مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۳ شماره ۱ صفحه های ۱۳ تا ۲۲ (۱۴۰۱)
مقاله پژوهشی

مقایسه اثر سیستم آبیاری جزر و مدی و آبیاری دستی بر رشد و برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سیکلامن[۱]

Comparing the Effect of Ebb and Flow Irrigation System and Hand-Watering on the Growth and Some Morphological and Physiological Traits of Cyclamen (*Cyclamen Persicum* Mill.)

حمیده رحیمی کریم‌آباد، پرویز نوروزی* و سمیه کاتبی[۲]

چکیده

رشد و نمو گیاهان تا حد زیادی بستگی به انتخاب شیوه مناسب آبیاری و تغذیه دارد. امروزه برای بهینه سازی مصرف آب و کودهای مصرفی و همچنین کاهش برخی از هزینه‌های تولید، استفاده از سیستم‌های آبیاری بسته برای کشت انواع گیاهان پیشنهاد می‌شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی کارایی آبیاری جزر و مدی در مقایسه با آبیاری دستی در تولید و پرورش گل سیکلامن انجام شد. در این بررسی نتیجه‌ها نشان داد که استفاده از سیستم آبیاری جزر و مدی منجر به افزایش بیش از دو برابری سطح برگ (۷۴/۹۶ درصد)، افزایش قابل توجه در تعداد گل (۴۰/۶۶ درصد) و کاهش چشمگیر در تعداد روز تا گلدهی (۱۶/۶۷ درصد)، در مقایسه با سیستم آبیاری دستی شد. رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان رشد یافته در سیستم آبیاری جزر و مدی نسبت به آبیاری دستی افزایش (شاخص کلروفیل ۱۱/۲۷ و کلروفیل b ۱۱/۷۰ درصد افزایش، معنی‌داری در سطح ۱ درصد و کلروفیل a ۱۲/۱۷ درصد افزایش، معنی‌داری در سطح ۵ درصد) یافتند. میزان جذب عنصرهای نیتروژن (۱۲/۳۲ درصد)، پتاسیم (۹/۱۶ درصد) و کلسیم (۲۴/۲۱ درصد) برگ در گیاهان پرورش یافته در سیستم آبیاری جزر و مدی نسبت به گیاهان با آبیاری دستی نیز افزایش یافت. میزان مصرف محلول غذایی در سیستم آبیاری جزر و مدی حدود ۵۰ درصد کاهش یافت. در کل، کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی منجر به بهبود شاخص‌های رشدی سطح برگ و تعداد گل و کیفیت ظاهری گل سیکلامن شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جزر و مدی، تغذیه، سیستم بسته، سیکلامن، گلدهی.

مقدمه

سیکلامن یا نگونسار گل با نام علمی *Cyclamen persicum* Mill. از تیره Primulaceae، گیاهی دائمی، تک لپه‌ای کاذب، زمستان گل و یکی از محصول‌های مهم صنعت گلکاری می‌باشد. بخش پایینی ساقه (زیرلپه) در سیکلامن در نزدیک سطح خاک قطور شده و ژوخه‌ای می‌شود که برگ‌ها به‌طور مستقیم از این ژوخه منشاء می‌گیرند. این گیاه دارای گل‌های معطر و به رنگ‌های صورتی، قرمز، بنفش، ارغوانی و سفید می‌باشد. کشورهای هلند و آلمان بزرگترین تولیدکنندگان سیکلامن می‌باشند. سیکلامن در کشورهای ژاپن و آمریکا محبوبیت بسیار زیادی دارد و بزرگترین بازاریابی سیکلامن در این کشورها انجام می‌گیرد (۲۶).

امروزه روش‌های کشت بسیار متنوعی برای تولید و پرورش گیاهان زینتی گلدانی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش کشت بی‌خاک اشاره کرد.. به‌طور کلی، کشت بدون خاک از دو سیستم پیروی می‌کند: ۱- سیستم‌های باز: شیوه عمل این سیستم‌ها به نحوی است که پس از اینکه محلول غذایی به گیاه داده شد دوباره از آن استفاده نمی‌شود. ۲- سیستم‌های بسته:

۱- تاریخ دریافت: ۹۸/۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۴۰۰/۳/۱۶

۲- بهترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
*نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (p.noruzi@urmia.ac.ir).

در این سیستم محلول‌های اضافی پس از استفاده، جمع آوری شده و دوباره در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر محلول‌های غذایی در یک چرخه بسته قرار دارند و به آن‌ها آب و عناصر غذایی که کاهش می‌یابند اضافه می‌شوند (۱۱).

در حال حاضر از میان سیستم‌های بسته، سیستم‌های آبیاری زیرین[۲]مانند سیستم جزر و مدی[۲] در صنعت تولیدات گلخانه‌ای به ویژه تولید محصولات زینتی گلدانی یکی از روش‌های بسیار رایج، با ارزش و موثر برای استفاده بهینه از آب در گلخانه می‌باشد (۵). در سیستم آبیاری زیرین، گیاهان گلدانی در بستر بدون خاک، در مخزن بالای سیستم و محلول‌های غذایی در مخزن پایین دستگاه قرار دارند. این سیستم‌ها اغلب دارای یک پمپ، حسگر سطح آب و یک زمان‌سنج می‌باشند که پس از تزریق محلول غذایی به محیط اطراف ریشه و انجام عمل جذب، باقیمانده محلول غذایی بر اساس نیروی گرانش تخلیه شده و به مخزن اصلی بر می‌گردد و دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد (۵). سازوکار جذب آب توسط بستر کشت در این سیستم براساس ویژگی مویینگی می‌باشد (۵). از جمله سودمندی‌های سیستم آبیاری جزر و مدی می‌توان به کاهش مصرف آب و محلول‌های غذایی، صرفه جویی در هزینه‌های کارگری، افزایش یکنواختی محصولات، جلوگیری از خشکی محیط اطراف ریشه و کارآیی بالای تولید اشاره کرد (۳). پژوهشی بر مبنای تاثیر سیستم آبیاری جزر و مدی بر ویژگی‌های رشدی سیکلامن انجام شد و نتیجه‌ها نشان دهنده افزایش رشد گیاه، ارتفاع، وزن تر و خشک شاخساره در مقایسه با گیاهانی بود که بدون این سیستم پرورش یافته بودند (۲). در پژوهشی دیگر نیز تاثیر سیستم جزر و مدی بر رشد و نمو شمعدانی و داوودی بررسی شد. یافته‌ها نشان‌دهنده تاثیر مثبت این سیستم بر رشد گیاه و افزایش میزان کلروفیل برگی بود (۱۵). تاثیر سیستم آبیاری زیرین بر میزان جذب عنصرهای غذایی توسط Zheng و همکاران (۳۰) روی گیاه ژربرا گلدانی بررسی شد. یافته‌ها نشان داد که سیستم آبیاری زیرین، با وجود کاهش غلظت محلول‌های غذایی از ۱۰۰ درصد به ۱۰ درصد، منجر به افزایش جذب قابل توجه عنصرهای پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم شد. هر چند که بر میزان جذب آهن تاثیری نداشت. در مطالعه‌ای (۱۴) تاثیر کاربرد سیستم جزر و مدی بر کیفیت گل و جذب عنصرهای غذایی در گیاه شمعدانی بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد که سیستم جزر و مدی منجر به جذب تدریجی آب و افزایش فواصل آبیاری شد. افزون بر این، کاربرد سیستم جزر و مدی منجر به افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم برگی شد.

گیاه سیکلامن به دلیل داشتن گل‌های بسیار زیبا و مسحور کننده‌اش و همچنین به‌دلیل طول دوره گلدهی به نسبت طولانی (۳ تا ۴ ماه) مورد توجه قرار گرفته و در بسیاری از کشورها بهعنوان یک محصول زینتی مهم و با ارزش تجاری بالا پرورش می‌یابد (۲۶). نظر به تقاضای مطلوب بازارهای داخلی و خارجی برای این محصول و با توجه به شرایط مناسب آب و هوایی کشور ایران، موقعیت مناسبی جهت پرورش و نگهداری و حتی صادرات این گل به بازارهای خارجی فراهم می‌باشد. نیازهای ویژه تولید سیکلامن و همچنین مدت زمان لازم برای تولید یک گیاه قابل عرضه، از مشکلات پیش روی تولیدکنندگان این گیاه می‌باشد که در چنین شرایطی استفاده از فنون نوین تولید و پرورش سیکلامن بهمنظور تولید سریع و کاهش هزینه‌های تولید می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مناسب برای کاهش هزینه‌های تولید و افزایش تولید سیکلامن مد نظر قرار گیرد (۱۸). بنابراین، باتوجه به تاثیر سیستم آبیاری جزر و مدی بر کیفیت گیاهان و جذب عنصرهای غذایی، پژوهش حاضر بر مبنای تاثیر سیستم آبیاری جزر و مدی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گل سیکلامن انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در واحدهای گلخانه‌ای دانشگاه ارومیه و آزمایش‌های مربوطه در آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال ۱۳۹۷ انجام شد. این پژوهش بهصورت دو تیمار مستقل از هم، با سه تکرار و بر پایه طرح به‌طور کامل تصادفی انجام شد. برای ارزیابی دقیق‌تر برخی ویژگی‌های تخریبی، برای هر تکرار ۱۵ مشاهده در نظر گرفته شد. دو تیمار مورد بررسی آبیاری جزر و مدی و آبیاری دستی بودند. برای انجام این آزمایش، با در نظر گرفتن رنگ گل و بازار پسندی، نشاء گیاه سیکلامن سری هالیوس، رقم ۲۰۱۵ استفاده گردید. از بستر کشت ترکیبی شامل پرلایت و پیت‌ماس، به نسبت ۲۵ به ۷۵ استفاده شد. نشاءهای یک تا دو برگی گیاه سیکلامن در خرداد ماه تهیه شده و به سینی کشت ۷۷ تایی با قطر دهانه ۳/۵ سانتی‌متر انتقال داده شدند. همزمان با رشد گیاهان، عملیات داشت مانند تغذیه و مبارزه با آفات انجام شدند. دمای روزانه

۱- Sub irrigation

۲- Ebb and flow irrigation

گلخانه ۲۰ تا ۲۵ و دمای شبانه ۱۳ تا ۱۸ درجه سلسیوس بود. میزان نور ۴۵۰ تا ۵۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه بود. نشاها پس از بزرگ شدن، به گلدان‌های اصلی با قطر دهانه‌ی ۱۷ سانتی متر (ارتفاع ۱۵/۵ سانتی‌متر) انتقال داده شدند. برای انجام این آزمایش، از ۹۰ گلدان سیکلامن، ۴۵ عدد از آن‌ها به سیستم جزر و مدی، به عنوان تیمار اول انتقال داده شدند و محلول‌دهی زیرین خودکار انجام می‌گرفت و محلول‌دهی سایر گیاهان به صورت دستی، به عنوان تیمار دوم شروع شد. محلول دهی بر پایه‌ی نیاز آبی گیاهان، ۲ تا ۳ بار در هفته براساس ترکیب محلول غذایی که در جدول ۱ آورده شده است، انجام شد (یادآوری می‌شود که عنصرهای کم‌مصرف نیز با غلظت مشخص به محلول غذایی اضافه می‌شدند). پی‌اچ محلول در محدوده ۶ تا ۶/۵ تنظیم شد.

جدول ۱- محلول غذایی مورد استفاده برای گیاهان سیکلامن.

Table 1. Nutrient solution used for cyclamen plants.

عنصرهای پر مصرف Macroelements	غلظت Concentration (g/1000 L)	عنصرهای کم مصرف Microelements	غلظت Concentration (g/1000 L)
$5Ca(NO_3)_2.NH_4NO_3.10H_2O$	225	Na_2MoO_4	0.12
Fe-EDDHA 6%	15	$CuSO_4$	0.08
$MgSO_4$	87	$ZnSO_4$	0.2
MAP (Mono-ammonium Phosphate)	100	$MnSO_4$	18.1
KNO_3	158	H_3BO_3	2.86

در آبیاری با سیستم جزر و مدی در هر نوبت محلول‌دهی به دلیل خاصیت مویینگی کل بستر کشت از محلول غذایی اشباع می‌شد. در سیستم آبیاری دستی، گیاهان به‌صورت دستی و به‌مقداری که گلدان‌ها ۱۵ درصد زهآب خروجی داشته باشند محلول دهی انجام می‌شد. به منظور بررسی تاثیر سیستم آبیاری جزر و مدی و آبیاری دستی بر ویژگی‌های مورد اندازه‌گیری گیاهان، نمونه‌برداری سه ماه بعد از اعمال تیمارها شروع شد. شاخص‌های تعداد برگ، گل و تعداد روز تا گلدهی با شمارش انجام شدند، وزن تر برگ‌ها، توسط ترازوی دیجیتالی (METTLER, PJ300) با دقت ۰/۰۰۰۱گرم وزن شدند. برای تعیین وزن خشک برگ، نمونه‌ها پس از قرارگیری در آون با دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت، مجدد با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری سطح برگ، کل سطح برگ‌های گلدان توسط دستگاه سطح‌برگ‌سنج (Leaf Area Meter, AM 200) اندازه‌گیری شدند. میزان شاخص سبزینگی با دستگاه سنجش شاخص کلروفیل (SPAD) (MINOLTA 502, Osaka Japan) اندازه‌گیری گردید. میزان کلروفیل a و b با روش Lichtenthaler (۱۴) تعیین شد. بدین منظور، ۰/۱ گرم بافت تر برگ (برگ های بالغ) در پنج میلی‌لیتر استون خالص ساییده شد. نیم میلی‌لیتر از عصاره با ۱/۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد، محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور سانتریفیوژ شد. میزان جذب نور با استفاده از اسپکتروفتومتر برای کلروفیل a و b به ترتیب در طول موج های۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. محتوای کلروفیل از رابطه ۱ محاسبه گردید.

رابطه ۱:

$$Chl\ a = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645)$$
$$Chl\ b = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663)$$

محتوای آنتوسیانین گلبرگ با روش Wagner (۱۹۷۹) اندازه‌گیری شد (۲۸). میزان آنتوسیانین با ساییدن ۰/۱ گرم از بافت تر گلبرگ به کمک ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی، قرار دادن عصاره به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق و تاریکی، سانتریفیوژ کردن عصاره به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور اندازه‌گیری شد و در نهایت میزان جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر تعیین شد. میزان آنتوسیانین از رابطه ۲ محاسبه گردید.

رابطه ۲: $A = \varepsilon bc$

در این رابطه A : جذب نمونه، b : عرض کوت برابر با ۱ سانتی متر، c: غلظت آنتوسیانین (μmol g-1 میلی گرم بر گرم وزن تر) و ε:ضریب خاموشی برابر با $33000\ mol^{-1}\ cm^{-2}$ است. برای اندازه‌گیری میزان عنصرهای پتاسیم و کلسیم در بافت برگی ابتدا

عصاره تهیه شد. به منظور تهیه عصاره، مقدار ۰/۵گرم از نمونه‌های خشک شده (نمونه‌ها از قبل به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سلسیوس خشک شده بودند) به کوره‌ای با دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس انتقال داده شدند و نمونه‌ها طی ۴ تا ۵ ساعت به خاکستر سفید رنگی تبدیل شدند. این خاکستر سفید رنگ به کمک ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدیک ۲ مولار هضم شد. سپس این ترکیب به‌وسیله کاغذ صافی فیلتر شده و به درون لوله‌های فالکون ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و با کمک آب مقطر، حجم محلول به ۵۰ میلی‌مولار رسانده شد (۲۳). اندازه‌گیری پتاسیم توسط دستگاه شعله‌سنج (Flame photometer, 405) از روش Mizukoshi (۱۶) و اندازه‌گیری میزان کلسیم به روش تیتراسیون با EDTA ۰/۰۱ مولار انجام شد (۸). اندازه‌گیری نیتروژن به روش Kjeldahl دارای ۳ مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون می‌باشد. در مرحله‌ی هضم ۰/۵ گرم از بافت برگی در دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد. سپس ۲/۳ میلی‌لیتر از مخلوط اسیدها که شامل ۱۸ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ بود به آن اضافه شد. سپس ۶ گرم اسید سالیسیلیک به مخلوط اضافه و با کمک همزن مغناطیسی تکان داده شد. این مخلوط در طول شب به حالت ساکن قرار گرفت و روز بعد نمونه‌ها تا دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس حرارت داده شدند. بعد از خنک شدن نمونه‌ها، ۵ قطره آب اکسیژنه به آن اضافه شد و دوباره تا دمای ۲۸۰ درجه سلسیوس حرارت داده شدند تا بخار سفید رنگی ظاهر شود. دوباره ۴ تا ۵ قطره آب اکسیژنه به آن اضافه گردید این عمل تا بی‌رنگ شدن نمونه‌ها ادامه یافت. بعد از خنک شدن، ۱۰ میلی‌لیتر آب به آن‌ها اضافه شد و تکان داده شد تا ماده رسوب حل شود و در نهایت به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در مرحله‌ی تقطیر به۲۰ میلی‌لیتر از محلول هضم ۱۵ میلی‌لیتر NaOH ۴۰ تا ۵۰ درصد اضافه شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید بوریک در لوله تقطیر ریخته شد، سپس چند قطره معرف ازت اضافه شد تا به رنگ ارغوانی در آید. با کمک دستگاه تقطیر عمل تقطیر انجام شد و در نهایت در مرحله‌ی تیتراسیون محلول موجود در انتهای لوله تقطیر به نام بورات آمونیوم سبز رنگ با HCl ۰/۰۱ نرمال تیتر شد تا به رنگ قرمز آلبالویی در آید. سپس طبق رابطه ۳ میزان نیتروژون محاسبه گردید (۱۹).

رابطه۳:

$$\text{درصد نیتروژن برگ} = \frac{\text{حجم اسید مصرفی} \times \text{نرمالیته اسید مصرفی} \times \text{جرم مولکولی نیتروزن} \times (\text{حجم کل عصاره}) \times 100}{\text{وزن پودر برگ} \times \text{محلول هضم استفاده شده در تقطیر} \times 1000}$$

مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون T در سطح احتمال یک و پنج درصد، توسط نرم افزار اکسل انجام گرفت.

نتایج و بحث

تعداد و سطح برگ

نتیجه‌های به دست آمده از آنالیز داده‌ها نشان داد که کاربرد سیستم‌های مختلف آبیاری تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های تعداد برگ، سطح برگ و همچنین وزن تر و خشک برگ در سطح احتمال ۵ درصد دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی تعداد برگ در سیکلامن نسبت به آبیاری دستی افزایش (۲۱/۳۴ درصد) قابل ملاحظه‌ای داشت (جدول ۲). همچنین، سیستم آبیاری جزر و مدی موجب افزایش دو برابری سطح برگ (۷۴/۹۶ درصد) نسبت به آبیاری دستی شد (جدول ۲).

وزن تر و خشک برگ

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی میانگین وزن تر برگ به‌طور چشمگیری افزایش یافت. به‌طوری‌که در اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی وزن تر برگ ۱۱/۵۷ درصد نسبت به آبیاری دستی افزایش یافت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی وزن خشک برگ را ۵/۴۶ درصد نسبت به آبیاری دستی افزایش داد (جدول ۲). نتیجه‌های حاصل از مقایسه سیستم آبیاری جزر و مدی و سیستم آبیاری دستی بر رشد سیکلامن، بیانگر این موضوع است که کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی برخی ویژگی‌های رشدی گیاه سیکلامن مانند سطح برگ، تعداد برگ و وزن تر و خشک برگ را در مقایسه با سیستم آبیاری دستی بهبود داده است. سیستم آبیاری جزر و مدی در گیاهان سبب یکنواخت بودن جذب آب و مواد غذایی می‌شود. همچنین، این سیستم سبب افزایش جذب عنصرهای غذایی می‌شود (۱۲). عنصر نیتروژن فعالیت‌های مختلفی را در گیاه برعهده دارد. نیتروژن جزء بسیاری از اجزاء یاخته شامل اسیدهای

آمینه، آمیدها، پروتئین‌ها، اسید نوکلئیک، کوآنزیم، کلروفیل و نیز اکسین و سایتوکینین می‌باشد. به نظر می‌رسد میزان بهینه‌ی آن در بافت گیاهی از راه افزایش میزان ساقه‌زایی، برگ‌زایی و جوانه‌زنی گیاه، باعث افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش سریع تر بافت‌های فتوسنتز و تسریع رشد رویشی بافت گیاهی رشد یافته در سیستم آبیاری جزر و مدی پژوهش حاضر شده است. تاثیر دیگر نیتروژن، حفظ طول عمر برگ می‌باشد که با تاثیر بر تعداد برگ، باعث افزایش سطح برگ گیاه می‌شود (۱). به احتمال، کاهش نیتروژن از راه افزایش بازدارنده‌های رشدی و کاهش میزان اکسین، سایتوکینین و جیبرلین (۱۱) در بافت گیاهی، منجر به کاهش تقسیم یاخته‌ای، رشد طولی یاخته و در نتیجه کاهش سطح برگ، تعداد برگ و وزن تر و خشک برگ در گیاهان با آبیاری دستی در پژوهش انجام شده باشد. نتیجه‌های پژوهش انجام گرفته روی *Saxifraga stolonifera* (۶) بیانگر تاثیر مثبت سیستم آبیاری جزر و مدی بر بهبود شاخص‌های رشدی و افزایش وزن تر و خشک گیاه بوده است.

جدول ۲- تاثیر سیستم آبیاری جزر و مدی و آبیاری دستی بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی گل گلدانی سیکلامن رقم ۲۰۱۵.

Table 2. Effect of ebb and flow irrigation system and hand watering on some morphological characteristics of *Cyclamen Persicum* Mill. cv. 2015.

ویژگی‌ها Charactristics	میانگین ± SE (انحراف معیار میانگین نمونه) Mean ± SE (Sample mean میانگین SD)					
	تعداد برگ‌ها Number of leaves	سطح برگ Leaf area (mm^2)	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)	تعداد گل‌ها Number of flowers	زمان از غنچه تا شکوفایی Time from bud to anthesis (day)
آبیاری بالاسری (دستی) Top irrigation (Manual)	60.16 ± 3.88	238838.66 ± 43371.93	198.66 ± 5.52	18.31± 0.30	9 ± 0.38	74 ± 0.10
آبیاری زیرین (جزر و مدی) Sub irrigation (ebb and flow)	73 ± 3.88	417892 ± 43371.91	221.66 ± 5.52	19.31 ± 0.30	12.66 ± 0.07	61.66 ± 0.10
مقدار آماره t Statistics value t	4.12†	3.30 †	4.16†	3.13†	9.43††	11.70††

† و ††به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

† and †† represent the significance at 5 and 1%, respectively.

سیستم آبیاری جزر و مدی با افزایش جذب عنصرهای غذایی و بافت‌های فتوسنتز کننده باعث افزایش ذخیره کربوهیدراتی گیاه می‌شود. وزن تر در گیاهان متاثر از میزان جذب آب و میزان ماده خشک می‌باشد. از جمله عنصرهای دیگر که سیستم آبیاری جزر و مدی می‌تواند سبب افزایش جذب آن شود، پتاسیم می‌باشد. عنصر پتاسیم در فرآیندهای مختلفی از جمله تقسیم یاخته‌ی و تمایز آن‌ها (۲۹)، حفظ تعادل آبی گیاه، تنظیم اسمزی، تولید و رشد ساختار ریشه‌ای و در نتیجه رشد و نمو گیاه نقش موثری دارد. پتاسیم با حفظ فشار تورژسانس روزنه‌ای، تعرق و جذب دی اکسید کربن می‌تواند عملکرد فتوسنتز و جذب آب توسط گیاهان رشد یافته در سیستم آبیاری جزر و مدی را زیر تاثیر قرار دهد (۲۹). بنا به دلایل بیان‌شده، افزایش وزن تر بافت برگی گیاه با کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی در پژوهش حاضر دور از انتظار نخواهد بود.

افزایش جذب نیتروژن در پژوهش انجام شده از راه افزایش زیست‌ساخت جیبرلین منجر به تولید و رشد یاخته‌های جدید در مریستم‌های نزدیک به قاعده میان‌گره می‌شود (۱۰) که می‌تواند دلیلی بر افزایش وزن تر و خشک برگ با کاربرد آبیاری جزر و مدی در پژوهش انجام شده باشد. افزایش وزن تر و خشک بافت برگی در گیاهانی از جمله ژربرای گلدانی (۳۰) در سیستم آبیاری جزر و مدی گزارش شده است که با نتیجه‌های به دست آمده از پژوهش حاضر همسو است.

تعداد گل

نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که کاربرد سیستم‌های مختلف آبیاری تاثیر معنی‌داری بر تعداد گل و تعداد روز تا گلدهی در گیاه سیکلامن در سطح احتمال ۱ درصد دارد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی، تعداد گل را ۴۰/۶۶ درصد نسبت به آبیاری دستی افزایش داده است (جدول ۲).

تعداد روز تا گلدهی

مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی، تعداد روز تا گلدهی ۱۶/۶۷ درصد کاهش یافت. بیشترین تعداد روز تا گلدهی در اثر آبیاری دستی مشاهده شد (جدول ۲). گزارش های فراوانی در مورد توانایی سیستم آبیاری تحتانی و جذر و مدی در بهبود ویژگی‌های گلدهی در ارقام مختلف گونه‌های گیاهی ارائه شده است. پیش از این نیز تاثیر مثبت آبیاری تحتانی بر گلدهی و کیفیت گل در گیاه میخک (۳) گزارش شده است. یکی از دلایل بسیار مهم بهبود شاخص‌های گلدهی می‌تواند تاثیر سیستم آبیاری جزر و مدی بر جذب عنصرهای غذایی باشد (۷). گزارش‌های متعددی در مورد تاثیر سیستم آبیاری جزر و مدی بر جذب عنصرهایی از جمله نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و آهن ارائه شده است (۲۲ ، ۳۰). به احتمال، افزایش جذب نیتروژن در اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی، منجر به بهبود رشد رویشی گیاه و بهبود ویژگی‌های گلدهی سیکلامن در پژوهش حاضر شده باشد. نیتروژن در زیست ساخت جیبرلین موثر می‌باشد. مشخص شده است که جیبرلین برخی از ژن‌های کنترل کننده نمو گل را در برخی گیاهان کنترل می‌کند (۱۰). به نظر می‌رسد که علت افزایش جذب نیتروژن و به دنبال آن افزایش بیوسنتز جیبرلین علت بهبود ویژگی‌های زایشی در پژوهش انجام شده باشد. مشابه پژوهش انجام شده، تاثیر آبیاری زیرین در بهبود ویژگی‌های گلدهی در گیاه ژربرا نیز گزارش شده است (۳۰) که با نتیجه‌های به دست آمده از پژوهش حاضر نیز همخوانی دارد. از دیگر عنصرهایی که سیستم آبیاری جزر و مدی منجر به افزایش جذب آن شده است، عنصر پتاسیم است. عنصر پتاسیم در فرایندهای فیزیولوژیکی مانند سوخت و ساز کربوهیدرات یا تشکیل، تجزیه و انتقال نشاسته، سوخت و ساز ترکیب‌های پروتئینی، خنثی کردن اسیدهای آلی، فعال‌سازی آنزیم‌های مختلف، تسریع رشد بافت‌های مریستمی و تنظیم ارتباط بین حرکت روزنه‌ها و آب نقشی اساسی دارد. همچنین، عنصر پتاسیم منجر به افزایش فتوسنتز و انتقال مواد قندی می‌شود. قسمت عمده مواد قندی در گل‌ها به کاسه و جام گل منتقل می‌شود (۱۰). بنابراین، افزایش جذب پتاسیم با کاربرد آبیاری جزر و مدی می‌تواند منجر به بهبود پارامترهای رشدی، تسریع و بهبود گلدهی در پژوهش انجام شده نیز باشد.

شاخص کلروفیل

براساس نتیجه‌های به دست آمده، اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی بر میزان شاخص کلروفیل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که در اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی، میزان شاخص کلروفیل نسبت به آبیاری دستی افزایش قابل ملاحظه‌ای (۱۱/۲۷ درصد) داشت (جدول ۳).

کلروفیل a و b

براساس یافته‌های پژوهش، اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی بر میزان کلروفیل a در سطح احتمال ۵ درصد و بر میزان کلروفیل b در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که میزان کلروفیل a و b با کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی افزایش قابل توجهی (به ترتیب ۱۲/۱۷ درصد و ۱۱/۷۰ درصد) نسبت به آبیاری دستی داشته است (جدول ۳). اثر مستقیم سیستم آبیاری جزر و مدی بر جذب عنصرهای غذایی و کاهش بیماری‌زاهای برگی به‌دلیل عدم تجمع آب در شاخساره گیاهان می‌توانند از جمله پیشنهادهای موثر برای بیان اثر سیستم آبیاری جزر و مدی بر بهبود ویژگی‌های رشدی گیاهان می‌باشد. در پژوهش حاضر، کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی را بهبود بخشید. کاهش میزان زردی برگ‌ها در اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است. به احتمال، در پژوهش حاضر نیز سیستم آبیاری جزر و مدی از زردی و در نتیجه از پیری برگ جلوگیری کرده و میزان کلروفیل آن افزایش یافته است. یکی از فاکتورهای عمده‌ای که بر محتوای کلروفیل تاثیر می‌گذارد وضعیت نیتروژن گیاه است. عنصر نیتروژن از راه ترکیب با اکسیژن، گوگرد، کربن، منیزیم و هیدروژن می‌تواند در تولید کلروفیل موثر باشد (۲۵). از این رو، نخستین نشانه‌های کمبود نیتروژن رنگ پریدگی برگ‌ها و در نهایت توقف فتوسنتز و رشد گیاهان می‌باشد. نیتروژن از راه جریان توده‌ای جذب

ریشه‌های گیاه می‌شود. در شرایط دسترسی راحت و بهتر ریشه‌ها به محلول غذایی در آبیاری تحتانی، نیتروژن راحت‌تر و بهتر وارد گیاه شده که به احتمال یکی از علل افزایش شاخص کلروفیل، کلروفیل a و b و کاهش زرد شدگی و ریزش برگ‌ها در پژوهش انجام شده باشد. با افزایش میزان نیتروژن، سایتوکینین بیشتری در ریشه‌ها تولید شده و به اندام‌های هوایی ارسال می‌گردد. سایتوکینین افزون بر تحریک تقسیم یاخته‌ای، در باز و بسته روزنه‌ها و نمو کلروپلاست موثر بوده و باعث تاخیر در پیری و حفظ کلروفیل نیز می‌شود (۲۹) که این مسئله می‌تواند یکی دیگر از دلایل بالا بودن میزان کلروفیل برگ در گیاهان رشد کرده در سیستم آبیاری جزر و مدی در پژوهش حاضر باشد. از دیگر عواملی که می‌تواند دلیل احتمالی افزایش محتوای کلروفیل در پژوهش حاضر باشد، افزایش جذب عنصر پتاسیم می‌باشد. عنصر پتاسیم در حفظ فعالیت فتوسنتزی، تولید مواد فتوسنتزی و افزایش میزان نیتروژن در دسترس دخالت دارد (۲۴). پتاسیم از راه تسریع جذب نیتروژن منجر به بهبود سوخت و ساز نیتروژن، تحریک جذب و تولید پروتئین‌ها و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل می‌شود (۹). افزون بر این، عنصر پتاسیم در افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردکتاز (آنزیم دخیل در آلی شدن نیترات) نیز دخالت دارد که در نهایت موجب افزایش مقدار کلروفیل برگ می‌شود. محتوای کربوهیدرات نیز از جمله عوامل موثر بر ساخت کلروفیل می‌باشد. شاید علت تاثیر پتاسیم بر میزان کلروفیل با تولید و تحرک کربوهیدرات‌ها نیز در ارتباط باشد. مشابه پژوهش حاضر، افزایش محتوی کلروفیل در اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی توسط (۳۰) در ژربرای گلدانی نیز تایید شده است.

جدول ۳- تاثیر سیستم آبیاری جزر و مدی و آبیاری دستی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گل گلدانی سیکلامن رقم ۲۰۱۵.

Table 3. Effect of ebb and flow irrigation system and hand watering on some physiological characteristics of *Cyclamen Persicum* Mill. cv. 2015.

ویژگی‌ها Characteristics	میانگین ± SE (انحراف معیار میانگین نمونه) Mean ± SE (Sample mean میانگین SD)						
	شاخص کلروفیل Chlorophyll index (SPAD)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g FW^{-1})	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g FW^{-1})	آنتوسیانین گلبرگ‌ها Petals anthocyanin (mg g FW^{-1})	نیتروژن Nitrogen (%)	پتاسیم Potassium (%)	کلسیم Calcium (%)
آبیاری بالاسری (دستی) Top irrigation (Manual)	49.58 ± 1.16	3.86 ± 1.52	0.94 ± 0.09	24.65 ± 0.83	2.19 ± 0.05	7.42 ± 0.17	0.95 ± 0.02
آبیاری زیرزمینی (جزر و مدی) sub irrigation (ebb and flow)	55.17 ± 1.16	1.05 ± 1.52	1.05 ± 0.09	28.91 ± 0.83	2.46 ± 0.05	8.10 ± 0.17	1.18 ± 0.02
مقدار آماره t Statistics value t	4.80††	3.62†	6.94††	5.05††	5††	3.89†	8.75††

† و †† به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

† and †† represented at 5 and 1%, respectively.

آنتوسیانین گلبرگ

کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی بر میزان آنتوسیانین گلبرگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان دهنده تاثیر مثبت سیستم آبیاری جزر و مدی بر میزان آنتوسیانین گلبرگ بود، به طوری‌که میزان

آنتوسیانین در اثر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی ۱۷/۲۸ درصد نسبت به آبیاری دستی افزایش یافت (جدول ۳). تولید آنتوسیانین‌ها در گیاهان، زیر تاثیر عوامل مختلف داخلی و خارجی از جمله نور، کربوهیدرات، دما و هورمون‌های گیاهی می‌باشد. کارتنوئیدها در پلاستیدهای یاخته‌ی قرار دارد و سبب ایجاد رنگ‌هایی مانند زرد در گیاه می‌شوند. این رنگدانه‌ها همراه با آنتوسیانین‌ها رنگ‌های قرمز، نارنجی و قهوه‌ای را در گلبرگ ایجاد می‌کنند (۲۷). کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی در پژوهش حاضر منجر به افزایش جذب عنصر کلسیم شد. عنصر کلسیم بر فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز که در مسیر ساخت ترکیب‌های فنولی از جمله فلاونوئیدها و آنتوسیانین دخالت دارد، اثر مثبت می‌گذارد (۱۳). همچنین، بیان شده است که عنصر کلسیم منجر به انگیزش بیان برخی از ژن‌های درگیر در مسیر ساخت آنتوسیانین می‌باشد و منجر به افزایش آنتوسیانین می‌شود (۴). هورمون جیبرلین محرک آنزیم آلفا آمیلاز و دیگر آنزیم‌های هیدرولیز کننده و موثر در افزایش میزان کربوهیدرات‌های گیاهی و آنتوسیانین‌ها است که می‌تواند از دیگر علل احتمالی در افزایش آنتوسیانین گیاهان سیستم جزر و مدی نسبت به آبیاری دستی باشد. پتاسیم از راه تأثیر و تنظیم فشار اسمزی موجب افزایش قندها و انتقال بهتر عنصرهای غذایی به قمست‌های مختلف گیاه می‌شود. افزایش میزان پتاسیم در بافت گیاهی منجر به افزایش میزان قند و در نتیجه افزایش میزان آنتوسیانین می‌شود (۲۰). بنا به دلایل بیان‌شده، به نظر می‌رسد افزایش میزان آنتوسیانین در پژوهش حاضر به‌دلیل تاثیر سیستم آبیاری جزر و مدی بر جذب عنصرهای کلسیم، نیتروژن و پتاسیم باشد.

محتوای عنصرهای غذایی

یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تاثیر کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی بر میزان عنصر نیتروژن و کلسیم برگ در سطح احتمال ۱ درصد و بر میزان پتاسیم در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در اثر کاربرد سیستم جزر و مدی میزان عنصرهای نیتروژن، پتاسیم و کلسیم برگ در مقایسه با آبیاری دستی افزایش قابل توجهی (به ترتیب ۱۲/۳۲ درصد، ۹/۱۶ درصد و ۲۴/۲۱ درصد) نشان دادند (جدول ۳). بررسی‌های محدودی وجود دارند که نشان‌دهنده انباشت عنصرهای پرمصرف (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و گوگرد) و عنصرهای کم‌مصرف (منگنز، آهن، روی، آلومنینیوم، مس و بور) در شاخساره گیاهان پرورش یافته در سیستم‌های آبیاری تحتانی باشد (۱۷). در پژوهشی، کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی منجر به افزایش جذب عنصرهای غذایی از جمله نیتروژن، پتاسیم و منیزیم در کدو سبز[۳]شد. مشابه پژوهش انجام شده، در گیاه ژربرای گلدانی، رز بریدنی، بنفشه سه رنگ، گیاه کدو سبز و در گیاهان شمعدانی و داوودی تاثیر آبیاری زیرین و جزر و مدی بر جذب عنصرهای غذایی مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم و منیزیم را گزارش کرده‌اند (۱۵، ۲۲ و ۳۰). نتیجه‌های به دست آمده از پژوهش انجام شده نیز تایید کننده این موضوع می‌باشد. عواملی که بر رشد ریشه و افزایش فتوسنتز گیاه تاثیر گذار باشند، می‌توانند در بهبود جذب عنصرهای غذایی از ریشه نیز موثر شوند. همانطور که پیش‌تر بیان شد، از ویژگی‌های سیستم آبیاری جزر و مدی دسترسی ریشه گیاه به آب یا محلول غذایی، یکنواختی رشد و یکسان بودن شرایط برای گیاه می‌باشد. پژوهشگران علت افزایش جذب عنصرهای غذایی را در رشد بهتر ریشه‌ها، افزایش زیست توده گیاه و یکنواختی شرایط رشد دانسته‌اند (۲۲). به احتمال، افزایش جذب عنصرهای غذایی در پژوهش حاضر به علت توسعه بهتر سیستم ریشه (شکل ۱) و افزایش نفوذپذیری آن باشد. به نظر می‌رسد، آبیاری جزر و مدی با ایجاد رطوبت پایدار در محیط ریشه، مانع از بین رفتن ریشه مویرگی در نزدیکی لبه و کف گلدان شود که این مورد می‌تواند دلیلی بر افزایش حجم ریشه و افزایش جذب عنصرهای غذایی شود. آبیاری با سیستم جزر و مدی مانع از تولید لایه آب روی سطح برگ گیاهان می‌شود، به همین دلیل به نظر می‌رسد برگ‌ها نور و فتوسنتز بیشتری دریافت کنند و تعرق و مواد مغذی بیشتری از ریشه جذب شوند.

گزارش مصرف آب و محلول غذایی

در سیستم آبیاری جزر و مدی میزان مواد غذایی اضافه باقیمانده دوباره به منبع برگشته و هدر رفت آب و مواد غذایی کاهش می‌یابد. در پژوهش انجام شده نیز مشخص شد که میزان مصرف محلول غذایی برای گیاهان رشد یافته در سیستم آبیاری جزر و مدی ۵۵۳۸ میلی‌لیتر به ازای هر گلدان در مدت زمان ۱۰۵ روز (زمان انتقال نشاء به گلدان نهایی تا تولید گیاهان قابل عرضه) بود. این در حالی است که میزان مصرف محلول غذایی در سیستم آبیاری دستی ۱۰۴۵۴ میلی‌لیتر به ازای هر گلدان بود.

۱- Zucchini plants (*Cucurbita pepo* L.)

همانطور که گزارش شد سیستم آبیاری جزر و مدی میزان مصرف محلول غذایی در گیاه سیکلامن را حدود ۵۰ درصد کاهش داده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از سیستم آبیاری جزر و مدی میزان مصرف آب و مواد غذایی و هزینه‌های جاری تولید را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. افزایش بهره‌وری استفاده از آب و مواد غذایی در سیستم‌های آبیاری زیرین می‌تواند به دلیل ویژگی سیستم جزر و مدی باشد (۲۱).

(D (C (B (A

Fig. 1. Increased growth of root system of *Cyclamen* cv. 2015 grown in the hand irrigation systems (A and D) compared to ebb and flow irrigation systems (B and C).

شکل ۱- افزایش رشد سیستم ریشه سیکلامن رقم ۲۰۱۵ پرورش یافته در سیستم آبیاری دستی (الف و د) نسبت به سیستم آبیاری جزر و مدی (ب و ث).

نتیجه گیری

کاربرد سیستم آبیاری جزر و مدی سبب افزایش جذب عنصرهای پرمصرف مانند نیتروژن، کلسیم و پتاسیم گردید. همچنین، تعداد گل، تعداد روز تا گلدهی، محتوای کلروفیل و آنتوسیانین گلبرگ زیر تاثیر سیستم آبیاری جزر و مدی قرار گرفتند و با کاربرد این روش آبیاری، شاخص‌های بالا بهبود چشمگیری را نشان دادند. افزون بر بهبود شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی، میزان مصرف آب و محلول‌های غذایی نیز به طور چشمگیری در سیستم آبیاری جزر و مدی کاهش یافت.

References منابع

1. Barker, A.V and D.J. Pilbeam. 2015. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press. second edition. 743 p.
2. Beeks, S.A and M.R. Evans. 2013. Growth of cyclamen in biocontainers on an ebb-and-flood subirrigation system. HortTechnol. 23:173–176.
3. El- Kazzaz, K.A and A.A. El- Kazzaz. 2017. Soilless agriculture a new and advanced method for agriculture develooment: an introduction. Agr. Res. Tech. 3: 1-10.
4. Fei, H., M. Lin, Y. Guo-Liang, L. Na-Na, P. Qiu-Hong, W. Jun, J.R. Malcolm and D. Chang-Qing. 2010. Biosynthesis of anthocyanins and their regulation in colored grapes. Molecules. 15: 9057-9091.Ferrarezi, R.S., G.M. Weaver, M.W. Iersel and R. Testezlaf. 2015. Sub-irrigation: Historical overview, challenges, and future prospect. HortTechnol. 25: 262-276.
5. Garland, K.F., S.E. Burnett, M.E. Day and M.W. Van Iersel. 2012. Influence of substrate water content and daily light integral on photosynthesis, water use efficiency, and morphology of *Heuchera americana*. J. Am. Soc. Hort. Sci. 137: 57-67.
6. Gent, M.N.P and W.H. Elmer. 2012. Water use efficiency with rapid watering of potted plants on flooded floors. Acta Hort. 927: 101-108.
7. Ghazan shahi, J. 1385. Soil and plant analysis. Translator Press. 311 p. (In Persian).
8. Haghighi, M., S. Heidarian and J.A. Teixeira, Da Silva. 2012. The effect of titanium amendment in N-withholding nutrient solution on physiological and photosynthesis attributes and micronutrient uptake of tomato. Biol. Trace Elem. Res. 150: 381-390.
9. Kafi, M., A. Zand., B. Kamkar, A. Mahdavi Damghani and F. Abbasi. 1388. Plant physiology (Vol. II, fourth edition of translation). Publications university of Mashhad. 676 p. (In Persian).

10. Kamalizadeh, M And D. Shiravand. 1391. Hydroponic cultivation of greenhouse crops. Sarva Press . 55-208 Pp. (In Persian).
11. Khosh Khui, M. 1393. Floriculture principles and Species (Volume I, Second Edition). Shiraz University Press. 215-216 Pp. (In Persian).
12. Li, G and M.R. Evans. 2002. Humic acid substrate treatments and foliar spray application effects on root growth and development of seedlings. Sci. Hort. 35: 434.
13. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Method. Enzymol. 148: 350-382.
14. Martin, p and N. Gent. 2011. Water and nutrient uptake and use efficiency with partial saturation Ebb and Flow watering. Sci. Hort. 46:791–798.
15. Mizukoshi, K., T. Nishiwaki, N. Ohtake, R. Minagawa, K. Kobayashi, T. Ikarashi and T. Ohyama. 1994. Determination of tungstate concentration in plant materials by HNO3-HClO4 digestion and colorimetric method using thiocyanate. Plant Anal. Meth. 46: 51-56.
16. Niranjani, P., K. Semananda, D.W. James and B.R. Myers. 2018. A semi-systematic review of capillary irrigation: The benefits, limitations, and opportunities. Horticulturae. 4(3): 23.
17. Noruzi,P. 1393. Cyclamen early (*Cyclamen persicum* cv. Butterfly Rose Pink) maturation using dietary, hormonal and day length diets. College of Agriculture and Natural Resources Faculty of Agricultural Science and Engineering of Hortic. Sci. Doctoral thesis. (In Persian).
18. Ohayama, T., M. Ito, K. Kobayashi, S. Araki, S. Yasuyoshi, O. Sasaki, T. Yamazaki, K. Sayoma, R. Tamemura, Y. Izuno and T. Ikarashi. 1991. Analytical procedures of N, P and K content in plant and manure materials using H2SO4-H2O2 Kjeldahl digestion Method. Bulletin of the Faculty of Agriculture, Niigata University. FAO. 43: 111-120.
19. Pal, P. and P. Ghosh. 2010. Effect of different sources and levels of potassium on growth, flowering and yield of African marigold (*Tagetes erecta* Linn.) cv. Siracole. Indian J. Nat. Prod. Resour. 1: 371-375.
20. Purvis, P., G. Lumis and L. Taurins. 2000. Flood irrigation of container-grown Euonymus and Thuja as affected by fertilizer rate and substrate. J. Environ. Hort. 18:13–17.
21. Rouphael, Y and G. colla. 2005. Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. Sci. Hort. 105: 177–195.
22. Ryan, J., G. Estefan and A. Rashid. 2001. Soil and plant Analysis: Laboratory Manual. ICARDA, ALEPPO.
23. Sallaku, G., I. babaj, S. kaciu and A. Balliu. 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis Sativus* L.) seeding under saline conditions. J.Food Agr.Environ. 3: 869-872.
24. Tabatabaei, S.J. 1393. Principles of mineral nutrition of plants. Tabriz University Press. 544 p. (In Persian).
25. Takamura, T. 2006. Cyclamen in: Andeason NO (Ed): Flower Breeding and Genetica. Springer, Netherlands. pp: 459-478.
26. Tanaka, Y., Y. Katsumoto, F. Brugliera and J. Mason. 2005. Genetic engineering in floriculture. Plant. Cell. Tissue. Organ Cult. 80: 1-24.
27. Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/ extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanin in protoplasts. Plant Physiol. 64: 88-93.
28. Zeb, N., M. Sajad, A.M. khattak and I. Hussain. 2015. Effect of potassium and maleic hydrazide on growth and flower quality of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*). Sarhad. J. Agr. 31(4): 210-216.
29. Zheng, Y., T. Graham, S. Richard and M. Dixon. 2004. Potted gerbera production in a subrirrigation system using low- concentration nutrient solutions. Sci. Hort. 39: 1283-1286.

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 23 (1): 13-22 (2022)
Research article

Comparison of Ebb and Flow Irrigation System and Hand-Watering on Growth and Some Morphological and Physiological Traits of Cyclamen (*Cyclamen persicum* Mill.)

H. Rahimi Karim Abad, P. Noruzi* and S. Katebi[1]

All physiological processes of plants depend on the water so that 80-95% of leaf and root biomass of herbaceous plants is composed of water. Plant growth and development are largely dependent on the selection of a proper irrigation system and nutrition. Closed irrigation systems are suggested for plant cultivation in order to optimize water and fertilizer consumption and reduce production costs. This research was conducted to compare the efficiency of the ebb and flow irrigation system with the manual (hand) irrigation system in cyclamen production. The results showed that plants irrigated by ebb and flow system had better growth and quality. The ebb and flow irrigation system resulted in a two-fold increase in leaf area (74.96%), a significant increase in flower number (40.66%), and a significant decrease in the number of days to flowering (16.67%) compared to the manual irrigation system. plants grown in ebb and flow irrigation system showed an increase in photosynthetic pigments (significant 11.27% and 11.70% increases in chlorophyll index and chlorophyll *b* at the $p < 0.01$ level, respectively and a significant 11.17% increase in chlorophyll *a* at the $p < 0.05$ level) compared to those grown in the manual irrigation system. Nitrogen, potassium, and calcium uptake was higher in the plants irrigated by the ebb and flow irrigation system versus the manually irrigated plants. The ebb and flow irrigation system reduced nutrient solution consumption by about 50%. Overall, application of the ebb and flow irrigation system improved the growth indices and visual quality of cyclamen flowers.

Keywords: Closed system, Cyclamen, Flowering, Ebb and flow irrigation, Nutrition.

1. M.Sc. Student of Horticultural Science, Assistant Professor of Horticultural Science and M.Sc. Student of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (p.noruzi@urmia.ac.ir).