نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۸، ص. ۲۱۶-۲۰۵

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 2, May-Jun. 2019, p. 205-216

مقایسه راندمان و شاخص بهره‌وری آبیاری پالسی با فشارهای ثقلی در خاک شنی تحت کشت هندوانه

مجید عرب فرد[۱*]- علی شاهنظری[۲]- میرخالق ضیاتبار احمدی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۶

چکیده

این تحقیق با استفاده از فشارهای ثقلی معادل ۰/۵، ۱/۵ و ۳ متر و با استفاده از دور آبیاری پالسی در بهار سال ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای با خاک شنی در شهرستان کاشان انجام شد. هندوانه منطقه سنبک طبق عرف محلی کاشته شد. تیمارهای مورد مطالعه سه روش آبیاری کوزه‌ای، قطره‌ای ثقلی و قطره‌ای نواری در مقایسه با آبیاری شیاری (تیمار شاهد) بودند و شاخص بهره‌وری آب در این تیمارها مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق از طرح آماری فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی برای آنالیز داده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد با مقدار آب مصرفی معادل ۶۷۹۰ متر مکعب در هکتار در هر کدام از روش‌های آبیاری موضعی ثقلی و ۱۳۴۵۲ متر مکعب در هکتار در تیمار شاهد، میزان عملکرد هندوانه در روش‌های آبیاری کوزه‌ای، قطره‌ای‌ثقلی، قطره‌ای نواری و آبیاری شیاری به ترتیب معادل ۱۲۲۴، ۱۱۴۵۷، ۷۵۲۷ و ۱۱۴۲۶ کیلوگرم در هکتار و شاخص بهره‌وری آب به‌ترتیب معادل ۰/۲، ۱/۷، ۱/۱ و ۰/۸ کیلوگرم در هکتار به ازای هر متر مکعب آب مصرفی به‌دست آمد. همچنین در مقایسه با دور آبیاری یک‌روزه، با کاربرد آبیاری پالسی در آبیاری موضعی، راندمان آبیاری به طور متوسط از ۸۷ درصد به ۹۸ درصد افزایش یافت. به‌طور کلی با کاربرد آبیاری موضعی در مقایسه با آبیاری شیاری در خاک شنی می‌توان ضمن افزایش بهره‌وری آب، از این خاک برای کشت گیاهان مثمر هم‌چون هندوانه با عملکرد بالا استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری موضعی ثقلی، خاک سبک، شاخص بهره‌وری آب، عملکرد هندوانه

مقدمه

در خاک‌های شنی سواحل دریا و یا ماسه‌های دشت کویر (موسوم به ماسه بادی) علاوه بر کمبود عناصر غذایی لازم برای رشد گیاه، به‌دلیل مشخصات فیزیکی خاص در نگه‌داری رطوبت و پائین‌بودن ظرفیت نگه‌داری آب، استفاده از روش‌های آبیاری معمول و شناخته شده (به‌ویژه آبیاری سطحی و یا حتی آبیاری تحت فشار) با محدودیت همراه است. لذا کاربرد روش‌هایی که بتواند با ویژگی‌های خاص خود هم‌چون تأخیر در نفوذ آب و دبی کم، شرایط آبیاری مطلوب این قبیل خاک‌ها را فراهم کند، می‌تواند منجر به بهبود شرایط فیزیکی و مدیریت بهینه این خاک‌ها گردد.

آبیاری قطره‌ای ثقلی (Gravity Drip Irrigation) روش جدیدی است که در آن از به‌کارگیری انرژی اضافی (ایستگاه پمپاژ) خودداری می‌گردد. مقدار کل انرژی مورد نیاز سیستم برای مزارع با حداکثر مساحت یکصد هکتار بین ۱ تا ۳ متر ارتفاع آب می‌باشد. مبانی اصلی عملکرد این سیستم بر کاهش فشار مورد نیاز قطره‌چکان‌ها قرار دارد. در سیستم آبیاری قطره‌ای ثقلی، فشار کارکرد قطره‌چکان در حدود ۰/۵ متر می‌باشد و بدین لحاظ کل شبکه با فشار کم قابل طراحی است (۱).از دیگر مزایای این سیستم نصب ساده و آسان آن با توجه به فشار بسیار پایین مورد نیاز و خنثی‌سازی اثر دما در میزان تخلیه قطره‌چکان‌ها می‌باشد. در این سیستم، با استفاده از قطر زیاد قطره‌چکان‌های میکروتیوب، اثر گرما بر افزایش قطر و دبی کاهش می‌یابد (۳). با حذف پمپاژ در آبیاری قطره‌ای ثقلی، هزینه‌ی اولیه‌ی تهیه‌ی پمپ، هزینه‌های جاری تأمین انرژی پمپاژ و نیز هزینه‌های مربوط به بهره‌برداری و نگه‌داری سیستم حذف می‌گردد و این کاهش‌هزینه تأثیر زیادی در انتخاب روش آبیاری به‌وجود می‌آورد (۸). در تحقیقی با بررسی خصوصیات هیدرولیکی تعدادی از قطره‌چکان‌ها در محدوده فشارهای ثقلی، مشخص شدکه قطره‌چکان‌های میکروفلاپر (microflapper) و اکثر قطره‌چکان‌های‌ثقلی (Gravity Drip Irrigation) با نام تجاری GDI حتی در حداقل فشار آزمایش (۰/۵ متر آب) نیز خروجی آب

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی سابق دکتری آبیاری و زهکشی، دانشیار و استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: majidarabfard@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jsw.v33i2.70933

داشت و در مواردی که قطره‌چکان‌های GDI خروجی نداشت این مشکل به‌راحتی قابل رفع بود، درحالی‌که رفع چنین مشکلی در سایرقطره چکان‌ها امکان‌پذیر نبود (7). در پژوهشی دیگری مشخص شد که آبیاری قطره‌ای‌ثقلی در مقایسه با آبیاری سطحی با کم‌ترین مقدار آب مصرفی بیشترین کارآیی مصرف آب را دارا می‌باشد (۱۶).

استفاده از روش آبیاری قطره‌ای نواری در سال‌های اخیر در ایران مورد توجه قرار گرفته و در این رابطه تحقیقاتی انجام شده است که هر کدام اهداف خاصی را دنبال کرده‌اند. مزایای این روش آبیاری عبارتند از: کاهش مصرف آب در واحد سطح ضمن افزایش رطوبت محدوده‌ی ریشه‌ی گیاه، افزایش راندمان مصرف آب، آبیاری در اراضی ناهموار، کاهش خسارت علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها، سهولت توزیع کود، فشار سرویس کم‌تر و کاهش هزینه و انرژی در مراحل تولید (۶). در این روش آبیاری معمولاً استفاده از نوارهایی با ضخامت ۱۷۵ میکرون و فاصله‌ی سوراخ‌های آبده ۲۰ یا ۳۰ سانتی‌متر که آب‌دهی آن‌ها در طول یک متر در فشار ۰/۶ تا ۰/۷ بار حدود ۴ لیتر در ساعت می‌باشد مناسب است (۲).

روش آبیاری کوزه‌ای نیز یکی از مؤثرترین روش‌ها برای آبیاری در مواجه هستند و یا زمین‌های ناهموار، خاک‌های درشت بافت و سبک با میزان نفوذ آب بالا و آب شور که در روش‌های آبیاری سطحی به‌طور معمول نمی‌تواند استفاده شود، می‌باشد (۱۵).

ویژگی تراوش کم آب از کوزه سبب می‌شود که از آن به‌عنوان وسیله‌ای نام‌برده شود که می‌تواند آب را در طی مدتی مناسب در خود نگه‌داری کند و به آرامی در اختیار گیاه قرار دهد و گیاه نیز از طریق جذب توسط ریشه، احتیاجات خود را برآورده کند. در قدیم این روش آبیاری در استان‌های کرمان، و اطراف شهرهای سبزوار و بندرعباس مورد استفاده بوده است (۴).

در تحقیقی که با هدف ارزیابی توزیع مجدد آب در خاک در آبیاری قطره‌ای برای دو حالت جریان پالسی و پیوسته با استفاده از قطره‌چکان‌هائی با دبی ۲/۴ و ۸ لیتر در ساعت برای سه بافت خاک در یک مدل فیزیکی استفاده شد، مشخص شد که مقدار توزیع مجدد در جهت قائم در خاک رسی نسبت به شنی، برای دبی کمتر در آبیاری پیوسته ۶ درصد و برای آبیاری پالسی ۴ درصد بیشتر می‌باشد. در این تحقیق با کاربرد تکنیک آبیاری پالسی در خاک شنی، ضمن بهبود راندمان کاربرد آب، به دلیل شرایط رطوبتی بهتر در محدوده ریشه شرایط برای رشد بهینه گیاه فراهم خواهد بود (۱۱).

نتایج پژوهش دیگری نشان داد که الگوهای پیشروی جبهه رطوبتی و تلفات آب با نفوذ عمقی زیر منطقه توسعه ریشه تحت تأثیر آبیاری قطره‌ای پالسی برای دو نوع خاک لومی شنی و سیلت لومی و با دو دبی به کار رفته، مؤلفه عمودی جبهه رطوبتی در آبیاری پالسی نسبت به آبیاری پیوسته در زمانی برابر با زمان آبیاری، بزرگتر بود (۵).

در تحقیق دیگری به منظور بررسی آبیاری قطره‌ای پالسی و تأثیر آن بر جبهه رطوبتی و تلفات ناشی از نفوذ عمقی از قطره‌چکان‌های با دبی ۴ لیتر در ساعت با حجم کاربردی ۱۶ و ۲۴ لیتر به ترتیب برای جریان‌های پالسی و پیوسته استفاده شد. مقایسه ابعاد جریان رطوبتی در جریان پالسی و پیوسته نشان داد که پس از اتمام آبیاری، گسترش عرضی و عمقی جریان رطوبتی در جریان پالسی نسبت به پیوسته بیشتر است. بر اساس نتایج این تحقیق از جریان پالسی می‌توان به عنوان روشی در مدیریت آبیاری، کاهش نفوذ عمقی و افزایش راندمان آبیاری بهره جست (۹).

یکی از پارامترهای مهم در طراحی هر یک از روش‌های آبیاری، تعیین تواتر و یا دور آبیاری است. در بیانی دیگر منظور از دور آبیاری فاصله‌ی بین دو واقعه‌ی آبیاری است. با توجه به آنکه دور آبیاری به‌طور معمول در روش آبیاری بارانی بین ۷ تا ۱۰ روز، در آبیاری موضعی (قطره‌ای) بین ۲ تا ۷ روز و در آبیاری‌های سطحی نیز حتی دور بیش از ۱۰ روز نیز معمول است مسلماً اگر بتوان در فواصل زمانی کم‌تری آب مورد نیاز گیاه را تأمین کرد، با جلوگیری از تنش‌های گیاهی ناشی از کمبود رطوبت، شرایط برای رشد مطلوب و در نتیجه افزایش عملکرد فراهم خواهد شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در ۴ ماهه اول سال ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای با خاک شنی و در قسمتی از اراضی زراعی شرکت جهاد تعاون شهرستان کاشان (مطابق شکل ۱) واقع در عرض جغرافیایی ”49 ’59 °33 شمالی و طول جغرافیایی ”12 ’28 °51 شرقی انجام شده است. در این تحقیق طبق عرف محل از هندوانه محلی منطقه سنبک در شهر آران و بیدگل از توابع شهرستان کاشان به‌عنوان گیاه مورد مطالعه استفاده شد.

با توجه به نتایج خاکشناسی و براساس درصد ذرات تشکیل دهنده، خاک منطقه در گروه خاک‌های لومی شنی (Loamy sand) با ظرفیت نگهداری رطوبت معادل ۹۳ میلی‌متر در متر می‌باشد.

طرح آماری فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی، شامل سه تیمار اصلی روش آبیاری موضعی و سه تیمار فرعی فشار آبیاری (مجموعاً ۹ تیمار) با ۳ تکرار به همراه یک تیمار روش آبیاری شیاری به‌عنوان شاهد به‌کار گرفته شد (ولی‌زاده و مقدم، ۱۳۷۵). در هر ردیف کشت ۱۲ بوته با فاصله ۱ متر روی ردیف و ۳ متر بین ردیف، در زمینی به مساحت ۱۰۸۰ (۳۰ × ۳۶) متر مربع کشت گردید.

برای اعمال فشارهای مختلف ستون آب (معادل ۰/۵ ، ۱/۵ و ۳ متر) در روش‌های آبیاری مورد مطالعه (آبیاری قطره‌ای‌ثقلی، قطره‌ای نواری و کوزه‌ای) از پلکان چوبی ۴ متری با قابلیت نصب سه ردیف مخزن آب ثانویه استفاده شد (شکل ۲).

شکل ۱- موقعیت محل اجرای طرح
Figure 1- Location of the project

شکل ۲- سکوی تأمین فشار در تیمارهای آبیاری موضعی
Figure 2- Supply platform for localized irrigation treatments

شکل ۳- نحوه استقرار کپسول‌های رسی در تحقیق
Figure 3- How to install clay capsules in the research

در تیمار آبیاری کوزه‌ای برای هر گیاه از یک عدد کپسول رسی(۱۰) به طول ۲۰ سانتی‌متر، قطر داخلی ۱/۵ سانتی‌متر و ضخامت جداره ۰/۵سانتی‌متر با آرایش نصب روی خط (On line) که به‌صورت افقی در سطح خاک و بالای بذر نصب شد (شکل ۳) استفاده گردید. برای کاهش تأثیر تابش مستقیم خورشید روی کپسول، پس از تعبیه کپسول روی سطح زمین، سطح کپسول با خاک محل پوشانیده شد.

به‌دلیل اختلاف ارتفاع موجود بین حوضچه ذخیره و مخازن ثانویه، برای انتقال آب از یک دستگاه الکتروپمپ استفاده شد. بر اساس محاسبات اولیه و به منظور مدیریت آبیاری در خاک شنی (نفوذپذیری زیاد) لازم شد که از دور آبیاری پالسی استفاده شود. در این تکنیک آبیاری از دور آبیاری کمتر از دور روزانه استفاده می‌شود (۹) هر چند که اعمال این تکنیک در انواع آبیاری سطحی و یا حتی بسیاری از انواع آبیاری‌های بارانی (همچون کلاسیک ثابت آبپاش متحرک)

امکان‌پذیر نیست، لیکن این تکنیک در آبیاری‌های موضعی قابل استفاده است. یکی از محدودیت‌هایی که در دید اول شاید بتوان در آبیاری‌های موضعی برای این تکنیک متصور شد، درگیر شدن بهره‌بردار (و یا آبیار) در طی زمان عملیات آبیاری با قطع و وصل جریان پمپاژ است. همان‌گونه که در این تحقیق نیز عمل شده است با نصب یک دستگاه زمان‌سنج در مسیر جریان برق ورودی به الکتروپمپ با قابلیت کنترل زمان قطع و وصل پمپ با دقت دقیقه، این محدودیت نیز مرتفع شده است. بدین ترتیب پس از آزمایش اولیه در خصوص زمان لازم برای پر شدن تشت‌ها (مخازن ثانویه)، با توجه به دور آبیاری پالسی در هر مرحله‌ی زمانی از تحقیق، این امکان فراهم است که زمان قطع و وصل الکتروپمپ به‌کمک زمان‌سنج به‌گونه‌ای تنظیم شود که مدت قطع جریان معادل دور آبیاری و مدت وصل، معادل زمان لازم برای پر شدن تشت‌ها باشد. در روش آبیاری شیاری نیز هفته‌ای دو بار (طبق عرف منطقه) در روزهای دوشنبه و جمعه آبیاری انجام شد.

در تیمار آبیاری قطره‌ای ثقلی برای هر گیاه دو عدد دریپر ثقلی GDI با فاصله ۲۰ سانتی‌متر تخصیص داده شد و در آبیاری قطره‌ای نواری، از نوارهائی با فاصله خروجی ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد.

در تحقیق حاضر داده‌های رطوبت (توسط دستگاه TDR) در روزهای دوشنبه و جمعه هر هفته در طول دوره مورد مطالعه بین ساعات ۱۰ الی ۱۶ در تیمار شاهد قرائت شد. به کمک این داده‌ها، کمبود رطوبت محاسبه و همچنین میزان نیاز آبی گیاه در حد فاصل بین دو آبیاری با استفاده از معادله ۱ به‌دست آمد (۱۲).

$$ET0 = (IR-(S2-S1)-DB) \times 1000/ t \quad [۱]$$

در این معادله، ET_0: تبخیر–تعرق واقعی متوسط روزانه، IR: مقدار آب آبیاری (مجموع تغییرات رطوبت در اعماق مختلف خاک در دو مرحله زمانی قبل و بعد آبیاری)، S_2: مقدار آب ذخیره شده در لایه‌های خاک قبل از آبیاری، S_1: مقدار آب ذخیره شده در لایه‌های خاک در زمان آبیاری قبلی، DB: عمق آب نفوذ یافته از انتهای لایه مورد نظر، بعد از آبیاری و t: تعداد روزهای بین دو آبیاری می‌باشد. شایان ذکر است قبل از شروع آمار برداری با دستگاه TDR، از آمار و اطلاعات هواشناسی موجود در کتاب نیاز آبی گیاهان باغی و زراعی مربوط به نیاز آبی هندوانه در شهر کاشان استفاده شده است.

با توجه به بروز نشانه‌های تکامل رشد، در تاریخ ۹۵/۴/۱۸ پس از طی دوره رشد ۱۱۰ روزه، هندوانه‌ها برداشت شدند.

در این پژوهش تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-16 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطوح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثرآبیاری پالسی در راندمان آبیاری موضعی در خاک شنی

در بین روش‌های مورد بررسی با انتخاب روش آبیاری قطره‌ای ثقلی به‌عنوان روش مبنا، نیاز آبی تیمارهای آبیاری موضعی براساس پارامترهای این روش آبیاری محاسبه و در مدیریت سایر روش‌ها به‌کار برده شد. در روش‌های آبیاری فوق، در پایان دوره‌ی نمونه‌برداری رطوبت تیمار شاهد، پس از تعیین تبخیر– تعرق گیاهی در آن دوره، به‌دلیل ثابت بودن حجم آبیاری هر تیمار (استفاده از تشت‌هایی با حجم مفید ۸۰ لیتر)، دور آبیاری به‌گونه‌ای محاسبه شد که حجم نیاز آبی آن دوره معادل ۸۰ لیتر باشد. بنابراین پس از محاسبه‌ی دور آبیاری، با مدیریت زمان قطع و وصل پمپ به کمک تایمر نصب‌شده در مسیر جریان برق ورودی الکتروپمپ، نیاز آبی گیاه تأمین شد.

جدول ۱- محاسبه راندمان در تیمارهای آبیاری موضعی

Table 1- Efficiency calculation in localized irrigation treatments

شرح پارامتر Parameter description	فروردین Farvardin	اردیبهشت Ordibehesht	خرداد Khordad	تیر Tir
حداکثر تبخیر تعرق روزانه گیاه(میلیمتردرروز) Maximum Daily Evapotranspiration of the Plant(mm/day)	1.2	1.2	6.9	7.7
حداکثر دور آبیاری(ساعت) Maximum irrigation interval (hr)	68	77	13	10
دور آبیاری طراحی(ساعت) Design irrigation interval (hr)	15.0	10.0	1.4	1.0
راندمان کاربرد آبیاری(درصد) (Irrigation application efficiency (%)	97.4	99.5	98.8	99.5

براساس محاسبات نیاز آبی طبق جدول ۱، حداکثر دور آبیاری ممکن در دوره‌های مختلف رشد از ۷۷ ساعت (۳/۲ روز) در ماه دوم رشد تا ۱۰ ساعت (۰/۴ روز) در ماه آخر رشد متغیر بود.

بدین ترتیب در روش‌های آبیاری موضعی ، دورآبیاری طراحی از ۱۵ ساعت در ماه اول تا 1 ساعت در دوره پیک و بر همین اساس میزان راندمان آبیاری از ۹۷/۴ ٪ تا ۹۹/۵ ٪ متغیر بوده است.

نقش مدیریت در افزایش راندمان آبیاری سنتی در خاک شنی در جریان ارزیابی تیمار آبیاری شاهد، معادله‌ی نفوذ مطابق معادله ۲ بدست آمد و بدین ترتیب پارامترهای طراحی آبیاری شیاری این پژوهش محاسبه گردید.

$$Z = 0/0014t^{-.78} + 0/006t \quad (۲)$$

در این معادله t: زمان آبیاری (دقیقه) و Z: عمق آب نفوذ یافته (میلی‌متر) است. از این معادله برای تعیین مدت زمان آبیاری تیمار جوی و پشته استفاده شد. از آنجا که در ارزیابی آبیاری سطحی هدف آنست که با تغییر پارامترهائی همچون دبی آبیاری، طول مزرعه و یا مدت زمان آبیاری، راندمان مناسب آبیاری حاصل شود، در این تحقیق باتوجه به ثابت بودن دبی پمپ مورد استفاده جهت انتقال آب به ابتدای شیارها (دبی آبیاری) و نیز ثابت بودن طول شیار، امکان مدیریت راندمان آبیاری تنها از طریق مدیریت دور آبیاری و مدت زمان آبیاری فراهم بود. به همین دلیل با استفاده از معادله‌ی نفوذ و با توجه به نیاز آبشویی لازم، دور آبیاری و مدت زمان آبیاری به گونه‌ای تعیین شده که راندمان آبیاری مناسبی بدست آید. بدین ترتیب مطابق خلاصه محاسبات ارائه شده در جدول ۲ راندمان کاربرد آبیاری در تیمار شاهد بین ۸۱/۴ تا ۹۴/۴ درصد بوده است.

در این پژوهش، مدت زمان آبیاری تیمار شاهد در هر دور آبیاری، به گونه‌ای انتخاب (مدیریت) شد که ضمن تأمین عمق آب نفوذ یافته (معادل عمق ناخالص آبیاری)، راندمان کاربرد آبیاری نیز حداکثر باشد. هرچند در آبیاری سطحی تأمین راندمان بالا آن‌هم در خاک شنی کاری دشوار است، اما در این تحقیق با توجه به طول کم شیار، شیب مناسب اراضی و براساس معادله نفوذ بدست‌آمده، تنها با مدیریت مدت آبیاری در هر دوره آبیاری، راندمان کاربرد آب آبیاری مناسب حاصل شد.

در مطالعاتی که تحت عنوان الگوهای پیشروی جبهه رطوبتی و تلفات آب با نفوذ عمقی زیر منطقه توسعه ریشه تحت تأثیر آبیاری قطره‌ای پالسی انجام شد، مشخص شد که با کاهش دور آبیاری و یا به‌عبارت دیگر استفاده از آبیاری پالسی، که نوعی استراتژی مدیریتی آبیاری است، می‌توان راندمان آبیاری را بهبود بخشید (۵). بنابراین در این تحقیق، با انتخاب تکنیک مدیریت آبیاری پالسی در تیمار آبیاری موضعی، ضمن تأمین عمق آب نفوذ یافته معادل عمق ناخالص آبیاری مورد نیاز، راندمان کاربرد آبیاری حداقل ۹۷/۴ درصد بوده است.

جدول ۲- محاسبه راندمان در تیمار آبیاری شیاری

Table 2- Efficiency calculation in furrow irrigation treatment

شرح پارامتر Parameter description	فروردین Farvardin	اردیبهشت Ordibehesht	خرداد Khordad	تیر Tir
حداکثر تبخیر تعرق روزانه گیاه (میلی‌متر در روز) Maximum Daily Evapotranspiration of the Plant (mm/day)	1.2	1.2	6.9	7.7
ظرفیت ذخیره آب در خاک (میلی‌متر در متر) water storage capacity in the soil (mm/m)	93	93	93	93
عمق مؤثر توسعه ریشه گیاه (متر) Effective Depth of Root Crop Development (m)	0.4	0.7	0.9	1.0
حداکثر دور آبیاری (روز) Maximum irrigation interva (Day)	15	26	6	6
دور آبیاری طراحی (روز) Design irrigation interval (Day)	3	3	3	3
مدت آبیاری پیشنهادی (دقیقه) Proposed irrigation period (Min)	2.5	3.0	12.0	19.0
حداکثر راندمان کاربرد آب آبیاری در دوره مورد نظر (درصد) Maxiumm irrigation water use efficiency at the desired period (%)	81.4	90.5	94.4	88.8

در صورتی‌که اگر قرار بود از دور آبیاری روزانه (حداکثر یک‌روزه) استفاده شود برای حصول راندمان آبیاری بیش از ۸۱/۶ درصد، می‌بایست از منبع آب با حجم مفید ۲۰۰۰ لیتر به‌عنوان منبع ثانویه ذخیره آب استفاده می‌شد در حالی‌که حجم مخزن مورد استفاده در این تحقیق معادل ۸۰ لیتر بوده است.

اثرآبیاری پالسی در عملکرد محصول

همان‌گونه که نقش آبیاری پالسی در افزایش راندمان نشان داده شده، با مقایسه عملکرد تیمارهای موضعی و تیمار شاهد می‌توان به نقش دور آبیاری پالسی در فراهم‌سازی شرایط مساعد دوران رشد و در نتیجه افزایش عملکرد پی‌برد (۱۴). در پایان دوره رشد و پس از برداشت محصول و توزین میوه‌ها، شرایط برای مقایسه نتایج عملکرد مهیا شد. نتایج استفاده از آزمون دانکن در خصوص مقایسه‌ی تعداد میوه‌ها و عملکرد محصول تحت روش‌های آبیاری منتخب نشان داد که بین تکرارهای مختلف آزمایش از نظر تعداد هندوانه و وزن آن‌ها در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. لذا تکرار آزمایش باعث تغییر در نتایج به‌دست آمده نشده است. همینطور بین فشارهای مختلف آبیاری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد تفاوت معنی‌داری در عملکرد محصول حاصل نشد این در حالیست که بر اساس نتایج دیگر محققین، نقش تاثیر آبیاری پالسی در افزایش عملکرد محصولاتی چون سیب‌زمینی تا میزان ۴۹٪ با افزایش تعداد پالس‌ها به میزان ۴ پالس، ثابت شده است (۱۴).

همان‌طور که در جدول‌های ۳ و ۴ نیز بیان شده است، در روش‌های مختلف آبیاری، بین عملکرد محصول و تعداد هندوانه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به‌گونه‌ای که میانگین تعداد هندوانه‌های هر بوته و همین‌طور میانگین وزن هندوانه‌ها در تیمارهای مختلف به ترتیب زیر بوده است:

۱- تیمار قطره‌ای‌ثقلی و تیمار شاهد ۲- تیمار قطره‌ای نواری ۳-تیمار کوزه‌ای

بر اساس نتایج جدول ۵، در پایان دوران ۱۱۰ روزه کشت، عملکرد روش آبیاری جوی و پشته، ،کوزه‌ای، قطره‌ای نواری و قطره‌ای ثقلی، به‌ترتیب ۱۱۴۲۶، ۱۲۲۴، ۷۵۲۷ و ۱۱۴۵۷ کیلوگرم در هکتار بوده است. بدین ترتیب درصد بهبود عملکرد نسبت به آب مصرفی تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد، به‌ترتیب معادل ۸۵ درصد (۰/۸۵ برابر) در آبیاری کوزه‌ای،۱۰۳۴ درصد (۱۰/۳۴ برابر) در آبیاری قطره‌ای نواری و ٪۱۶۲۶ درصد (۱۶/۲۶ برابر) در آبیاری قطره‌ای‌ثقلی بدست آمد.

اثرآبیاری پالسی در شاخص بهره‌وری آب آبیاری برای عملکرد محصول

شاخص بهره‌وری آب آبیاری برای عملکرد گیاه از تقسیم عملکرد گیاه (کیلوگرم بر هکتار) بر میزان آب مصرفی (متر مکعب بر هکتار) محاسبه می‌شود. در این تحقیق براساس نتایج جدول ۶ نسبت آب مصرفی به عملکرد در تیمارهای جوی و پشته، کوزه‌ای، قطره‌ای نواری و قطره‌ای‌ثقلی به‌ترتیب ۱/۱۸، ۵/۵۵، ۰/۹ و ۰/۵۹ متر مکعب بر کیلوگرم بوده است. همچنین با توجه به میزان آب مصرفی برای هر یک از تیمارها، به ازای هر کیلوگرم هندوانه تولیدی در روش آبیاری قطره‌ای ثقلی و قطره‌ای نواری نسبت به روش آبیاری متداول موجود در منطقه (روش آبیاری جوی و پشته) آب مصرفی به‌ترتیب ۴۹/۷ و ۲۳/۴ درصد کاهش و در روش کوزه‌ای ۳۷۱/۲ درصد افزایش یافته است.

جدول ۳- نتایج مقایسه آماری تعداد میوه و عملکرد محصول در تیمارهای روش آبیاری براساس آزمون دانکن

Table 3- Results of statistical comparison of fruit number and yield in irrigation treatments based on Duncan test

آزمون دانکن (تعداد) Duncan test (number)		
نوع آبیاری Irrigation type	میانگین (خطای ۵ درصد) Average (5% error)	گروه‌ها Groups
کوزه‌ای Pot	6.66667	B
تیپ Tape	8.6667	B
قطره‌ای Drip	11.1111	A
جوی و پشته Furrow	11.3333	A
آزمون دانکن (وزن) Duncan test (weight)		
نوع آبیاری Irrigation type	میانگین (خطای ۵ درصد) Average (5% error)	گروه‌ها Groups
کوزه‌ای Pot	4.53	C
تیپ Tape	27.88	B
قطره‌ای Drip	41.40	A
جوی و پشته Furrow	42.43	A

جدول ٤- نتایج بررسی اثر متقابل تکرار، روش آبیاری و فشار آبیاری در مقایسه تعداد میوه و عملکرد محصول براساس آزمون فیشر

Table 4- Results of Repeated Interaction, Irrigation and Irrigation Pressure Comparison of Fruit Number and Product Performance Based on Fisher's Test

تعداد هندوانه‌ها Number watermelons			
روش‌ها Methods	آزمون فیشر Fisher's Test		سطح معنی‌داری Significantlevel
تکرار Repeat	T	1.124	0.385
روش‌آبیاری Irrigation method	A	7.17	0.026
فشارآبیاری Irrigation pressure	F	0.148	0.866
تکرار×روش‌آبیاری Method × Repeat	T×A	0.557	0.6
تکرار×فشارآبیاری Pressure × Repeat	T×F	0.761	0.507
روش‌آبیاری×فشارآبیاری Method × Pressure	A×F	0.216	0.92
تکرار×روش‌آبیاری×فشارآبیاری Pressure× Method × Repeat	T×A×F	0.318	0.856
وزن هندوانه‌ها Weight of watermelons			
روش‌ها Methods	آزمون فیشر Fisher's Test		سطح معنی‌داری Significantlevel
تکرار Repeat	T	0.463	0.65
روش‌آبیاری Irrigation method	A	41.405	0.000
فشارآبیاری Irrigation pressure	F	0.012	0.988
تکرار×روش‌آبیاری Method × Repeat	T×A	0.003	0.997
تکرار×فشارآبیاری Pressure × Repeat	T×F	0.113	0.895
روش‌آبیاری×فشارآبیاری Method × Pressure	A×F	0.233	0.910
تکرار×روش‌آبیاری×فشارآبیاری Pressure× Method × Repeat	T×A×F	0.781	0.577

جدول ٥- مقایسه‌ی عملکرد محصول در تیمارهای روش آبیاری

Table 5- Comparison of yield in irrigation treatments

شرح پارامتر Parameter description	تیمار Treatment			
	جوی و پشته Furrow	قطره‌ای ثقلی Gravity Drip	قطره‌ای نواری Gravity Tape	کوزه‌ای Pot
مساحت زمین (متر مربع) Area (m^2)	108	324	324	324
عملکرد محصول (کیلوگرم) Yeild (kg)	124	382	251	41
آب مصرفی (لیتر) Water consumption (lit)	38160	6599	6599	6599
تعداد تکرار Repetitions	3	3	3	3
تعداد بوته Plants	36	108	108	108
تعداد ردیف کشت با احتساب تکرارها Crop rows including repetitions	3	9	9	9
نسبت واحد سطح هکتار به مساحت تحقیق Ratio of hectare unit area to research area	92	30	30	30
عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yeild (kg/ha)	11426 a	11457 a	7527 b	1224 c

جدول ٦- نتایج بهره‌وری آب آبیاری در تیمارهای مختلف روش آبیاری
Table 6- Irrigation water efficiency results in different irrigation treatments

شرح Description	تیمار			
	جوی و پشته Furrow	قطره‌ای ثقلی Gravity drip	قطره‌ای نواری Gravity tape	کوزه‌ای Pot
عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yeild (kg/ha)	11426	11457	7527	1224
آب مصرفی در هکتار (متر مکعب) Water consumption (lit/ha)	13452	6790	6790	6790
شاخص بهره‌وری آب آبیاری Irrigation water productivity index	0.85 c	1.7 a	1.1 b	0.18 d
نسبت آب مصرفی به عملکرد (متر مکعب آب مصرفی به ازای کیلوگرم محصول تولیدی) Water consumption ratio to yield	1.18	0.59	0.9	5.55
درصد کاهش یا افزایش آب مصرفی نسبت به تیمار شاهد به ازای یک کیلوگرم هندوانه تولیدی Percentage reduction or increase of water consumption compared to control treatment per kg of watermelon	0	-49.7	-23.4	+371.2

شکل ٤- موقعیت پیشنهادی برای استقرار کپسول‌ها به‌صورت آرایش داخل خط
Figure 4- The proposed position for placing capsules in the In Line layout

بنابراین می‌توان گفت مطابق جدول ۶ بین تیمارهای روش آبیاری از نظر شاخص بهره‌وری آب تفاوت معنی‌داری وجود داشته است. به‌گونه‌ای که آبیاری قطره‌ای‌ثقلی در بین چهار روش مورد مطالعه از بالاترین میزان شاخص بهره‌وری آب، معادل ۱/۷ کیلوگرم هندوانه تولیدی به ازای یک متر مکعب آب مصرفی برخوردار می‌باشد. بر اساس نتایج دیگر تحقیقات مشابه نیز مشخص‌شده که در آبیاری کامل سیب‌زمینی با استفاده از آبیاری پالسی به میزان ۴ پالس، راندمان مصرف آب به میزان ۴۸,۵ درصد افزایش یافته است (۱۴).

در این تحقیق در آبیاری کوزه‌ای به‌دلیل گرفتگی کپسول‌های رسی توسط تجمع گل و لای و لجن، نتیجه مطلوب حاصل نشد. شاخص بهره‌وری کم آب در این تیمار نیز تصدیق همین موضوع است. راه‌کاری که در این قسمت می‌تواند به‌عنوان پیشنهاد مطرح شود، تغییر در نحوه اتصال (و استقرار) کپسول رسی به لوله لترال مطابق شکل ۴ می‌باشد.

در این تغییر پیشنهادی، کپسول رسی به‌صورت داخل خط In (line) در مسیر لترال قرار می‌گیرد و جریان آب از یک نقطه وارد کپسول شده و از نقطه‌ی دیگر خارج می‌شود. با این شرایط علاوه بر آن‌که کپسول مورد نظر وظیفه اصلی خود یعنی تراوش را عهده‌دار خواهدبود، در صورت نیاز به اسیدشویی، پس از انحلال اسید با آب آبیاری و ماندگاری به مدت مناسب در مسیر جریان جهت شستشوی رسوبات، می‌توان از طریق بازکردن مسیر انتهای لترال، نسبت به تخلیه‌ی قسمت اعظم محلول آب و اسید موجود در مسیر لترال اقدام نمود و آن را به موقعیتی خارج از محدوده‌ی فعالیت ریشه (در انتهای ردیف آبیاری) منتقل کرد تا بدین ترتیب کم‌ترین تأثیر اسید بر فعالیت فیزیولوژیکی گیاه به‌وجود آید.

نتیجه‌گیری

همانگونه که در این تحقیق حصول راندمان بیش از ۸۰ درصد در روش آبیاری جوی و پشته در خاک شنی محقق شده‌است، می‌توان با مدیریت پارامترهای دخیل در راندمان آبیاری (همچون طول شیار، زمان و دبی آبیاری)، شرایط بهبود راندمان آبیاری این قبیل خاک‌ها را فراهم کرد. همانگونه که در تحقیق سایر پژوهش‌گران در خصوص امکان افزایش راندمان آبیاری (از ۸۸,۶٪ به ۹۳,۵٪) با استفاده از تکنیک آبیاری پالسی (با استفاده از ۴ پالس آبیاری) نیز مشخص شده،

که با کاربرد این تکنیک در خاک شنی، حتی حصول راندمان آبیاری بیش از ۹۰ درصد نیز امکان‌پذیر است. مطابق نتایج دیگر محققین در خصوص نقش آبیاری پالسی در افزایش عملکرد (حتی به میزان ۴۹٪ افزایش عملکرد در شرایط آبیاری کامل (۱۴))، ضمن کاربرد آبیاری قطره‌ای‌ثقلی در خاک شنی، می‌توان با بهره‌گیری از تکنیک آبیاری پالسی در خاک شنی، شرایط برای تولید حداکثری محصول را فراهم کرد. در این تحقیق با کاربرد آبیاری پالسی در روش‌های آبیاری موضعی، به‌ازای آب مصرفی یکسان نسبت به تیمار شاهد، تولید محصول حداقل ۱۰ برابر بیشتر امکان‌پذیر شده است.

نتایج نشان داد که با مقدار آب مصرفی معادل ۶۷۹۰ متر مکعب در هکتار در هر کدام از روش‌های آبیاری موضعی ثقلی و ۱۳۴۵۲ متر مکعب در هکتار در تیمار شاهد، میزان عملکرد هندوانه در روش‌های آبیاری کوزه‌ای، قطره‌ای‌ثقلی، قطره‌ای نواری و آبیاری شیاری به ترتیب معادل ۱۲۲۴، ۱۱۴۵۷، ۷۵۲۷ و ۱۱۴۲۶ کیلوگرم در هکتار و شاخص بهره‌وری آب به‌ترتیب معادل ۰/۲، ۱/۷، ۱/۱ و ۰/۸ کیلوگرم در هکتار به ازای هر متر مکعب آب مصرفی به‌دست آمد. همچنین در مقایسه با دور آبیاری یک‌روزه، با کاربرد آبیاری پالسی در آبیاری موضعی، راندمان آبیاری به طور متوسط از ۸۷ درصد به ۹۸ درصد افزایش یافت. به‌طور کلی با کاربرد آبیاری موضعی در مقایسه با آبیاری شیاری در خاک شنی می‌توان ضمن افزایش بهره‌وری آب، از این خاک برای کشت گیاهان مثمر هم‌چون هندوانه با عملکرد بالا استفاده کرد.

در نهایت با توجه به ظهور آبیاری قطره‌ای‌ثقلی به همراه جمیع محاسن فنی و اقتصادی، شایسته است که با ادامه تحقیقات، مراتب جهت تکمیل مشخصات فنی این روش، مهیا شده و کاربرد عملی آن فراگیر شود.

سپاسگزاری

با توجه به استفاده از امکانات اراضی زراعی شرکت جهاد تعاون شهرستان کاشان (وابسته به سپاه پاسداران انقلاب اسلامی ناحیه کاشان)، بدینوسیله از هماهنگی مدیر محترم مزرعه جناب آقای حاج محمود صلواتی به جهت همکاری همه جانبه در طول اجرای تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین با توجه به تأمین قطره‌چکان‌های ثقلی مورد استفاده در این تحقیق توسط مجموعه مدیریتی شرکت پویشگران کاراب، از همکاری این مجموعه نیز تشکر می‌شود. ضمنا از استاد ارجمند، جناب آقای دکتر جهانگیر عابدی‌کوپائی نیز به دلیل پیشنهاد استفاده از تکنیک آبیاری پالسی در این تحقیق، قدردانی می‌شود.

منابع

1- Ahmadi R., and Mearaji D. 1998. Gravity Drip Irrigation (GDI). Proceedings of the 9th Conference of the Iranian National Irrigation and Drainage Committee, Tehran. 333-352.
2- Akhavan K. 2015. The Application of Tape Irrigation System in the Wheat Cultivars. Technical Journal, No. 83, p.22.
3- Anonymous. 2001. Evaluation of Gravity Drip Irrigation Network Design. PourAfkari N. 1979. Traditional Water Sharing Practices in Iran. Journal of Art and the People 193: 48-51.
4- Tavakoli A. 2009. Parameters of Moisture Front and Water Losses due to Permeation under Root Development Zone under the Influence of Pulsed Drip Irrigation. National Examination of Soil Water Plant and Agricultural Mechanization, Islamic Azad University, Dezful Branch.
5- Sadeghi Z. 2003. Investigating the Possibility of Decreasing the Amount of Energy in Drip Irrigation (Gravity Drip Irrigation), Master's Degree in Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. 144 p.
6- Arabfard M., Shahnazari A., and Ziatabar Ahmadi M.Kh. 2016. Comparison of the Efficiency of Irrigation Methods for Pot Irrigation, Gravity Drip Irrigation and Porous pipes Irrigation. Water and Soil Journal of Ferdowsi University of Mashhad.
7- Alizadeh A. 2006. Principles of Irrigation Systems Design. Imam Reza University Publishers.
8- Farajzadeh K. 2014. Simulation of Pulsed Drip Irrigation and Determination of the Diameter and Depth Wet and the Most Suitable Connection and Interconnection in it. Master's Thesis. Tabriz University.
9- Ghorbani Vagheei H., Bahrami H., and Rashidi M. 2014. Porous Clay Capsules and their Application in Supplying Water Requirements of Plants in Arid and Semi-arid regions. International Journal of Analytical Resources for Water Resources and Development 2(2): 20-26.
10- Mohammadbegi A., Mirzaei F., and Negin A. 2016. Investigation and Comparison of Moisture Redistribution in Drip Irrigation with Continuous Flow and Pulse Flow. Iran Water and Soil Research 74(3): 467-473.
11- Mahmoudian Shooshtari M., and Zandparsa Sh. 2013. Evapotranspiration Measurement Using Water Balance Method in the Field and Comparing it with some Experimental Methods in Bajgah Area of Shiraz. Second International Conference on Plant, Water, Soil and Air Modeling, Shahid Bahonar University of Kerman. 1-11.

12- Valizadeh M., and Moghaddam M. 1996. Trial Designs in Agriculture 1. Parivar Publisher.
13- Bakeer G.A.A. et al. 2009. Effect of Pulse Drip Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Potato Crop under Organic Agriculture in Sandy Soils. Misr J. Ag. Eng., 26(2): 736- 765. IRRIGATION AND DRAINAG
14- Bhatt N., Kanzariya B., Motiani A., and Pandit B. 2013. An experimental investigation on pitcher irrigation technique on alkaline soil with saline irrigation water. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT) 2(6): 206–212.
15- Khanam R., and Patra S.K. 2015. Effect of gravity drip irrigation on growth, yield and water use efficiency of gladiolus in lower gangetic plain of west bangal, India. International Journal of Ecosystem 5(3): 132-137.

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 2, May-Jun. 2019, p. 205-216

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۲، خرداد – تیر ۱۳۹۸، ص. ۲۱۶-۲۰۵

Effect of Pulsed Irrigation on Crop Water Productivity and Efficiency of Watermelon in Sandy Soil

M. Arab fard[1]*- A. Shahnazari[2]- M.K. Ziatabar Ahmadi[3]

Received: 12-03-2018
Accepted: 15-04-2019

Introduction: The use of commonly known irrigation methods (especially surface irrigation or even irrigation under pressure) is limited due to the specific physical characteristics of keeping moisture and lowering the water holding capacity. In sandy beaches or desert plains (called sandstones) with mentioned physical characteristics. lack of nutrients necessary for plant growth restrict the commonly known irrigation application. Gravity Drip Irrigation (GDI) is a new method that avoids the use of extra energy (pumping station). The total amount of pressure head required by the GDI for fields with a maximum area of 100 hectares is between 1 and 3 meters height. The main purpose of GDI is to reduce the required pressure by the drippers. The utilization of drip tape irrigation as one of the GDI methods has been considered in Iran in recent years. Several studies have been carried out in this regard, each of which pursues specific goals. The GDI benefits includes: reducing water consumption per unit area while increasing the moisture content of the plant root zone, increasing water use productivity, the possibility of irrigation in uneven terrain, reducing weed, pests and diseases damage, ease of distribution of fertilizer, requires lower pressure which consequences to lower cost and energy in the production process. Pot irrigation method is one of the most effective methods for irrigating in these conditions with rough terrain, coarse texture and light soils with high water penetration and saline water which surface irrigation methods normally cannot be used. The application of methods that can provide optimal irrigation conditions for such soils with their specific characteristics, such as delay in water infiltration and low outflow, can lead to improved physical conditions and optimal management of these soils.

Materials and Methods: This research was carried out in the first four months of 2016 in a sandy field located in a part of the agricultural land of Jihad-e-Tavan Co. in Kashan city. In this research, according to the custom of the region, the local watermelon of Sunbek district in Aran and Bidgol city, were chosen as a study plant. A factorial design in a completely randomized block including three main treatments of localized irrigation and three irrigation treatments (total of nine treatments) with three replications, as well as furrow irrigation treatment as control were applied. In each row, 12 plants were planted with a distance of one meter on a row and three meters between rows, on an area of 1080 (36×30) square meters.

Results and Discussion: The role of pulsed irrigation cycle in providing favorable growth conditions and consequently increasing yield can be achieved by comparing the performance of localized treatments and control treatment. The Duncan's test results for number of fruits and yield comparison using selected irrigation methods showed that there was no significant difference in the number of watermelons and their weight at the probability level of 1% and 5%. For different irrigation methods, there was a significant difference between yield and number of watermelons at same probability level. By the end of the 110 days after planting, the yield in furrow irrigation, pot irrigation, drip tape and GDI were 11426, 1224, 7527 and 11457 kg/ha, respectively. The improvement percentage of yield in comparison with the control treatment, were 85%, 1034% and 1626% in pot irrigation, drip tape and GDI, respectively. This research results revealed that the ratio of water used to yield in furrow treatments, pot, drip tape and GDI were 1.18, 5.55, 0.9 and 0.09 m^3/kg. Also, considering the amount of water used for each treatment, 49.7 and 23.4 percent decrement in applied water in drip tape and GDI and 371.2 percent increment in applied water in pot irrigation observed per kilograms of watermelon produced compared to the conventional irrigation method (furrow irrigation). Highest water productivity index achieved in GDI among the four methods studied, as much as 1.7 kg of watermelon produced per cubic meter of water.

Conclusion: In this study, the efficiency of more than 80% achieved in furrow irrigation in sandy soil. Improvement in irrigation efficiency in these soils can be achieved by managing parameters involved like furrow length, time and irrigation discharge. The results showed that with the amount of water consumed equal to 6790 cm^3/ha in each of the gravity localized irrigation methods and 13452 cm^3/ha in the control treatment, the watermelon yield in pot irrigation, gravity drip, drip tape and furrow irrigation methods were 1224, 11457, 7527

1, 2 and 3- Ph.D Former Student, Associate Professor and Professor Department of Water Engineering, Sari University of Agriculture and Natural Resources, Respectively
(*- Corresponding Author Email: majidarabfard@yahoo.com)

and 11426 kg/ha, respectively, and the water productivity index was equal to 0.2, 1.7, 1.1 and 0.8 kg/ha.m^3, respectively. In comparison with the one-day irrigation interval, using pulses irrigation in localized irrigation, irrigation efficiency increased from 87% to 98%. In general, by using localized irrigation in comparison with furrow irrigation in sandy soils, in addition to increasing water productivity, high yield could be achieved in plants like watermelon.

Keywords: Gravity drip irrigation, Light soil, Water productivity index, Watermelon yield