

## بررسی عملکرد برخی گیاهان در بسترهای متفاوت و عمق کاشت در شرایط خشکی در بام سبز گسترده

روح‌انگیز نادری<sup>۱</sup>، محمدرضا طاهری<sup>۲\*</sup> و شاداب رفاهی<sup>۳</sup>

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۲/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۲۷)

### چکیده

از آنجایی که در نظام بام سبز گسترده (Extensive green roof) شرایط سخت و ویژه‌ای از نظر محیطی برای گیاهان ایجاد می‌شود، باید در انتخاب گیاه دقت کافی را به عمل آورد تا بتواند در آن شرایط عملکرد مورد نظر ما را داشته باشند. به منظور معرفی گونه مناسب و بررسی اثر تیمارهای آبیاری و عمق و نوع محیط کشت روی آن‌ها در این پژوهش، گیاهان را در جعبه‌هایی کشت کرده و آن‌ها را به مدت پنج ماه (تیر-آبان) روی بام یک ساختمان یک طبقه قرار دادیم. گیاهان انتخاب شده شامل، چمن یال اسبی (*Ophiopogon jaburan*)، فرانکنیا (*Frankenia thymifolia*)، کارپوبروتوس (*Carpobrotus edulis*) از سه خانواده متفاوت بودند. آن‌ها را در جعبه‌هایی به عمق‌های ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر و در محیط کشت‌های پیت‌دار و بدون پیت در شرایط آبیاری مرطوب و خشک قرار دادیم. گیاهان از نظر عامل‌های ریخت‌شناختی یا مورفولوژی کیفیت ظاهری، طول و سطح پوشش ارزیابی شدند. نتایج نشان داد، بیشترین کیفیت، سطح پوشش و طول در هر سه گیاه مربوط به تیمارهای عمق ۲۰ سانتی‌متر و محیط کشت پیت‌دار و آبیاری مرطوب است، اما باید توجه شود که گیاهان تحت تیمارهای عمق ۱۰ سانتی‌متر و محیط کشت بدون پیت و آبیاری خشک نیز به کیفیت، سطح پوشش و طول قابل قبولی رسیدند اما در زمانی طولانی‌تر، از آنجاکه در نظام بام سبز گسترده نیازمند کمترین عمق و کمترین مراقبت و هزینه‌های نگهداری هستیم می‌توان این شرایط را مناسب دانست. در مقایسه سه گیاه، گیاهان کارپوبروتوس و فرانکنیا نسبت به یال اسبی عملکرد بهتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: بام سبز گسترده، خشکی، سطح پوشش، گونه‌های گیاهی.

## Evaluate the performance of some plants on different substrate types and depths under various drought conditions in the extensive green roof

Rouhangiz Naderi<sup>1</sup>, Mohammad Reza Taheri<sup>2\*</sup> and Shadab Refahi<sup>3</sup>

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

(Received: May 5, 2015 - Accepted: Nov. 18, 2015)

### ABSTRACT

Because of the extensive green roof and the special conditions of an environment that is created for plants, the selecting suitable plant species to provide the necessary accuracy. In order to introduction of suitable plant species and investigation of effect of the irrigation treatments and the suitable depth and type of medium, the plants were culture in boxes for five months (July - November) and they were placed on the roof of a building. Selected plants including *Ophiopogon* (*Ophiopogon jaburan*), *Frankenia* (*Frankenia thymifolia*), *Carpobrotus* (*Carpobrotus edulis*) were from three different families. They were placed in boxes with 10 and 20 cm deep including the culture medium with and without peat in wet and dry irrigation conditions. The characteristic of plant morphology were appearance, length and surface area, root and shoot fresh and dry weight. Results showed that the highest quality, coverage and length during the three treatment plants beyond to depth of 20 cm, wet medium irrigation and peat medium. It should be noted that the treatment plants with water depth of 10 cm and medium-dry without peat, in the longer time their quality, coverage and length were acceptable. Since of the extensive green roof system requires minimal maintenance and less deep, this situation can be considered appropriate. In comparing the three plants, *Carpobrotus* and *Frankenia* had better performance than the *Ophiopogon*. The topic of green roofs in Iran is very new so the importance and necessity of this research is quite clear. This research for the first time did pay attention to the green roof and suitable selected plant species for this system in Iran.

**Keywords:** Covering the surface, drought, extensive green roof, plant species.

### مقدمه

اصطلاح بام سبز و باغچه سبز (green roof و garden roof) به هر نوع پوشش سبزی که روی بام یک ساختمان ایجاد شود، مربوط می‌شود که پیشینه‌ای کهن دارد و می‌توان به نخستین نمونه آن، باغ‌های معلق بابل در ۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح اشاره کرد. روند تحول بام‌های سبز با گذشت زمان دستخوش تغییر و پیشرفت‌هایی شده است تا اینکه امروز به صورت یک نظام سبک وزن مهندسی در آمده که سودمندی‌های بوم‌شناختی (اکولوژیکی) و جنبه‌های زیبایی فراوانی دارد (Oberdorfer et al., 2007).

این نظام‌ها امروزه به دو دسته تقسیم می‌شوند. نظام (intensive) به معنی فشرده و متمرکز است و محیط کشتی با عمق دست کم ۲۰ سانتی‌متر استفاده می‌شود و مانند فضای سبز موجود روی سطح زمین است، اما نظام (extensive) به معنی گسترده و پهناور، تنها یک پوشش سبز را روی بام ایجاد می‌کند و محیط کشتی با عمق ۲ تا ۲۰ سانتی‌متر را به خود اختصاص داده و بیشتر به منظور هدف‌های بوم‌شناختی بنا می‌شود (Dunnett & Kingsbury, 2008). همچنین باید اشاره کرد، به دلیل محدودیت وزنی ساختمان‌ها، کاهش دادن هزینه‌ها و کمبود منابع آب در شرایط ایران، نظام گسترده (extensive) بیشتر پیشنهاد می‌شود به همین دلیل در این پژوهش نیز از این نظام استفاده شد. از آنجایی که امروزه با افزایش شهرنشینی و توسعه شهرها با کاهش فضاهای مناسب برای احداث فضای سبز روبه‌رو هستیم و با وجود فضاهای زیادی که بام‌های ساختمان‌ها به خود اختصاص داده‌اند، احداث فضای سبز روی بام‌ها می‌تواند یک راه‌حل برای افزایش سرانه فضای سبز شهری باشد که سودمندی‌هایی مانند ذخیره انرژی، کاهش جزایر گرمایی، کاهش آلودگی هوا، کاهش آلودگی صوتی، کاهش سطح رواناب، زیباسازی محیط، کاهش اضطراب و تنش‌های روحی در انسان‌ها، محافظت از بام در برابر اشعه فرابنفش، بالا بردن عمر غشای بام، ایجاد زیستگاه برای موجودات زنده، فراهم کردن فرصت برای تولید مواد غذایی، بهبود خشکی هوا با ایجاد رطوبت و ...

را شامل می‌شود. این سودمندی‌ها ضرورت اجرای این پروژه را در شهرهای بزرگ و صنعتی ایران بیان می‌کند (Oberdorfer et al., 2007; Dunnett & Kingsbury, 2008; Sendo et al., 2010).

در نظام بام سبز شرایط محیطی ویژه‌ای در بام مانند افزایش سرعت باد، افزایش شدت تابش خورشید و به دنبال آن افزایش تبخیر و تعرق، نوسان‌های دمایی و ... ایجاد می‌شود، که به‌غیر از این‌ها در نوع (extensive) به دلیل استفاده از کمترین عمق بستر و نگهداری با مشکلاتی مانند خشکی نیز روبه‌رو هستیم. به همین دلیل در شبکه (extensive) دامنه محدودی از گیاهان قابل استفاده‌اند و باید از گیاهان مناسب استفاده کرد، مانند گیاهانی که شبکه ریشه‌ای کوچک و کوتاه داشته باشند، ریشه‌ها کم‌وزن و نازک باشند، در لایه‌های کم‌عمق خاک مستقر شوند، به سرعت ایجاد پوشش سبز کنند و در برابر تنش‌های خشکی، شوری، گرما، آفتاب و ... مقاوم باشند (Dunnett & Nagase, 2010; Dunnett & Kingsbury, 2008; Thuring et al., 2010).

گیاهان گوشتی بهترین سازگاری را با شرایط موجود در نظام گسترده دارند زیرا توانایی تغییر مسیر نورساختی (فتوسنتزی) خود به سمت مسیر سوخت‌وساز (متابولیسم) اسید کراسولاسه را دارند (Dunnett & Kingsbury, 2008). بیشتر گیاهان xerophytic برای نظام گسترده مناسب‌اند زیرا از نظر فیزیولوژیکی و ریخت‌شناختی (مورفولوژیکی) سازگار با شرایط خشکی هستند، سدوم جز این دسته از گیاهان است. در تحقیقی که روی پنج گونه گیاهی سه گونه گوشتی (سدوم) و دو گونه غیر گوشتی انجام شد نتایج نشان داد، پس از یک دوره چهار ماهه، گیاهان گوشتی بقا و ماندگاری و نورساخت بالاتری نسبت به گونه‌های غیر گوشتی داشتند (Durhman & Rowe, 2006).

اگرچه گیاهان CAM زنده‌مانی و عملکرد بهتری در برابر خشکی از خود نشان می‌دهند، ولی میزان کمتر تبخیر و تعرق آن‌ها توانایی بام سبز را برای کاهش رواناب و خنک کردن ساختمان کاهش می‌دهد (Dunnett et al., 2005).

در تحقیقی که روی گیاه سدوم انجام شد به این نتایج رسیدند که *Sedum album* می‌تواند بیش از

عمق محیط کشت به‌طور مستقیم به نوع گونه گیاهانی بستگی دارد که در این محیط کشت رشد می‌کنند. محیط‌های کشت عمیق‌تر برای گونه‌های چوبی، چمن‌ها و بسیاری از گیاهان گلدار یک ساله و چند ساله استفاده می‌شوند. محیط‌های کشت کم‌عمق‌تر برای گونه‌هایی مانند سدوم مناسب هستند (Dunnett & Nolan, 2004., Van woert *et al.*, 2005).

تحقیقات در میشیگان نشان داده که عمق بستر کشت روی میزان پوشش‌دهی و رشد گیاه صرف‌نظر از گونه‌ها مؤثر است (Durhman *et al.*, 2004). بسترهای کشت عمیق‌تر برای افزایش ظرفیت نگهداری آب سودمندند. همچنین به‌عنوان یک عایق برای بقا در سرمای شدید مناسب هستند، زیرا محیط‌های کشت کم‌عمق بیشتر مورد تأثیر نوسان‌های دمایی هستند و عمق کم، ریشه‌ها را نسبت به سرما بیشتر آسیب‌پذیر می‌کند. اما صرف‌نظر از محدودیت‌ها و مشکلاتی که عمق کم بستر کشت ایجاد می‌کند، محیط‌های کشت کم‌عمق مطلوب هستند. زیرا در بام سبز همه تلاش در این است که بار زیادی به ساختمان وارد نشود (Boivin *et al.*, 2001; Getter & Rowe, 2007).

در یک آزمایش تأثیر عمق بستر کشت (۴، ۷، ۱۰ سانتی‌متر) در استقرار اولیه ۱۲ گونه سدوم بررسی شد، بیشترین میزان پوشش‌دهی در عمق‌های ۷ و ۱۰ سانتی‌متر بود. در این آزمایش عمق ۷ سانتی‌متر به‌عنوان کمترین عمق مناسب برای نظام بام سبز گسترده پیشنهاد شده است (Getter & Rowe, 2008).

عمق و نوع بستر کشت تأثیر مستقیمی بر میزان نگهداری رطوبت برای گیاه دارد (Scholz-Barth, 2001). محیط‌های کشت عمیق‌تر رشد بیشتر دارند و آب کافی را فراهم می‌کنند اما نیازمند آبیاری بیشتری هستند زیرا سرعت تبخیر و تعرق گیاهان در آن‌ها بالاتر است که این امر به دلیل میزان زیست‌توده بیشتر گیاهان است.

از آنجایی که بررسی‌های علمی در این زمینه در ایران موجود نیست، این پژوهش برای نخستین بار در ایران، گونه‌های گیاهی مناسب برای بام سبز گسترده را در منطقه کرج ارزیابی می‌کند.

۱۰۰ روز بدون آبیاری زنده بماند (Lassalle, 1998). همچنین دیگر گونه‌های سدوم مانند *Sedum acre*، *Sedum pulchellum*، *Sedum spurium* و *kamtschaticum* ۸۸ روز بدون آب را تحمل کردند و زنده ماندند (Van woert, 2005).

باوجود اینکه تحمل سدوم در برابر خشکی بالاتر از دیگر گونه‌ها مانند forb و grass در نظام گسترده است، بسیاری از گونه‌های دیگر گیاهان نیز می‌توانند انتخاب خوبی برای این نظام باشند (Dunnett & Nagase, 2010). گیاهان بومی به دلیل سازگاری‌شان با شرایط محیطی واقعی منطقه بسیار مناسب‌اند (Oberdorfer *et al.*, 2007).

در پژوهشی در آلمان دریافتند که هفت گونه غده‌ای انتخاب خوبی برای بام سبز گسترده است و این یک نظریه برای محدود کردن نظام تک‌کشتی سدوم و افزایش بیشتر گونه‌های بومی است (Liesecke, 2001). در یک آزمایش میزان رشد و پوشش‌دهی ده گونه زینتی در شرایط extensive green roof بررسی شد. گونه‌های *Petunia*، *Evolvulus pilosus*، *Thymus serpyllum* و *hybrid* برای بام سبز گسترده از نظر سرعت پوشش‌دهی با سرعت رشد بالا مناسب بودند. در شرایط نیمه‌خشک میزان بالایی از ذخیره آب با کاهش هدایت روزنه‌ای را نشان دادند و نیازی به کشت دوباره سالانه نداشتند. این نتایج نشان می‌دهد، وجود دیگر گیاهان می‌تواند تأثیر معنی‌داری در عملکرد بام سبز گسترده داشته باشد. دیگر گونه‌ها نیز تأثیر معنی‌داری در خنک‌سازی ساختمان و ذخیره انرژی در تابستان داشتند (Sendo *et al.*, 2010). در بام سبز، محیط کشت‌هایی آرمانی هستند که کارایی بالایی در جذب و نگهداری آب داشته باشند و درعین حال زهکش خوبی داشته باشند. همچنین باید بتوانند تا مواد غذایی را حفظ کرده و در طول زمان در اختیار گیاه قرار دهند. ظرفیت خوب نگهداری رطوبت و تهویه خوب بستر برای تنفس ریشه‌ها امری ضروری است. اگر فضاهای خالی برای درازمدت اشباع شده باشند و به‌طور پیوسته کمتر از ۱۵ درصد محیط کشت شامل فضاهای خالی پر از هوا باشد نتیجه آن رشد ضعیف گیاهان خواهد بود (Hitchmough, 1994).

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۹۰، از آغاز خردادماه به مدت شش ماه تا پایان آبان ماه، در دانشکده علوم و مهندسی باغبانی و فضای سبز پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج به انجام رسید. این آزمایش به صورت اسپلٹ فاکتوریل در زمان در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد که شامل ۲۴ تیمار و سه تکرار است که در کل ۷۲ واحد آزمایشی را به خود اختصاص می‌دهد. هر واحد آزمایشی شامل ۹ گیاه است. در آغاز جعبه‌هایی با ابعاد ۳۰×۵۰ سانتی‌متر از جنس پلاستیک به‌عنوان واحد آزمایشی تهیه شد. در مرحله بعد جعبه‌ها از دو آمیخته خاکی ساخته شده، شامل آمیخته دارای پیت و آمیخته بدون پیت تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و ۲۰ سانتی‌متر پر شدند.

از آنجایی که ۷۲ واحد آزمایشی داشتیم و شمار گیاهان در هر واحد آزمایشی نه عدد بود، ۲۱۶ عدد گیاهچه از گیاه فرانکنیا، ۲۱۶ عدد گیاهچه از گیاه یال اسبی و ۲۱۶ عدد گیاهچه از گیاه کارپوبروتوس تهیه شد. همه گیاهچه‌ها از یک مرکز تولید، تهیه و از گیاهان هم سن انتخاب شدند.

گیاهچه‌ها در جعبه کشت شدند به طوری که از هر نوع گونه گیاهی ۲۴ جعبه وجود داشت. در تاریخ ۹۰/۳/۱ جعبه‌های کاشته شده به بالای پشت‌بام ساختمان یک طبقه به ارتفاع ۲ متر در قسمت گلخانه‌های آزمایشی گروه علوم باغبانی منتقل شدند. در آغاز انتقال به مدت دو هفته آبیاری به‌طور روزانه برای همه واحدهای آزمایشی به‌منظور استقرار و سازگار شدن گیاهان با شرایط جدید و جلوگیری از تنش انجام شد، اما از تاریخ ۹۰/۳/۱۵ تیمار آبیاری آغاز شد. تیمارهای آبیاری شامل دو تیمار مرطوب و خشک بود که تا پایان آبان ماه ادامه داشتند. آبیاری در همه دوره‌ها به‌صورت دستی انجام شد.

در پانزدهم هر ماه اندازه‌گیری‌های ماهانه انجام شد.

تیمارهای آبیاری به‌صورت زیر اعمال شدند:

(۱) تیمار مرطوب (بدون اعمال خشکی) آبیاری روزانه انجام شد.

(۲) تیمار خشک (با اعمال خشکی) آبیاری سه روز یک‌بار انجام شد (Thuring et al., 2010).

از سه گونه گیاهی از سه خانواده مختلف برای بررسی مقاومت به خشکی در شرایط و تیمارهای اعمال‌شده استفاده شد (Thuring et al., 2010).

چمن یال اسبی	<i>Ophiopogon jaburan</i>
فرانکنیا	<i>Frankenia thymifolia</i>
کارپوبروتوس	<i>Carpobrotus edulis</i>

برای ارزیابی و انجام مقایسه تأثیر تیمارها روی گیاهان چند عامل اندازه‌گیری و بررسی شدند. این عامل‌ها از نوع عامل‌های ریخت‌شناختی شامل، کیفیت ظاهری (امتیازدهی دیداری)، طول و سطح پوشش گیاهان بودند.

گیاهان از نظر کیفیت ظاهری ماهانه و در تاریخ پانزدهم هر ماه ارزیابی شدند. برای این کار از مشاهده‌های چشمی استفاده شد. برای عامل‌های مورد بررسی امتیاز ۱ تا ۹ را در نظر گرفتیم به طوری که عدد ۱ کمترین کیفیت و عدد ۹ بالاترین کیفیت را به خود اختصاص دادند. عامل‌های اصلی کیفیت شامل: رنگ، عادت رشدی، تراکم، شادابی و ... بودند.

به‌منظور بررسی سرعت رشد در هر تیمار طول و سطح پوشش گیاهان در هر واحد آزمایشی در پانزدهم هر ماه اندازه‌گیری شد. در صد پوشش دهی با روش‌های مختلفی اندازه‌گیری می‌شود.

مانند استفاده از روش عکس‌برداری از نمونه‌ها با یک دوربین دیجیتال از زاویه‌ای مستقیم در بالای سر گیاه که پس از عکس‌برداری از راه پردازش رایانه‌ای عکس‌ها و با استفاده از نرم‌افزار Adobe photoshop و بر پایه واحد پیکسل درصد پوشش‌دهی برآورد می‌شود (Sendo et al., 2010). روش دیگر استفاده از یک چهارچوب پوششی مدرج است که با قرار دادن آن روی گیاهان و با توجه به درجه‌بندی‌های چهارچوب درصد پوشش‌دهی برآورد می‌شود. در این آزمایش بر پایه روش دوم از یک چهارچوب طراحی شده برای برآورد سطح پوشش‌دهی استفاده شد. پس از نرمال‌سازی داده‌های غیرنرمال با استفاده از نرم‌افزار SAS، داده‌ها تجزیه و تحلیل شدند.

## نتایج و بحث

### گیاه فرانکنیا

بر پایه نتایج به دست آمده در این پژوهش در گیاه فرانکنیا تأثیر تیمارهای آبیاری، عمق محیط کشت، زمان و برهمکنش عمق محیط کشت و زمان روی کیفیت معنی دار شده است اما دیگر تیمارها اثر معنی داری بر کیفیت گیاه فرانکنیا نداشتند (جدول ۱). در تیمارهای آبیاری، تیمار مرطوب باعث افزایش کیفیت گیاه فرانکنیا در طول مدت آزمایش شد که یافته‌های این پژوهش با نتایج Dunnett & Nolan (2004) همخوانی دارد. با توجه به اختلاف کمی که از نظر کیفیت بین دو تیمار آبیاری مرطوب و خشک

وجود دارد، گیاه فرانکنیا در شرایط خشکی اعمال شده کیفیت شایان پذیرشی داشته است. نتایج با یافته‌های Boivin (2001) همسان است. در طول زمان، کیفیت گیاه فرانکنیا از تیر تا مردادماه افزایش یافته است. برهمکنش عمق محیط کشت و زمان روی کیفیت گیاه فرانکنیا در طول مدت آزمایش نیز روندی افزایشی داشته است. کیفیت گیاه فرانکنیا در هر دو عمق در طول زمان افزایش یافته است، اما کیفیت در عمق ۲۰ سانتی‌متر نسبت به عمق ۱۰ سانتی‌متر در طول زمان بیشتر است (Dunnett & Nagase, 2010). گیاه فرانکنیا در عمق ۱۰ سانتی‌متر کیفیت شایان پذیرشی از نظر جنبه‌های بصری برای بام سبز گسترده داشت.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف گیاه فرانکنیا

Analysis of variance of different traits of *Frankenia thymifolia*. Table 1

S.O.V.	df	Mean Square		
		Visual quality	Plant length	Coated surface
Irrigation	1	87.04 **	864.033 *	2340.37 ns
Sowing depth	1	169.96 **	3434.70 *	6176.041 *
Type of medium	1	1.64 ns	22.53 ns	51.041 ns
Irrigation × depth	1	30.92 ns	14.70 ns	1552.041 ns
Irrigation × medium	1	10.9 ns	48.13 ns	715.041 ns
Depth × medium	1	11.42 ns	1128.53 *	135.375 ns
Irrigation × depth × medium	1	0.40096 ns	388.80 ns	442.041 ns
Error a	16	7.427	136.26	1073.48
Time	4	44.69 **	1076.84 **	9550.29 **
Irrigation × time	4	2.27 ns	54.491 **	240.882 ns
Depth × time	4	7.63 *	36.283 ns	470.098 *
Medium × time	4	0.471 ns	18.033 ns	170.58 ns
Irrigation × depth × time	4	0.428 ns	8.783 ns	59.50 ns
Irrigation × medium × time	4	0.287 ns	15.46 ns	94.9019 ns
Depth × medium × time	4	5.121 ns	0.991 ns	416.86 ns
Irrigation × depth × medium × time	4	0.296 ns	15.0083 ns	58.039 ns
Error b	64	2.448	31.068	130.33
coefficient of variation (CV)		18.8	23.6	14.06

ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، معنی‌داری در سطح ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

\*\*, \*, ns: Significant at 1%, 5% probability level and non-significant, respectively.

تأثیر تیمارهای آبیاری، عمق، زمان و برهمکنش عمق و نوع محیط کشت روی طول گیاه معنی دار شده است. اما دیگر تیمارها تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). در تیمار آبیاری، تیمار مرطوب باعث افزایش بیشتر طول گیاه فرانکنیا در مدت آزمایش شده است. طول گیاه در تیمار خشک نیز طولی مطلوب دارد (Durhman & Rowe, 2006; Getter & Rowe, 2006). از آنجاکه در شرایط بام سبز گسترده هدف استفاده از گیاهانی است که دیرتر به مرحله

دقیقتاً (Getter & Rowe, 2008) دریافتند که عمق ۱۰ سانتی‌متر برای شرایط بام سبز گسترده مناسب است. در این نظام تلاش می‌شود از کمترین عمق برای محیط کشت استفاده شود تا کمترین بار وزنی به ساختمان وارد شود بنابراین از گیاهانی استفاده می‌شود که به شرایط خشکی موجود در این عمق مقاوم باشند، از این رو گیاه فرانکنیا در عمق ۱۰ سانتی‌متر و در شرایط خشکی اعمال شده برای استفاده در بام سبز گسترده مناسب است.

شهریور، مهر و آبان از نظر سطح پوشش اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما در عمق ۱۰ سانتی‌متر در طول مدت آزمایش سطح پوشش گیاه فرانکنیا روندی افزایشی داشته است. کمترین سطح پوشش مربوط به تیرماه در هر دو عمق بوده است.

#### گیاه کارپوبروتوس

در این پژوهش تأثیر تیمارهای عمق و زمان روی کیفیت گیاه کارپوبروتوس معنی‌دار شده است و تأثیر دیگر تیمارها معنی‌دار نشده است (جدول ۲). در تیمار عمق محیط‌کشت، کیفیت گیاه کارپوبروتوس در طول دوره آزمایش در عمق ۲۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق ۱۰ سانتی‌متر بود. این نتایج با نتایج آزمایش *vanWort et al.* (2005) همخوانی دارد. در کل مدت آزمایش از تیر تا آبان ماه کیفیت گیاه کارپوبروتوس روندی افزایشی داشته است. همچنین بین ماه‌های تیر و مرداد از نظر کیفیت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ماه‌های شهریور و مهر نیز اختلاف معنی‌داری نداشتند. تأثیر تیمارهای عمق، زمان، برهمکنش عمق و نوع محیط‌کشت، برهمکنش زمان و آبیاری، برهمکنش زمان و عمق و برهمکنش زمان و نوع محیط‌کشت روی طول گیاه کارپوبروتوس معنی‌دار شده است و تأثیر دیگر تیمارها معنی‌دار نبود (جدول ۲). در تیمار عمق محیط‌کشت، طول گیاه کارپوبروتوس در دوره آزمایش در عمق ۲۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق ۱۰ سانتی‌متر بود. این نتایج با پژوهش *Durhman et al.* (2007) که تأثیر عمق بستر کشت را روی رشد اولیه و طول گیاهان گوشتی بررسی کرد همسان بود. می‌توان به این نتیجه رسید که بر پایه هدف مورد نظر می‌توان هر دو عمق را پیشنهاد داد. برای کاشت کارپوبروتوس در بام سبز گسترده در یک مساحت کم روی بام، بهتر است از عمق ۱۰ سانتی‌متر استفاده شود تا گیاهان با سرعت کمتری رشد کنند و در طول زمان محیط را بیوشانند و نیازمند نگهداری کمتری باشند. همچنین می‌توان از عمق ۲۰ سانتی‌متر هم استفاده کرد، اما باید فاصله کاشت گیاهان را بیشتر و تراکم آن‌ها را کمتر کرد، تا در طول زمان به‌صورت مناسب فضا را بیوشانند، سایه‌اندازی نداشته باشند و نیازمند هرس و نگهداری نباشند.

رشد نهایی خود برسند و کمتر نیازمند نگهداری باشند، بنابراین با اعمال شرایط خشکی تا حدی که جنبه‌های دیدن چشمی گیاه حفظ شود می‌توان طول گیاه را کاهش داد.

در تیمار عمق، عمق ۲۰ سانتی‌متر نسبت به عمق ۱۰ سانتی‌متر باعث افزایش بیشتر طول گیاه فرانکنیا در مدت آزمایش شده است.

در کل زمان آزمایش طول گیاه فرانکنیا از تیر تا آبان ماه افزایش یافته است. طول گیاه با گذشت زمان در همه شرایط اعمال شده افزایش پیدا کرده است. این موضوع نشان‌دهنده این است که گیاه در کل شرایط اعمال شده به رشد خود ادامه داده و زنده‌مانی خوبی داشته است.

تأثیر برهمکنش عمق و نوع محیط‌کشت روی طول گیاه فرانکنیا در مدت آزمایش اختلاف معنی‌داری داشته است. به‌طور کل در عمق ۲۰ سانتی‌متر، طول گیاه نسبت به عمق ۱۰ سانتی‌متر در هر دو نوع محیط‌کشت بیشتر بوده است. بیشترین طول گیاه مربوط به عمق ۲۰ سانتی‌متر و کمترین طول گیاه مربوط به عمق ۱۰ سانتی‌متر و محیط‌کشت پیت داشته است. در محیط‌کشت بدون پیت اختلاف معنی‌داری بین دو عمق وجود نداشت. همچنین بین هر دو نوع محیط‌کشت در عمق ۱۰ سانتی‌متر از نظر طول گیاه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

تأثیر تیمارهای عمق محیط‌کشت، زمان و برهمکنش عمق و زمان روی سطح پوشش گیاه فرانکنیا معنی‌دار شده است و دیگر تیمارها و برهمکنششان اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۱). در تیمار عمق، عمق ۲۰ سانتی‌متر سطح پوشش بیشتری در طول مدت آزمایش داشته است (Getter & Rowe, 2008). همچنین در عمق ۱۰ سانتی‌متر گیاه سطح پوشش مطلوبی داشته است. اگر هدف پوشاندن مساحتی در کوتاه‌ترین فاصله زمانی باشد استفاده از عمق بیشتر مطلوب خواهد بود. در طی مدت آزمایش از تیر تا آبان سطح پوشش گیاه فرانکنیا افزایش داشته است.

سطح پوشش در عمق ۲۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق ۱۰ سانتی‌متر در کل دوره آزمایش است. همچنین در عمق ۲۰ سانتی‌متر بین ماه‌های مرداد،

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف گیاه کارپوبروتوس

Table 2. Analysis of variance of different traits of *Carpobrotus edulis*

S.O.V.	df	Mean Square		
		Visual quality	Plant length	Coated surface
Irrigation	1	0.010083 <sup>ns</sup>	142.79 <sup>ns</sup>	13.8720 <sup>ns</sup>
Sowing depth	1	13.1340 <sup>**</sup>	333.66 <sup>*</sup>	454.74 <sup>*</sup>
Type of medium	1	1.3876 <sup>ns</sup>	0.6020 <sup>ns</sup>	271.803 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth	1	0.850083 <sup>ns</sup>	0.1020 <sup>ns</sup>	345.441 <sup>ns</sup>
Irrigation × medium	1	1.95 <sup>ns</sup>	1.752 <sup>ns</sup>	57.963 <sup>ns</sup>
Depth × medium	1	3.78 <sup>ns</sup>	320.46 <sup>*</sup>	274.2163 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × medium	1	3.300083 <sup>ns</sup>	38.64 <sup>ns</sup>	7.203 <sup>ns</sup>
Error a	16	1.504	42.609	92.34
Time	4	17.1527 <sup>**</sup>	1373.72 <sup>**</sup>	1129.08 <sup>**</sup>
Irrigation × time	4	1.6094 <sup>ns</sup>	45.86 <sup>**</sup>	14.064 <sup>ns</sup>
Depth × time	4	1.6680 <sup>ns</sup>	35.11 <sup>**</sup>	49.0025 <sup>*</sup>
Medium × time	4	0.6227 <sup>ns</sup>	14.31 <sup>*</sup>	51.231 <sup>*</sup>
Irrigation × depth × time	4	1.23 <sup>ns</sup>	5.62 <sup>ns</sup>	37.98 <sup>ns</sup>
Irrigation × medium × time	4	0.7972 <sup>ns</sup>	5.59 <sup>ns</sup>	1.5271 <sup>ns</sup>
Depth × medium × time	4	0.3534 <sup>ns</sup>	27.045 <sup>ns</sup>	29.7721 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × medium × time	4	0.0857 <sup>ns</sup>	4.15 <sup>ns</sup>	1.6530 <sup>ns</sup>
Error b	64	0.9496	5.41	16.204
coefficient of variation (CV)		11.04	10.05	17.07

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

\*\*, \*, ns: Significant at 1%, 5% probability level and non-significant, respectively.

داشته‌اند. از آنجایی که هر دو نوع محیط کشت با یکدیگر اختلاف معنی داری ندارند، هر دو برای بام سبز گسترده برای استقرار گیاه کارپوبروتوس مناسب هستند. تأثیر تیمارهای عمق، زمان، برهمکنش عمق و زمان و برهمکنش نوع محیط کشت و زمان روی سطح پوشش معنی دار شده است و دیگر تیمارها اثر معنی داری نداشتند (جدول ۲).

در تیمار عمق محیط کشت در طول مدت آزمایش در گیاه کارپوبروتوس عمق ۲۰ سانتی متر سطح پوشش بیشتری نسبت به عمق ۱۰ سانتی متر ایجاد کرد. این نتایج با بررسی‌های انجام شده توسط Durhman *et al.* (2007) همخوانی دارد.

در همه ماه‌ها تیمار ۲۰ سانتی متر نسبت به تیمار ۱۰ سانتی متر، سطح پوشش بیشتری ایجاد کرده است به غیر از ماه‌های تیر و مرداد که اختلاف معنی دار نداشته است. در عمق ۲۰ سانتی متر افزایش سریع سطح پوشش در زمان کمتری باعث شده است که شماری از گیاهان در نتیجه سایه‌اندازی گیاهان دیگر رشد کمتری داشته و یا از بین بروند، بنابراین بهتر است در عمق ۲۰ سانتی متر فاصله گیاهان بیشتر و شمار آنها کمتر باشد تا هم در هزینه خرید گیاه صرفه‌جویی شود و هم پوشش‌دهی مناسبی داشته باشد. هر دو عمق در طول زمان سطح پوشش خوبی

در برهمکنش تیمارهای عمق و نوع محیط کشت در مدت آزمایش در گیاه کارپوبروتوس عمق ۲۰ سانتی متر در محیط کشت دارای پیت بیشترین طول را نشان می‌دهد. بین دو عمق در محیط کشت بدون پیت اختلاف معنی داری وجود ندارد. کمترین طول گیاه مربوط به عمق ۱۰ سانتی متر و محیط کشت بدون پیت بوده است، که بهترین شرایط برای بام سبز گسترده است. طول گیاه در این شرایط مطلوب بوده و گیاه جنبه‌های دیدن بصری خود را حفظ کرده است. عمق ۲۰ سانتی متر در محیط کشت دارای پیت به دلیل افزایش عمق، باعث افزایش طول گیاه شده و با هر دو عمق در محیط کشت بدون پیت اختلاف معنی داری وجود ندارد.

برهمکنش آبیاری و زمان در گیاه کارپوبروتوس بیانگر این است که در هر دو نوع تیمار آبیاری طول گیاه با گذشت زمان در حال افزایش بود. در برهمکنش تیمار عمق و زمان در طول مدت آزمایش در این گیاه با گذشت زمان در هر دو تیمار عمق طول گیاه روندی افزایشی داشته است. بیشترین طول گیاه مربوط به عمق ۲۰ سانتی متر در ماه آبان است و کمترین طول گیاه مربوط به هر دو عمق در ماه تیر است.

در برهمکنش نوع محیط کشت و زمان در طول مدت آزمایش در گیاه کارپوبروتوس، هر دو تیمار محیط کشت با گذشت زمان بر طول گیاه روندی افزایشی

روند افزایشی در کیفیت گیاه یال اسبی در مدت آزمایش نشان‌دهنده مناسب بودن این گیاه برای بام سبز گسترده در شرایط همه تیمارهای اعمال شده است. تأثیر تیمارهای عمق محیط کشت، زمان و برهمکنش عمق محیط کشت و زمان بر طول گیاه یال اسبی معنی‌دار شده است و تأثیر دیگر تیمارها معنی‌دار نشده است (جدول ۳). در تیمار عمق محیط کشت، طول گیاه در تیمار ۲۰ سانتی‌متر نسبت به تیمار ۱۰ سانتی‌متر بیشتر است. در کل مدت آزمایش طول گیاه یال اسبی با گذشت زمان افزایش یافته است. اگرچه هر دو تیمار عمق با گذشت زمان روندی افزایشی داشته‌اند اما تیمار ۲۰ سانتی‌متر سریع‌تر از تیمار ۱۰ سانتی‌متر افزایش داشته است. تغییرپذیری‌ها در طول زمان نیز نشان‌دهنده افزایش طول گیاه است، بنابراین گیاه یال اسبی به‌عنوان یک گیاه پوششی برای استفاده در بام سبز گسترده مناسب است.

داشته و برای کاشت گیاه کارپوبروتوس در بام سبز گسترده مطلوب هستند. در برهمکنش عمق محیط کشت و زمان در هر دو تیمار عمق با گذشت زمان در پوشش‌دهی روندی افزایشی وجود داشته است. در کل مدت آزمایش از تیر تا آبان، سطح پوشش گیاه کارپوبروتوس روندی افزایشی داشته است. تغییرپذیری‌ها در طول زمان نشان‌دهنده افزایش سطح پوشش کارپوبروتوس در طول زمان نشان‌دهنده مناسب بودن این گیاه برای استفاده در بام سبز گسترده است.

### گیاه یال اسبی

در عامل کیفیت تنها تأثیر تیمار زمان بر گیاه یال اسبی معنی‌دار شده است و تأثیر دیگر تیمارها روی کیفیت گیاه یال اسبی معنی‌دار نشده است (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف گیاه یال اسبی

Table 3. Analysis of variance of different traits of *Ophiopogon jaburan*

S.O.V.	df	Mean Square		
		Visual quality	Plant length	Coated surface
Irrigation	1	0.520083 <sup>ns</sup>	5.1253 <sup>ns</sup>	11.8440 <sup>ns</sup>
Sowing depth	1	13.400083 <sup>ns</sup>	50.9603 <sup>*</sup>	21.42075 <sup>ns</sup>
Type of medium	1	29.30408 <sup>ns</sup>	22.53 <sup>ns</sup>	27.36075 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth	1	2.730083 <sup>ns</sup>	8.643 <sup>ns</sup>	0.310083 <sup>ns</sup>
Irrigation × medium	1	20.584083 <sup>ns</sup>	22.8813 <sup>ns</sup>	18.96075 <sup>ns</sup>
Depth × medium	1	0.37408 <sup>ns</sup>	8.2163 <sup>*</sup>	0.16875 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × medium	1	4.760083 <sup>ns</sup>	0.0563 <sup>ns</sup>	0.06075 <sup>ns</sup>
Error a	16	7.044	10.5846	7.8418
Time	4	32.2492 <sup>**</sup>	124.56 <sup>**</sup>	99.9619 <sup>**</sup>
Irrigation × time	4	0.4655 <sup>ns</sup>	0.3895 <sup>**</sup>	1.5872 <sup>ns</sup>
Depth × time	4	0.84503 <sup>ns</sup>	2.6078 <sup>*</sup>	1.9709 <sup>ns</sup>
Medium × time	4	0.6095 <sup>ns</sup>	2.2791 <sup>ns</sup>	0.2788 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × time	4	1.1146 <sup>ns</sup>	1.5478 <sup>ns</sup>	0.4233 <sup>ns</sup>
Irrigation × medium × time	4	0.17825 <sup>ns</sup>	1.0805 <sup>ns</sup>	1.01595 <sup>ns</sup>
Depth × medium × time	4	2.6120 <sup>ns</sup>	1.7188 <sup>ns</sup>	0.4652 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × medium × time	4	0.06341 <sup>ns</sup>	0.8846 <sup>ns</sup>	1.3259 <sup>ns</sup>
Error b	64	0.9376	0.9923	1.0142
coefficient of variation (CV)		14.04	9.8	11.3

\*\*\*, \*\*, \* و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، معنی‌داری در سطح ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

\*\*\*, \*\*, ns: Significant at 1%, 5% probability level and non-significant, respectively.

اسبی در اقلیم منطقه کرج و مناطق همسان آن برای استفاده در نظام بام سبز گسترده است.

### مقایسه سه گیاه

بین سه گیاه مورد آزمایش از نظر طول گیاه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. دو گیاه فرانکنیا و کارپوبروتوس بیشترین طول گیاه را داشتند و با یکدیگر اختلاف

تیمار زمان بر سطح پوشش گیاه یال اسبی معنی‌دار شده است و تأثیر دیگر تیمارها معنی‌دار نشده است (جدول ۳). با گذشت زمان در طول مدت آزمایش سطح پوشش گیاه یال اسبی از تیرماه تا مهرماه روندی افزایشی داشته است. نتایج مربوط به سطح پوشش همانند نتایج مربوط به طول گیاه در طول زمان است که نشان‌دهنده کارایی بالای گیاه یال



مورد آزمایش از نظر سطح پوشش اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین سطح پوشش مربوط به گیاه فرانکنیا و کمترین سطح پوشش مربوط به گیاه اسبی بود و گیاه کارپوبروتوس از این نظر در بین این دو گیاه قرار داشت. در بررسی که توسط Sendo *et al.* (2010) بر روی میزان رشد و پوشش‌دهی ده گونهٔ علفی زینتی انجام شد، گیاه یال اسبی جزو گیاهان کم پوشش ارزیابی شد که از این نظر با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

معنی‌داری نداشتند. گیاه یال اسبی کمترین طول را داشت. بین سه گیاه مورد آزمایش از نظر کیفیت ظاهری اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). دو گیاه فرانکنیا و کارپوبروتوس بیشترین کیفیت ظاهری را داشتند و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین گیاه یال اسبی کمترین کیفیت را به خود اختصاص داد. یافته‌های Durhman *et al.* (2006) نیز نشان می‌داد که تحمل به خشکی در گیاهان گوشتی نسبت به گیاه غیرگوشتی بیشتر است. بین سه گیاه

جدول ۴. نتایج تجزیهٔ واریانس صفات مختلف گیاهان مورد آزمایش

Table 4. Analysis of variance of different traits of the treated plants

S.O.V.	df	Mean Square		
		Visual quality	Plant length	Coated surface
Plant	2	116.42 <sup>**</sup>	6987.9076 <sup>**</sup>	150646.45 <sup>**</sup>
Irrigation	1	34.1174 <sup>*</sup>	633.8813 <sup>**</sup>	1154.46 <sup>ns</sup>
Sowing depth	1	140.049 <sup>**</sup>	2352.6446 <sup>**</sup>	3985.92 <sup>**</sup>
Type of medium	1	20.046 <sup>ns</sup>	25.3340 <sup>ns</sup>	271.5004 <sup>ns</sup>
Plant × irrigation	2	27.87 <sup>**</sup>	189.0336 <sup>ns</sup>	728.7952 <sup>ns</sup>
Plant × depth	2	30.7069 <sup>**</sup>	733.3411 <sup>**</sup>	1672.0119 <sup>*</sup>
Plant × medium	2	5.84 <sup>ns</sup>	10.1673 <sup>ns</sup>	34.0277 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth	1	3.1924 <sup>ns</sup>	16.7702 <sup>ns</sup>	208.2692 <sup>ns</sup>
Irrigation × medium	1	2.1274 <sup>ns</sup>	56.7233 <sup>ns</sup>	98.9050 <sup>ns</sup>
Depth × medium	1	11.8688 <sup>ns</sup>	985.0562 <sup>**</sup>	261.5804 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × plant	2	15.8704 <sup>ns</sup>	3.3360 <sup>ns</sup>	896.0212 <sup>ns</sup>
Irrigation × medium × plant	2	15.4671 <sup>ns</sup>	8.0216 <sup>ns</sup>	370.4845 <sup>ns</sup>
Plant × depth × medium	2	1.9934 <sup>ns</sup>	236.0767 <sup>ns</sup>	78.9532 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × medium	1	0.3356 <sup>ns</sup>	220.1173 <sup>ns</sup>	136.5863 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × medium × plant	2	4.067 <sup>ns</sup>	103.6928 <sup>ns</sup>	176.8127 <sup>ns</sup>
Error a	48	5.2804	63.1536	391.2238
Time	4	76.3971 <sup>**</sup>	2183.8727 <sup>**</sup>	6700.96 <sup>**</sup>
Plant × time	8	9.1227 <sup>**</sup>	195.6286 <sup>**</sup>	2187.98 <sup>**</sup>
Irrigation × time	4	0.3794 <sup>ns</sup>	67.0046 <sup>**</sup>	109.75 <sup>ns</sup>
Depth × time	4	4.053 <sup>*</sup>	58.8924 <sup>**</sup>	124.0603 <sup>*</sup>
Medium × time	4	0.1398 <sup>ns</sup>	2.1789 <sup>ns</sup>	129.9508 <sup>*</sup>
Irrigation × plant × time	8	1.9966 <sup>ns</sup>	16.8684 <sup>ns</sup>	76.7727 <sup>ns</sup>
Plant × depth × time	8	3.1577 <sup>ns</sup>	7.5549 <sup>ns</sup>	203.83098 <sup>ns</sup>
Plant × medium × time	8	0.7768 <sup>ns</sup>	16.2252 <sup>ns</sup>	48.5551 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × time	4	0.4691 <sup>ns</sup>	1.8786 <sup>ns</sup>	16.7678 <sup>ns</sup>
Irrigation × medium × time	4	0.1776 <sup>ns</sup>	4.0512 <sup>ns</sup>	31.4748 <sup>ns</sup>
Depth × medium × time	4	0.6425 <sup>ns</sup>	16.1991 <sup>ns</sup>	80.2344 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × plant × time	8	1.1388 <sup>ns</sup>	7.0384 <sup>ns</sup>	41.0025 <sup>ns</sup>
Irrigation × plant × medium × time	8	0.5437 <sup>ns</sup>	9.0457 <sup>ns</sup>	34.2208 <sup>ns</sup>
plant × depth × medium × time	8	3.7577 <sup>ns</sup>	6.7783 <sup>ns</sup>	188.0637 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × medium × time	4	0.17026 <sup>ns</sup>	10.4647 <sup>ns</sup>	30.1237 <sup>ns</sup>
Irrigation × depth × medium × time × plant	8	0.1398 <sup>ns</sup>	4.7963 <sup>ns</sup>	16.2795 <sup>ns</sup>
Error b	188	1.42	12.4930	47.4575
coefficient of variation (CV)		14.9	18.6	18.4

\*\*\*, \* و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، معنی‌داری در سطح ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

\*\*\*, \*, ns: Significant at 1%, 5% probability level and non-significant, respectively.

عامل دیگر کمترین زمان نگهداری در این نظام است که در انتخاب گیاه مورد نظر نقش مهمی دارد. بنابراین باید گیاهانی را انتخاب کنیم که هم مقاومت به خشکی و هم رشد مناسب داشته باشند، تا جنبه‌های دیدن چشمی خود را در نظام حفظ کنند. از آنجایی که در ایران پژوهش

### نتیجه‌گیری کلی

در نظام‌های گستردهٔ بستر بام سبز از کمترین عمق محیط کشت استفاده می‌شود. بنابراین گیاهان موجود در این نظام باید نظام ریشه‌ای کم‌عمق و درعین حال مقاوم به تنش خشکی ناشی از عمق کم بستر داشته باشند.

سانتی‌متر و تیمار آبیاری مرطوب و محیط کشت دارای پیت عملکرد بهتری داشتند اما در شرایط عمق ۱۰ سانتی‌متر و تیمار آبیاری خشک نیز سطح پوشش، کیفیت ظاهری و طول خوبی داشتند که از این نظر مقاومت بالایی به شرایط موجود روی بام در نظام مورد نظر دارند. با توجه به کمبود منابع آب در ایران و نیاز به فضای سبز با هدف‌های متفاوت استفاده از گیاهانی از این دست بسیار سودمند خواهد بود و همچنین هزینه‌های مربوط به نگهداری و احداث و طراحی نظام را کاهش خواهد داد.

در ارتباط با انتخاب گیاهان مناسب در بام سبز گسترده به‌صورت علمی تاکنون انجام نشده است، به‌منظور تنوع‌بخشی در دامنه گیاهان انتخابی در بام سبز گسترده، در این تحقیق تلاش شد تا سه گیاه متفاوت از سه خانواده مختلف با هم مقایسه شود تا هم مقاومت آن‌ها به این شرایط سنجیده و هم از بین آن‌ها بهترین خانواده و گونه مورد نظر انتخاب شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، به نظر می‌رسد هر سه گیاه مورد نظر از سه خانواده مختلف برای کشت در بام سبز در منطقه کرج و مناطق همسان مناسب هستند. گیاهان در عمق ۲۰

## REFERENCES

1. Boivin, M., Lamy, M., Gosselin, A. & Dansereav, B. (2001). Effect if artificial substrate depth on freezing injury of six herbaceous perennials grown in a green roof system. *Hort Technology*, 11(3), 409-412.
2. Dunnett, N., Nagase, A., Booth, R. & Grime, J. (2005). Vegetation composition and structure significantly influence green roof performance. In: *Proceeding of the third North American Green roof conference: greening rooftops for sustainable communities*, 7-10 May, The Cardinal Group, Washington DC., USA, pp. 134-142.
3. Dunnett, N. P. & Nolan, A. (2004). The Effect of substrate depth and supplementary watering on the growth of nine herbaceous perennials in a semi-extensive green roof. *Acta Horticulturae*, 643, 305-310.
4. Dunnett, N. & Nagase, A. (2010). Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: Effects of watering and diversity. *Landscape and urban planning*, 97, 318-327.
5. Dunnett, N. & Kingsburty, N. (2008). *Planting Green Roofs and Living walls* (2nd ed.). Timber press, Portland, Oregon.
6. Durhman, A., Rowe, D. B. & Rugh, C. L. (2006). Effect of watering regimen on chlorophyll Fluorescence and growth of selected green roof plant taxa. *Hortscience*, 41(7), 1623-1628.
7. Durhman, A. K., Rowe, D. B. & Rugh, C. L. (2007). Effect of substrate depth on initial growth, coverage, and survival of 25 Succulent green roof plant taxa. *Hortscience*, 42, 588-595.
8. Durhman, A., Van Woert, N. D., Row, D. B., Rugh, C. L. & Ebert, D. (2004). Evaluation of crassulacean species on extensive green roofs. In: *Proceeding of 2<sup>nd</sup> North American Green Roof Conference: Greening rooftops for sustainable communities*, 2-4 June, The cardinal Group, Portland, pp. 504-517.
9. Getter, K. L. & Row, D. B. (2007). Effect of substrate depth and planting season on sedum plug survival on green roofs. *The Journal of Environmental Horticulture*, 25(2), 95-99.
10. Getter, K. L. & Rowe, D. B. (2006). The role of extensive green roofs in sustainable development. *Hortscience*, 41(5), 1276-1285.
11. Getter, K. L. & Rowe, D. B. (2008). Media depth influences Sedum green roof establishment. *Urban Ecosystems*, 11, 361-372.
12. Hitchmough, J. (1994). Post-establishment management of urban vegetation. In: J. Hitchmough (Ed.), *Urban Landscape Management*. (pp. 174-186.) Inkata press, Sydney.
13. Lassalle F (1998) Wirkung von trockenstreb auf xerophile pflanzzen. *Stadt und Grun* 47(6): 437-443.
14. Liesecke, H. J. (2001). Zwiebel- und Knollenpflanznen fur extensive dachbegrunun gen [Tuber plants for extensive geen roofs]. *Stadt und Grun*, 50(2), 133-139.
15. Oberdorfer, E., Lundholm, J., Bass, B. Coffman, R. R., Dosh, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Hler, M. K., Liu, K. K.Y. & Rowe, B. (2007). Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *Journal of Biosciences*, 57, 823-833.
16. Sendo, T., Kanechi, M., Uno, Y. & Inagaki, N. (2010). Evaluation of Growth and Green Coverage of Ten Ornamental Species for planting as Urban Rooftop Greening. *Hortscience*, 79(1), 69-76.
17. Scholz-Barth, K. (2001). Green roofs: storm water management from the top down. *Environmental Design & Construction*, 4, 63-70.
18. Thuring, C. E., Berghage, R. D. & Beattie, D. J. (2010). Green Roof plant Responses to Different Substrate Types and Depths under Various Drought Conditions. *HortTechnology*, 20(2), 395-401.
19. Van Woert, N. D., Rowe, D. B., Andressen, J. A., Rugh, C. L. & Xiao, L. (2005). Watering regime and green roof substrate design affect sedum plant growth. *Hortscience*, 40(3), 659-664.