2022, Vol.9, No.2, Pages 97 to 94
Journal of Water and Sustainable Development

سال نهم، شماره ۲، ۱۴۰۱، صفحات ۸۷ تا ۹۴
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied Article

نوع مقاله: پژوهش کاربردی

Determination of Sedum (Sedum cv. Nevii) Water Requirement, Crop Coefficient, and Water Productivity in Greenhouse Conditions

J. Nikbakht[1*], Z. Hamed[2], H. Mokhtari[3]

1,2- Associate Professor and M.Sc. Graduated, Department of Water Engineering, University of Zanjan, Iran. 3- M.Sc. Graduated, Expert of Green Space and Beautification Office of Urmia Municipality, Iran.

*(Corresponding Author Email: Nikbakht.jaefar@znu.ac.ir)

Received: 14-02-2022 Revised: 19-03-2022
Accepted: 23-03-2022 Available Online: 21-09-2022

تعیین نیاز آبی، ضریب گیاهی و بهره‌وری آب گیاه سدوم (Sedum cv. Nevii) در شرایط گلخانه

جعفر نیکبخت[1*]، زهره حامد[2]، حجت مختاری[3]

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان، ایران. ۳- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، کارشناس اداره فضای سبز و زیباسازی شهرداری ارومیه، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: Nikbakht.jaefar@znu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۰۳ تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۳۰

Abstract

Considering the increase in the production of apartment flowers in the greenhouse, this study was conducted with the objectives of determination of Sedum (Sedum cv. Nevii) evapotranspiration and crop coefficient in greenhouse conditions and the effect of deficit irrigation on shoot fresh weight and water productivity. The experiment was carried out from July 2017 to January 2018 in the greenhouse of the Green Space and Beautification Office of Urmia Municipality. To determine crop coefficient, Sedum and grass evapotranspiration was measured based on the water volume balance approach for 90 days. Results showed that the average evapotranspiration of Sedum and grass were the same as 2.0 mm/day and the average Sedum crop coefficient was 0.99. Sum evapotranspiration of Sedum and grass during the test period were 180.3 and 179.5 mm (respectively). A deficit irrigation test was done on a completed randomized blocks design with 4 replications. The distance between the blocks and the pots in the blocks was 1m. Irrigation levels were 100% (control treatment), 80%, 60%, and 40% of Sedum water requirement and the pots were irrigated once in 3 days. Based on the results, the effect of irrigation levels on shoot wet and dry weight and water productivity were significant but on the root, wet and dry weight were not significant. A maximum and minimum average of shoot fresh weight were achieved in control and 40% treatments with 92.5 and 33.4 gr (respectively). Maximum water productivity was obtained in 80% treatment with 23.75 gr/lit and its difference with control treatment was not significant.

Keywords: Sedum (Sedum cv. Nevii), Crop Coefficient, Deficit Irrigation, Water Requirement.

چکیده

باتوجه‌به افزایش تولید گل‌های آپارتمانی در گلخانه، این پژوهش گلدانی با اهداف تعیین تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی سدوم (Sedum cv. Nevii) در شرایط گلخانه و اثر کم‌آبیاری بر وزن تر اندام‌های هوایی و بهره‌وری آب انجام گرفت. آزمایش از تیرماه تا دی‌ماه ۱۳۹۶ در گلخانه اداره فضای سبز و زیباسازی شهرداری ارومیه انجام گرفت. برای تعیین ضریب گیاهی، میزان تبخیر-تعرق گیاه سدوم و چمن با روش بیلان حجمی آب به مدت ۹۰ روز اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج، متوسط تبخیر-تعرق سدوم و چمن یکسان و برابر ۲/۰ میلی‌متر در روز و ضریب گیاهی سدوم ۰/۹۹ به‌دست آمد. مجموع تبخیر-تعرق چمن و سدوم در دوره آزمایش به‌ترتیب ۱۸۰/۳ و ۱۷۹/۵ میلی‌متر به‌دست آمد. آزمایش کم‌آبیاری بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار اجرا شد. فاصله بین بلوک‌ها و گلدان‌ها در داخل هر بلوک ۱ متر بود. سطوح آبیاری شامل ۱۰۰ (شاهد)، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه سدوم بود و آبیاری ۳ روز یک بار انجام شد. بر اساس نتایج تأثیر سطوح متفاوت آبیاری بر وزن تر و خشک اندام هوایی و بهره‌وری آب در وزن تر معنی‌دار شد اما بر وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار نشد. بیشترین و کمترین میانگین وزن تر اندام هوایی به‌ترتیب در تیمارهای شاهد و ۴۰ درصد نیاز آبی به میزان ۹۲/۵ و ۳۳/۴ گرم (به ترتیب) به‌دست آمد. بیش‌ترین بهره‌وری آب در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی با مقدار ۲۳/۷۵ گرم در لیتر به دست آمد که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت.

واژه‌های کلیدی: سدوم (Sedum cv. Nevii)، ضریب گیاهی، کم‌آبیاری، نیاز آبی.

HomePage: https://jwsd.um.ac.ir

How to cite this article: Nikbakht J., Hamed Z. and Mokhtari H. 2022. Determination of Sedum (Sedum cv. Nevii) Water Requirement, Crop Coefficient, and Water Productivity in Greenhouse Conditions. Journal of Water and Sustainable Development, 9(2): 87-94. doi: http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v9i2.2102.1122

مقدمه

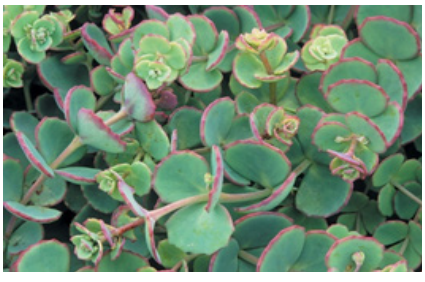
در سال‌های اخیر به دلیل محدودیت منابع آب، تولید محصول در گلخانه توصیه و رونق یافته است (دلاور و همکاران، ۱۳۹۴). در محیط گلخانه به دلیل کنترل عوامل رشد گیاه، کاهش میزان تبخیر از سطوح مرطوب با کنترل میزان تابش آفتاب و عدم وجود بادهای گرم و خشک، میزان بهره‌وری آب ۵ تا ۱۰ برابر بیش‌تر از محیط باز می‌باشد (رضاوردی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶). بااین‌وجود یکی از مسائل مطرح در کشت‌های گلخانه‌ای، عدم قابلیت استفاده از ضرایب گیاهی استخراج شده در شرایط مزرعه‌ای و محیط‌های باز در آن محیط می‌باشد که لازم است این مقادیر در محیط گلخانه‌ای به‌صورت مستقل استخراج شود. Toyin و همکاران (۲۰۱۵) طی پژوهشی گلخانه‌ای در نیجریه، تغییرات تبخیر-تعرق گیاه تاج خروس را در لایسیمتر وزنی بین ۴/۵ تا ۱۴/۳ میلیمتر در هفته و ضریب گیاهی مراحل رشد ابتدایی و رسیدگی را ۰/۱۵ و ۰/۳۶ به‌دست آوردند. در پژوهش گلخانه‌ای صورت گرفته توسط Singh و همکاران (۲۰۱۶) در هند، مقادیر حداکثر تبخیر-تعرق روزانه گل رز هلندی را در شرایط گلخانه و محیط باز با اقلیم نیمه‌مرطوب ۴/۹۹ و ۵/۲۸ میلی‌متر در روز (به ترتیب) و مجموع آب مورد نیاز گیاه را در طول دوره رشد به ترتیب ۹۹۹/۵۱ و ۱۲۱۰/۹۴ میلی‌متر برای شرایط گلخانه و محیط باز به‌دست آوردند. در این تحقیق، ضریب گیاهی رز هلندی در طول دوره رشد بین ۰/۴۸ تا ۰/۹۶ برای شرایط گلخانه و ۰/۵۹ تا ۱/۰۱ برای محیط باز تعیین شد. به‌منظور تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی گل مریم در شرایط گلخانه، دلاور و همکاران (۱۳۹۴) پژوهشی را در ورامین-تهران انجام دادند. بر اساس نتایج، نیاز آبی گل مریم در طول دوره رشد ۳۵۰ میلی‌متر، متوسط تبخیر-تعرق واقعی گیاه ۲/۵ میلی‌متر در روز و ضرایب ماهانه گل مریم بین ۰/۵ تا ۰/۷ تعیین شد. رضاوردی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۶) در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه بر اساس روش لایسیمتری، تبخیر-تعرق خیار طی دوره رشد را ۲۷۲/۴ میلی‌متر و گوجه‌فرنگی را ۳۵۸/۶ میلی‌متر و متوسط ضریب گیاهی مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی برای گوجه‌فرنگی را به ترتیب ۰/۲، ۱/۲۹، ۰/۶۵ و ۱/۰ و برای خیار را به ترتیب ۰/۹۹، ۰/۶۴، ۰/۱۹ و ۰/۸۱ محاسبه کردند. در پژوهش ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۷) در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه، متوسط و مجموع تبخیر- تعرق گیاه ریحان را طی ۴۵ روز دوره رشد آن به ترتیب ۴/۱۲ میلی‌متر بر روز و ۱۸۸/۴۵ میلی‌متر و مجموع تبخیر-تعرق چمن ۳۳۸/۵ میلی‌متر به‌دست آوردند. در این تحقیق متوسط ضریب گیاهی مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی ریحان به ترتیب، ۰/۱۴، ۰/۹۳، ۰/۵۲ و ۰/۸۳ محاسبه شد.

عامل دیگری که باعث افزایش کارایی و بهره‌وری مصرف آب در کشت گیاهان به ویژه کشت‌های گلخانه‌ای می‌شود اعمال کم‌آبیاری می‌باشد. کم‌آبیاری روشی است که بر اساس آن ضمن وارد نیامدن خسارت شدید به گیاه در اثر تنش خشکی، در مقدار آب آبیاری صرفه‌جویی می‌شود. بنابراین هدف اصلی از کم‌آبیاری افزایش بهره‌وری آب و حذف آن جزء از آب آبیاری است که تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد و سود خالص ندارد (اردلان و همکاران، ۱۳۹۱؛ کرمی، ۱۳۹۴). Kifle و Gebretsadikan (۲۰۱۶) طی پژوهشی در منطقه شمال اتیوپی بیشترین و کمترین عملکرد سیب‌زمینی را به ترتیب در تیمار آبیاری کامل و ۵۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب ۱۸۷۷۰ و ۷۰۳۷ کیلوگرم در هکتار) و چنین بیشترین بهره‌وری آب را در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی (۲/۸۶ کیلوگرم در مترمکعب) به‌دست آوردند. نتایج پژوهشی گلدانی زارع ابیانه و همکاران (۱۳۹۷) در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه همدان بر روی فلفل همدانی (بیور) نشان داد بین عملکرد و بهره‌وری آب تیمار شاهد (به ترتیب ۱۸/۹۸ تن در هکتار و ۴/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب) و تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی (به ترتیب ۱۷/۷۵ تن در هکتار و ۴/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب) اختلاف معنی‌دار وجود نداشت درحالی‌که عملکرد و بهره‌وری آب تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۹ و ۱۷ درصد کاهش نشان داد. Koźmińska و همکاران (۲۰۱۹) طی پژوهشی گلدانی، اثر تنش خشکی بر چهار گونه سدوم را بررسی کردند. اعمال تیمارها ۲ ماه بعد از کشت سدوم‌ها، با انتقال گلدان‌ها به اتاقک رشد با شرایط ۶۰-۷۰ درصد رطوبت، ۱۶ ساعت روشنایی، دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد در طول دوره روشنایی و ۱۷ درجه سانتی‌گراد در دوره تاریکی به مدت ۴ هفته انجام شد. تیمارها شامل آبیاری گلدان‌های شاهد هفته‌ای دو مرتبه به میزان ۱۲۵ میلی‌لیتر به هر گلدان و عدم آبیاری گلدان‌های تنش خشکی بود. بر اساس نتایج، تنش خشکی بر طول ساقه دو گونه ochroleucum و spurium اثر معنی‌دار نداشت ولی در گونه‌های album و sediforme به ترتیب باعث کاهش ۳۶ و ۳۰ درصد طول ساقه شد. کاهش وزن تر گونه‌های سدوم نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۴۵ (spurium)، ۴۸ (ochroleucum)، ۸۱ (album) و ۶۸ (sediforme) درصد بود اما درصد محتوی آب برگ در هیچ یک از گونه‌ها، کاهش معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. Zhang و همکاران (۲۰۲۱) طی پژوهشی دو ساله (۲۰۱۷ و ۲۰۱۸) بر پایه بلوک‌های خرد شده، اثر اعمال ۳ سطح کم‌آبیاری پیوسته (تنش شدید، متوسط و ملایم به ترتیب ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درصد ظرفیت زراعی) در دو مرحله رشد (H: مرحله گلدهی و J: تشکیل غلاف) را بر بادام زمینی بررسی کردند. بر اساس نتایج، بیشترین عملکرد و بهره‌وری آب در تیمار تنش متوسط حاصل شد که عملکرد این تیمار نسبت به تیمار تنش شدید به ترتیب ۷۲/۲۵ (۲۰۱۷) و ۷۴/۰۱ (۲۰۱۸) درصد بیش‌تر شد. همچنین بهره‌وری آب تیمار تنش متوسط نسبت به تیمار تنش ملایم، به ترتیب ۴۴/۱۶ و ۴۵/۰۳ درصد در دو سال آزمایش بیشتر شد.

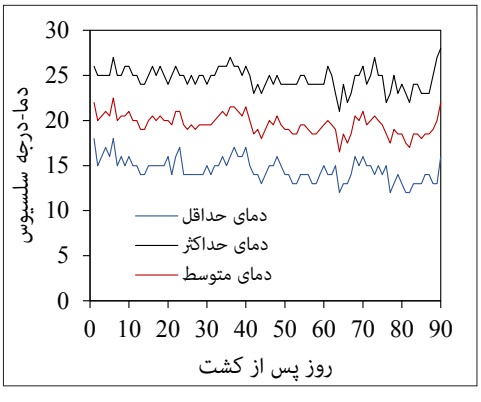
گیاه سدوم (Sedum) یا گل ناز گلخانه‌ای متعلق به خانواده Crassulaceae با برگ‌ها و ساقه‌های آبدار و متورم یکی از گیاهان زینتی است که علاوه‌بر پرورش و نگهداری گلدانی در منازل و آپارتمان‌ها، برای پرکردن فضای خالی بین سنگفرش‌ها و در میان صخره‌ها و یا پوشاندن سطوح کوچک در فضای سبز شهری نیز به کار می‌رود (شوشتریان و همکاران، ۱۳۹۰). گل‌های این گیاه کوچک و ستاره‌ای شکل بوده که به‌صورت خوشه‌ای تشکیل می‌شود و در اواخر بهار ظاهر می‌شود. هدف از این پژوهش تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی سدوم به کمک میکرولایسیمتر در شرایط گلخانه‌ای و بررسی اثر سطوح متفاوت آبیاری بر فیزیولوژی گیاه و بهره‌وری آب بود.

مواد و روش‌ها

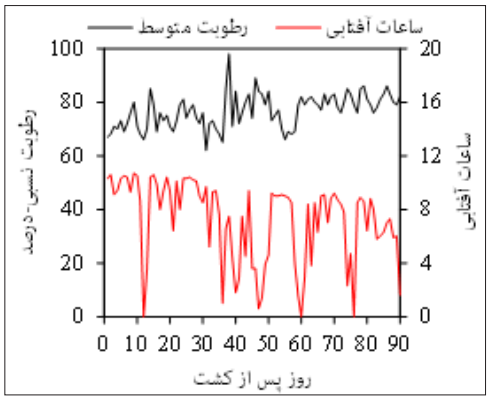
این پژوهش از تیر ماه تا دی ماه ۱۳۹۶ به‌صورت آزمایشی گلدانی بر روی گیاه سدوم (Sedum cv. Nevii)، در گلخانه اداره فضای سبز و زیباسازی شهرداری ارومیه-آذربایجان‌غربی، با موقعیت جغرافیایی ″۵۳ ′۵ °۴۵ طول شرقی و ″۹ ′۳۳ °۳۷ عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۳۶ متر از سطح دریا انجام شد. تحقیق به‌صورت آزمایش گلدانی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار اجرا شد. در هر بلوک ۵ عدد گلدان به‌صورت کاملاً تصادفی چیده شد. فاصله بین بلوک‌ها ۱ متر و فاصله گلدان‌ها در داخل هر بلوک ۱ متر قرار داده شد. در یکی از گلدان‌ها گیاه چمن به‌عنوان گیاه مرجع و در ۴ گلدان دیگر گیاه سدوم جهت اعمال سطوح متفاوت آبیاری (۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) کشت شد. سطح آبیاری ۱۰۰ درصد علاوه‌بر استفاده به عنوان شاهد در آزمایش سطوح متفاوت آبیاری، جهت محاسبه نیاز آبی و ضریب گیاهی سدوم استفاده شد. خاک مورد استفاده در آزمایش از خاک سطحی (عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متر) یکی از اراضی کشاورزی شهرستان ارومیه تهیه شده سپس از سرند ۱/۰ سانتی‌متر عبور داده شد. جدول (۱) مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده را نشان می‌دهد. شکل (۲) تغییرات دماهای حداقل، حداکثر و متوسط و شکل (۳) تغییرات رطوبت نسبی هوا ثبت شده در محیط گلخانه در طول دوره آزمایش را نشان می‌دهد. همچنین مقادیر ساعات آفتابی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ارومیه در شکل (۳) آورده شده است. باتوجه‌به شکل‌های (۲ و ۳) در طول ۹۰ روز دوره آزمایش، میانگین دماهای حداقل، حداکثر و دمای متوسط و میزان رطوبت نسبی درون گلخانه به‌ترتیب ۱۴/۶، ۲۴/۶ و ۱۹/۶ درجه سانتی‌گراد و ۷۷ درصد به‌دست آمد. همچنین در دوره آزمایش، بیشترین، کمترین و متوسط ساعات آفتابی ثبت شده به ترتیب ۱۰/۷، صفر و ۷/۲ ساعت بود.



شکل ۱- گیاه سدوم رقم Nevii مورد آزمایش در این پژوهش



شکل ۲- تغییرات دمای هوای گلخانه در دوره آزمایش



شکل ۳- تغییرات متوسط رطوبت نسبی گلخانه و ساعات آفتابی ایستگاه هواشناسی ارومیه در دوره آزمایش

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

EC (ds/m)	pH	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	بافت	آهک (٪)	کربن آلی (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)
۱/۸	۷/۸	۱۸	۴۱	۴۱	لوم	۵/۵	۱/۲	۲۱/۷	۳۶۷

قبل از شروع آزمایش اصلی، از قسمت علفی (نیمه‌خشبی) گیاه‌های مادری سدوم، قلمه‌هایی به طول ۷-۸ سانتی‌متر تهیه شد. سپس برای کاهش تبخیر-تعرق قلمه‌ها، با هرس برگ‌های اضافی، فقط ۷-۸ برگ بر روی هر قلمه حفظ شد. در نهایت قلمه‌ها برای ریشه‌زایی

در گلدان‌های نشایی از جنس سفال با قطر ۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۸ سانتی‌متر حاوی پیت‌ماس کشت شد. قلمه‌ها تا زمان ریشه‌دهی آبیاری شدند. همچنین برای تهیه گیاه چمن، از چمن‌های موجود در خزانه گلخانه، چند دسته جدا شده و در گلدان‌های نشایی کشت شد. پس از ریشه‌زایی قلمه‌ها و چمن‌ها در گلدان‌های نشایی، گیاهان به گلدان‌های اصلی منتقل شد. گلدان‌های اصلی دارای ۱۷ سانتی‌متر قطر و ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع بود که به‌منظور تأمین زهکشی کامل گلدان‌ها، ابتدا یک لایه شن درشت در انتهای آنها ریخته شد سپس به طور مساوی در هر کدام ۲ کیلوگرم خاک سرند شده، ریخته شد. آبیاری گلدان‌ها تا زمان استقرار کامل گیاهان (۶۰ روز پس از زمان انتقال به بستر اصلی)، به‌صورت کامل و هر روز انجام شد. پس از استقرار کامل گیاهان، آزمایش اصلی با اعمال سطوح متفاوت آبیاری در گیاهان سدوم و آبیاری کامل گلدان‌های چمن به مدت ۳ ماه (اول مهر تا آخر دی‌ماه ۱۳۹۶) انجام یافت. جهت تعیین نیاز آب آبیاری گیاهان سدوم (تیمار شاهد) و چمن، با در نظر گرفتن گلدان‌های مربوطه به‌عنوان میکرولایسیمتر زهکش‌دار، از رابطه (۱) (رابطه بیلان حجمی) استفاده شد.

$$I - O = \Delta S \qquad (۱)$$

I: آب ورودی به میکرولایسیمترها از طریق آبیاری، O: آب زهکشی شده از انتهای میکرولایسیمترها و ΔS: جبران رطوبت خارج شده از خاک در فاصله‌ی بین دو آبیاری به علت تبخیر-تعرق گیاه (فتحی و همکاران، ۱۳۹۶). پس از تعیین نیاز آبی تیمار شاهد گیاه سدوم، میزان آب آبیاری گیاهان سایر سطوح آبیاری بر اساس درصد کم‌آبیاری آنها محاسبه شده و در اختیار آنها قرار داده شد. دور آبیاری در نظر گرفته شده در این پژوهش ۳ روز بود. در طول دوره آزمایش، ارتفاع چمن در گلدان‌ها بین ۸-۱۵ سانتی‌متر حفظ شد (Allen و همکاران، ۱۹۹۸). کل حجم آب داده شده به گیاهان سدوم تیمارهای ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی در طول دوره آزمایش به ترتیب ۴/۲، ۳/۶، ۳/۱ و ۲/۲ لیتر و گیاه چمن ۴/۳ لیتر بود.

پس از رسیدگی کامل بوته‌ها، با انتقال گلدان‌ها به آزمایشگاه، قسمت هوایی سدوم‌ها از محل طوقه جدا شد و با ترازوی دقیق وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. سپس از طریق شستشو با آب مقطر آلودگی‌ها و گرد و غبار از گیاه زدوده شد. در نهایت جهت خشک شدن، به مدت ۴۸ ساعت در آون الکتریکی با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از خشک شدن، وزن خشک آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین وزن ریشه گیاهان، به آرامی خاک حاوی ریشه‌ها از گلدان‌ها خارج شده و سپس در داخل ظرف حاوی آب، خاک از ریشه جدا شد. در نهایت ریشه‌ها درون آبکش قرار داده شده با آب شهری با دبی بسیار کم شستشو داده شد تا خاک کاملا از ریشه‌ها زدوده شود. سپس با دستمال کاغذی، ریشه‌ها خشک شد و وزن تر آن‌ها تعیین شد. سپس با خشک نمودن ریشه‌ها در آون الکتریکی با دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، وزن خشک آنها تعیین شد. در نهایت پس از اندازه‌گیری وزن تر و خشک بوته‌های هر تیمار آزمایشی و با توجه به کل آب داده شده به آن در طول آزمایش، بهره‌وری آب از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$WP = TPWM/ TUW \qquad (۲)$$

در رابطه (۲)، WP: بهره‌وری آب آبیاری (گرم بر لیتر)؛ TPWM: وزن تر اندام هوایی گیاه (گرم) و TUW: کل آب مصرف شده در طول دوره رشد (لیتر) می‌باشد (نیکبخت و همکاران، ۱۳۹۹). پس از جمع‌آوری داده‌های آزمایش کم‌آبیاری، با کمک نرم‌افزار SPSS 22.0 تجزیه و تحلیل داده‌ها صورت پذیرفت. در نهایت با متوسط‌گیری از مقادیر تبخیر-تعرق اندازه‌گیری برای گلدان‌های ۴ تکرار برای چمن و سدوم (گلدان شاهد)، ضریب گیاهی سدوم از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$Kc = ETc/ ET0 \qquad (۳)$$

Kc: ضریب گیاهی؛ ETc: تبخیر-تعرق سدوم (میلی‌متر در روز)؛ ET0: تبخیر-تعرق گیاه چمن (میلی‌متر در روز) (Allen و همکاران، ۱۹۹۸).

نتایج و بحث

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در گیاه سدوم رقم Nevii را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود تأثیر سطوح متفاوت آبیاری بر صفات وزن تر اندام هوایی، بهره‌وری آب در وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۹۹/۹۹ درصد معنی‌دار شد. اما تأثیر اعمال تیمار آبیاری بر صفات وزن تر و خشک ریشه‌ها از نظر آماری در هیچ سطح آماری معنی‌دار نشد. همچنین بین تکرارهای آزمایش، اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. عدم معنی‌دار شدن وزن تر و خشک ریشه‌ها را می‌توان به محدود بودن فضای رشد ریشه در داخل گلدان‌ها مربوط دانست.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

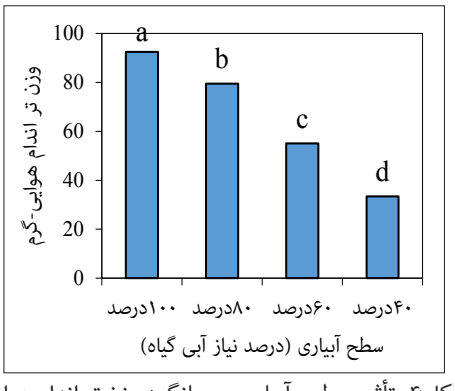
منابع‌تغییرات	درجه آزادی	وزن تر اندام هوایی	بهره‌وری آب	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه‌ها	وزن خشک ریشه‌ها
تکرار	۲	۰/۷۳^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۰/۵۰^{ns}	۲/۰۰^{ns}	۰/۹۸۰^{ns}
نیاز آبی	۳	۱۳۷۲/۵۵۷***	۳۱/۵۴۳***	۲۴/۸۱۸***	۱۰۷/۲۳۰^{ns}	۶/۴۱۷^{ns}
خطا	۶	۲/۹۲۳	۰/۴۳۷	۰/۴۳۳	۲۰/۵۰۳	۱/۶۱۰
ضریب‌تغییرات-درصد	-	۲/۶	۳/۴	۷/۲	۲۱/۶	۲۵/۹

ns: غیرمعنی‌دار ***، ** و *: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱، ۱ و ۵ درصد

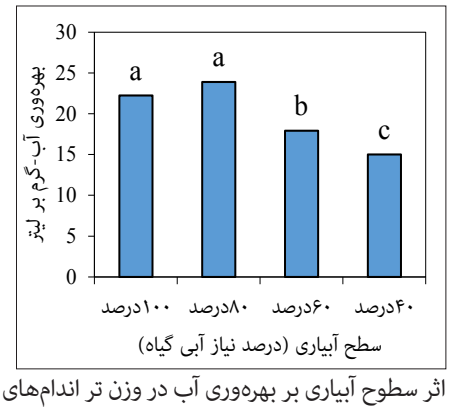
شکل (۴) نتایج مقایسه میانگین وزن تر اندام هوایی گیاه سدوم رقم Nevii با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد را نشان می‌دهد. باتوجه‌به شکل (۴) نتیجه می‌شود تیمار گیاهان سدوم با سطوح متفاوت آب آبیاری، باعث ایجاد ۴ کلاس متفاوت از نظر آماری شد. بیشترین و کمترین اختلاف بین مقادیر وزن تر اندام هوایی تیمارهای کم‌آبیاری و تیمار شاهد به‌ترتیب در سطوح ۴۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی با مقادیر به‌ترتیب ۵۹/۰۵ و ۱۳ گرم (به‌ترتیب ۱۷۷ و ۱۶ درصد) مشاهده شد. در حالت کلی از شکل (۴) چنین می‌توان دریافت کرد که گیاه سدوم به تنش آبی حساس بوده و با افزایش تنش آبی گسترش شاخسارها و برگ‌های آن کاهش می‌یابد.

با افزایش سطح کم‌آبیاری، میزان رطوبت خاک کاهش می‌یابد. بنابراین میزان جذب آب توسط ریشه‌ها محدود می‌شود. در نتیجه گیاه در معرض تنش قرار می‌گیرد. در این حالت آماس سلولی و انعطاف‌پذیری دیواره سلول‌های در حال رشد در برگ‌ها و ساقه گیاه عموما کم می‌شود که به دنبال آن توسعه سلول و در نتیجه رشد اندام کاهش می‌یابد (علیزاده، ۱۳۸۴). علاوه‌بر توسعه سلول، کاهش پتانسیل آب سلول، موجب کاهش تقسیم سلولی نیز می‌شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). نتایج مقایسه اثر اعمال تیمارهای متفاوت آب آبیاری بر میانگین بهره‌وری آب در وزن تر اندام‌های هوایی گیاه سدوم در شکل (۵) آورده شده است. مشاهده می‌شود بیشترین بهره‌وری آب آبیاری با مقدار ۲۳/۷۵ گرم بر لیتر در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی حاصل شد که از نظر آماری با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری نداشت. بنابراین چنین نتیجه می‌شود که اعمال ۲۰ درصد تنش آبی به گیاه سدوم، باعث افزایش بهره‌وری آب آن شد. همانند وزن تر اندام‌های هوایی، کمترین بهره‌وری آب در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی حاصل شد که با بیشترین مقدار بهره‌وری آب (تیمار ۸۰ درصد)، ۳۷ درصد و با تیمار شاهد ۳۲ درصد اختلاف داشت.

ارزیابی اثر کم‌آبیاری بر روی سیب‌زمینی در شمال اتیوپی توسط Kifle و Gebretsadikan (۲۰۱۶) نشان داد بیشترین بهره‌وری آب در تیمار ۲۵ درصد کم‌آبیاری (۲/۸۶ کیلوگرم در مترمکعب) بود. Nakawuka و همکاران (۲۰۱۷) طی پژوهشی ۲ ساله بر روی ۴ رقم رازک در دره یاکیمای ایالت واشینگتن نتیجه گرفتند بیشترین بهره‌وری آب در هر ۴ رقم، در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی بود که به ترتیب ۰/۳۴، ۰/۴۱، ۰/۹۵ و ۰/۴۵ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب ارقام هود، وایلامت، کلمبوس و چینیوک) به‌دست آمد. در پژوهش مهرابی گوهری و اسدی (۱۳۹۶) بیشترین بهره‌وری آب در تولید گوجه‌فرنگی با میانگین ۶/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی حاصل شد. سلطانی و همکاران (۱۳۹۷) بیشترین بهره‌وری آب در تولید هندوانه (۳۴/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب) را در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی به‌دست آوردند. بیشترین بهره‌وری آب گوجه‌فرنگی رقم فلات در آزمایش صالحی تیزآبی و همکاران (۱۳۹۹) در دانشگاه فردوسی مشهد با مقدار ۴/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار آبیاری بخشی ریشه به طور ثابت حاصل شد. نتایج ارزیابی کم‌آبیاری بر دو توده عدس (بلوچستان و کردستان) در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش عالی سراوان توسط امیری و همکاران (۱۴۰۰) نشان داد بیشترین و کمترین بهره‌وری آب به ترتیب در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی توده بلوچستان (۲/۹ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) و ۶۰ درصد نیاز آبی توده کردستان (۱/۵ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر) بود.

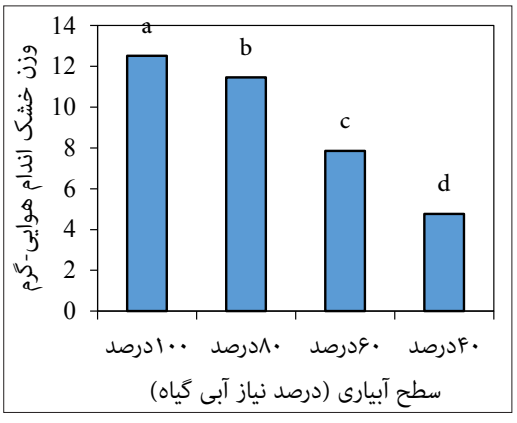


شکل ۴- تأثیر سطوح آبیاری بر میانگین وزن تر اندام هوایی

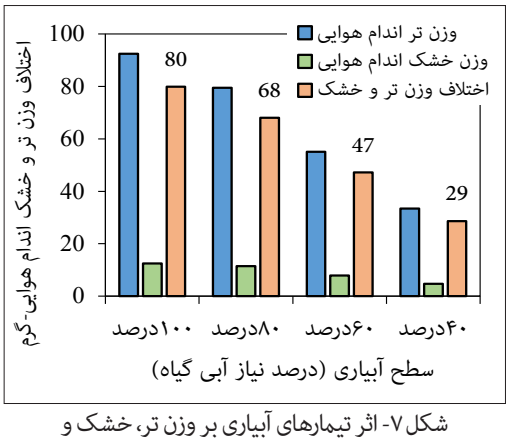


شکل ۵- اثر سطوح آبیاری بر بهره‌وری آب در وزن تر اندام‌های هوایی

نتایج تأثیر اعمال تیمار کم‌آبیاری بر گیاه سدوم رقم Nevii بر میانگین وزن خشک اندام‌های هوایی در شکل (۶) نشان داده شد. تحت تأثیر اعمال کم‌آبیاری، وزن خشک دو تیمار ۱۰۰ و ۸۰ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نشان نداد اما دو تیمار ۶۰ و ۴۰ درصد با یکدیگر و با تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد اختلاف معنی‌دار داشت. با در نظر گرفتن اختلاف اندکی که بین وزن تر اندام‌های هوایی گیاه در دو تیمار ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی وجود داشت (۱۶ درصد) و این اختلاف از نظر آماری باعث معنی‌دار شدن آن شد، پس از خشک شدن گیاهان در آون، اختلاف موجود (۱ گرم یا ۸ درصد) از نظر آماری معنی‌دار نشد. با مقایسه اختلاف وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه سدوم برای هر سطح آبیاری (شکل ۷)، نتیجه شد که بیشترین کاهش وزن در اثر از دست دادن آب ذخیره شده در گیاه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و به میزان ۸۰ گرم حاصل شد. کمترین کاهش وزن نیز در تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی حاصل شد که می‌تواند به علت اندک بودن آب قابل دسترس در این تیمار و به تبع آن ذخیره اندک آب در اندام‌های هوایی آن باشد.



شکل ۶- اثر سطوح متفاوت آب آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی

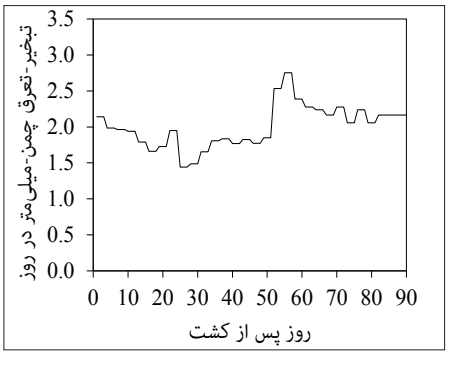


شکل ۷- اثر تیمارهای آبیاری بر وزن تر، خشک و اختلاف وزن تر و خشک اندام‌های هوایی

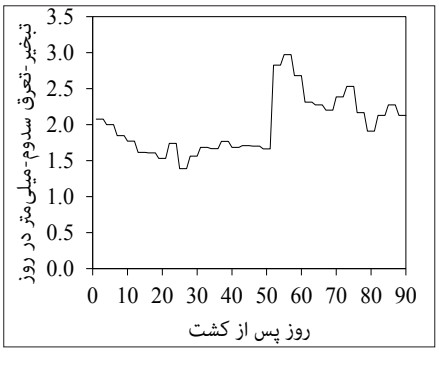
تغییرات روزانه مقادیر تبخیر-تعرق چمن و گیاه سدوم در دوره ۹۰ روزه تحقیق در شکل‌های (۸ و ۹) و تغییرات این دو پارامتر نسبت به هم در شکل (۱۰) نشان داده شده است. بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده، بیشترین، کمترین و متوسط تبخیر-تعرق گیاه چمن در طول دوره رشد به ترتیب ۲/۸، ۱/۴ و ۲/۰ میلی‌متر در روز و برای گیاه سدوم به ترتیب ۳/۰، ۱/۴ و ۲/۰ میلی‌متر در روز به‌دست آمد. باتوجه‌به داده‌های فوق و مقایسه شکل‌های (۸ تا ۱۰) نتیجه می‌شود دامنه تغییرات مقادیر تبخیر-تعرق چمن و گیاه سدوم در دوره رشد تقریبا نزدیک به هم بود که این نتیجه به وضوح در شکل (۱۰) قابل مشاهده است. بیشترین اختلاف بین مقادیر تبخیر-تعرق چمن و گیاه سدوم در طول ۹۰ روز دوره آزمایش در روز ۷۳ از ابتدای دوره اندازه‌گیری و به میزان ۰/۵ میلی‌متر در روز بود درحالی‌که در روز ۴، مقدار تبخیر-تعرق چمن و سدوم بر هم منطبق بوده و اختلاف این دو پارامتر صفر به‌دست آمد. بنابراین بر اساس نزدیک بودن مقادیر تبخیر-تعرق گیاهان چمن و سدوم در شرایط یکسان آب‌وهوایی چنین نتیجه می‌شود که سطح تعرق این دو گیاه تقریباً برابر بود.

باتوجه‌به شکل‌های (۸ تا ۱۰) در دوره زمانی ۵۰ روز بعد از کاشت، جهش ناگهانی در مقادیر تبخیر-تعرق گیاه سدوم و گیاه چمن مشاهده شد. علت جهش را می‌توان به کاهش رطوبت نسبی و افزایش ساعات آفتابی در این روزها مربوط دانست که در شکل (۳) این مسئله مشاهده می‌شود. کاهش رطوبت نسبی هوا ظرفیت پذیرش هوا برای بخار آب را افزایش می‌دهد. همچنین افزایش ساعات آفتابی باعث افزایش مقدار تشعشعات خالص رسیده به سطح می‌شود که در نتیجه این دو عامل، مقدار تبخیر-تعرق بیش‌تر می‌شود.

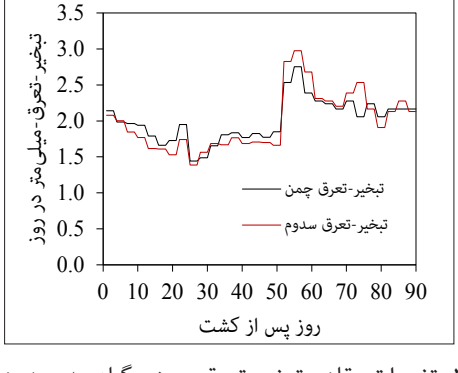
تغییرات مقادیر روزانه ضریب گیاهی سدوم در دوره رشد در شکل (۱۱) آورده شده است. با در نظر گرفتن شکل (۱۰) و اختلاف اندک مقادیر تبخیر-تعرق چمن و سدوم، انتظار می‌رفت که تغییرات مقادیر ضریب گیاهی سدوم در طول دوره آزمایش اندک و تقریبا در محدوده عدد یک باشد که این مسئله در شکل (۱۱) به وضوح قابل استنتاج است. بر اساس مقدار ضریب گیاهی محاسبه شده، کمترین و بیشترین مقدار Kc در طول دوره رشد گیاه سدوم به ترتیب ۱/۲۳ (در روز ۷۳ از زمان کاشت و مطابق با بیش‌ترین اختلاف مقادیر تبخیر-تعرق چمن و گیاه سدوم) و ۰/۸۹ (در روز ۱۹ از زمان کشت) حاصل شد (۰/۳۵ اختلاف).



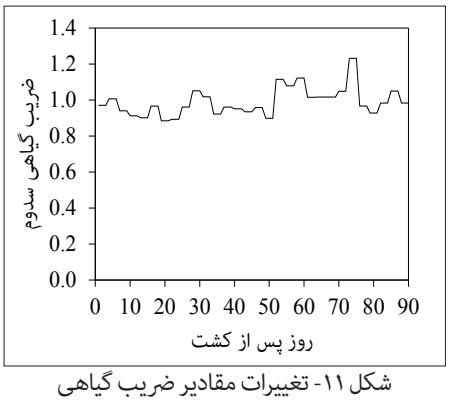
شکل ۸- تغییرات مقادیر تبخیر-تعرق گیاه چمن در دوره آزمایش



شکل ۹- تغییرات مقادیر تبخیر-تعرق سدوم در دوره رشد



شکل ۱۰- تغییرات مقادیر تبخیر-تعرق چمن و گیاه سدوم در دوره رشد



شکل ۱۱- تغییرات مقادیر ضریب گیاهی روزانه سدوم در طول دوره رشد

جدول (۳) مقادیر تبخیر-تعرق چمن، سدوم و ضریب گیاهی محاسبه شده دوره‌های ۱۰ روزه و ماهانه را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار تبخیر-تعرق چمن و سدوم در دوره‌های ۱۰ روزه، در دهه سوم آبان ماه (به ترتیب ۲۴/۹ و ۲۷/۱ میلی‌متر) بود (مطابق با دوره کاهش مقادیر رطوبت نسبی). در بعد زمانی ماهانه، بیشترین مقدار تبخیر-تعرق اندازه‌گیری شده برای سدوم در آذرماه بود (۶۷/۰ میلی‌متر) که گیاه حداکثر رشد را داشت. حداکثر مقدار ضریب گیاهی در بعد ۱۰ روزه و ماهانه به ترتیب در دهه سوم آبان ماه (۱/۰۹) و آذر ماه (۱/۰۲) به‌دست آمد. بر اساس نتایج این پژوهش، مجموع تبخیر-تعرق یا نیاز آبی خالص گیاه سدوم در طول ۹۰ روز دوره آزمایش ۱۷۹/۵ میلی‌متر، مجموع تبخیر-تعرق چمن ۱۸۰/۳ میلی‌متر و متوسط ضریب گیاهی ۰/۹۹ به‌دست آمد.

بر اساس نتایج دلاور و همکاران (۱۳۹۴) بر روی گل مریم دابل در شرایط گلخانه‌ای، حداکثر و حداقل مقادیر تبخیر-تعرق چمن را ۲/۹ (شهریور ماه) و ۲/۱ (خرداد ماه) و گیاه را ۴/۷ (تیر ماه) و ۳/۲ (مهر ماه) میلیمتر بر روز به دست آمد. ایشان مقدار حداکثر و حداقل Kc ماهانه را به ترتیب ۰/۷۳ (مهر ماه) و ۰/۴۸ (خرداد ماه) محاسبه کردند. شریفی عاشورآبادی و همکاران (۱۳۹۳) حداکثر و حداقل مقدار ضریب گیاهی گل محمدی را در منطقه کرج در دوره تحقیق (اول فروردین تا ۱۵ آبان)، به ترتیب ۱/۳۷ (دهه اول خرداد) و ۰/۸۲ (دهه اول مرداد) به‌دست آوردند.

جدول ۳- مقادیر تبخیر-تعرق چمن و گیاه سدوم و ضریب گیاهی در دوره‌های ۱۰ و ۳۰ روزه

ماه	دهه	تبخیر-تعرق‌چمن(میلی‌متر)		تبخیر-تعرق‌سدوم(میلی‌متر)		ضریب گیاهی سدوم
مهر	۱	۲۰/۲	۵۴/۳	۵۱/۴	۱۹/۵	۰/۹۵
	۲	۱۷/۷			۱۶/۳	
	۳	۱۶/۴			۱۵/۶	
آبان	۱	۱۷/۷	۶۰/۶	۶۱/۱	۱۷/۰	۱/۰۰
	۲	۱۸/۰			۱۶/۹	
	۳	۲۴/۹			۲۷/۱	
آذر	۱	۲۲/۳	۶۵/۴	۶۷/۰	۲۲/۸	۱/۰۲
	۲	۲۱/۶			۲۲/۷	
	۳	۲۱/۶			۲۱/۵	

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر مقادیر تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی سدوم در شرایط گلخانه با روش بیلان آبی و با کمک میکرولایسیمترهای پلاستیکی اندازه‌گیری شد. همچنین اثر سطوح آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه) بر وزن تر و خشک اندام‌هوایی، بهره‌وری آب در وزن تر اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه بررسی شد. بر اساس نتایج، در طول دوره ۹۰ روزه آزمایش، مجموع تبخیر-تعرق چمن و سدوم به ترتیب ۱۸۰/۳ و ۱۷۹/۵ میلی‌متر به‌دست آمد (۰/۸ میلی‌متر اختلاف). متوسط تبخیر-تعرق گیاه چمن و سدوم در این دوره یکسان و برابر با ۲/۰ میلی‌متر در روز حاصل شد. کمترین، بیشترین و متوسط مقدار Kc در طول دوره رشد گیاه سدوم به ترتیب ۱/۲۳، ۰/۸۹ و ۰/۹۹ حاصل شد.

در آزمایش کم‌آبیاری، نتایج نشان داد تحت تأثیر سطوح آبیاری، کمترین و بیشترین اختلاف بین وزن تر اندام هوایی گیاه سدوم تیمار شاهد و تیمارهای کم‌آبیاری به ترتیب در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی (۱۶ درصد و معنی‌دار) و تیمار ۴۰ درصد نیاز آبی (۱۷۷ درصد و معنی‌دار) به‌دست آمد. بیش‌ترین بهره‌وری آب در وزن تر اندام هوایی تیمار ۸۰ درصد حاصل شد که ۷/۵ درصد بیشتر از تیمار شاهد بود (اختلاف غیرمعنی‌دار). تأثیر سطوح آبیاری بر وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار نشد.

سپاسگزاری

از همکاری و مساعدت مسئولین و کارکنان اداره فضای سبز و زیباسازی شهرداری ارومیه-آذربایجان‌غربی کمال تشکر و امتنان را دارد.

منابع

ابراهیمی، م.، رضاوردی‌نژاد، و.، بشارت، س. و عبدی، م. ۱۳۹۷. تعیین تبخیر-تعرق و ضریب گیاهی مراحل رشد گیاه دارویی ریحان در کشت گلخانه‌ای. مدیریت آب و آبیاری، ۸(۱): ۱-۱۱.

اردلان، و.، آقایاری، ف.، پاک‌نژاد، ف. صادقی شعاع، م.، اسماعیل‌زاده، ش. و فاطمی ریکا، ز. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش کم‌آبیاری و شیوه‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم ذرت. فصلنامه زراعت و اصلاح نباتات، ۸(۳): ۱۷۵-۱۸۹.

امیری، س.ا.، سلیمی، خ. و ضیائی، س.م. ۱۴۰۰. اثر کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب عدس (Lens culinaris Medik). مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۴(۱): ۷۵-۸۳.

دلاور، ا.، میرلطیفی، س.م. و زارعی، ق. ۱۳۹۴. برآورد نیاز آبی و ضریب گیاهی گل مریم در شرایط کشت گلخانه‌ای شهرستان ورامین. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۹(۳): ۴۸۱-۴۸۹.

رضاوردی‌نژاد، و.، شبانیان، م.، بشارت، س. و حسنی، ع. ۱۳۹۶. تعیین نیاز آبی، ضریب گیاهی و کارایی مصرف آب خیار و گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه (مطالعه موردی: منطقه ارومیه). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۸(۳): ۲۷-۳۹.

زارع ابیانه، ح.، چشمه قصابانی، ا.، باب‌الحوائجی، ح. و افروزی، ع. ۱۳۹۷. اثر کم‌آبیاری بر تبخیر و تعرق، کارایی مصرف آب، عملکرد و رشد گیاه فلفل همدانی در کشت گلخانه‌ای. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ۹(۳): ۲۳-۳۷.

سلطانی، ف.، شجری، م. و نوری، ح. ۱۳۹۷. بررسی رشد، عملکرد، کارایی مصرف آب و میزان تبخیر-تعرق برخی توده‌های هندوانه در شرایط تنش خشکی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. علوم باغبانی ایران، ۴۹(۲): ۳۵۱-۳۶۳.

شریفی عاشورآبادی، ا.، روحی‌پور، ح.، عصاره، م.ح.، طبائی عقدانی، س.ر.، لباسچی، م.ح. و نادری، ب. ۱۳۹۳. تعیین نیاز آبی گل محمدی(Rosa damascena Mill.) با استفاده از لایسیمتر. دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۳۰(۶): ۹۲۳-۹۳۱.

شوشتریان، س.، غنی، ع.، تهرانی‌فر، ع. و کیانی‌فر، م. ۱۳۹۰. مطالعه اثر دورهای مختلف آبیاری بر خصوصیات رویشی شش گونه گیاه پوششی سدوم در فضای سبز مشهد. هفتمین کنگره علوم باغبانی ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

صالحی تیزآبی، س.، گلدانی، م. و نباتی، ج. ۱۳۹۹. تأثیر خشکی ناحیه‌ای بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب در گیاه گوجه‌فرنگی در شرایط کم‌آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱۴(۲): ۴۲۶-۴۳۵.

علیزاده، ا. ۱۳۸۴. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا. چاپ پنجم. مشهد، ایران.

فتحی، ح.، امیری، م.ا.، ایمانی، ع.، حاجیلو، ج. و نیکبخت، ج. ۱۳۹۶. تحمل به تنش کم‌آبیاری نژادگان‌های بادام روی پایه GN۱۵ بر اساس برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک و دمای برگ. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۸(۲): ۱۵۹-۱۷۶.

کرمی، ب. ۱۳۹۴. تأثیر کم‌آبیاری به روش PRD با آب مغناطیسی بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه زنجان.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۸۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد مشهد. چاپ دهم. مشهد، ایران.

مهرابی گوهری، ا. و اسدی، ر. ۱۳۹۶. بررسی عملکرد گوجه فرنگی تحت تأثیر کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری ناقص ریشه. مدیریت آب و آبیاری، ۷(۲): ۲۵۷-۲۷۱.

نیکبخت، ج.، محمدی، ا. و برزگر ساربانقلی، ط. ۱۳۹۹. تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در شرایط کم‌آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب خیار (Cucumis sativus cv. Kish F۱). تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۱(۳): ۵۵۳-۵۶۱.

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D. and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper, NO. 56. Rome, Italy.

Kifle M. and Gebretsadikan T.G. 2016. Yield and water use efficiency of furrow-irrigated potato under regulated deficit irrigation, Atsibi-Wemberta, North Ethiopia. Agricultural Water Management, 170: 133-139.

Koźmińska A., Al Hassan M., Wiszniewska A., Hanus-Fajerska E., Boscaiu M. and Vicente O. 2019. Responses of succulents to drought: comparative analysis of four Sedum (Crassulaceae) species. Scientia Horticulturae, 243: 235-242.

Nakawuka P., Peters T.R., Kenny S. and Walsh D. 2017. Effect of deficit irrigation on yield quantity and quality, water productivity and economic returns of four cultivars of hops in the Yakima Valley, Washington State. Industrial Crops and Products, 98: 82-92.

Singh V.K., Tiwari K.N. and Santosh D.T. 2016. Estimation of crop coefficient and water requirement of Dutch Roses (Rosa hybrida) under greenhouse and open field conditions. Irrigation and Drainage Systems Engineering, 5(3): 169-178.

Toyin F.J., Miguel R.J., Gbenro O.Ph. and Ebenezer A.A. 2015. Greenhouse evapotranspiration and crop factor of Amaranthus cruentus grown in weighing lysimeters. African Journal of Agricultural, 10(34): 3453-3461.

Zhang J., Wang Q., Xia G., Wu Q. and Chi D. 2021. Continuous regulated deficit irrigation enhances peanut water use efficiency and drought resistance. Agricultural Water Management, 255: 106997.