

ارزیابی کارایی جذب آب و رشد گیاهان زینتی رعنا زیبا و مارگریت در بسترهای متفاوت کشت

عزیزاله خندان میرکوهی^{۱*}، حدیثه فیاض^۲ و علیرضا مشرفی عراقی^۳

۱، ۲ و ۳. استادیار، دانشجوی سابق کارشناسی و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران،

کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۱۰)

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی رشد گیاه رعنا زیبا (*Gaillardia grandiflora*) و مارگریت (*Leucanthemum × superbum*) در بستر کشت با نسبت‌های حجمی متفاوت از خاک مزرعه با بافت رسی لومی و پیت ماس (نسبت پیت ماس به خاک: ۱۰۰ درصد پیت، ۸۰ درصد پیت + ۲۰ درصد خاک، ۶۰ درصد پیت + ۴۰ درصد خاک، ۲۰ درصد پیت + ۸۰ درصد خاک و ۱۰۰ درصد خاک) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای در گروه علوم باغبانی دانشگاه تهران انجام گرفت. آبیاری بر پایه نیاز هر گیاه (به روش توزین) تا پایان آزمایش انجام شد و ارزیابی صفات با دو مرحله برداشت گیاه بین دو فاصله زمانی مشخص صورت گرفت. سرعت جذب آب، نیاز آبی، ویژگی‌های رویشی اندام‌های هوایی و ریشه ارزیابی شد. صفات ریشه در گیاه رعنا زیبا به‌طور معنی‌داری توسعه یافته‌تر از گیاه مارگریت بود و به همین ترتیب کارایی جذب آب آن نیز بیشتر بود. ترکیب ۶۰-۴۰ درصد پیت با خاک مزرعه ضمن توسعه شبکه ریشه سبب افزایش معنی‌دار کارایی جذب آب و کاهش نیاز آبی گیاه شد. بنابراین، ترکیب پیت با خاک مزرعه به میزان دست‌کم ۲۰ درصد در تولید و پرورش نشاء گیاهان باغچه‌ای رعنا زیبا و مارگریت قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: خاک رسی، شبکه ریشه، فضای سبز، گیاهان باغچه‌ای.

Evaluation of water uptake efficiency and growth of ornamental *Gaillardia* (*Gaillardia grandiflora*) and Marguerite (*Leucanthemum × superbum*) in different substrates

Azizollah Khandan-Mirkohi^{1*}, Hadiseh Fayyaz² and Alireza Moshrefi Eraqi³

1, 2, 3. Assistant Professor, Former B. Sc. Student and Former M. Sc. Student, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Jan. 27, 2016 - Accepted: May. 30, 2016)

ABSTRACT

This study aimed to assess the water demand and growth traits of ornamental *Gaillardia* (*Gaillardia grandiflora*) and Marguerite (*Leucanthemum × superbum*) in peat-based substrates with different volume based ratios of field soil (Clay loam) and peat moss (100% peat, 80% peat + 20% soil, 60% peat + 40% soil, 20% peat + 80% soil and 100% soil) in a randomized complete block design with three replications in a greenhouse at the horticulture Department, University of Tehran. Irrigation applied based on plant demand (by weight) up to the end of the experiment, but the evaluation of the harvest took place between two specified intervals. The amount of water consumed, growth characteristics, shoot and root dry weight and root development traits were evaluated. Overall study results showed the root system of *Gaillardia* was more developed than Marguerite, so it was also more efficient in water uptake. Combining 40-60% (v/v) of peat with field soil resulted in progress of the root system and significantly increased the efficiency of water absorption. Therefore, the combination of at least 20% of peat with field soil is recommended with in the production and cultivation of garden plants (*Gaillardia* and Marguerite).

Keywords: Bedding plants, clay soil, landscape, root system.

* Corresponding author E-mail: khandan.mirkohi@ut.ac.ir

مقدمه

کم‌آبی از جمله مهم‌ترین محدودیت‌های پیشرو در توسعه فضاهای سبز شهری به شمار می‌آید که به‌نظر می‌رسد به‌ویژه در سال‌های آتی رشد بسیاری از گیاهان از جمله گیاهان فصلی و باغچه‌ای را تحت تأثیر قرار دهد. کشور ایران با میانگین ۲۵۰ میلی‌متر بارندگی در سال و با میزان تبخیر بیش از اندازه، جزء مناطق خشک جهان به شمار می‌آید (Ghamarnia & George, 2005). گیاهان مختلف نیز واکنش‌های متفاوتی به کم‌آبی نشان می‌دهند. سازوکارهای مختلفی برای گذر گیاهان از تغییرپذیری‌های محیطی از جمله کم‌آبی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به سازوکارهای ریخت‌شناختی (مورفولوژیکی)، فیزیولوژیکی و تغییرپذیری‌های مولکولی اشاره کرد (Bohnert et al., 1995). کاهش محتوای نسبی آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها را تحریک می‌کند و به دنبال بسته شدن روزنه‌ها سرعت نورساخت (فتوسنتز) نیز کاهش می‌یابد. نخستین پاسخ همه گیاهان به کمبود آب، بسته شدن روزنه‌ها به‌منظور کاهش هدررفت آب از راه تعرق است. بسته شدن روزنه‌ها موجب حفظ و نگهداری آب در شرایط کم‌آبی می‌شود، اگرچه کاهش تبادلات گازی نورساختی را نیز سبب خواهد شد (Aliniaiefard et al., 2014; Mahajan & Amania, 2005). بنابراین، تنش آبی باعث محدودیت در رشد گیاه و عملکرد محصول در بسیاری از گیاهان از جمله گیاهان زینتی می‌شود (Showemimo & Olarewaju, 2007) و در مقابل عرضه دقیق آب و مواد غذایی می‌تواند سبب بهبود کارایی مصرف آب، گریز از شرایط تنش و مدیریت تولید در شرایط بحران شود. افزایش ظرفیت ریشه گیاه برای جذب آب از راه تغییر در ویژگی‌های ریخت‌شناختی و تنظیم اسمزی نیز از جمله پاسخ‌های اولیه گیاه در روبرویی با کم‌آبی است (Blum, 2009).

رعنا زیبا (*Gaillardia grandiflora*) یکی از زیباترین گیاهان باغچه‌ای و رقم‌های یک‌ساله و چندساله معروف به مقاومت به کم‌آبی دارد. دوره گلدهی آن به نسبت طولانی و از اوایل تابستان تا اواسط پاییز ادامه دارد. اگر در بهار زود کاشته شود از اردیبهشت تا آبان گل می‌دهد و به‌تقریب در همه فصل،

گلدهی آن ادامه دارد. این گیاه به‌عنوان شاهدی بر گیاهان کم‌نیاز به آب مورد توجه بسیاری از فعالان فضاهای سبز شهری است. مارگریت (*Leucanthemum superbum* ×) نیز به‌عنوان گیاهی علفی دائمی و اغلب با قاعده چوبی با توجه به کاربرد آن به‌منظور گل بریده، حاشیه‌کاری و گلدانی در سال‌های اخیر بیشتر کشت می‌شود و بسته به نحوه کاشت و مراقبت، از اردیبهشت تا آبان ماه گلدهی دارد (Dole & Wilkins, 1999). با این حال نیاز آبی آن هنوز به‌روشنی مشخص نیست ولی به‌نظر می‌رسد دارای نیاز آبی بیشتری در مقایسه با رعنا زیبا باشد.

امروزه، بسترهای کشت به‌طور معمول برای پرورش نشاء و رشد گیاهان در خزانه و در گلدان کاربرد گسترده‌ای دارند (Nelson, 2003). این بسترها اغلب از ترکیب بخش آلی و کانی برای تأمین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مطلوب مورد نیاز گیاه ویژه تهیه می‌شوند که یکی از مهم‌ترین این ویژگی‌ها وجود روزنه‌های کافی است (Bunt, 1988). از سوی دیگر، پرورش انواع گیاهان به‌ویژه گیاهان زینتی در بسترهای کشت ترکیبی به دلیل برتری‌های پرشمار، مانند کنترل تغذیه گیاه، کاهش بیماری‌ها و آفات و افزایش کمیت و کیفیت محصول نسبت به کشت خاکی در حال گسترش است. ویژگی‌های مواد مختلف مورد استفاده به‌عنوان بستر کشت به راه‌های مختلف (مستقیم و غیرمستقیم)، بر رشد گیاه و تولید محصول اثر دارد. ترکیب موادی غیر از پیت در بسترهای کشت برای تأمین این ویژگی اغلب منجر به بروز ناهنجاری‌های بهداشتی، آسیب‌های زیست‌محیطی، مسمومیت برای گیاه و تحمیل هزینه زیاد می‌شود (Gachukia & Evans, 2008). پیت ماس، ذرات تجزیه‌شده مواد آلی است که در مناطق مرطوب و سرد ایجاد می‌شود و در ترکیب انواع بسترهای کشت به‌ویژه برای تولید نشاء کاربرد گسترده‌ای دارد. ولی نوع ترکیب و pH مواد تشکیل‌دهنده در انواع مختلف پیت نیز، متفاوت است (Schmilewski, 2008). به‌رغم تلاش‌های زیاد برای جایگزینی پیت، این ماده آلی هنوز به دلیل برتری‌های فراوان یکی از پرکاربردترین اجزای ترکیب در بسترهای کشت به شمار می‌آید.

یکسان، انتقال یافتند. در حجم ثابت گلدان وزن متغیری از بسترهای کشت مختلف با توجه به وزن حجمی به دست آمد پس از ترکیب، در هر تیمار به کار رفت. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (به دلیل وجود سایه در بخشی از گلخانه) با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای با میانگین دمای روزانه 25 ± 3 و دمای شبانه 18 ± 3 درجه سلسیوس، میانگین رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و شدت نور تقریبی 500 میکرومول در ثانیه بر مترمربع در گروه علوم باغبانی دانشگاه تهران انجام گرفت. این آزمایش با شش تیمار از نوع بستر کشت (جدول ۱)، دو گونه گیاهی (رعنا زیبا و مارگریت) در سه تکرار ارزیابی شد.

جدول ۱. تیمارهای بستر کشت مورد ارزیابی بر پایه نسبت

وزن حجمی

Table 1. Evaluated substrate treatments based on volume weight

P100S0	Peat 100%
P80S20	Peat 80%+Field soil 20%
P60S40	Peat 60%+Field soil 40%
P40S60	Peat 40%+Field soil 60%
P20S80	Peat 20%+Field soil 80%
POS100	Field soil 100%

در طی آزمایش از هیچ نوع ماده مغذی برای تغذیه استفاده نشد و تا پایان آزمایش (سه ماه پس از انتقال نشاء) آبیاری تنها با آب معمولی، هر دو روز یکبار به روش توزین بر پایه کاهش وزن از سطح ظرفیت زراعی بسترهای کشت مختلف انجام شد. به این صورت که میزان آب (وزن) کم‌شده از هر گلدان (بین دو نوبت توزین پس از آبیاری و پیش از آبیاری دو روز بعد) محاسبه، و به همان میزان آب اضافه شد. به این منظور، برای دقت بیشتر در آزمایش در یک ردیف از گلدان‌ها اندام‌های هوایی گیاه برداشت شد و از مقایسه وزن گلدان‌های بدون گیاه و گلدان‌های دارای گیاه تبخیر سطحی محاسبه و میزان آب مصرف‌شده توسط گیاه به دست آمد.

ارزیابی با برداشت دو گیاه از هر تیمار به‌طور تصادفی بین دو فاصله زمانی مشخص (۱۴ روز) صورت گرفت. میزان آب مصرف‌شده، ویژگی‌های رویشی، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه، طول ریشه، شعاع ریشه، تراکم ریشه و فاصله بین دو ریشه مجاور ارزیابی شد. در

با توجه به اینکه یکی از مهم‌ترین عامل‌ها در ایجاد یک نظام کشت، انتخاب بستر کشت مناسب و ارزان و ارزیابی تأثیر آن بر میزان و کارایی مصرف آب است، و از سوی دیگر موضوع کم‌آبی می‌تواند بر محیط ریشه، پتانسیل آب محیط و تجمع نمک و درنهایت بر رشد و نورساخت گیاه و تولید و کیفیت محصول مؤثر باشد، از این‌رو ارزیابی نیاز آبی گیاهان مختلف و کارایی آن‌ها در جذب و مصرف آب در بسترهای کشت با فیزیک متفاوت، به‌منظور تولید نشاء و کشت در فضاهای سبز و یا در کشت‌های گلخانه‌ای بسیار اهمیت دارد. بنابراین، در این تحقیق نیاز آبی، کارایی جذب و رشد گیاهان زینتی رعنا زیبا و مارگریت در بسترهای کشت سبک تا سنگین، ناشی از ترکیب نسبت‌های متفاوت حجمی از خاک مزرعه با بافت رسی لومی و پیت ماس ارزیابی شد. گیاه رعنا زیبا به‌عنوان یک گیاه کم نیاز به آب و گیاه مارگریت به‌عنوان گیاهی پر نیاز در این تحقیق انتخاب شد تا قابلیت تعمیم نتایج تحقیق افزایش یابد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. در این پژوهش، در آغاز بذره‌های گیاه رعنا زیبا (*Gaillardia grandiflora*) به‌عنوان گیاه کم نیاز به آب (گیاه شاهد) و گیاه زینتی مارگریت (*Leucanthemum × superbum*) به‌عنوان گیاه زینتی دائمی باغچه‌ای که نیاز آبی آن به‌روشنی مشخص نیست در اواخر فصل زمستان در بستر کشت پیت‌ماس الک شده به‌اندازه کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر در شرایط گلخانه‌ای کشت شد. بستر کشت سبک تا سنگین تحت تیمارهای مختلف با کاربرد نسبت‌های حجمی متفاوت از خاک مزرعه (با بافت رسی لومی) و پیت ماس شامل: ۱۰۰ درصد پیت، ۸۰ درصد پیت + ۲۰ درصد خاک، ۶۰ درصد پیت + ۴۰ درصد خاک، ۲۰ درصد پیت + ۸۰ درصد خاک و ۱۰۰ درصد خاک برای کشت نشاء گیاهان آماده شد (جدول ۱).

نشاء گیاهان در مرحله ۴-۶ برگی به گلدان‌های ۲۰ سانتی‌متری حاوی بستر کشت آماده‌شده با تراکم

کشت و نیز اثر متقابل نوع گیاه و بستر کشت در همه صفات مورد ارزیابی از جمله وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، نسبت وزن خشک به وزن تر، طول ریشه، تراکم ریشه، سطح ریشه، نسبت ریشه به شاخه و نیز سرعت جذب آب و نیاز آبی در سطح احتمال خطای ۱ و یا ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

وزن تر و وزن خشک گیاه زینتی رعنا زیبا در همه بسترهای کشت به‌طور معنی‌داری از گیاه زینتی مارگریت بیشتر بود (شکل ۱- A و B). بیشترین وزن تر و وزن خشک به ترتیب با ۸/۴۳ و ۰/۷۸ گرم در گیاه رعنا زیبا و با ۶/۱ و ۰/۵۵ گرم در بوته در گیاه مارگریت در بستر کشت حاوی ۱۰۰ درصد حجمی پیت (P100S0) مشاهده شد.

با افزایش میزان خاک در ترکیب و به نسبت آن کاهش میزان پیت، این دو صفت در هر دو گیاه روندی نزولی نشان داد و کمترین وزن تر و خشک در بستر کشت حاوی ۱۰۰ درصد حجمی خاک و بدون پیت (POS100) به ترتیب با ۱/۰۶ و ۰/۱۲ گرم در گیاه مارگریت و با ۲/۹ و ۰/۳۰ گرم در بوته در گیاه رعنا زیبا مشاهده شد. اما نسبت وزن خشک به وزن تر به غیر از بستر کشت حاوی ۱۰۰ درصد حجمی خاک و بدون پیت (POS100) در دیگر بسترهای کشت بین دو گیاه اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱- C). به‌رغم این، با افزایش میزان خاک در بستر کشت، نسبت وزن خشک به وزن تر روندی افزایشی داشت و بیشترین نسبت با ۱۸/۷۸٪ در بستر کشت حاوی ۱۰۰ درصد حجمی خاک و بدون پیت (POS100) در گیاه مارگریت مشاهده شد که اختلافی معنی‌دار با گیاه رعنا زیبا (۱۲/۷۲ درصد) در این بستر کشت داشت.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که گیاه رعنا زیبا در همه بسترهای کشت از نظر صفات اندام‌های هوایی بر گیاه مارگریت برتری داشت ولی نسبت وزن خشک به وزن تر نشان داد که این برتری بیشتر می‌تواند با توان جذب آب و در نتیجه وزن تر مرتبط باشد. هرچند شاخص نسبت ماده خشک در بستر کشت ۱۰۰ درصد خاک و بدون پیت (POS100) بیشتر از دیگر بسترها بود و زیاد بودن میزان درصد ماده خشک سبب افزایش دوام و مقاومت نشاء به کم‌آبی پس از کشت می‌شود، ولی باید

پایان دوره رشد نیز، گیاهان به‌طور کامل برداشت و پس از شستشوی ریشه‌ها با آب وزن تر اندام‌های هوایی و ریشه با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و ثبت شد.

به‌منظور اندازه‌گیری حجم ریشه‌ها یک استوانه مدرج تا حجم ۱ لیتر از آب پر شده و ریشه‌ها درون آن قرار داده شدند. بر پایه میزان افزایش حجم آب، حجم ریشه‌ها به دست آمد. برای اندازه‌گیری طول ریشه پس از اندازه‌گیری وزن تر ریشه‌ها بخشی از ریشه به قطعه‌های ۱ سانتی‌متری بریده شد. نمونه‌های ۰/۵ گرمی انتخاب و درون سینی مدرج (به ابعاد ۲×۲) حاوی آب ریخته شد در نهایت طول کل ریشه (RL) بر پایه روش خطوط مشبک (Khandan-Mirkohi *et al.*, 2015) محاسبه شد. شعاع ریشه (r0, cm) بنا بر رابطه ۱، سطح ۱ سانتی‌متر ریشه (SAC, cm²/cm) بنا بر رابطه ۲ و مساحت کل ریشه (RSA, cm²/plant) بنا بر رابطه ۳ به شرح زیر محاسبه شد (Khandan-Mirkohi *et al.*, 2015):

$$r0 = \sqrt{\frac{Fw}{\pi RL}} \quad (1)$$

$$SAC = 2\pi \times r0 \times h \quad (2)$$

$$RSA = SAC \times RL \quad (3)$$

کارایی جذب آب (WUR, cm³/cm²/s) با استفاده از رابطه ۴ به دست آمد که در آن، W2-W1: آب مصرفی (میلی‌لیتر) است و T2-T1: فاصله زمانی (ثانیه) بین دو برداشت است:

$$WUR = \left(\frac{W2 - W1}{RSA2 - RSA1} \right) \times \left(\frac{1}{T2 - T1} \right) \quad (4)$$

در نهایت نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در خشک‌کن (آون) با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه اندازه‌گیری شد. داده‌های به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری‌های بالا با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه آماری و مقایسه میانگین‌های صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تأثیر نوع گیاه، بستر

ترکیب پیت در خاک مزرعه، درصد ماده خشک متعادل شد و نیاز آبی به طور معنی داری کاهش یافت (شکل ۲-B). افزون بر این، صفات مربوط به ریشه نیز در گیاه رعنا زیبا بر گیاه مارگریت برتری نشان داد (جدول ۳).

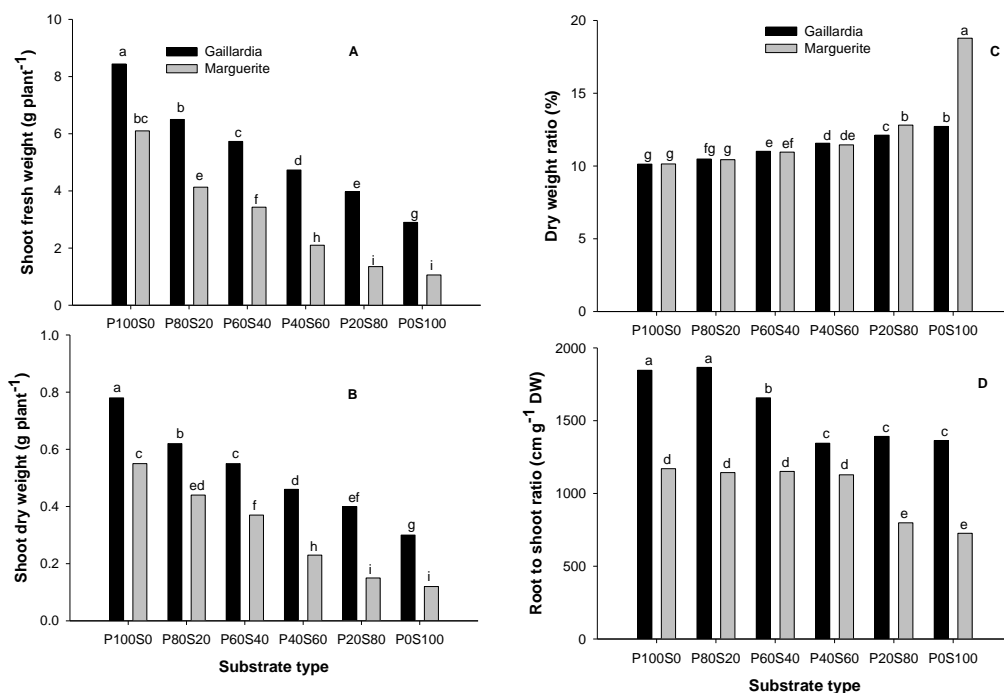
توجه داشت که به ازای هر واحد ماده خشک بالایی که تولید می شود آب زیادی نیز مصرف شده است. از آنجایی که کارایی مصرف آب نیز اهمیت بالایی دارد نمی توان به صرف بالا رفتن درصد ماده خشک این بستر را برای تولید نشاء توصیه کرد. نتایج نشان داد که با

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی رعنا زیبا و مارگریت کشت شده در بسترهای کشت مختلف
Table 2. Analysis of variance for the evaluated traits of Gaillardia and Marguerite in different substrates

Source of Variations	dF	Means of Squares										
		Shoot fresh weight	Shoot dry weight	Dry weight ratio	Root length	Root density	Distance between nearby roots	Root diameter	Root to shoot ratio	Root surface	Water uptake rate	Water demand
Replication	2	0.1 ^{ns}	0.0006 ^{ns}	0.097 ^{ns}	7139.8**	0.076**	0.0002**	0.00001**	19192**	86.96**	2.97 ^{ns}	21.94 ^{ns}
Plant	1	165.55**	1.84**	10.66**	10627491**	155**	0.32**	0.00001**	2807523**	128606**	518.40**	31518**
Substrate	5	86.3**	0.70**	25.60**	2563444**	32.97**	0.08**	0.00001**	247494**	38308**	110.70**	2467.70**
Plant×Substrate	5	8.36**	0.089**	9.07**	732461**	7.56**	0.01**	0.00005**	49965**	3975**	61.46**	61.45*
Error	22	0.045	0.0005	0.078	687.43	0.013	0.00007	0.00001	2305	11.24	1.03	22.94
CV (%)		2.96	2.78	2.35	2.27	2.68	2.40	2.96	0.1	3.69	2.27	12.65

***, ** و ns: به ترتیب معنی دار در سطح ۱ درصد، معنی دار در سطح ۵ درصد و غیر معنی دار.

**, * and ns indicating significant at 1%, 5% and non-significant, respectively.



شکل ۱. وزن تر (A) و خشک (B) شاخه، نسبت وزن خشک (C) و نسبت ریشه به شاخه (D) گیاهان زینتی رعنا زیبا و مارگریت در بسترهای کشت متفاوت بر پایه پیت (P100S0): پیت خالص؛ P80S20: ۸۰ درصد پیت + ۲۰ درصد خاک؛ P60S40: ۶۰ درصد پیت + ۴۰ درصد خاک؛ P40S60: ۴۰ درصد پیت + ۶۰ درصد خاک؛ P20S80: ۲۰ درصد پیت + ۸۰ درصد خاک؛ P0S100: ۱۰۰ درصد خاک). حروفهای غیرهمسان نشانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.

Figure 1. Shoot fresh weight (A), shoot dry weight (B), dry weight ratio (C) and root to shoot ratio (D) of Gaillardia and Marguerite cultivated in different peat based substrates (P100S0: 100% peat; P80S20: 80% peat + 20% soil; P60S40: 60% peat + 40% soil; P40S60: 40% peat + 60% soil; P20S80: 20% peat + 80% soil; P0S100: 100% soil). Different letters indicate significant difference between plants ($P \leq 0.05$).

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات ریشه در گیاهان زینتی رعنا زیبا و مارگریت کاشته شده در بسترهای کشت متفاوت بر پایه پیت

P100S0: پیت خالص؛ P80S20: ۸۰ درصد پیت + ۲۰ درصد خاک؛ P60S40: ۶۰ درصد پیت + ۴۰ درصد خاک؛ P40S60: ۴۰ درصد پیت + ۶۰ درصد خاک؛ P20S80: ۲۰ درصد پیت + ۸۰ درصد خاک؛ POS100: ۱۰۰ درصد خاک). (حرف‌های غیرهمسان در هر صفت نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است.

Table 3. Mean comparisons for root traits of Gaillardia and Marguerite cultivated in different peat based substrates (P100S0: 100% peat; P80S20: 80% peat + 20% soil; P60S40: 60% peat + 40% soil; P40S60: 40% peat + 60% soil; P20S80: 20% peat + 80% soil; POS100: 100% soil). Different letters for each trait indicate significant difference between plants ($P < 0.05$).

Substrate type	Root traits									
	Root length (cm plant ⁻¹)		Root density (cm cm ⁻³)		Distance between nearby roots (cm)		Root radius (cm)		Root surface (cm ² plant ⁻¹)	
	Gaillardia	Marguerite	Gaill.	Marg.	Gaill.	Marg.	Gaill.	Marg.	Gaill.	Marg.
P100S0	2965.9 ^a	1045.1 ^e	10.90 ^a	3.97 ^e	0.17 ⁱ	0.28 ^f	0.027 ^g	0.034 ^b	369 ^a	166 ^d
P80S20	2800.6 ^b	833.4 ^e	9.97 ^b	3.10 ^e	0.18 ⁱ	0.32 ^e	0.023 ⁱ	0.032 ^c	283 ^b	125 ^f
P60S40	1765.7 ^c	705.7 ^h	6.50 ^c	2.60 ^h	0.22 ^h	0.35 ^d	0.025 ^h	0.032 ^c	208 ^c	105 ^g
P40S60	1111.3 ^d	550.0 ⁱ	4.50 ^d	1.83 ⁱ	0.27 ^g	0.42 ^c	0.029 ^e	0.028 ^f	164 ^d	67 ⁱ
P20S80	927.9 ^f	326.9 ^k	3.70 ^f	1.10 ^j	0.29 ^f	0.55 ^b	0.030 ^d	0.036 ^a	142 ^e	47 ^j
POS100	595.9 ^j	185.4 ^l	2.40 ^h	0.60 ^k	0.36 ^d	0.70 ^a	0.025 ^h	0.018 ^j	76 ^h	15 ^k

کافی در این بسترها و یا احتمال کمبود عنصرهای غذایی از جمله فسفر باشد. ولی از آنجایی که رشد اندام‌های هوایی نیز در بستر کشت پیت و یا حاوی پیت در مقایسه با خاک مزرعه بیشتر بود (شکل ۱- A و B)، لذا احتمال تأثیر بافت فیزیکی در رشد بیشتر ریشه تقویت می‌شود. فیزیک بستر کشت می‌تواند نسبت رشد ریشه به شاخه را تغییر دهد (Brar *et al.*, 1996). نظام رشد ریشه، ارتباط بسیار قوی با رشد شاخه دارد. طوری که، ریشه‌ها مواد نوساختی و هورمونی را از شاخه دریافت می‌کنند و در مقابل آب و مواد غذایی را به شاخه تأمین می‌کنند. نسبت رشد ریشه به شاخه در زمان کمبود عنصرهای (مانند فسفر) و آب، بیشتر به جهت محدود شدن رشد شاخه، افزایش محسوسی نشان می‌دهد (Lynch & Brown, 2001). نسبت رشد ریشه و شاخه بر پایه شرایط و مرحله رشد و نیز نوع گیاه نیز می‌تواند متغیر باشد. ماده خشک در آغاز رشد تا حدودی یکسان بین ریشه و شاخه تقسیم می‌شود، درحالی که در زمان گلدهی نسبت ریشه به شاخه کاهش می‌یابد (Barraclough *et al.*, 1991). این نسبت در گیاهان علفی سردسیر کمتر از گیاهان علفی گرمسیر گزارش شده است (Brar & Reynolds, 1996).

همان‌طور که بیان شد، گیاه رعنا زیبا در مقایسه با گیاه مارگریت از نظر صفات مرتبط با ریشه برتر بود (جدول ۳). رشد شبکه ریشه‌ای متفاوت در گونه‌های

صفات طول ریشه، تراکم ریشه و سطح ریشه در گیاه رعنا زیبا در همه بسترهای کشت بیش از دو برابر بیشتر از گیاه مارگریت مشاهده شد. هرچند این صفات در هر گیاه در بین بسترهای کشت مختلف نیز به‌طور معنی‌داری مقادیر متفاوتی نشان دادند ولی با افزایش میزان خاک در ترکیب بستر کشت مقادیر این صفات در هر دو گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کردند. بیشترین طول ریشه، تراکم ریشه و سطح ریشه در گیاه رعنا زیبا در بستر کشت پیت خالص (P100S0) و کمترین این صفات در گیاه مارگریت در بستر کشت خاک بدون پیت (POS100) به‌دست آمد. در مقابل، صفت فاصله بین دو ریشه مجاور و نیز صفت شعاع ریشه در گیاه مارگریت در همه بسترهای کشت مختلف بیشتر از گیاه رعنا زیبا بود که به ترتیب منجر به کاهش تراکم ریشه و سطح ریشه در این گیاه در مقایسه با گیاه رعنا زیبا شد.

نسبت بالای ریشه به شاخه در گیاه رعنا زیبا در مقایسه با گیاه مارگریت (شکل ۱- D) نیز مؤید نتایج یادشده در بالا است. بیشترین نسبت ریشه به شاخه در هر دو گیاه در بستر کشت بدون خاک (P100S0) و کمترین آن در بستر کشت بدون پیت (POS100) مشاهده شد. نسبت بالای ریشه به شاخه در بستر کشت پیت و یا حاوی پیت در مقایسه با خاک مزرعه در این تحقیق می‌تواند در نتیجه وجود روزه‌ها و فضای رشد

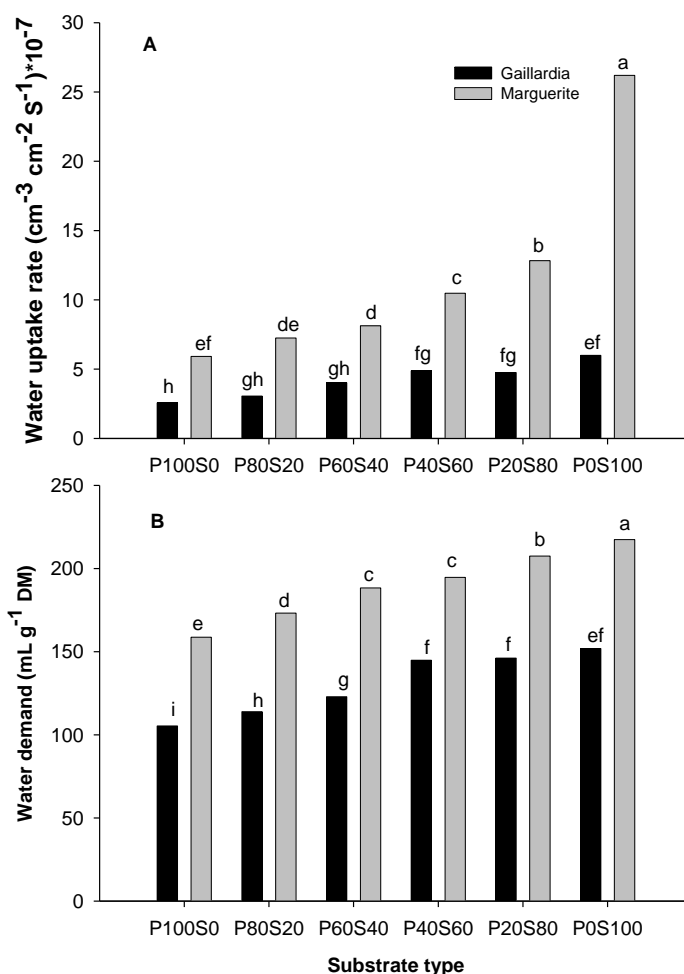
گیاهی مختلف به اثبات رسیده است (Brar & Plazzo, 1995). وجود طول ریشه بیشتر، تراکم ریشه بالا، نسبت ریشه به شاخه بیشتر و شعاع ریشه کوچک تر برای کارایی جذب آب اهمیت بالایی دارد و شبکه ریشه‌ای توسعه یافته منجر به جستجوی حجم بیشتری از بستر کشت برای آب و مواد غذایی می‌شود (Harris, 1977). بنابراین، یک شبکه ریشه‌ای عمیق و توسعه یافته کارایی بالایی در جذب آب در مقایسه با شبکه ریشه‌ای کمتر توسعه یافته خواهد داشت (Taylor & Klepper, 1971). چون ریشه کم عمق و متراکم در سطح، سبب تخلیه سریع آب و مواد غذایی در دسترس می‌شود (Chaudhery & Sandhu, 1983). با توجه به اینکه شعاع ریشه کوچک تر برای بالا بردن کارایی جذب آب مهم است، لذا ترکیب مقادیر متوسط ۶۰-۴۰ درصد پیت با خاک مزرعه نیز ضمن تأثیر معنی دار بر کاهش شعاع ریشه، نیاز آبی گیاه را نیز کاهش داد. این نتیجه با شاخص سطح ریشه نیز قابل توجیه است. با ترکیب پیت با خاک مزرعه شاخص سطح ریشه روندی افزایشی نشان داد و در نتیجه آن بیشترین سطح ریشه و در نتیجه کمترین نیاز آبی در بستر کشت پیت ۱۰۰ درصد به دست آمد (جدول ۳ و شکل B-۲). رشد مطلوب شبکه ریشه در بستر کشت سبک مانند پیت در آزمایشی که با گیاه حسن یوسف انجام گرفته است نیز تأیید شده است (Sajjadinia et al., 2011). این نتیجه نشان می‌دهد، شبکه ریشه گیاه در بستر کشت حاوی پیت توان گسترش بیشتری داشته است (طول ریشه بیشتر، ریشه‌های نازک تر و تراکم ریشه بالاتر) ولی در بستر خاک رشد مناسب نداشته در نتیجه منجر به تفاوت معنی دار در نیاز آبی گیاه شد.

همین طور نتایج نشان داد، سرعت جذب آب در واحد حجم ریشه در گیاه رعنا زیبا در همه بسترهای کشت متفاوت دست کم نصف میزان آن در گیاه مارگریت بود (شکل A-۲). روشن است که نیاز آبی قابل تأمین از واحد حجم ریشه در گیاهان با تراکم ریشه بیشتر، کمتر از گیاهانی است که در آنها تراکم ریشه کمتری وجود دارد. همچنین ریشه‌های باریک تر در جذب آب و مواد غذایی اهمیت زیادی داشته چون کمتر چوبی شده و نفوذپذیری بیشتری دارند

(De Silva et al., 1999). بنابراین، سرعت جذب آب در واحد حجم ریشه در گیاهان حاوی صفات بارز ریشه، پایین تر خواهد بود و در نتیجه آن کارایی جذب آب نیز افزایش خواهد یافت. این موضوع در نتیجه مربوط به نیاز آبی نمایان است، طوری که نیاز آبی برای ساخت یک واحد ماده خشک در گیاه رعنا زیبا به مراتب کمتر از گیاه مارگریت بود (شکل B-۲).

در هر دو گیاه زینتی مورد بررسی با افزایش میزان خاک در ترکیب بستر کشت، سرعت جذب آب در واحد حجم ریشه به طور معنی داری افزایش یافت و بیشترین و کمترین مقادیر این شاخص به ترتیب به میزان ۲۶/۲ و ۲/۵۷ سانتی متر مکعب در سانتی متر مربع در ثانیه در گیاه مارگریت در بستر کشت خاک بدون پیت (POS100) و در گیاه رعنا زیبا در بستر کشت پیت خالص (P100S0) بود. این نتایج تأیید کننده کارایی بالای جذب و مصرف آب در گیاه رعنا زیبا در مقایسه با گیاه زینتی مارگریت است. نیاز آبی هر یک از گیاهان نیز از الگوی سرعت جذب آب آن گیاه پیروی کرد. همان طور که شکل B-۲ نشان داد نیاز آبی برای ساخت یک واحد ماده خشک در گیاه رعنا زیبا به مراتب کمتر از گیاه مارگریت بود. کمترین آن در بستر کشت بدون خاک (P100S0) به میزان ۱۰۵/۳ میلی لیتر در گرم ماده خشک برای گیاه رعنا زیبا و بیشترین آن در بستر کشت خاک بدون پیت (POS100) به میزان ۲۱۷/۴ میلی لیتر در گرم ماده خشک برای گیاه مارگریت محاسبه شد.

این نتایج نشان می‌دهد، بدون توجه به نوع گیاه انتخاب بستر کشت مناسب نیز در افزایش کارایی جذب و مصرف آب مؤثر است. سرعت جذب آب بالا در واحد ریشه در بستر کشت خاک که ضعیف ترین نتایج مربوط به صفات ریشه نیز در این بستر کشت دیده شد، بیانگر کاهش کارایی گیاه در این بستر کشت در مقایسه با بستر کشت پیت خالص بدون خاک (P100S0) است. این موضوع در نتیجه مربوط به نیاز آبی نیز قابل تأیید است، طوری که نیاز آبی برای ساخت یک واحد ماده خشک در بستر کشت خاک بدون پیت (POS100) به مراتب بیشتر از بستر کشت پیت خالص بدون خاک (P100S0) بود.



شکل ۲. سرعت جذب آب (A) و نیاز آبی (B) گیاهان زینتی رعنا زیبا و مارگریت کاشته شده در بسترهای کشت متفاوت بر پایه پیت (P100S0: پیت خالص؛ P80S20: ۸۰ درصد پیت + ۲۰ درصد خاک؛ P60S40: ۶۰ درصد پیت + ۴۰ درصد خاک؛ P40S60: ۴۰ درصد پیت + ۶۰ درصد خاک؛ P20S80: ۲۰ درصد پیت + ۸۰ درصد خاک؛ P0S100: ۱۰۰ درصد خاک). حروفهای غیرهمسان نشانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد است.

Figure 2. Water uptake rate (A) and water demand (B) of Gaillardia and Marguerite cultivated in different peat based substrates (P100S0: 100% peat; P80S20: 80% peat + 20% soil; P60S40: 60% peat + 40% soil; P40S60: 40% peat + 60% soil; P20S80: 20% peat + 80% soil; P0S100: 100% soil). Different letters indicate significant difference between plants ($P \leq 0.05$).

نتیجه گیری کلی

بستر کشت پیت به دلیل سبک بودن و داشتن تخلخل کافی اجازه رشد مناسب را به شبکه ریشه هر دو گیاه رعنا زیبا و مارگریت را داد. با وجود اینکه رعنا زیبا گیاهی متحمل به شرایط کم آبی است اما آشکار است اگر بستر کشت به گونه ای باشد که بتواند میزان آب استفاده شده را به صورت مؤثر در اختیار گیاه قرار دهد رشد آن چندین برابر می شود. این امر با ترکیب درصدی از پیت در خاک مزرعه فراهم شد زیرا این

نتایج نشان داد، با کاربرد ۶۰-۴۰ درصد حجمی از پیت در بستر خاک سرعت جذب آب در واحد ریشه کاهش یافت و در نتیجه کارایی جذب و مصرف آب نیز افزایش یافت. طوری که نیاز آبی برای ساخت یک واحد ماده خشک در بسترهای کشت حاوی پیت در مقایسه با بستر خاک برای هر دو گیاه به طور محسوسی پایین بود که به طور عمده با گسترش بیشتر شبکه ریشه گیاه در بستر کشت حاوی پیت (طول ریشه بیشتر، ریشه های نازک تر و تراکم ریشه بالاتر) مرتبط است.

خاک بدون پیت مصرف آب زیادی مشاهده شد. بنابراین، ترکیب پیت با خاک مزرعه در تولید گیاهان باغچه‌ای و گلدانی به میزان دست کم ۲۰ درصد حجمی به منظور دستیابی به نشاء با کیفیت و افزایش کارایی جذب و مصرف آب قابل توصیه است، هر چند که کاربرد متوسط ۴۰-۶۰ درصد حجمی پیت در ترکیب می‌تواند نتایج بهتری را نیز منجر شود ولی توصیه آن شاید در شرایط موجود توجیه اقتصادی کافی نداشته باشد.

بستر ظرفیت نگهداری آب بالایی دارد و آب نگهداری شده را به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌دهد و می‌تواند گیاه را در هنگام تنش کم‌آبی پشتیبانی کند. در این تحقیق، بستر حاوی پیت برای بیشتر شاخص‌های اندازه‌گیری شده از جمله کارایی مصرف آب بهترین بستر کشت بود اما با توجه به اینکه بیشترین درصد ماده خشک در بستر کشت خاک بدون پیت دیده شد نمی‌توان از این برتری که باعث افزایش دوام نشاء می‌شود چشم‌پوشی کرد، از سوی دیگر در بستر کشت

REFERENCES

- Aliniaiefard, S., Malcolm Matamoros, P. & van Meeteren, U. (2014). Stomatal malfunctioning under low Vapor Pressure Deficit (VPD) conditions: Induced by alterations in stomatal morphology and leaf anatomy or in the ABA signaling? *Physiologia Plantarum*, 152, 688-699.
- Barracough, P. B., Weir, A. H. & Kuhlmann, H. (1991). Factors affecting the growth and distribution of winter wheat roots under UK field conditions. In: B.L. McMichael and H. Persson (Ed), *Plant roots and their environment. Proceedings of the international society or root research symposium*, 21-26 August, Uppsala, Sweden. New York, Elsevier, pp: 410-417.
- Blum, A. (2009). Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under draught stress. *Field Crops Research*, 112, 119-123.
- Bohnert, H. J., Nelson, D. E. & Jensen, R. G. (1995). Adaptation to environmental stresses. *Plant Cell*, 7, 1099-1111.
- Brar, G. S. & Plazzo, A. J. (1995). Shoot and root development of tall hard fescues in two different soils. *Journal of Environmental Quality*, 24, 777-781.
- Brar, G. S. & Reynolds, C. M. (1996). Soil physical environment and root growth in northern climates. *American society for testing and materials*. Philadelphia, USA.
- Brar, G. S., Steiner, J. L., Onger, P. W. & Prihar, S. S. (1992). Modeling Sorghum seedling establishment from soil wetness and temperature of dring seed zones. *Agronomy Journal*, 84, 905-910.
- Bunt, A. C. (1988). *Media and mixes for container grown plants*. Unwin Hyman, London.
- Chaudhry, T.N. and sandhu, K.S. (1983). Soil physical environment and root growth. *Advances in Soil Science*, 1, 1-43.
- De Silva, H. N., Hall, A. G., Tustin, D. S. & Gandar, P. W. (1999). Analysis of Distribution of Root Length Density of Apple Trees on Different Dwaring Rootstocks. *Annuals of Botany*, 83, 335-345.
- Dole, J. M. & Wilkins, H. F. (1999). *Floriculture: Principles and Species*. Prentice Hall, Inc. New Jersey, USA. P. 613.
- Gachukia, M. M. & Evans, M. R. (2008). Root Substrate pH, Electrical Conductivity, and Macroelement Concentration of Sphagnum Peat-based Substrates Amended with Parboiled Fresh Rice Hulls or Perlite. *Hortechology*, 18, 644-649.
- Ghamarnia, H. & George, J. (2005). Effect of water stress on three wheat cultivars. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 15-19.
- Harris, G. A. (1977). Root phenology as a factor of competition among grass seedlings. *Journal of Range Management*, 30, 172-177.
- Khandan-Mirkohi, A., Zafar-Farrokh, F., Taheri, M. R. & Rejali, F. (2015). The effect of Mycohrizal symbiosis on water uptake efficiency and some growth traits of osteospermum (*Osteospermum hybrida* 'Passion Mix'). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 45(5), 361-375. (in Farsi)
- Lynch, J. P., and Brown, K.M. (2001). Topsoil foraging – an architectural adaptation of plants to low phosphorus availability. *Plant Soil*, 237, 225-237.
- Mahajan, S. & Amania, T. (2005). Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444 (2), 139-158.
- Nelson, P. V. (2003). *Greenhouse operation and management*. (5th ed.). Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Sajjadinia A., Khayyat, M. & Karimi, H. (2011). Effect of organic and inorganic substrates on vegetative and ecophysiological characteristics of coleus (*Coleus blumei*). *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 2, 55-61. (in Farsi)

20. Schmilewski, G. (2008). The role of peat in assuring the quality of growing media. *Mires and Peat*, 3, 1-8.
21. Showemimo, F. A. & Olarewaju, J. D. (2007). Drought tolerance indices in sweet pepper (*capsicum annum* L.). *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 1, 29-33.
22. Taylor, H. M. & Klepper, B. (1971). Water uptake by cotton roots during an irrigation cycle. *Australian Journal of Biological Science*, 24, 853-859.