ذکر است که بین تیمار آبیاری معمولی تمام جویچه‌ها و سایر تیمارها از نظر صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

اکبری [۴] به منظور تعیین مناسب‌ترین روش آبیاری ارقام مختلف سیب‌زمینی شامل کوزیما، مورن و مارفونا طرحی را به مدت دو سال در منطقه فریدن اصفهان اجرا نمودند. نتایج حاصل نشان داده است که

روش آبیاری بارانی در مقایسه با روش آبیاری سطحی (شیاری) از عملکرد محصول بالاتری برخوردار بوده و علاوه بر آن بیش از ۳۵ درصد (نسبت به آبیاری شیاری) در مصرف آب صرفه‌جویی داشته است.

سینگ و سود [۸۲] آزمایشی را روی اثر متقابل آب و کود نیتروژنه تحت روش‌های مختلف آبیاری برای سیب‌زمینی انجام دادند. میزان آب آبیاری بر اساس ۱۰۰و۱۵۰ درصد تبخیر از تشت اعمال گردید. بیشترین عملکرد غده و کارایی مصرف آب تحت سیستم آبیاری قطره‌ای و تیمار ۱۵۰ درصد تبخیر تجمعی از تشت به دست آمد.

سینگ و سوامیناتان [۸۳] دور آبیاری سیب‌زمینی را ۶ تا ۹ روز پیشنهاد کردند. گرچه دور آبیاری ممکن است مطابق رژیم رطوبتی بهینه خاک از ۷ تا ۱۲ روز تغییر کند.

رئیسی [۲۳] پس از مطالعه رژیم‌های آبیاری (شیاری) ضریب ۴۰ درصد تبخیر را برای مرحله سبز شدن تا تشکیل غده و ضریب ۱۰۰ درصد تبخیر از تشت را برای مرحله تشکیل غده تا برداشت سیب‌زمینی پیشنهاد نموده است.

اخوان [۱] به منظور بررسی اثر میزان آب و روش‌های آبیاری تیپ و شیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی محصول سیب زمینی رقم آگریا، آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی همدان در سال ۱۳۸۳ انجام داد. نتایج نشان داد که کمترین عملکرد مربوط به روش شیاری (۲۱/۳۵ تن بر هکتار) است و بیشترین عملکرد (۲۸/۹۲ تن بر هکتار) مربوط به روش آبیاری تیپ در عمق ۵ سانتی‌متری از وسط پشته می‌باشد. اثر روش آبیاری، مقدار آب آبیاری و اثر متقابل آنها بر تعداد ساقه اصلی در متر مربع و تعداد ساقه اصلی در بوته معنی‌دار نبود.

مرتضوی بک و اکبری [۴۷] روش‌های آبیاری سطحی و بارانی را در مورد ارقام سیب‌زمینی در منطقه فریدن مقایسه کردند و نتیجه گرفتندکه در آبیاری بارانی علاوه بر کنترل فرسایش و بهبود صفات کیفی سیب‌زمینی، ۴۰ درصد نسبت به روش آبیاری شیاری در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود.

شاک و فایبرت [۸۵] تأثیر کم‌آبیاری را بر سیب‌زمینی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اندازه غده‌ها و عملکرد با اعمال کم‌آبیاری کاهش می‌یابند.

۱-۵ تعیین مقدار آب آبیاری

۱-۵-۱ روش های محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع

در کشاورزی، آب مورد مصرف زراعت به مجموع تبخیر از سطح خاک و مقدار آبی گفته می‌شود که توسط ریشه های گیاه از خاک جذب می‌شود [۳۷].

منظور از تعیین تبخیر و تعرق برآورد مقدار آبی است که باید به یک پوشش زراعی داده شود تا در طول دوره رویش صرف تبخیر و تعرق نموده و بدون آنکه با تنش آبی مواجه شود، رشد خود را تکمیل نموده و حداکثر مقدار محصول را تولید کند [۳۷].

به منظور محاسبه نیاز آبی یا تبخیر و تعرق مرجع، سازمان خواروبار جهانی (فائو) در سال ۱۹۷۷ در نشریه ۲۴ خود استفاده از ۵ روش زیر را توصیه کرد [۲۱ و ۲۲] :

۱- روش بلانی- کریدل اصلاح شده

۲- روش تشعشعی

۳- روش پنمن- مانتیس

۴- روش تشت تبخیر

۵- روش پنمن

روش بلانی- کریدل اصلاح شده از آمارهای اندازه‌گیری شده دما، رطوبت، باد و ساعات آفتابی استفاده می‌نماید. روش تشعشعی از آمارهای اندازه‌گیری شده دما و تشعشع (در صورت موجود بودن) و آمارهای تخمینی باد و رطوبت بهره می‌گیرد. روش پنمن- مانتیس از پارامترهای دما، رطوبت، باد، تشعشع و جریان گرمایی خاک استفاده می‌نماید [۲۱ و ۲۲].

بیش از ۲۰ روش برای محاسبه تبخیر و تعرق وجود دارد، که با دامنه کاربرد منطقه‌ای و جهانی و داده‌های اولیه مختلف نظیر دما، تشعشع و بیلان انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دو برنامه کامپیوتری که برای محاسبه تبخیر و تعرق هم اکنون در دسترس هستند عبارتند از REF-ET (که تبخیر وتعرق گیاه مرجع را محاسبه می‌کند و از معادلات استاندارد فائو و ASCE استفاده می‌کند) و CROPWAT (که توسط فائو ارائه شده است) [۳۵].

سازمان خوارو بار جهانی (FAO)، روش پنمن- مانتیس را به دلایل زیر بیش از همه توصیه نموده است:

۱- اتکای آن به پارامترهای فیزیکی بیشتر از روش‌های دیگر است.

۲- تطابق بیشتر و بهتر آن با داده‌های لایسیمتری این امکان را فراهم می‌کندکه بتوان رابطه بسیار معنی‌دارتری بین داده‌های هواشناسی اقلیم‌های مختلط از یک سو و شرایط پوشش گیاهی از سوی دیگر برقرار کرد و آن را واسنجی نمود. اما در شرایطی که داده‌های اقلیمی دارای محدودیت باشد، روش‌های دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یکی از روش‌های عملی جهت تخمین تبخیر و تعرق، که دارای کاربرد وسیع در مناطق فاریاب است، روش تشت تبخیر می‌باشد. ارزش کاربردی روش تبخیر از تشت در مطالعات مقایسه‌ای و در برنامه‌ریزی‌های عملی آبیاری به خوبی شناخته شده است. از این روش در حد گسترده‌ای، از سطح بهره‌برداران کشاورزی تا سطح محققان در کارهای اجرایی و یا در حیطه تحقیقات، می‌توان بهره جست (البته به شرط نصب و مدیریت صحیح تشت) [۲۱ و ۲۲].

در روش تشت تبخیر، تأثیر مجموعه عوامل تابش، باد، دما و رطوبت بر تبخیر از سطح آزاد آب اندازه‌گیری می‌شود. در یک مدل مشابه، گیاهان به همین پارامترهای آب و هوایی واکنش نشان می‌دهند. تفاوت بین تابع تغییرات تبخیر نسبت به عوامل جوی و تابع تغییرات تبخیر و تعرق نسبت به این عوامل عبارتند از [۲۱ و ۲۲]:

۱- انعکاس پرتوهای خورشیدی و انرژی تشعشع از سطح آب ۵ تا ۸ درصد است. در صورتی که در مورد اغلب گیاهان مقدار این پارامتر به ۲۰ تا ۲۵ درصد می‌رسد.

۲- عمل استقرار تشت بستگی به اینکه اطراف آن تحت کشت و یا بایر باشد در مقدار تبخیر اثر می‌گذارد. انتقال حرارت از بدنه تشت نیز یکی از وجوه تفاوت بین میزان تبخیر از یک سو و تبخیر و تعرق از سوی دیگر به حساب می‌آید.

۳- به علت بالا بودن گرمای ویژه آب، بخش قابل ملاحظه‌ای از انرژی طی روز در آب ذخیره می‌شود، و همین امر موجب ادامه تبخیر در شب می‌گردد. در صورتی که تعرق در غیاب نور و انرژی خورشیدی عملاً متوقف می‌گردد.

۴- رنگ تشت و توری مشبک روی آن (که اغلب برای جلوگیری از مصرف آب توسط جانوران و پرندگان روی تشت نصب می‌شود) اثر عوامل جوی را روی تبخیر مختل می‌نماید.

ولی با وجود همه این تفاوت‌ها، اساتید فن آبیاری سعی کرده‌اند به جهات کاربردی رابطه قابل قبولی بین این دو پدیده و شرایط تعریف شده و استاندارد برقرار کنند و ضریب همبستگی بین تبخیر و تعرق گیاه مرجع و تبخیر از سطح تشت را به دست آورند، به طوری که بتوان با در دست داشتن تبخیر از تشت، تبخیر و تعرق مرجع را با استفاده از این رابطه به دست آورد:

$$ET_0 = K_p . E_{pan} \qquad (۱-۱)$$

که :

ET_0 = تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر در روز

E_{pan} = تبخیر از تشت بر حسب میلی‌متر در روز که بیانگر متوسط مقادیر روزانه در دوره بررسی است

K_P = ضریب تجربی که در برگیرنده شرایط آب و هوایی و محیط اطراف تشت می‌باشد

ضریب K_p به نام ضریب تشت معروف بوده و بستگی به وضعیت استقرار تشت و محیط اطراف آن داشته و مقدار آن در مناطق مختلف بین ۰/۵ تا ۰/۸۵ متغیر است [۳۷].

در ایستگاه‌های هواشناسی معمولاً از تشت استاندارد کلاس A که ظرفی استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر ۱۲۱ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵/۴ سانتی‌متر می‌باشد استفاده می‌شود [۳۷].

مقادیر K_p از جداول (۱-۱) و (۱-۲) برای تشت کلاس A در انواع شرایط رطوبتی، باد و محیط اطراف تشت به دست می‌آید [۶۳].

تشت روی یک سکوی چوبی که ۱۵ سانتی‌متر از سطح زمین فاصله دارد نصب می‌شود. تشت باید تراز باشد. در اندازه گیری تبخیر به وسیله تشت تبخیر بایستی به نکات زیر توجه شود [۲۷] :

۱- آب تمیز در تشت ریخته شود.

۲- تشت هر هفته یکبار از خس و خاشاک پاک شود.

۳- به مرور در اثر تابش خورشید و گرم شدن و راکد ماندن آب تشت مقداری جلبک در آن سبز می‌شود که بایستی تشت را از وجودشان پاک کرد. برای پاک نگه داشتن آب باید مقداری کات کبود به آب تشت اضافه کرد و یا از محلول‌های مخصوص که برای جلوگیری از رشد جلبک در استخرهای شنا به کار می‌برند، استفاده شود.

۴- تشت باید هر چند روز یک بار بازرسی شود و چنانچه سوراخی در آن وجود داشته باشد، گرفته شود. در غیر این صورت خطای زیادی در اندازه‌گیری تبخیر پیش خواهد آمد.

۵- میزان تبخیر از تشت باید همیشه در یک ساعت معین از روز اندازه‌گیری شود.

۶- اندازه تبخیر از تشت پس از چند روز معادل میزان تبخیر در عرض آن چند روز خواهد بود.

۷- ارتفاع گیاهان اطراف تشت بایستی در حدود لبه تشت باشد.

۱-۵-۲ ضریب گیاهی

در تمام روش‌هایی که توسط آنها تبخیر-تعریق گیاه مرجع (ET_0) محاسبه می‌شود، لازم است ضریب گیاهی نیز محاسبه شود. برای آنکه بتوان ضرایب حاصله از تخمین ET_0 را به سطوح پوشش گیاهی تعمیم داد لازم است مقادیر ET_0 بدست آمده را در ضریب گیاهی (K_c) ضرب نمود. ضریب گیاهی بستگی به عواملی مانند نوع گیاه، مرحله رشد و شرایط آب و هوایی محل دارد [۳۷].

جدول (۱-۱) ضریب K_p برای تشت کلاس A [۶۲]

سرعت باد (km/day)	مسافتی که باد روی پوشش گیاهی تا تشت طی می‌کند	تشت در کنار پوشش گیاهی واقع شده است		
		رطوبت نسبی (٪)		
		کم(۴۰>)	متوسط(۴۰-۷۰)	زیاد(۷۰<)
کم	۱	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۵
<۱۷۵	۱۰	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸۵
	۱۰۰	۰/۷	۰/۷۵	۰/۸۵
	۱۰۰۰	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۸۵
متوسط	۱	۰/۵	۰/۶	۰/۶۵
۴۲۵-۱۷۵	۱۰	۰/۶	۰/۷	۰/۷۵
	۱۰۰	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸
	۱۰۰۰	۰/۷	۰/۸	۰/۸
شدید	۱	۰/۴۵	۰/۵	۰/۶
۷۰۰-۴۲۵	۱۰	۰/۵۵	۰/۶	۰/۶۵
	۱۰۰	۰/۶	۰/۶۵	۰/۷
	۱۰۰۰	۰/۶۵	۰/۷	۰/۷۵
خیلی شدید	۱	۰/۴	۰/۶	۰/۶۵
>۷۰۰	۱۰	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۵
	۱۰۰	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶
	۱۰۰۰	۰/۵۵	۰/۶	۰/۶۵

جدول (۱-۲) ضریب K_p برای تشت کلاس A [۶۲]

سرعت باد (km/day)	مسافتی که باد روی پوشش گیاهی تا تشت طی می‌کند	تشت در خشکی واقع شده است		
		رطوبت نسبی (٪)		
		کم(۴۰>)	متوسط(۴۰-۷۰)	زیاد(۷۰<)
کم	۱	۰/۷	۰/۸	۰/۸۵
<۱۷۵	۱۰	۰/۶	۰/۷	۰/۸
	۱۰۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۵
	۱۰۰۰	۰/۵	۰/۶	۰/۷
متوسط	۱	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸
۴۲۵-۱۷۵	۱۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷
	۱۰۰	۰/۵	۰/۶	۰/۶۵
	۱۰۰۰	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶
شدید	۱	۰/۶	۰/۶۵	۰/۷
۷۰۰-۴۲۵	۱۰	۰/۵	۰/۵۵	۰/۶۵
	۱۰۰	۰/۴۵	۰/۵	۰/۶
	۱۰۰۰	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵۵
خیلی شدید	۱	۰/۵	۰/۶	۰/۶۵
>۷۰۰	۱۰	۰/۴۵	۰/۵	۰/۵۵
	۱۰۰	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵
	۱۰۰۰	۰/۳۵	۰/۴	۰/۴۵

$$ET_{crop} = K_c(ET_0) \qquad (۲-۱)$$

ضریب گیاهی یک مقدار ثابت نبوده و مقدار آن در طول دوره رویش گیاه تغییر می‌کند [۳۸]. مقدار K_c برای محصول سیب‌زمینی در منطقه فریدن از جدول (۱-۳) به دست می‌آید.

۱-۶ راندمان آبیاری

موضوع تأمین سطح مناسب رطوبت خاک برای رشد گیاه می‌تواند به وسیله هر سیستم آبیاری به سادگی صورت گیرد. اهمیت نوع سیستم آبیاری به آن است که سطح رطوبت مطلوب خاک را بهینه کرده، به طور مناسب حفظ شود، ولی قابلیت تبخیر، رواناب و تلفات نفوذ عمقی را به حداقل برساند. شاخص اهمیت سیستم آبیاری یکنواختی پخش و راندمان آبیاری می‌باشد [۳۵].

بر اساس یک تعریف ساده، راندمان کلی یک سیستم آبیاری (E_i) که به آن راندمان آبیاری نیز گفته می‌شود، درصدی از مقدار آب تأمین شده برای مزرعه است که بتواند مفید واقع گردد [۳۷].

راندمان آبیاری معمولاً بر حسب میزان ذخیره آب در ناحیه ریشه به عنوان درصدی از کل آب دریافت شده از منبع اصلی پروژه تعریف می‌شود. بازده آبیاری از سه بخش تشکیل شده است [۸] :

۱- بازده انتقال (E_c)

۲- بازده کانال‌های داخل مزرعه (E_b) که به آن بازده توزیع سیستم هم گفته می‌شود

۳- بازده کاربرد در مزرعه (E_a)

لذا بازده آبیاری پروژه (E_i) عبارت است از:

$$E_i = E_c.E_b.E_a \qquad (۳-۱)$$

این واژه علاوه بر تبخیر و تعرق محصول زراعی (ET_c)، شامل فرایندهایی مثل آبشویی، کنترل آب و هوا و تبخیر و تعرق (ET) از گیاهان غیر زراعی که برای گیاه زراعی مفید هستند (بادشکن‌ها یا پوشش‌های گیاهی برای جلوگیری از فرسایش) نیز می‌شود. این پارامتر به صورت زیر تعریف می‌شود [۱۰].

E_i = (تغییرات ذخیره آب آبیاری- حجم آب آبیاری داده شده) / حجم مفید آب آبیاری مصرف شده

جدول (۱-۳) ضریب K_c برای گیاه سیب‌زمینی در منطقه فریدن

ماه	اردیبهشت			خرداد			تیر			مرداد			شهریور	
دهه	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲
مرحله رشد	Ini	Ini	Ini	Ini/Dev	Dev	Dev	Dev/Mi	Mi	Mi	Mi	Mi/Lat	Lat	Lat	Lat
K_c	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵۷	۰/۷۶	۰/۹۹	۱/۱۵	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱/۱۹	۱/۱۳	۱/۰۲	۰/۹۲

Ini: مرحله ابتدایی رشد گیاه

Dev: مرحله توسعه گیاه

Mi: مرحله میانی رشد گیاه

Lat: مرحله نهایی رشد گیاه