مقاله کامل علمی- پژوهشی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و هفتم، شماره پنجم، ۱۳۹۹
۲۳۳-۲۴۷
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17894.3355

بررسی بهره‌وری آب در آبیاری زیرسطحی گلدانی با سطوح مختلف شوری آب (مطالعه موردی گیاه ریحان)

مرجان وهابی مشهور[۱]، محمود مشعل[۲]، *سید ابراهیم هاشمی گرمدره[۳]، مریم وراوی‌پور[۲] و حامد ابراهیمیان[۴]

[۱]دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، [۲]دانشیار گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، [۳]استادیار گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، [۴]دانشیار گروه آبیاری وآبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۷

چکیده

سابقه و هدف: امروزه با توجه به نیاز رو به رشد توسعه تولید مواد غذایی در شهرها و نیز به‌منظور بهبود کشاورزی شهری از طریق گلخانه‌های شهری، نیاز به ارائه روش‌های آبیاری زیرسطحی بهینه می‌باشد. منظور از روش‌های بهینه، روش‌هایی است که باعث صرفه‌جویی در مصرف آب شده و امکان استفاده از آب‌های با کیفیت پایین‌تر را ضمن حفظ کیفیت محصولات فراهم کنند. روش‌های متعددی برای آبیاری زیرسطحی در گلخانه‌ها وجود دارند مانند برخی روش‌های هیدروپونیک که نیاز به تجهیزات ویژه‌ای داشته و تاکنون مطالعات بسیاری بر روی آن‌ها انجام شده است. در این پژوهش کاربرد روش نوین آبیاری زیرسطحی گلدانی (SIP)[۱] برای کاشت ریحان در دو فصل کشت در محیط گلخانه، از نظر تأثیر بر بهره‌وری آب، مورد ارزیابی و مقایسه با سیستم متداول آبیاری سطحی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در سیستم زیرسطحی گلدانی، گیاهان در گلدان کاشته شده و مخزن تامین آب (محیط اشباع تشکیل شده از شن و گراول) در زیر بستر کشت این گلدان (قسمت پایینی گلدان) ایجاد می‌شود تا از طریق نیروی مویینگی در بستر کشت (قسمت بالایی گلدان)، آب در اختیار گیاهان قرار گیرد. پارامترهای متغیر مورد مطالعه، عمق بستر در گلدان (۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر: D_2 و D_1)، نوع بستر در گلدان (خاک لومی + کوکوپیت + پرلیت (SC) و کوکوپیت + پرلیت (C)) و سه سطح شوری آب آبیاری (۱/۲، ۳/۵ و ۵ دسی‌سیمنز بر متر: آستانه ریحان به شوری آب آبیاری ۱/۵ دسی‌سیمنز بر متر) بودند که در هر دو سیستم زیرسطحی گلدانی و آبیاری سطحی (به عنوان شاهد) اعمال و مورد مقایسه قرار گرفتند.

* مسئول مکاتبه: sehashemi@ut.ac.ir

1- Sub-irrigated planters

یافته‌ها: تمامی تیمارهای SIP-C دارای مقادیر بهره‌وری آب بالاتری نسبت به تیمارهای سطحی شاهد آن‌ها در سطح آماری ۵٪ بودند که نشان‌دهنده برتری استفاده از این محیط کشت (C) برای افزایش بهره‌وری آب در گلخانه‌ها هنگام استفاده از روش SIP است. در رابطه با عمق بهینه، بهره‌وری آب تیمارهای $SIP\text{-}SC\text{-}D_1$ نسبت به تیمارهای $SIP\text{-}SC\text{-}D_2$ تفاوت معناداری نداشت ولی در مورد گروه SIP-C، تیمارهای D_2 نسبت به D_1 بهره‌وری آب بیش‌تری به‌صورت قابل‌توجه داشتند، در نتیجه استفاده از عمق کم‌تر کشت در صورت کاربرد محیط کشت C در روش SIP در گلخانه، توصیه می‌شود. افزایش سطح شوری آب آبیاری تأثیری در مقدار محصول در سیستم‌های SIP نداشت، اگرچه مقدار شوری در لایه‌های سطحی گلدان‌های SIP بر خلاف سیستم‌های سطحی که سطح شوری در ته گلدان بالا بود، بسیار قابل‌توجه بود که نیاز به بررسی سطوح شوری در طول فصل کشت و انجام آبشویی در بین فصل‌های کشت هنگام کاربرد روش SIP را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری: این پژوهش نشان داد، روش آبیاری نوین زیرسطحی گلدانی در عین سادگی و عدم نیاز به تجهیزات گرانقیمت و نصب پیچیده، به‌طور قابل‌توجهی آب مورد نیاز برای آبیاری را نیز کاهش می‌دهد و توانایی رقابت با سیستم‌های آبیاری سطحی متداول را نیز دارد. بنابراین این روش ضمن حفاظت آب و خاک که یکی از اهداف کشاورزی می‌باشد، دارای کارایی لازم برای افزایش بهره‌وری تولیدات کشاورزی نیز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری زیرسطحی گلدانی، بهره‌وری آب، کشاورزی شهری، گلخانه

مقدمه

با توجه به ابعاد جهانی کم‌آبی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، روش‌های آبیاری زیرسطحی به عنوان یکی از مؤثرترین و بهینه‌ترین روش‌های تامین آب مورد نیاز گیاهان معرفی شده‌اند (۱، ۱۰ و ۱۱). در این روش‌ها، تامین آب در زیر خاک انجام شده و در اثر تبخیر مقدار کمی از آب مصرفی در اثر نیروی شعریه به سطح خاک رسیده و تبخیر می‌شود. در نتیجه، آب بیش‌تری در اختیار ریشه گیاهان قرار می‌گیرد (۲). امروزه به‌دلیل رشد جمعیت در شهرها به‌منظور تولید مواد غذایی ارگانیک و تامین بخشی از نیازهای خوراکی شهرنشینان، علاوه بر کاربرد روش آبیاری زیرسطحی در مزارع، در شهرها نیز نیاز به استفاده از روش‌های آبیاری نوین به‌منظور تولید غذا می‌باشد. استفاده از روش‌های نوین آبیاری می‌تواند با بهره‌وری بالا باعث افزایش سطح زیرکشت و افزایش تولید محصولات در واحد سطح گردد و نیز می‌تواند باعث افزایش درآمد کشاورز گردد. غفاری‌مقدم و همکاران (۲۰۱۹) نیز تأثیر روش‌های آبیاری مدرن بر بهره‌وری کشاورزی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از سیستم‌های مدرن آبیاری، بهره‌وری کشاورزی را افزایش می‌دهد (۹). مطابق با تعریف FAO، کشاورزی شهری به‌کار گرفتن بخشی از منابع در مناطق شهری است که به تولیدات غذایی و ایجاد درآمد کمک می‌کند. بنا به گزارش سازمان ملل حدود ۱۵٪ محصولات غذایی جهان در مناطق شهری تولید می‌شود (۱۳). یکی از روش‌های قابل‌استفاده و بهینه آبیاری زیرسطحی در کشاورزی و گلخانه‌های شهری، روش زیرسطحی گلدانی می‌باشد. یکی از پروژه‌های انجام شده در این خصوص، کاربرد سیستم زیرسطحی گلدانی در دو بزرگراه و یک باغ شهری در شهر

بروکلین بوده است. نتیجه حاصل از این طرح، کاهش ۹۰٪ مصرف آب در سیستم‌های زیرسطحی گلدانی نسبت به گلدان‌هایی که به طریق معمول سطحی آبیاری شده‌اند، بوده است (۸). در پژوهش دیگری در شهر نیویورک، کاربرد سیستم‌های زیرسطحی گلدانی در کشت گوجه‌فرنگی گلدانی در فضای سبز شهری مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس یافته‌های این پژوهش، با وجود کاهش مقدار آب آبیاری به‌صورت قابل‌ملاحظه، مقدار محصول گوجه‌فرنگی در این روش آبیاری در سطح آماری بررسی شده نسبت به روش آبیاری سطحی گلدانی، تفاوت معنی‌داری نداشته است. یکی از پیشنهادات این پژوهش انجام مطالعات جامع‌تر در خصوص استفاده از زهاب و آبیاری با آب‌های شور در روش SIP و نیز مطالعه کاربرد این روش به‌منظور کشت سبزیجات در دو فصل کشت یا بیش‌تر بوده است (۱۸).

نالیا و همکاران (۲۰۱۰)، نوع دیگری از روش آبیاری مویینگی گلدانی به نام اختلاف فشار منفی، بر روی گیاه فلفل در یک گلخانه را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، ضمن کاهش ۳۵ درصدی مصرف آب در این روش آبیاری نسبت به روش متداول آبیاری سطحی، کیفیت گیاهان هیچ تغییر معناداری نسبت به روش سطحی نداشت (۱٤). در کنیا نیز تأثیر روش آبیاری مویینگی نوع فتیله‌ای بر مصرف آب و کیفیت چندگونه گل زینتی مورد پژوهش قرار گرفت. مطابق با نتایج این پژوهش، این روش آبیاری مصرف آب را ٦۳/۷۵ درصد کاهش داد و کیفیت گل‌های زینتی نیز نسبت به روش سطحی هیچ تغییری نداشت (۲۰).

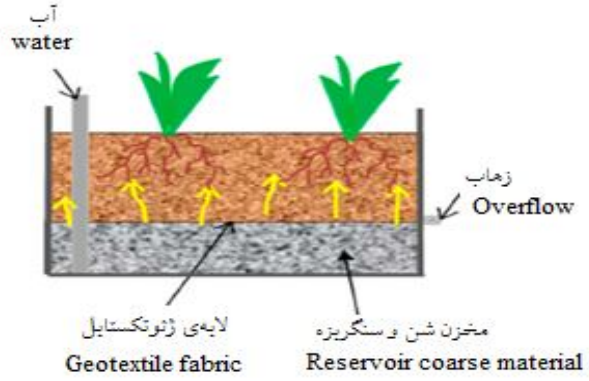
با توجه به نیاز رو به رشد توسعه تولید مواد غذایی در شهرها و نیز به‌منظور بهبود کشاورزی شهری از طریق گلخانه‌های شهری، نیاز به ارائه روش‌های آبیاری زیرسطحی بهینه از لحاظ تجهیزات و تکنولوژی مورد نیاز (با توجه به کمبود امکانات و فضای کشاورزی در شهرها) می‌باشد. در این پژوهش کاربرد یکی از این روش‌ها با نام سیستم آبیاری زیرسطحی گلدانی برای اولین بار، در محیط گلخانه برای کشت گیاه ریحان، در سطوح مختلف شوری آب آبیاری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تعریف سیستم آبیاری زیرسطحی گلدانی (SIP): روش آبیاری مویینگی زیرسطحی گلدانی و یا روش آبیاری مویینگی خود آبیار[1] یک روش آبیاری زیرسطحی مورد استفاده در محیط گلخانه است که در آن از نیروی مویینگی خاک برای تحویل آب به گیاه استفاده می‌شود و تامین آب از طریق مخزنی (محیط اشباع تشکیل شده از شن و گراول) در زیر محیط رشد گیاه، انجام می‌شود (۱۹). این سیستم، روشی نوین می‌باشد و به تازگی در نقاط مختلف جهان، در گلخانه‌ها و فضای سبز شهری مورد توجه قرار گرفته است. در این سیستم گیاهان در گلدان کشت می‌شوند و مخزن تامین آب در زیر بستر کشت این گلدان مهیا می‌شود تا از طریق نیروی مویینگی، آب در اختیار گیاهان قرار گیرد (این گلدان می‌تواند یک بشکه یا سطل پلاستیکی و یا یک چهارچوب پوشیده چوبی یا فلزی به ابعاد دلخواه باشد) (۵ و ۱۵). تامین آب در مخزن از طریق تعبیه یک لوله عمودی در گلدان انجام می‌شود و نیاز به پر کردن مخزن به‌صورت دوره‌ای از طریق این لوله می‌باشد. پرکردن مخزن تا زمانی که آب از لوله زهکش تعبیه شده در محیط کشت خارج شود ادامه می‌یابد (شکل ۱). این روش نوآورانه، ضمن این‌که مراحل نصب و نگهداری آسانی دارد، از نظر مصرف آب و کود بهینه می‌باشد (۳). به‌دلیل تامین آب مورد نیاز گیاهان از مخزن زیر گلدان و

1- Self- watering planters

پخش یکنواخت آب از طریق نیروی مویینگی در محیط ریشه، انتظار می‌رود که این سیستم پتانسیل تولید محصول مناسبی نیز داشته باشد (۲۰). هم‌چنین به این دلیل که محیط کشت در گلدان و آبیاری به طریق زیرسطحی میباشد، استفاده از این سیستم آبیاری به‌منظور کاهش زهاب گلخانه‌ای مورد توجه می‌باشد. این روش آبیاری را می‌توان برای هر دو نوع گیاه رایج گلخانه‌ای (زینتی و سبزیجات خوراکی) مورد استفاده قرار داد (۱۸).



شکل ۱- نمای شماتیکی از سیستم زیرسطحی گلدانی و اجزای آن.
Figure 1. SIP system details scheme.

جزییات تیمارها: این مطالعه از خرداد ماه الی مهرماه ۱۳۹۸ در محل گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران با موقعیت جغرافیایی ′۴۱ °۵۱ طول شرقی و ′۲۸ °۳۵ عرض شمالی و ارتفاع ۱۰۲۰ متری از سطح دریا انجام شد. بذر ریحان[1] از شرکت پاکان بذر تهیه شده و در دو فصل، کشت شد. جدول‌های ۱ و ۲ مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب و بسترهای کشت استفاده شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. تیمارهای مورد مطالعه، دو روش آبیاری سطحی (O) و زیرسطحی گلدانی (SIP)، دو عمق بستر کشت (۳۰ سانتی‌متر: D_2 و ۵۰ سانتی‌متر: D_1)، دو نوع بستر کشت گلخانه‌ای (کوکوپیت + پرلیت: (C) و کوکوپیت + پرلیت + خاک: (SC)) و سه سطح شوری آب آبیاری (۱/۲، ۳/۵ و ۵ دسی‌سیمنز بر متر: S_1، S_2 و S_3) بودند (۱۷). در این پژوهش طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار مورد مطالعه قرار گرفت و از مدل SPSS ورژن ١٦ به‌منظور مقایسه آماری استفاده شد. به‌منظور ایجاد محیط کشت در سیستم زیرسطحی گلدانی از دو سطل (گلدان) با عمق‌های ۵۷ و ۳۷ سانتی‌متر برای دو عمق کشت ۵۰ و ۳۰ سانتی‌متری استفاده شد. در انتهای هر گلدان، ۵ سانتی‌متر گراول درشت‌دانه به‌عنوان مخزن نگهداری آب ریخته شد. در داخل هر مخزن نیز یک لوله شفاف (مانومتر) قرار داده شد که برای رویت سطح آب داخل مخزن مورد استفاده قرار گرفت. لایه‌های ژئوتکستایل برای جداسازی این مخزن با محیط کشت در قسمت بالایی (محیط غیراشباع مخصوص رشد گیاه) به‌کار رفت و یک لوله عمودی پلی‌اتیلنی نیز در طول گلدان از سر تا کف برای پر کردن مخزن از آب قرار داده شد. در مجموع ٩٦ گلدان (نیمی برای سیستم سطحی و نیمی برای سیستم

1- *Ocimum basilicum* L

زیرسطحی گلدانی) در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفتند که در هر گلدان ۷ گیاه ریحان کشت شد.

روش آبیاری: تمامی گلدان‌ها (زیرسطحی گلدانی و سطحی) به‌مدت ۵ روز بعد از نشا با آب معمولی (شوری ۱/۲ دسی‌سیمنز برمتر) آبیاری سطحی شدند. در گلدان‌های سطحی مقدار آب ابیاری به روش وزنی تعیین شد. در گلدان‌های زیرسطحی آب به اندازه‌ای در لوله عمودی ریخته شد که مانومتر نشان دهد مخزن پر است. در مورد زمان آبیاری در مورد تمام گلدان‌های سطحی و زیرسطحی، زمانی که رطوبت متوسط لایه ۱۰ سانتی‌متری خاک، به 0.75FC رسید آبیاری انجام شد.

بهره‌وری آب و توزیع شوری: بهره‌وری آب (گرم ماده تولید شده بر کل آب آبیاری مصرف شده) در این پژوهش برای تمامی گلدان‌ها مورد محاسبه قرار گرفت. به‌منظور مقایسه توزیع شوری در پروفیل بستر کشت در هر روش آبیاری، برداشت نمونه از اعماق ۱۰ سانتی‌متری (۵ نمونه در عمق بستر کشت ۵۰ سانتی و ۳ نمونه در عمق بستر کشت ۳۰ سانتی) در طول فصل کشت انجام شده و بعد از تهیه عصاره اشباع، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع در آزمایشگاه انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی بسترهای کشت مورد استفاده.

Table 1. Specifications of soilless media.

نوع محیط کشت مورد استفاده در گلدان‌ها Growing medium in pots	نام مخفف Abbreviation	چگالی ظاهری Bulk density ($gr.cm^{-3}$)	چگالی حقیقی Particle density ($gr.cm^{-3}$)	شوری اولیه Primary salinity ($dS.m^{-1}$)	رطوبت حجمی ظرفیت زراعی Field capacity (%)	pH
کوکوپیت + پرلیت + کود ورمی‌کمپوست (۶+۲+۱) Cocopeat + perlit + vermicompost (6+2+1)	C	0.13	0.47	1.14	32.5	6.4
بستر کشت(کوکوپیت+ پرلیت) + خاک رسی+ کود ورمی‌کمپوست ٤ (۳ کوکوپیت + ۱ پرلیت) + ٤ + ۱ Growing medium (cocopeat + perlit) + clay loam+ vermicompost 4 (3 cocopeat +1 perlit) + 4 +1	SC	1.05	2.04	1.15	34	6.41

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب گلخانه.

Table 2. Specifications of greenhouse water.

شوری آب آبیاری Irrigation water salinity ($dS.m^{-1}$)	pH	TDS (mg/L)	SAR ($mmol/L^{1/2}$)
1.2	6.77	768	1.17
3.5	6.6	2240	2.1
5	6.91	3200	3.28

نتایج و بحث

بهره‌وری آب و بهره‌وری گیاه

مقایسه بهره‌وری آب در سیستم‌های SIP و سطحی: بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب مربوط به تیمار $SIP\text{-}C\text{-}S_1\text{-}D_2$ و برابر ۱۰/۳۳ گرم بر لیتر و کم‌ترین مقدار آن مربوط به تیمار $O\text{-}C\text{-}S_3\text{-}D_1$، ۱/۷۹ گرم بر لیتر گزارش شد. بهره‌وری آب در کاشت گیاه ریحان در مزرعه با آبیاری سطحی، ۲/۸۳ گرم در لیتر گزارش شده است (۷). همانطور که در شکل ۲ و جدول ۳ ملاحظه می‌شود، تمامی تیمارهای SIP-SC دارای بهره‌وری آب بالاتری نسبت به تیمارهای مشابه سطحی خود هستند و از لحاظ آماری این تفاوت معنی‌دار نیست. تفاوت مقدار وزن محصول به‌دست آمده بین دو روش آبیاری نیز در تیمارهای SIP-SC و O-SC معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۳، شکل ٤)، اگرچه مقدار آب آبیاری مصرف شده برای آبیاری در روش سطحی به‌طور معناداری بیش‌تر است (جدول ۳، شکل ۳).

در مورد تیمارهای SIP-C در سطح آماری ۵٪ بهره‌وری آب به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از تیمارهای سطحی شاهد آن‌هاست که نشان‌دهنده برتری استفاده از این محیط کشت (C) برای افزایش بهره‌وری آب در گلخانه‌ها هنگام استفاده از روش SIP است. در این تیمارها نیز وزن محصول بین دو روش SIP-C و O-C معنی‌دار نیست و در نتیجه علت اختلاف معنی‌دار بهره‌وری آب بین دو روش، صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری در روش SIP می‌باشد.

افزایش بهره‌وری آب در روش SIP نسبت به سطحی، که در سایر مطالعات انواع دیگر روش‌های آبیاری زیرسطحی نیز به اثبات رسیده است (۱۲ و ١٤)، شاهدی بر ارتقای توزیع آب و مواد محلول در طول محیط کشت در روش نوین SIP می‌باشد.

مقایسه بهره‌وری آب در تیمارهای SIP: در مورد تیمارهای $SIP\text{-}C\text{-}D_1$ در سطح آماری ۵٪، بهره‌وری آب تفاوت معناداری با تیمارهای $SIP\text{-}SC\text{-}D_1$ ندارد اگرچه تفاوت بسیار قابل‌توجهی بین بهره‌وری آب در $SIP\text{-}C\text{-}D_2$ و $SIP\text{-}SC\text{-}D_2$ وجود دارد، به این صورت که بهره‌وری آب در $SIP\text{-}C\text{-}D_2$ به‌طور معناداری بالاتر از $SIP\text{-}SC\text{-}D_2$ می‌باشد (جدول ۳) که علت آن کاهش مصرف آب آبیاری در محیط کشت $C\text{-}D_2$، نسبت به $SC\text{-}D_2$ می‌باشد در حالی‌که این صرفه‌جویی در مصرف آب باعث کاهش معنی‌دار مقدار محصول بین دو روش نیز نشده است (جدول ۳).

تیمارهای $SIP\text{-}SC\text{-}D_1$ نسبت به تیمارهای $SIP\text{-}SC\text{-}D_2$ آب آبیاری بیش‌تری (به‌دلیل عمق بیش‌تر) مصرف می‌کنند ولی بهره‌وری آب و مقدار محصول، بین آن‌ها تفاوت معناداری ندارند (جدول ۳)، در نتیجه هنگام استفاده از این محیط کشت (SC) در روش SIP، بهتر است عمق کم‌تر به‌دلیل مصرف آب کم‌تر انتخاب شود. در مورد گروه SIP-C، تیمارهای D_2 نسبت به D_1 بهره‌وری آب بیش‌تری به‌صورت قابل‌توجه دارند که با توجه به معنادار نبودن تفاوت وزن محصول، علت آن مصرف آب خیلی کم‌تر در این عمق نسبت به عمق کشت بیش‌تر است. در نتیجه استفاده از عمق کم‌تر کشت در صورت کاربرد محیط کشت C در روش SIP در گلخانه، توصیه می‌شود.

در مورد سه سطح شوری S_1، S_2 و S_3 آب آبیاری، همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، افزایش شوری آب آبیاری هیچ تأثیری در بهره‌وری آب و مقدار محصول در تیمارهای SIP-SC و SIP-C نداشت. برای مثال سه تیمار $SIP\text{-}SC\text{-}S_1\text{-}D_1$ و $SIP\text{-}SC\text{-}S_2\text{-}D_1$ و $SIP\text{-}SC\text{-}S_3\text{-}D_1$ از لحاظ مقدار محصول و بهره‌وری آب هیچ تفاوت معناداری

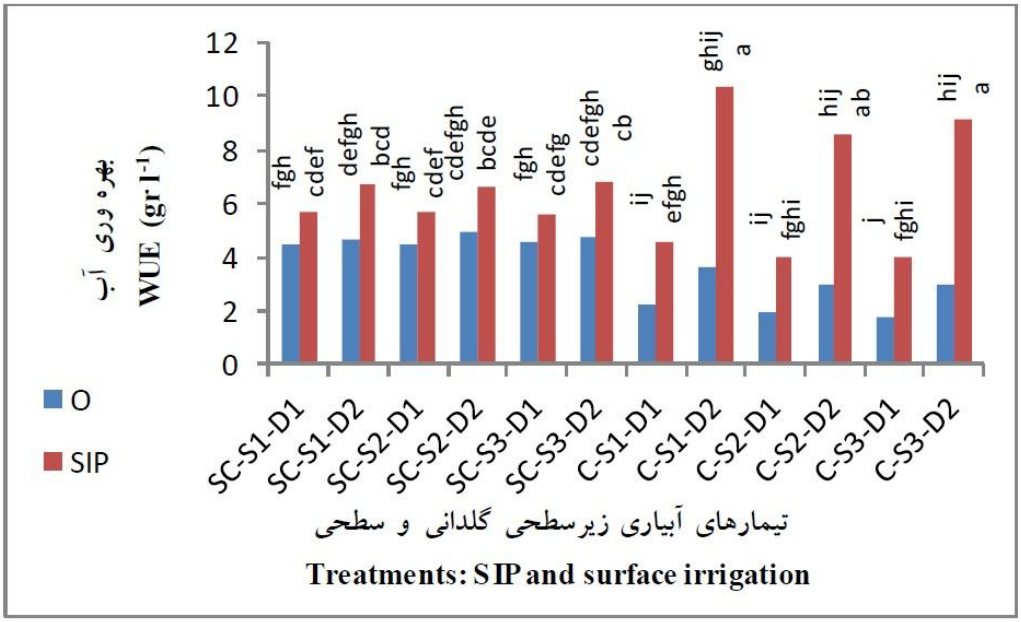
ندارند که دلیل آن مرطوب ماندن محیط کشت در سیستم زیرسطحی SIP و رقیق شدن غلظت نمک‌ها که باعث کاهش اثرات منفی شوری می‌شود، می‌باشد. کاربرد استفاده از آب شور در سیستم‌های آبیاری زیرسطحی در سایر مطالعات نیز ثابت شده است (٤ و ١٦).

جدول ۳- مقدار محصول، آب آبیاری مصرف شده و بهره‌وری آب برای تمام تیمارها.

Table 3. Fresh yield, total irrigation and water productivity for all treatments.

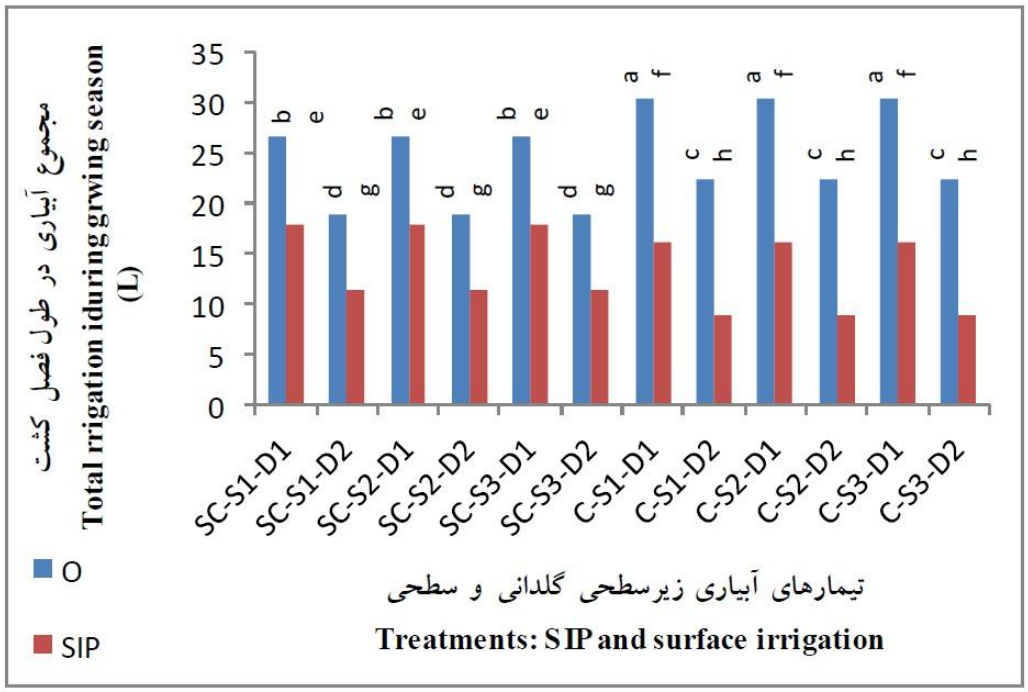
تیمارها Treatments	وزن تر (گرم) Fresh yield (gr)	کل آبیاری (لیتر) Total Irrigation (L)	بهره‌وری آب (گرم بر لیتر) WUE (gr/L)
SIP-SC-S1-D1	102.49±3.563^{ab}	17.90±0.0001^{e}	5.73±0.198^{cdef}
SIP-SC-S1-D2	76.57±1.745^{bcde}	11.40±0.0001^{g}	6.72±0.152^{bcd}
SIP-SC-S2-D1	101.68±5.270^{ab}	17.90±0.0001^{e}	5.68±0.293^{cdef}
SIP-SC-S2-D2	75.37±7.295 ^{bcde}	11.40±0.0001^{g}	6.61±0.639^{bcde}
SIP-SC-S3-D1	99.51±3.732^{abc}	17.90±0.0001^{e}	5.56±0.208^{cdefg}
SIP-SC-S3-D2	77.47±7.240 ^{bcde}	11.40±0.0001^{g}	6.80±0.633^{cb}
SIP-C-S1-D1	73.71±5.742 ^{bcde}	16.15±0.0001^{f}	4.56±0.356 ^{efgh}
SIP-C-S1-D2	91.90±5.792^{abcd}	8.90±0.0001^{h}	10.33±0.650^{a}
SIP-C-S2-D1	64.47±7.613^{de}	16.15±0.0001^{f}	3.99±0.471^{fghi}
SIP-C-S2-D2	76.10±2.152 ^{bcde}	8.90±0.0001^{h}	8.55±0.242^{ab}
SIP-C-S3-D1	64.00±1.870^{de}	16.15±0.0001^{f}	3.96±0.116 ^{fghi}
SIP-C-S3-D2	81.24±7.093^{bcde}	8.90±0.0001^{h}	9.13±0.798^{a}
O-SC-S1-D1	117.71±13.336^{a}	26.60±0.0001^{b}	4.43±0.501^{fgh}
O-SC-S1-D2	87.34±4.542^{abcde}	18.80±0.0001^{d}	4.65±0.241 ^{defgh}
O-SC-S2-D1	119.38±11.685^{a}	26.60±0.0001^{b}	4.49±0.438 ^{fgh}
O-SC-S2-D2	92.49±9.344^{abcd}	18.80±0.0001^{d}	4.92±0.496^{cdefgh}
O-SC-S3-D1	120.30±5.646^{a}	26.60±0.0001^{b}	4.52±0.211 ^{fgh}
O-SC-S3-D2	89.73±7.611^{abcd}	18.80±0.0001^{d}	4.77±0.404^{cdefgh}
O-C-S1-D1	68.41±4.386 ^{bcde}	30.40±0.0001^{a}	2.25±0.144^{ij}
O-C-S1-D2	80.26±4.302 ^{bcde}	22.40±0.0001^{c}	3.58±0.192^{ghij}
O-C-S2-D1	58.42±7.911^{de}	30.40±0.0001^{a}	1.92±0.260^{ij}
O-C-S2-D2	67.04±4.021^{cde}	22.40±0.0001^{c}	2.99±0.179^{hij}
O-C-S3-D1	54.38±3.463^{e}	30.40±0.0001^{a}	1.79±0.113^{j}
O-C-S3-D2	66.72±1.998^{cde}	22.40±0.0001^{c}	2.98±0.09^{hij}

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Tukey's test, P<0.05).



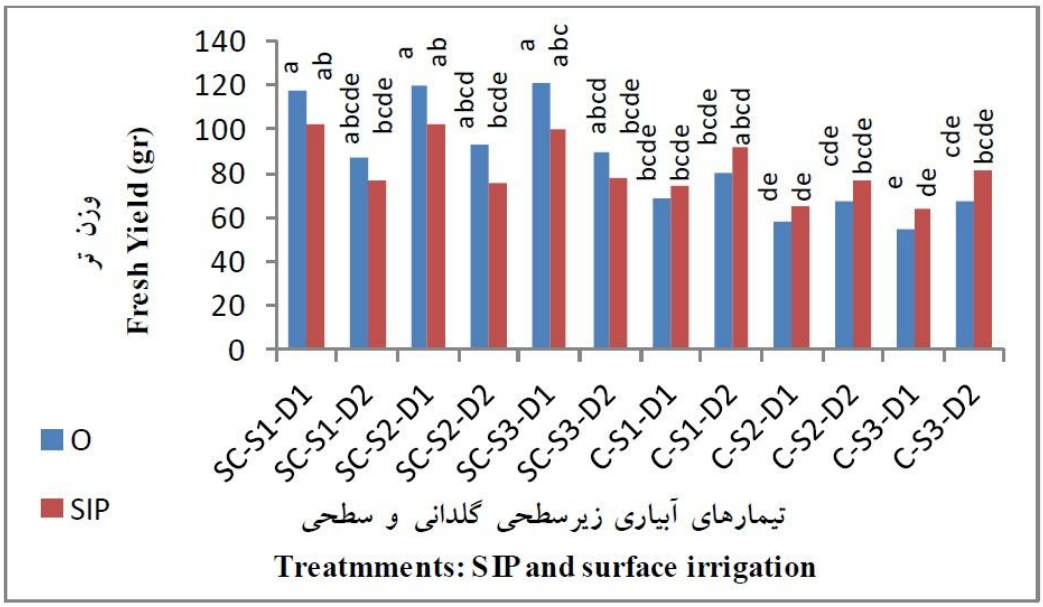
شکل ۲- مقایسه بهره‌وری آب در تمامی تیمارهای آبیاری زیرسطحی گلدانی و سطحی با دو عمق خاک و سه سطح شوری آب آبیاری.

Figure 2. WUE comparison for all treatments of SIP and surface irrigation; two soil depths and three water salinity.



شکل ۳- مقایسه مقدار کل آبیاری در طول فصل کشت در تمامی تیمارهای آبیاری زیرسطحی گلدانی و سطحی با دو عمق خاک و سه سطح شوری آب آبیاری.

Figure 3. Total Irrigation water comparison for all treatments of SIP and surface irrigation; two soil depths and three water salinity during growing season.



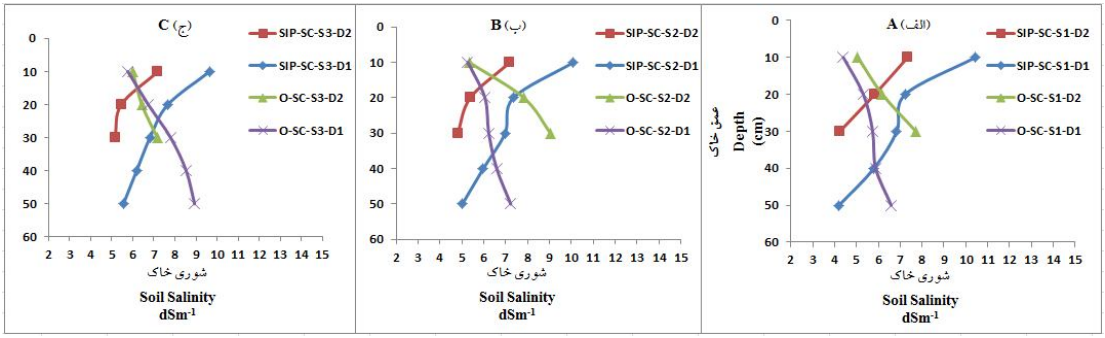
شکل ٤- مقایسه مقدار محصول در تمامی تیمارهای آبیاری زیرسطحی گلدانی و سطحی با دو عمق خاک و سه سطح شوری آب آبیاری.

Figure 4. Fresh yield comparison for all treatments of SIP and surface irrigation; two soil depths and three water salinity.

توزیع شوری: شکل‌های ٥ و ٦ توزیع شوری را در پروفیل هر دو محیط کشت SC و C و نیز در دو روش آبیاری سطحی و زیرسطحی گلدانی نشان می‌دهند و همانطور که ملاحظه می‌شود توزیع شوری در هر دو شکل ٥ و ٦ و برای دو نوع محیط کشت، در تیمارهای سطحی و زیرسطحی گلدانی متفاوت است. در روش زیرسطحی گلدانی، بیش‌ترین سطح شوری در لایه‌های سطحی رویت شد در حالی‌که در روش سطحی، شورترین لایه‌ها در بخش زیرین محیط کشت قرار داشتند. این روند توزیع شوری در مورد هر دو عمق کشت D_1 و D_2 مشاهده شد. دلیل این روند، رطوبت بیش‌تر در سطوح زیرین سیستم‌های SIP به‌علت وجود مخزن آب می‌باشد که باعث رقیق‌تر شدن نمک‌ها و کاهش شوری در این قسمت می‌شود در حالی‌که در سیستم‌های سطحی، نمک‌ها به همراه آب به لایه‌های زیرین شسته شده و باعث شوری بیش‌تر پروفیل در این بخش می‌شوند. در شکل ٥ (الف و ب و ج) سیستم‌های زیرسطحی گلدانی با عمق کشت بیش‌تر (D_1) دارای سطوح بالاتری از شوری در طول پروفیل خود هستند که علت آن می‌تواند رطوبت بیش‌تر لایه‌های محیط کشت در عمق‌های کم‌تر (D_2) به‌دلیل نزدیکی بیش‌تر به مخزن زیرگلدانی باشد. این یافته که افزایش عمق خاک در آبیاری‌های نوع زیرسطحی باعث افزایش شوری در طول پروفیل می‌شود در سایر پژوهش‌ها نیز ثابت شده است (٦). رطوبت بالاتر لایه‌ها، باعث کاهش شوری در طول پروفیل در $SIP\text{-}D_2$ نسبت به $SIP\text{-}D_1$ در هر سه نمودار شکل ٥ (الف و ب و ج) می‌باشد. این نتیجه تنها در مورد محیط کشت SC (شکل ٥) صادق است، زیرا در شکل ٦ (الف و ب و ج)، اکثر لایه‌های $SIP\text{-}D_2$ در هر سه سطح شوری، دارای شوری بیش‌تری نسبت به $SIP\text{-}D_1$ هستند. علت این پیامد می‌تواند توزیع متفاوت رطوبت در دو محیط کشت باشد. اگرچه بیش‌تر بودن شوری لایه‌ها

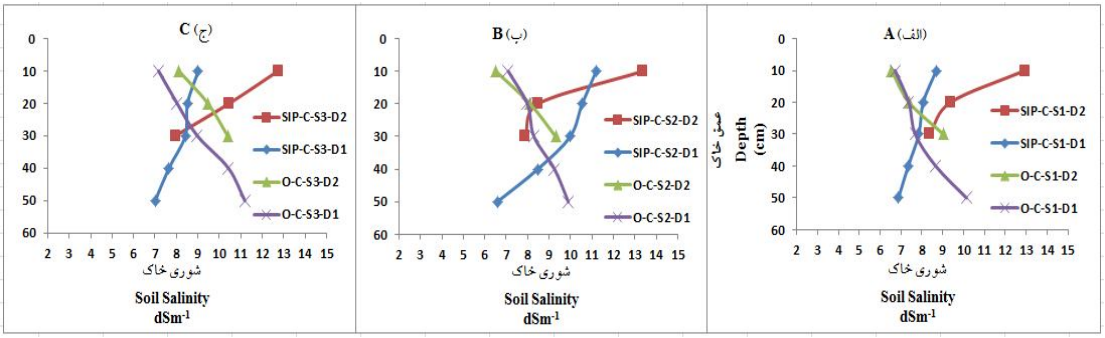
در $SIP\text{-}D_2$ نسبت به $SIP\text{-}D_1$ در محیط کشت C، تأثیری بر کارایی این سیستم نداشته و همان‌طور که در شکل‌های ۲ و ٤ ملاحظه شد، بهره‌وری آب و مقدار محصول در این تیمار نسبت به $SIP\text{-}D_1$ بالاتر نیز بوده است. شکل ۷ نیز به‌صورت جداگانه دو نوع محیط کشت را برای تمامی تیمارهای SIP در سه سطح شوری آب آبیاری (S_1، S_2 و S_3) مورد مطالعه قرار می‌دهد و همانطور که در شکل‌های ۵ و ٦ ملاحظه شد، درمحیط کشت SC، تیمارهای D_1 و در محیط کشت C، تیمارهای D_2 در اکثر لایه‌ها دارای شوری بیش‌تری هستند.

شکل ۸ (الف و ب) سه سطح شوری آب آبیاری را در محیط کشت SC مقایسه می‌کند: در این نوع محیط کشت در هر دو عمق D_1 و D_2، در سه سطح شوری آب آبیاری، شوری لایه‌های مختلف خاک تفاوت چندانی نداشته و دارای نمودارهای مشابهی هستند که می‌تواند نشان‌دهنده توزیع بیش‌تر رطوبت در این نوع محیط کشت به‌دلیل ترکیب خاک لوم رسی و بستر کشت باشد. در شکل ۹ (الف) تیمار $SIP\text{-}C\text{-}S_3\text{-}D_2$ و در شکل ۹ (ب) تیمار $SIP\text{-}C\text{-}S_2\text{-}D_1$ شورترین لایه‌ها را دارا هستند.



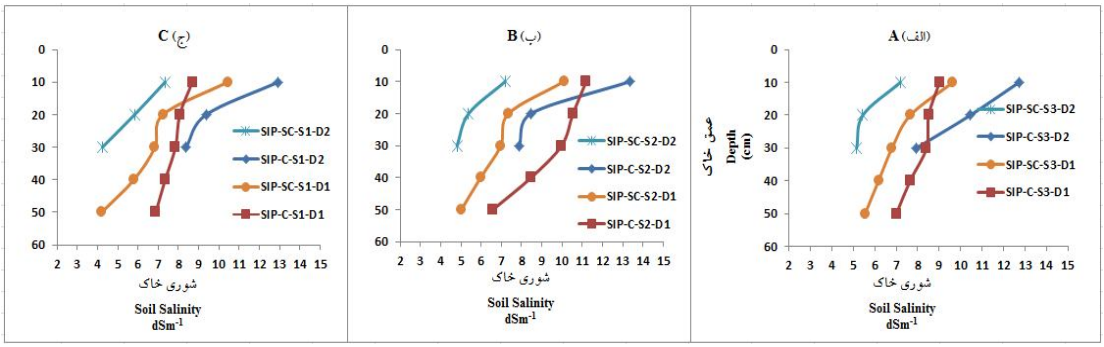
شکل ۵- (الف) مقایسه دو سیستم SIP وسطحی در محیط کشت SC تحت آبیاری با شوری S1؛ (ب) مقایسه دو سیستم SIP و سطحی در محیط کشت SC تحت آبیاری با شوری S2؛ (ج) مقایسه دو سیستم SIP و سطحی در محیط کشت SC تحت آبیاری با شوری S3.

Figure 5. (A) Comparison of SIP and surface for SC under S1 irrigation; (B) Comparison of SIP and surface for SC under S2 irrigation; (C) Comparison of SIP and surface for SC under S3 irrigation.



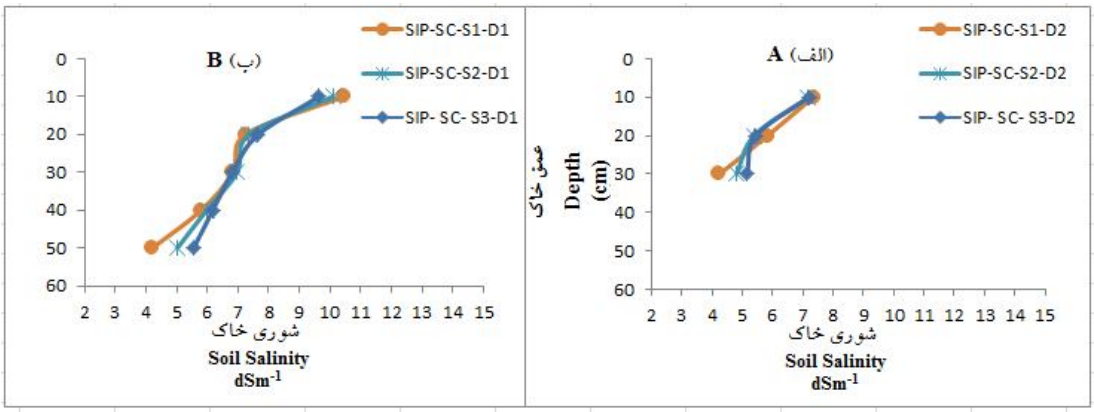
شکل ٦- (الف) مقایسه دو سیستم SIP وسطحی در محیط کشت C تحت آبیاری با شوری S1؛ (ب) مقایسه دو سیستم SIP و سطحی در محیط کشت C تحت آبیاری با شوری S2؛ (ج) مقایسه دو سیستم SIP و سطحی در محیط کشت C تحت آبیاری با شوری S3.

Figure 6. (A) Comparison of SIP and surface for C under S1 irrigation; (B) Comparison of SIP and surface for C under S2 irrigation; (C) Comparison of SIP and surface for C under S3 irrigation.



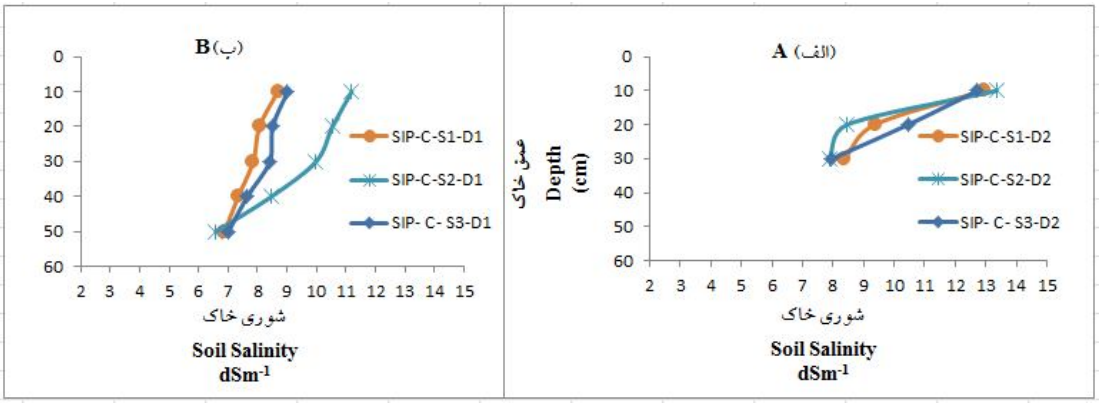
شکل ۷- (الف) مقایسه دو محیط کشت SC و C در تیمارهای SIP تحت آبیاری با شوری S3؛ (ب) مقایسه دو محیط کشت SC و C در تیمارهای SIP تحت آبیاری با شوری S2؛ (ج) مقایسه دو محیط کشت SC و C در تیمارهای SIP تحت آبیاری با شوری S1.

Figure 7. (A) Comparison of C and SC for SIP treatments under S3; (B) Comparison of C and SC for SIP treatments under S2; (C) Comparison of C and SC for SIP treatments under S1.



شکل ۸- (الف) مقایسه سه شوری S1، S2 و S3 در SIP-SC با عمق کشت D2؛ (ب) مقایسه سه شوری S1، S2 و S3 در SIP-SC با عمق کشت D1.

Figure 8. (A) Comparison of S1, S2, S3 in SIP-SC-D2 treatments, (B) Comparison of S1, S2, S3 in SIP-SC-D1 treatments.



شکل ۹- (الف) مقایسه سه شوری S1، S2 و S3 در SIP-C با عمق کشت D2؛ (ب) مقایسه سه شوری S1، S2 و S3 در SIP-C با عمق کشت D1.

Figure 9. (A) Comparison of S1, S2, S3 in SIP-C-D2 treatments, (B) Comparison of S1, S2, S3 in SIP-C-D1 treatments.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش برای اولین بار در ایران از سیستم آبیاری زیرسطحی گلدانی (SIP) در محیط گلخانه برای کشت گیاه ریحان استفاده شد. با توجه به پژوهش انجام شده، این سیستم آبیاری نسبت به روش سطحی با حفظ مقدار محصول، نتایج نسبتاً مطلوبی از نظر صرفه‌جویی در مقدار آب آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌وری آب به‌دست می‌دهد و از این‌رو برای آبیاری گلخانه‌ها در مناطقی با کمبود آب توصیه می‌شود. هم‌چنین در رابطه با عمق بستر در گلدان هنگام استفاده از این روش آبیاری، کاربرد هر یک از اعماق ۵۰ سانتی‌متر و ۳۰ سانتی‌متر تفاوت معناداری در بهره‌وری آب در تیمارهای SIP-SC ایجاد نکرد ولی در مورد تیمارهای SIP-C عمق ۳۰ سانتی‌متر بهره‌وری آب را به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشید. هم‌چنین در رابطه با توزیع شوری در دو محیط کشت SC و C و در تیمارهای SIP-D2، اگرچه تیمارهای $SIP\text{-}C\text{-}D_2$ دارای بیش‌ترین سطح شوری در تمام طول پروفیل خود بودند، ولی ضمن این‌که مقدار محصول آن‌ها تفاوت معناداری با SIP-SC-D2 نداشت، بهره‌وری آب را به طور بسیار قابل‌توجهی ارتقا دادند و بنابراین به‌عنوان تیمار منتخب برای کاربرد روش SIP در گلخانه‌ها معرفی می‌شوند. مقایسه توزیع شوری بین تیمارهای SIP و سطحی نیز، نشان داد که در روش زیرسطحی گلدانی، بیش‌ترین سطح شوری در لایه‌های سطحی هستند در حالی‌که در روش سطحی، شورترین لایه‌ها در بخش زیرین محیط کشت قراردارند، بنابراین بررسی سطح شوری در پروفیل محیط کشت در طول فصل کشت و انجام آبشویی بین دو فصل کشت به‌منظور جلوگیری از کاهش محصول در اثر شوری سطح در روش SIP توصیه می‌شود. هم‌چنین نتیجه دیگری که از مطالعه توزیع شوری به‌دست می‌آید این است که به‌دلیل تجمع نمک در محیط ریشه، استفاده از تکنیک زیرسطحی در مواردی که آب آبیاری خیلی شور باشد، در درازمدت مقرون به صرفه نمی‌باشد.

داده‌ها و اطلاعات

داده‌ها و اطلاعات مندرج در این مقاله، بر اساس پژوهش انجام شده در پردیس ابوریحان با موضوع پروپوزال رساله دکترای تصویب شده با نام بررسی بهره‌وری آب در آبیاری زیرسطحی گلدانی با سطوح مختلف شوری (مطالعه موردی گیاه ریحان) جمع‌آوری و ارائه شده است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

منابع

1. Arbat, G., PuigBargues, J., Barragan, J., Bonany, J., and Ramırez, F. 2008. Monitoring soil water status for micro-irrigation management versus modelling approach. Biosyst. Eng. 100: 286-296.
2. Bahrami, H.A., Rangrizi, S., Kianirad, M., and Shojaaddini, A. 2016. Evaluating the performance of bio-composite pipes as a subsurface irrigation method in culturing panicum (*panicum antidotale*). J. Soil Water Resour. Cons. 6: 33-46. (In Persian)
3. Bainbridge, D.A. Wick irrigation for tree establishment. 2012. In The Overstory; Agroforestry Net, Inc.:Holualoa, HI, USA.
4. Caparros, P.G., Lianderal, A., and Lao, M.T. 2016. Water and nutrient uptake efficiency in containerized production of fern leaf lavender irrigated with saline water. Horttech. 26: 742-747.

5. Eearthbox: A Pioneer Company in Container Gardening Systems. Available online: https://earthbox.com/(accessed on 15 July 2019).
6. Dehghanisanij, H., Haji Agha Bozorgi, H., and Ghaemi, A. 2018. Impact of irrigation regimes on salinity pattern in soil under subsurface drip irrigation. Water and Irrigation Management. 8: 1: 15-25. (In Persian)
7. Erken, S., Sonmez, C., Ozkalai, E., Kurttas, Y., Bayram, E., and Gurgilu, H. 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil. J. Agwat. 109: 155-161.
8. Freida, L., and Hyland, B. 2013. Growing greens at 5015/5011 2nd avenue: Sub-Irrigated planters for sustainable urban gardening.
9. Ghafari Moghadam, Z., Moradi, E., and Hashemi Tabar, M. 2020. A Study of the Effective Factors in gap productivity irrigation systems in agricultural by use approach Oaxaca- Blinder. J. Water Soil Cons. 26: 239-245. (In Persian)
10. Gunarathna, M.H.J.P., Sakai, K., Nakandakari, T., Kazuro, M., Onodera, T., Kaneshiro, H., Uehara, H., and Wakasugi, K. 2017. Optimized subsurface irrigation system (OPSIS): Beyond traditional subsurface irrigation. Water. 9: 599.
11. Hills, D., and Brenes, M. 2001. Microirrigation of wastewater e_uent using drip tape. Appl. Eng. Agric. 17: 303-308.
12. Lee, C.W., So, I.S., Jeong, S.W., and Huh, M.R. 2010. Application of subirrigation using capillary wick system to pot production. J. Agric. Life Sci. 44: 7-14.
13. Masnavi. M., Bangian, H., Sarami, J., and Rahsaz, T. 2013. City agriculture, A way to protect and reclamation ecological structure of cities. The 2nd conference of environmentally planning and management. University Of Tehran. (In Persian)
14. Nalliah, V., and Ranjan, R.S. 2010. Evaluation of a capillary-irrigation system for better yield and quality of hot pepper (*Capsicum annuum*). Appl. Eng. Agric. 26: 807-816.
15. Palmer, D., and Grubb, A. Very Edible Gardens Company (VEG): A Permaculture Design, Education and Gardening Company. Available online: https://www.wickingbeds.com.au/ (accessed on 12 July 2019).
16. Rhoades, J.D., Kandiah, A., and Mashali, A.M. 1992. The Use of Saline Waters for Crop Production; Food and Agriculture Organisation (FAO): Rome, Italy.
17. Sarai Tabrizi, M., Babazadeh, H., Homaee, M., Kaveh, F., and Parsinejad, M. 2016. Determining the Threshold Value of Basil Yield Reduction and Evaluation of Water Uptake Models under Salinity Stress Condition. J. Water Soil. 30: 30-40. (In Persian)
18. Sullivan, C., Hallaran, T., Sogorka, G., and Weinkle, K. 2015. An evaluation of conventional and subirrigated planters for urban agriculture: Supporting evidence. Renew. Agric. Food Syst. 30: 55-63.
19. Ward, D.J., and Myers, B.R. 2018. A Semi-Systematic Review of Capillary Irrigation, Horticulture, 4: 23.
20. Wesonga, J.M., Wainaina, C., Ombwara, F.K., Masinde, P.W., and Home, P.G. 2017. Water use and plant growth of selected container grown ornamental plants under capillary wick based irrigation system and conventional irrigation system in Kenya. Inter. J. Agron. Agric. Res. 11: 1: 32-41.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Research Full Paper

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 27(5), 2021
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2020.17894.3355

Investigation of water productivity in sub-irrigated planter system at different levels of water salinity (Case study: Basil plant)

M. Vahabi Mashhor[1], M. Mashal[2], *S.E. Hashemi Garmdareh[3], M. Varavipur[2] and H. Ebrahimian[4]

[1]Ph.D. Student, Dept. of Water Engineering, Collage of Aburaihan, University of Tehran,
[2]Associate Prof., Dept. of Water Engineering, Collage of Aburaihan, University of Tehran,
[3]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Collage of Aburaihan, University of Tehran,
[4]Associate Prof., Dept of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agricultural and Natural Resources, University of Tehran
Received: 04.17.2020; Accepted: 09.28.2020

Abstract

Background and Objectives: Due to the population increase and growing need for food production development in cities and to improve urban agriculture through urban greenhouses, there is an urgent requirement to provide optimal subsurface irrigation methods. Optimal irrigation methods mean methods that reduce water consumption and allow the use of lower quality water for irrigation while maintaining product quality. There are different methods for subsurface irrigation in greenhouses, for example there are some hydroponic methods which need special equipment and many studies have been conducted on them. In this research, performance of a new sub-irrigated planter method (SIP) for panting basil plant in two seasons in a greenhouse, in term of water productivity was evaluated and compared with conventional surface irrigation.

Materials and Methods: In SIP system, plant was planted in pot and a water reservoir (saturated gravel reservoir) was prepaid below the growing medium in pot (bottom of pot) to provide the water for plants through capillary action in growing medium (upper part of pot). Variable parameters to study were: depth of growing medium (D1: 50 cm and D2: 30 cm), Type of growing medium: (clay loam + cocopeat + perlit (SC) and cocopeat + perlit (C)) and three irrigation salinity levels (1.2, 3.5 and 5 $dS.m^{-1}$: basil tolerance to irrigation water salinity: 1.5 $dS.m^{-1}$); which were compared in both SIP and surface systems.

Results: All SIP-C treatments had considerably higher water productivity in 5% statistical level compared to surface treatments which proved the superiority of C growing medium to be used in SIP systems in order to increase water productivity in a greenhouse. Considering optimum depth, water productivity in SIP-SC-D1 was not meaningfully higher than SIP-SC-D2; although in SIP-C, all D2 treatments had considerably higher water productivities than D1s. As a result it is recommended to use lower depth of growing medium while using C growing medium in SIP systems. Increasing irrigation water salinity level did not affect the fresh yield weight in SIP systems; although the salinity level was remarkably high in surface layers of SIP pots unlike the higher salinity layers observed at bottom of surface pots; which shows the need to monitor the growing medium salinity levels during growing season and applying the leaching between growing seasons when necessary in SIP systems.

* Corresponding Author; Email: sehashemi@ut.ac.ir

Conclusion: This study showed that sub-irrigated planter method while is a very simple method and has no need to complex technology and expensive equipment and installation, significantly reduces the amount of water required for irrigation and also is able to compete with conventional surface irrigation systems. Therefore this method can be used as conservative system to save both water and soil as an agricultural goal and keep the productivity in high levels.

Keywords: Greenhouse, Sub-irrigated planter, Urban agriculture, Water productivity