

مروری بر بام های سبز به عنوان نمونه ای از فضاهای سبز شهری

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۲۰

کد مقاله: ۱۶۴۹۶

تبسم صفی خانی^{۱*}، محمد بهاروند^۲

چکیده

ایجاد بام سبز در فضاهای شهری ایده ای مناسب جهت به کارگیری طبیعت در فضاهای شلوغ و پرتراکم شهری است. استفاده از بام به عنوان فضای سبز ایده جدیدی نیست اما استفاده صحیح و تکنیکی از آن بحث تازه ای است و نیاز به توجه و بررسی دارد. بام سبز نه تنها در مقیاس بزرگ برای شهرها سودبخش است، بلکه در مقیاس کوچک برای یک بنا، که روی بام آن نصب شده نیز دارای مزایایی می باشد که از مهم ترین آن ها کنترل تابش مستقیم آفتاب به سطح بام و جلوگیری از گرم شدن بیش از حد درون ساختمان و نیز کاهش مصرف انرژی برای خنک سازی را می توان نام برد. در نوشته حاضر منفعتهای استفاده از فضاهای سبز در محیط های شهری مورد بررسی قرار گرفته و بام سبز به عنوان یکی از روش های قابل استفاده برای این هدف معرفی و تحلیل شده است. در ادامه علل عدم رونق استفاده از این بام در کشور ایران ارزیابی شده است. تلاش می شود با افزایش آگاهی عمومی در مورد منفعتهای این نوع بام و نیز حمایت های دولت بتوان سرمایه گذاران در بخش ساختمانی را ترغیب کرد تا از تکنیک های بام سبز در ساختمان بهره برده و از این طریق بتوان قسمتی از مشکلات محیط زیستی در شهرها را کاهش داد.

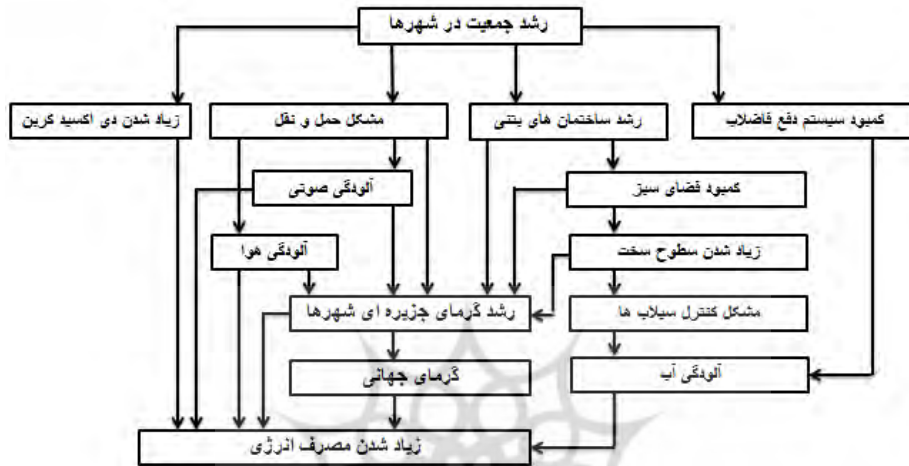
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی

واژگان کلیدی: فضاهای سبز شهری، بام سبز، بام سبز گسترده، بام سبز متمرکز

۱- استادیار گروه معماری و شهرسازی، موسسه آموزش عالی دانش پژوهان پیشرو، اصفهان (مسئول مکاتبات)
tabassomsafikhani@yahoo.com

۲- استادیار رشته معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)

امروزه با پیشرفت تکنولوژی، اندیشه بالا رفتن کیفیت زندگی با یافتن موقعیت شغلی مناسب و برخوردارشدن از رفاه مناطق شهری، موج حرکت و مهاجرت به سوی شهرها را گسترش داده است. این مهاجرت عظیم و حرکت گسترده به سوی شهرها وقتی هماهنگ با امکانات و تجهیزات شهرها نباشد باعث به وجود آمدن مشکلاتی می‌شود (شکل ۱). به‌عنوان مثال زیاد شدن جمعیت و تقاضای بالای مسکن، زیاد شدن سطوح سخت ساختمانی را بدنبال دارد که این امر اجازه نفوذ آب به زمین را نمی‌دهد و نتیجه آن روبرو شدن با سیلاب‌ها و نیز آلودگی آب است. از پیامدهای دیگر رشد بی رویه شهرها، مشکل حمل و نقل می‌باشد که برای پاسخگویی به آن علاوه بر زیاد شدن سطوح آسفالت و سخت، مشکل آلودگی صوتی و آلودگی هوا را نیز در بر دارد. سطوح سخت با جذب و نیز انعکاس گرمای خورشید باعث بالا رفتن دمای هوا می‌شوند و مشکلات مهمی مانند پدید آمدن گرمای جزیره‌ای شهرها^۱ و گرمای جهانی^۲ را در پی دارند (Arnold, 2011, Taib et al.2010).



شکل ۱- مشکلات ناشی از رشد بی رویه شهرها (منبع: نگارنده)

انسان در محیط شهری نه تنها به فضا برای زندگی، تفریح و استراحت نیاز دارد بلکه به هوای تازه و پاک برای سلامتی محتاج است. بنابراین همواره به دنبال راهکارهایی جهت تعدیل مشکلات به وجود آمده می‌باشد. ایده‌ها برای کم کردن این مشکلات متفاوت هستند که بعضی از آنها هزینه زیادی لازم دارند، مانند استفاده از عایق صوتی، عایق حرارتی، مصرف انرژی برای کنترل گرما، مصرف انرژی برای تصفیه آب و غیره. اما یک راه مفید و به صرفه، بازگشت به طبیعت و استفاده از خواص گیاهان است که در این زمینه تحقیقات زیادی انجام شده (Annie et al, 2014) و نتایج آنها اثر مطلوب گیاهان بویژه در کم کردن گرما را نشان می‌دهد.

۲- منفعت استفاده از گیاهان در محیط شهری

گیاهان به عنوان یک عنصر طبیعی دارای منفعت‌های زیادی هستند و از طرق مختلف برای انسان‌ها سودهایی را در پی دارند. منفعت و سود گیاهان را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد: سود محیط زیستی، سود اقتصادی و سود اجتماعی (شکل ۲).

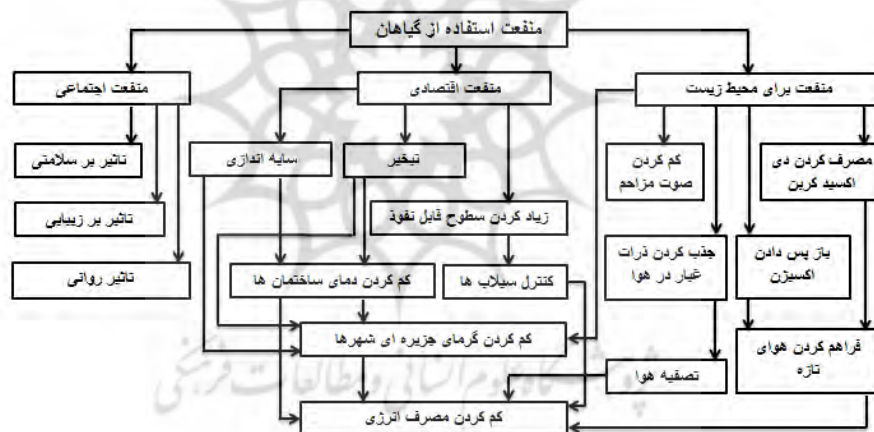
الف- سود محیط زیستی: از مهمترین سودهای محیط زیستی گیاهان میتوان تصفیه کردن هوا را نام برد. همه گیاهان باعث جذب آلودگی‌ها می‌شوند اما مقاومت آنها متفاوت است. گرد و خاک، گرده گیاهان، دود و بوهای ناخوشایند توسط برگ‌های کرکدار، شاخه‌ها و تنه درختان جذب می‌شوند و سپس توسط باران شسته شده و به زمین می‌ریزند. گیاهان با جذب ذرات ریز غبار معلق در هوا مانند یک دستگاه تصفیه طبیعی عمل می‌کنند و باعث بالا رفتن کیفیت هوا می‌شوند. همچنین بواسطه رطوبتی که گیاهان به هوا میدهند ذرات معلق در هوا سنگین می‌شوند، ته نشین می‌گردند و هوا پاکیزه می‌گردد (رستم خانی و لقایی، ۱۳۸۲). گیاهان با قابلیت طبیعی فتوسنتز، دی‌اکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد و نیتروژن هوا را که گازهایی سرطانزا و خطرناک هستند جذب می‌کنند و در ازای آن اکسیژن پس می‌دهند و باعث تازگی هوا می‌شوند. در کتاب بوستان‌ها و فضاهای سبز شهری (ایران نژادی و تجملیان، ۱۳۹۰) به نقل از سیدصدر آمده است که شصت درصد اکسیژن کره زمین توسط گیاهان تولید می‌شود چنانچه

1 Urban Heat Island

2 Global Warming

یک هکتار فضای سبز در سال دو و نیم تا سه تن اکسیژن تولید می‌کند که این مقدار می‌تواند بطور متوسط اکسیژن مورد نیاز ۱۰ نفر طی یکسال را تامین کند. براساس تحقیقات انجام شده هر ۲۵ مترمربع فضای پوشیده شده با برگ گیاهان ۲۷ گرم اکسیژن در ساعت تولید می‌کند (Peck, 1999) و یک هکتار فضای سبز در سال ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوگرم اکسیژن تولید می‌کند که تقریباً اکسیژن مورد نیاز ۱۰ نفر در طی یک سال را تامین می‌نماید (رستم‌خانی و لقای، ۱۳۸۲). گفته می‌شود یک درخت بالغ در هر ساعت ۲۰۰ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن جذب و به همین میزان اکسیژن تولید می‌کند و یا حجم دی‌اکسیدکربن که روزانه توسط یک درخت راش به ارتفاع ۲۴ متر از فضا پاکسازی می‌شود معادل سه برابر حجم ۲ اتاق یک نفره است (رستم‌خانی و لقای، ۱۳۸۲). تحقیقات در اثرش نشان داده است یک هکتار جنگل راش سالانه حدود ۲۱ تن اکسیژن تولید می‌کند که ۹ تن به مصرف خود جنگل می‌رسد و ۱۲ تن وارد جو می‌گردد (ایران‌نژادی و تجملیان، ۱۳۹۰). انتخاب نوع گیاه جهت بدست آوردن بازده بالاتر بسیار مهم است. بر اساس نظر محققان می‌توان گفت گیاهانی که برگ تیره‌تر دارند کربن بیشتری جذب می‌کنند و کیفیت هوا را تا حد مطلوبی بالا می‌برند (Amir et al. 2011).

از دیگر خصوصیات مفید گیاهان کم کردن آلودگی صوتی است. هرآنچه انسان مایل به شنیدن آن نیست و بصورت ناخواسته به گوش او برسد و مجبور باشد آنرا تحمل کند آلودگی صوتی یا سروصدا تلقی می‌شود. صدای مزاحم باعث می‌شود انسان پنجره را بسته و دستگاه تهویه را روشن کند. در صورتیکه گیاهان می‌توانند به واسطه شاخه‌ها و برگ‌هایشان صوت را کنترل کنند. برگ نرم گیاهان صدا را جذب و تنه سخت آنها باعث انحراف صدا می‌گردد. با وجود آنکه درختان پهن برگ تنها در بهار و تابستان کارایی دارند اما بیشتر از سایر گونه‌ها باعث کاهش صدا می‌شوند. در درختان سوزنی برگ هرچقدر تراکم برگ‌ها فشرده‌تر و یا میزان صمغ داخل برگ‌ها بیشتر باشد بازده بالاتری در مورد کنترل آلودگی صوتی وجود دارد. بر اساس تحقیقات یک چمن سوزنی برگ به عرض ۱ متر، ۴ دسی بل فرکانس صدا را پایین می‌آورد و در کل هر ۳۳ مترمربع فضای پوشیده شده از گیاه ۷ دسی بل صدا را کاهش می‌دهد (ایران‌نژادی و تجملیان، ۱۳۹۰). البته خود شاخ و برگ گیاهان مقداری صدا بر اثر برخورد با باد و حرکت در برابر باد ایجاد می‌کنند که با توجه به بررسی‌های انجام شده این صدا برای اکثر افراد خوشایند می‌باشد و صوت مزاحم به حساب نمی‌آید (Binabid, 2010).



شکل ۲- دسته بندی سوده‌های حاصل از گیاهان و فضاهای سبز (منبع: نگارنده)

ب- سود اقتصادی: گیاهان به طریقه‌های گوناگون، مستقیم و غیرمستقیم، سوده‌های اقتصادی را در بر دارند. با استفاده از فضاهای سبز محصول دار مانند درختان بارور و یا زمینهای قابل کشت می‌توان بطور مستقیم از سود اقتصادی آنها بهره برد. همچنین گیاهان با کم کردن گرمای هوا نیاز به انرژی برای خنک‌سازی را کاهش می‌دهند و بطور غیرمستقیم سود اقتصادی را در پی دارند. در مورد دوم، توجه به اقلیم منطقه جهت چگونگی بهره‌بردن از گیاهان امر مهمی است. اثر جزیره حرارتی شهرها از جمله مشکلاتی است که وجود فضاهای سبز و گیاهان تا حدی می‌تواند آنها را تعدیل کند. اثر جزیره حرارتی شهرها به اختلاف دمای میان فضاهای شهری و فضاهای روستایی حومه و اطراف آن گفته می‌شود. بر طبق مطالعات، تمام فضاهای شهری حداقل ۲ درجه سانتیگراد گرمتر از حومه اطراف خود هستند که در مناطق با تراکم بالا مانند مراکز تجاری، این میزان اختلاف به ۵ تا ۷ درجه سانتیگراد می‌رسد (Bonan, 2002). یکی از اصلی‌ترین علت‌های آن وجود سطوح تیره، سخت و غیر قابل نفوذ در شهرها می‌باشد که علاوه بر جذب کردن گرمای تابشی، باعث بازتاب این گرما به محیط اطراف می‌شود. برگ گیاهان با پوشش دادن سطوح سخت، در حکم سایبان، مانع جذب انرژی تابشی توسط این سطوح می‌شوند و همچنین از بازتاب تابش و پراکندگی گرما جلوگیری می‌کنند. همچنین عمل تبخیر آب^۱ توسط برگ گیاهان که قابلیت طبیعی است، همراه با عمل تعرق گیاه^۱ اثر خنک‌کنندگی دارد

¹ Evaporation

که به این عمل تبخیر- تعرق^۱ گفته می‌شود (Shiah, 2011). این عمل که گرمای تابش را به گرمای زهفته تبدیل می‌کند نه تنها اثر خنک‌کنندگی روی سطوح را دارد بلکه دمای هوای اطراف را نیز کاهش می‌دهد. میزان خنک‌کنندگی که بستگی به نوع و تراکم گیاه دارد علاوه بر دمای هوا، دمای ساختمان‌ها را نیز کاهش می‌دهد و این باعث کم شدن بار سرمایش بنا می‌شود و در مصرف انرژی مورد نیاز برای خنک‌سازی صرفه جویی می‌گردد. از دیگر مزایای قابل توجه گیاهان کنترل سیلاب است. سیلاب یعنی آب حاصل از برف و بارانی که نتواند جذب زمین شود و روی سطح به حرکت درآید. فضاهای پوشیده از گیاه مانند اسفنج عمل کرده، آب را جذب می‌کنند و از هدر رفتن آن جلوگیری می‌نمایند. این آب‌ها می‌توانند بجای جاری شدن به فاضلاب‌ها، بعد از تصفیه شدن در مواردی مانند فلاش تانک‌ها یا آبیاری فضاهای سبز مورد استفاده قرار بگیرند و به این طریق در کاهش مصرف آب سهم مهمی داشته باشند.

ج- سود اجتماعی: دسته دیگر و مهم از سودهای گیاهان سود اجتماعی و یا اثر زیبایی آن‌ها بر روح و روان انسان است. گفته می‌شود از آنجا که انسان بخشی از طبیعت است، برای آنکه به انسان کاملی تبدیل شود باید با طبیعت تماس داشته باشد و این بحث به گونه‌ای عقیده انسان‌گرایی اکولوژی را بسط داده است (مهدی‌نژاد، زرغامی و سادات، ۱۳۹۴). جهان‌بینی دیرینه و فرهنگ ایرانی اسلامی رابطه مردم این سرزمین با طبیعت و عناصر طبیعی را رابطه‌ای بر اساس احترام به طبیعت و همزیستی با آن می‌داند. بر اساس این تفکر، زمین ملک خدا و آب و گیاه نشانه‌هایی از خداوند هستند (مهدی‌نژاد، زرغامی و سادات، ۱۳۹۴). در اعتقادات باستان خدایان و الهه‌ها نشانه‌هایی از طبیعت بوده‌اند، چنانچه میترا خدای نور، آناهیتا الهه آب و سرچشمه حیات و اهورامزدا همراه با تمام خلائق تقدس آتش را همراه داشت، همچنین امرتات بر گیاهان سلطنت می‌کرد و هروتات خدای سلامت و جاودانگی بود که آئیندو مکمل هم و منبع حیات بذرها بودند (خوانساری، مقتدر و باوری، ۱۳۹۴). بنابراین می‌توان گفت اهمیت به طبیعت سابقه‌ای طولانی و ریشه در ذات انسان دارد.

رابطه طبیعت، فضای سبز و انسان‌ها بگونه‌ای است که در بسیاری از کشورها هویت ملی شدن را با فضای سبز موجود در کشورشان مشخص کرده‌اند، چنانچه در تعریف طبیعت، طبیعت (Nature) از لغت ناتورا (Natura) به معنای تولد است که از آن لغت ملت (Nation) و هم وطن (Native) و مادرزادی (Innate) نیز گرفته شده است (مهدی‌نژاد، زرغامی و سادات، ۱۳۹۴). طبیعت و ملت نه تنها دارای ریشه لاتین یکسانی هستند بلکه تاریخچه مشترکی هم دارند و همواره یکی از آن‌ها در حال توضیح دیگری بوده است. فضاهای سبز تاثیر بر زیبایی شهرها دارند و با ایجاد خط آسمان سبز، نشانه شهری زنده و منظر طبیعی، وجود سطوح سخت ساختمانی را تعدیل می‌کنند. با توجه به تغییر گیاهان در فصول مختلف، سیمای شهرها در فصل‌های مختلف متنوع می‌شود. علاوه بر آن مردم از آنها به عنوان فضاهایی برای تفریح و استراحت استفاده می‌کنند. طبیعت و فضاهای سبز مکانی بسیار مهم برای افراد بازنشسته و سالمند هستند و تاثیر مهمی بر کم کردن استرس، خشم و کنترل فشار خون دارند که اکثر افراد این موارد را تجربه کرده‌اند. بر اساس تحقیقات، وجود فضاهای سبز در بیمارستان‌ها و مراکز درمانی اثر مهم و قابل ملاحظه‌ای بر درمان بیماران دارد (Perini, 2011). همچنین وجود طبیعت در مهدکودک‌ها و مراکز آموزشی بازده ذهنی و خلاقیت بچه‌ها در گروه‌های سنی مختلف را بالاتر برده است. لازم به ذکر است، نه تنها حضور در طبیعت بلکه دیدن و نگاه کردن به تصاویر و فیلم‌هایی از مناظر طبیعی، شنیدن اصواتی از طبیعت و یا داشتن هرگونه تجربه از آن موجب کاهش استرس، تنش و خستگی می‌شود (مهدی‌نژاد، زرغامی و سادات، ۱۳۹۴). وجود فضای سبز و نشانه‌هایی از طبیعت در محیط‌های شهری برای افراد بسیار جذاب‌تر است تا وجود آن‌ها در محیط‌های بکر طبیعی. با توجه به موارد ذکر شده الزام وجود فضاهای سبز در مناطق شهری یک مورد غیرقابل انکار است. اما مشکل بزرگ و قابل توجه ارزش زمین و نبود فضای باز شهری برای داشتن فضاهای سبز عمومی و پارک‌ها به میزان نیاز در شهرها است. حل این مشکل هماهنگی و همکاری نزدیک طراحان شهری و معماران را می‌طلبد. کمبود فضاهای سبز شهری می‌تواند با استفاده کردن از فضاهای غیرقابل استفاده ساختمانها جبران شود. یک ایده خوب استفاده کردن از بام بناها میباشد که به عنوان نمای پنجم از آن یاد می‌گردد.

۳- تعریف بام سبز

رشد هرگونه گیاه بر روی هر نوع بام از هر بنایی بام سبز^۲ نامیده میشود. بام‌های سبز به دو دسته کلی بام سبز متمرکز^۳ و بام سبز گسترده^۴ تقسیم میشوند (تصویر ۱) که این تقسیم بندی بر اساس مشخصات و ویژگی‌هایی مانند عمق خاک، نوع گیاهان کاشته شده، سیستم آبیاری و زهکشی، ظرفیت بار و قابلیت دسترسی آزاد افراد به بام می‌باشد (Binabid, 2010).

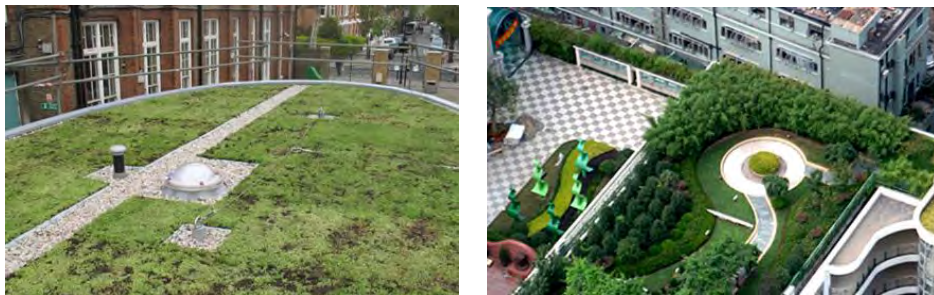
1 Transpiration

2 Evapotranspiration

3 Green Roof

4 Intensive Green Roof

5 Extensive Green Roof



شکل ۳- نمونه ای از یک بام سبز متمرکز (سمت راست) و یک بام سبز گسترده (سمت چپ)

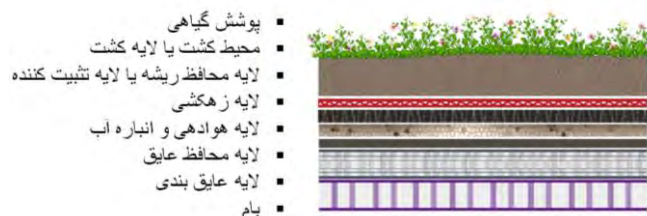
بام های سبز متمرکز یا سیستم های فعال^۱ که به آن ها باغ بام^۲ نیز می گویند، ضمن ایجاد خط آسمان سبز، نوعی نماد شهری زنده^۳ به حساب می آیند که علاوه بر سودهای محیط زیستی، از نظر بصری زیبا هستند. با توجه به عمق خاک آن ها (حدود ۴۰ سانتیمتر) گیاهان متنوعی می توانند بر آن ها رشد کنند، مانند درختچه ها و درخت های کوچک با ۱ الی ۵ متر ارتفاع. بنابراین نیاز به سیستم آبیاری منظم و زهکشی مناسب دارند که این امر بار اضافی زیادی به بنا وارد می کند و سازه مقاومی را می طلبد. پیچیدگی سیستم، نیاز به تجهیزات، رسیدگی و هزینه بالای آن از عوامل محدود کننده در استفاده از این نوع بام است. بامهای سبز متمرکز معمولاً دارای راه دسترسی برای بازدیدکنندگان هستند و در مناطقی که به علت تراکم بالای ساختمانی احداث پارکهای عمومی میسر نمی باشد این نوع بام به بالا رفتن سرانه سبز شهری کمک زیادی می کند. بام سبز بر روی پارکینگ شهرداری مرکزی اصفهان از نمونه های موفق باغ بام به حساب می آید. این بام سبز در نگاه اول بصورت یک پارک کوچک یا یک فضای سبز شهری دیده می شود زیرا همسطح معابر شهری بوده و نسبت به خیابان های اطراف اختلاف ارتفاع زیادی ندارد. این امر بهره بردن عموم از این فضا را راحت تر کرده و بسیاری افراد بدون اطلاع داشتن از ماهیت و ساختار این فضا از آن استفاده می کنند. نمونه دیگر، باغ فلاحت دزفول می باشد که بر روی یک پارکینگ طبقاتی (پارکینگ شریعتی) احداث شده است. این باغ که نام خود را از یکی از قدیمی ترین باغ های شهر دزفول گرفته است به یک فضای سبز جهت استفاده عموم تبدیل شده است.

نوع ساده بام سبز، بام سبز گسترده یا سیستم غیر فعال^۴ است. این نوع بام سبز که ساختار ابتدایی تر آن در معماری گذشتگان بسیار رایج بوده است، دارای عمق خاک کم و در حدود ۷ الی ۱۰ سانتیمتر می باشد. بنابراین تنوع گیاهی زیادی ندارد، گیاهان محدودی می توانند بر آن رشد کنند و برای گیاهان مقاوم به کم آبی مناسب است. این نوع بام سبز که برای بام تا شیب ۳۰ درجه جوابگو می باشد معمولاً بصورت طبیعی با نزولات جوی آبیاری میشود و نیاز به زهکشی پیچیده ندارد. توجه به اقلیم و انتخاب مناسب گیاه همساز با اقلیم از کلیدهای موفقیت این نوع بام سبز می باشد. از آنجاییکه بام سبز گسترده تکنیک پیشرفته ای لازم ندارد، برای پروژه های بازسازی مناسب است زیرا بار اضافی مختصری به بام تحمیل می کند و نیز هزینه های برپایی و نگهداری آن متعادل است. با توجه به اینکه این سیستم معمولاً قابل دسترس برای عموم نیست می توان گفت عمده سودهای آن، سودهای محیط زیستی می باشد. بام سبز گسترده مانند عایق عمل نموده و دمای فضای زیرین خود را تا حد قابل تاملی کاهش می دهد. همچنین با توجه به ویژگی گیاهان و نیز با جلوگیری از بازتاب کردن انرژی خورشید دمای هوای محیط اطراف را کاهش می دهد. امروزه استفاده از سیستم های سبز پیش ساخته بصورت مدولار بر بام ها بسیار رایج شده است. سیستم های مدولار دارای مزایایی هستند از جمله اینکه برپایی آن ها سریع و آسان انجام می گیرد. بدینصورت که گیاهان از قبل در مدول هایی گلدان مانند با اندازه و فرم های دلخواه در گلخانه ها رشد داده شده اند و زمان نصب در محل مورد نظر قرار می گیرند. بنابراین این سیستم ها لایه های بام را تحت تاثیر قرار نمی دهند و به زیرسازی خاصی احتیاج ندارند. آب اضافی گیاهان به راه آب بام هدایت و دفع می شود. نکته مهم آن است که سازه ساختمان باید قابلیت تحمل بار حاصل از مدول، خاک و گیاهان را داشته باشد. گرچه این سیستم ها از نظر ساختار بام جز بام های سبز به حساب نمی آیند اما با ایجاد خط آسمان سبز از نظر بصری زیبا بوده و نیز برای استفاده کنندگان از آن ها دارای سود های اجتماعی می باشند. همچنین با توجه به خصوصیت گیاهان، دارای سودهای محیط زیستی و اقتصادی فراوانی هستند.

- 1 Active Systems
- 2 Roof Garden
- 3 Bio Land Mark
- 4 Passive Systems

۳-۱- معرفی لایه های بام سبز

برای فراهم آوردن شرایط مساعد جهت برپایی و پایداری بام سبز توجه به لایه های بام از اهمیت بسیاری برخوردار است. نوع و ضخامت لایه ها با توجه به نوع بام سبز، نوع گیاه، مصالح و تکنولوژی مورد استفاده تا حدودی قابل تغییر است. حداقل لایه های مورد نیاز جهت برپایی یک بام سبز را میتوان به این ترتیب نام برد: پوشش گیاهی، محیط کشت یا لایه کشت، لایه محافظ ریشه یا لایه تثبیت کننده یا لایه زهکشی، لایه هوادهی و انباره آب، لایه محافظ عایق، لایه عایق بندی و عرصه بام (شکل ۴).



شکل ۴- ترتیب قرارگیری لایه‌های مختلف در یک بام سبز (منبع: نگارنده)

پوشش گیاهی به عنوان خارجی ترین لایه از لایه های بام سبز در ایجاد زیبایی بصری، کنترل شرایط اقلیمی و نیز پایداری و دوام آن نقش کلیدی ایفا می کند. مطالعه در مورد چگونگی رشد گیاهان، زندگی آنها و اینکه چگونه خود را با محیط وفق می دهند علم گیاه شناسی^۱ نام دارد. این علم مشخص می کند چه گیاهانی برای چه شرایط آب و هوایی مناسب می باشند، مخصوصا وقتی انتخاب گیاه برای محیط خارج از ساختمان صورت گیرد، زیرا شرایط داخل بنا قابل کنترل بوده و برای گیاهان داخل ساختمان تا حدی در تمام دنیا مشابه است و یا می توان شرایط مشابه را ایجاد کرد، بنابراین انتخاب گیاه برای آن آسان بوده و از تنوع گیاهی بیشتری می توان بهره برد. اما شرایط بیرون ساختمان متفاوت است و انتخاب گیاه باید با توجه به پایداری و مقاومت آن گیاه خاص نسبت به شرایط اقلیمی و آب و هوایی منطقه صورت گیرد. به عنوان مثال در شرایط آب و هوایی شهر اصفهان شیرخشت خزنه در سایه رشد می کند اما در آفتاب دوام بیشتری دارد، پتوس که گیاهی همیشه سبز است در سایه رشد می کند و افرازی ژاپنی، افرازی پا کوتاه، نخل بادبزی، رزماری و شاه پسند در سایه آفتاب رشد خوبی دارند (پاواپی، ۱۳۸۹). از آنجا که اکثر گیاهان تنها در شرایط مشخص می توانند پایداری کنند لذا در انتخاب پوشش گیاهی بام توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و نیز علم گیاه‌شناسی امری مهم و حیاتی است. همچنین در انتخاب نوع گیاه توجه به قابلیت های متفاوت گیاهان در کنترل گرما، کنترل صوت مزاحم، کنترل جهت باد و غیره اهمیت زیادی دارد.

در کاشت گیاه برای انواع بام سبز (گسترده یا متمرکز) علاوه بر رعایت موارد ذکر شده، توجه به عمق خاک، عمق نفوذ ریشه گیاه جهت رعایت ایمنی لایه های زیرین و جلوگیری از آسیب رسیدن به آن ها امر مهمی است. بنابر مطالعات پیشنهاد می شود در بام های سبز از گیاهان با ریشه افشان و سطحی استفاده شود تا سخت نبوده و به لایه های زیرین نفوذ نکند (پاواپی، ۱۳۸۹). در بام سبز گسترده با توجه به عمق خاک محدود و نوع آبیاری، استفاده از انواع گل ناز آ که گیاهی مقاوم به خشکی، کم آبی، گرما، سرما و وزش باد است انتخاب مناسبی می باشد (Forbes.2010). در بام سبز متمرکز که لایه کشت ضخیم تر می شود گیاهان متنوع تری می توانند رشد کنند مانند گیاهان همیشه سبز، بوته‌ها و یا درختچه های کوچک. در هر صورت گیاهی که انتخاب می شود باید با شرایط آب و هوایی منطقه، سازه بنا و دیگر شرایط سازگاری داشته باشد.

در زیر پوشش گیاهی محیط کشت یا لایه کشت آ قرار دارد که مکان یا مصالحی است تا مواد مغذی مورد نیاز گیاه فراهم شود و ریشه گیاهان در آن رشد کند (Binabid.2010). فراهم آوردن مواد مغذی، آب و هوای مورد نیاز برای ریشه، ایجاد شرایط جهت رشد بهینه ریشه ها از وظایف مهم محیط کشت است. خاک طبیعی و یا خاک سبک از نمونه های طبیعی، ساده و در دسترس برای محیط کشت هستند اما استفاده از آن پیشنهاد نمی شود زیرا به علت سنگین بودن بار زیادی به بام وارد میکنند و همچنین در اثر زمان دچار فرسایش می شوند و باید تعویض گردند که این امر هزینه زیادی را در پی دارد. استفاده از مواد غیرآلی و معدنی، مانند فوم، پرلیت، پشم معدنی و یا نمک می توانند جایگزین مناسبی باشند. در هر صورت لایه کشت مناسب میزان زیادی از آب باران را جذب می کند و مانع نفوذ آن به لایه های دیگر بام می شود. عمق آن مهم است و تاثیر زیادی در تعیین نوع گیاه دارد. در تعیین عمق محیط کشت توجه به نوع گیاه، میزان رشد، بار وارد به بنا و هزینه، فاکتورهای مهمی هستند که باید مورد نظر قرار بگیرند.

1 Botany
2 Sedum
3 Growing Media

لایه محافظ ریشه یا لایه تثبیت کننده^۱، وظیفه جدا کردن دو لایه محیط کشت و لایه زهکشی را دارد. محیط کشت محیطی است که ریشه ها در آن قرار دارند و این ریشه ها می توانند به لایه زهکشی آسیب برسانند بنابراین لایه محافظ ریشه این دو را از هم جدا می کند. انتخاب ضخامت آن بسیار مهم است و با توجه به نوع گیاه و شرایط متفاوت می باشد. این لایه گاهی به عنوان بخشی از لایه زهکشی است و گاهی به عنوان لایه ای مستقل و جدا قرار می گیرد.

لایه زهکشی^۲ آب اضافی که بوسیله گیاهان جذب نشده است را جمع آوری می کند و آنرا به شبکه دفع آب انتقال می دهد. این آب اضافی می تواند جمع آوری شود و بعد از تصفیه به عنوان آب خاکستری برای آبیاری فضای سبز، در فلاش تانک ها و دیگر فضاها مورد استفاده قرار بگیرد و از این طریق در مصرف آب ساختمان صرفه جویی شود.

برای جلوگیری از خرابی ساختار توسط رطوبت از لایه هوادهی و انباره آب^۳ استفاده می شود که از نفوذ و نشی آب جلوگیری می کند. برای ساخت آن از لایه های پلی وینیل کلراید (PVC) و یا پلی اتیلن سنگین (HDPE) استفاده می شود و همچنین میتوان از صفحات بهم پیچیده مسی استفاده کرد که البته مطلوب نظر طراحان نیست زیرا ماده فلزی ممکن است در سیستم آبی شسته شود. در زیر این لایه، لایه محافظ عایق قرار می گیرد که با توجه به نوع طراحی و متغیرهای دیگر می تواند بالای لایه عایق بندی و یا در زیر آن قرار بگیرد. در هر حال باید هم سبک باشد و هم از نظر ساختاری قوی و بی عیب باشد تا بر اثر وزن مصالح و افراد روی بام فشرده و شکسته نشود. لایه عایق بندی بسیار با اهمیت است. میتوان گفت مجموعه بام سبز وقتی موفق است که لایه عایق بندی آن بام را ۱۰۰ درصد ضد آب کند. نصب آن باید با دقت بالا انجام شود زیرا در صورت بروز مشکل، یافتن نشی دشوار است و همچنین هزینه تعمیر و بازسازی آن نیز زیاد است. مصالح مورد استفاده برای عایق بندی متفاوت است که باید با توجه به شرایط انتخاب شود.

پایین ترین لایه از لایه های بام سبز، عرصه بام است که بخش سازه ای بنا هم می باشد. بام میتواند از مصالحی مانند بتن، چوب، فلز، پلاستیک و یا ترکیبی از آن ها باشد. برای بام سبز معمولاً جنس بام از بتن مسلح، بتن پیش ساخته و همچنین ترکیبی از بتن و فلز است (Forbes, 2010). صرفنظر از مصالح بکار رفته، بام باید برای تحمل بارها مقاومت کافی را داشته باشد.

۳-۲- مطالعات بام سبز

گرچه استفاده از گیاه و فضاهای سبز بر بام ساختمانها سابقه ای طولانی دارد و در بسیاری کشورها امری رایج و مورد استفاده است اما در کشور ایران به عنوان یک ایده فانتزی در کتاب ها و یا در طرح های دانشجویی جا مانده است و استفاده از آن بطور گسترده و اجرایی رایج نیست و تنها نمونه هایی محدود و تزیینی از آن را بر بام ساختمان های لوکس می توان مشاهده کرد. آنچه مسلم است عدم آگاهی کافی افراد از مزایای استفاده از بام سبز یکی از مهم ترین علت های مهجور ماندن این ایده قوی می باشد. در کشورهای مختلف برای ارزیابی کارایی بام های سبز آزمایش های گوناگونی انجام گرفته و نتایج آزمایش ها میزان سودمندی و کارایی بام های سبز در منطقه و اقلیم خاص را نشان می دهد.

تاکاگورا^۴ در توکیو چهار اتاقک آزمایشی یکسان برپا کرد که تنها تفاوت آن ها در پوشش بام بود (Takakura, 2000). در بام یکی از اتاقک ها پوشش بتن، دیگری خاک، دیگری خاک و چمن و دیگری چمن و گیاه پیچک داشت. نتایج نشان داد در فصل تابستان، در زمانی که دمای اتاقک با سقف بتنی ۴۰ درجه سانتیگراد بود دمای اتاقک با پوشش خاک و پیچک تنها ۲۴ درجه سانتیگراد ثبت شده است. در مقایسه با حالت وجود خاک بدون گیاه، وجود گیاه بخاطر خاصیت تبخیر دمای اتاق را خنک تر می کرد. آزمایش مقایسه ای دیگری در بخش های خشک و نیمه خشک کالیفرنیا، امریکا، بر روی ۲ اتاقک آزمایش یکسان، یکی دارای بام سبز و دیگری فاقد آن، نشان داد در طول روز دمای داخلی اتاقک دارای بام سبز حدود ۵ درجه سانتیگراد پایین تر از اتاق با بام معمولی و بدون پوشش سبز بود، اما در طول شب این دو دمای یکسانی داشتند (Figuroa, 2008). این امر گویای آن است که در این اقلیم برای بناهای دارای بام سبز توجه به تهویه شبانه اهمیت زیادی دارد.

علاوه بر مطالعات انجام شده بر اتاقک های آزمایش، بررسی حرارتی بر روی بام های سبز اجرا شده بر روی ساختمان های واقعی نتایج قابل توجهی را ارائه می دهند. در سنگاپور یک ساختمان تجاری با ارتفاع متوسط که با بام سبز متمرکز (باغ بام) پوشیده شده است مورد بررسی قرار گرفت (Wong, 2003). مقایسه حرارتی قسمت های پوشیده شده از گیاه و قسمت های در معرض تابش نشان میدهد در طول روز با تابش مستقیم آفتاب سطح سخت بام دمای ۵۷ درجه سانتیگراد را دارد و نوسان دما روی این سطح ۳۰ درجه سانتیگراد می باشد در حالیکه دمای سطح خاک بدون گیاه ۴۲ درجه سانتیگراد است و نوسان آن ۲۰ درجه سانتیگراد. با توجه به گونه متفاوت گیاهان دمای سطح بام در زیر سایه هر کدام از گیاهان با خواص و ویژگیهای مختلف، متفاوت

- 1 Root Permeable Filter
- 2 Drainage Layer
- 3 Root Barrier Layer
- 4 Takakura

است اما دمای حداکثر در زیر همه گونه گیاهی بالاتر از ۳۶ درجه سانتیگراد نمی رسد. دمای سطح بام تاثیر بسیار زیادی در دمای داخل ساختمان دارد و کاهش دمای سطح بام رابطه مستقیم با کاهش دمای فضای داخلی دارد بنابراین استفاده از بام سبز در کاهش دمای داخلی تاثیر چشمگیری می گذارد (Wong, 2003). در تحقیقی دیگر در سنگاپور، تاثیر حرارتی بام سبز گسترده برای یک پارکینگ چند طبقه مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است بام سبز ۱۸ درجه سانتیگراد دمای کمتری از سطح بام بدون پوشش گیاهی دارد (Wong, 2007).

در مالزی یک ساختمان مسکونی ۱۰ طبقه با بکار بردن گلدان هایی بر روی بام و ایجاد بام سبز نشان داده است که پوشش بام با گلدان های سبز حدود ۱۱ الی ۱۹ درجه سانتیگراد دمای سطح بام را کاهش میدهد. بر اساس اندازه گیری ها خاک مرطوب ۲۲ درجه سانتیگراد خنک تر از سطح بام سخت بوده است که به موجب آن در طول روز و همزمان با تابش مستقیم خورشید، بام سبز ۴-۵ درجه سانتیگراد دمای داخلی را کاهش میدهد (Ahmed&Rashid, 2009). مطالعه ای با روش مشابه اما در بنگلادش در شهر داکا^۱ با آب و هوای گرم و مرطوب نشان میدهد بام سبز دمای هوای داخل را ۴/۵ درجه سانتیگراد کاهش میدهد. (Rashid & Hamdan, 2010).

در ایران پژوهشی در مرکز تحقیقات بتن و ساختمان دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، در شرایط آزمایشگاهی انجام گرفت که بر اساس آن سه نمونه بام - بام معمولی، بام سبز و بام سبز با لایه فایبرگلاس - مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد بام سبز نسبت به بام معمولی ۵۰ درصد انتقال حرارت را کاهش میدهد و نیز استفاده از لایه فایبرگلاس نسبت به بام سبز ۴۰ درصد بهینه سازی شده است (محمودی، پاکاری و بهرامی، ۱۳۹۱). در تحقیقی دیگر با این فرض که در مناطق مختلف دنیا با اقلیم های مشابه، تعاریف یکسانی از اجزای ساختمان وجود دارد و تفاوت در برخورد با این اجزا بدلیل تفاوت های فرهنگی است به بررسی روند تکامل بام های سبز در استان مازندران که در گذشته بصورت استفاده از علوفه های طبیعی بوده و تکامل آن بصورت بام های سبز سفالی می باشد پرداخته شده است (ولی نژاد شوبی، ۱۳۹۲). همچنین، در پژوهشی در شهر اهواز، به امکان سنجی برپایی بام سبز در محله امانیه اهواز و تاثیر آن بر خرداقلیم پرداخته شد (لطفی، ۱۳۹۲). نتایج نشان داد گسترش بام و نمای سبز در جلوگیری از انتشار گردوخاک، آلاینده ها و نیز کنترل دمای هوا نقش بسیار موثری دارد. در تلاشی مشابه مرادی (۱۳۹۲) به امکان سنجی افزایش سرانه فضای سبز شهر بندرعباس با استفاده از بام سبز پرداخته است.

گرچه در ایران در سال های اخیر مطالعات ارزشمندی انجام شده است اما هم از نظر تعداد و هم از نظر متغیرهای مورد بررسی کافی نیستند و باید جنبه های مختلف بام های سبز با توجه به شرایط اقلیمی و اقتصادی ایران مورد بررسی قرار بگیرند. بواسطه مطالعات علمی نه تنها میزان سوددهی بام های سبز مشخص می شود بلکه راهکارهای جدید جهت ارتقا دادن کیفیت این بام ها مورد بررسی قرار می گیرد. به عنوان پیشنهاد محققان می توانند به بررسی مصالح گوناگون جهت استفاده در لایه های بام سبز بپردازند تا بتوان راهکارهایی عملی برای بازده بیشتر و ارتقا کارایی این نوع بام ارائه داد. همچنین بتوان با جایگزین کردن مصالح سبک تر بار اضافی تحمیل شده به سازه ساختمان را کاهش داد. با توجه به مشکل کمبود آب در کشور، بررسی شیوه های مناسب آبیاری بام های سبز نیز می تواند مورد قابل توجهی باشد. در اقلیم های مرطوب ارائه راهکارهایی جهت تهیه بام سبز می تواند با تعدیل کردن رطوبت حاصل از گیاهان بهره بردن از بام های سبز در این اقلیم را ارتقا بخشد.

۴- جمع بندی

بام های سبز با بکاربردن گیاه بر بام ساختمان ها و در پی داشتن سودهای محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی برای کاهش برخی مشکلات شهرها کمک بزرگی هستند. آن ها یک عامل مفید برای کم کردن حرارت سطح بام و کم کردن دمای داخل ساختمان می باشند که نتیجه حاصل از آن صرفه جویی در مصرف انرژی برای خنک سازی بنا می باشد. عوامل متفاوتی در میزان کارایی و بازدهی بام سبز نقش دارند مانند انتخاب صحیح نوع گیاه، نوع عایقکاری ساختمان، میزان تهویه و مسائلی از این دست که با توجه به شرایط و اهداف برپایی بام سبز باید مورد ارزیابی قرار بگیرند. ممکن است یکی از عوامل مهمی که در رونق نداشتن بام سبز در ایران و عدم تمایل سازندگان و یا مالکان ساختمانی برای برپایی آن بتوان نام برد مشکل کم آبی کشور و نگرانی افراد برای آبیاری بام سبز باشد. همچنین نگرانی افراد از آسیب دیدن ساختمان و کوتاه شدن عمر مفید بنا به علت آسیب های ناشی از نفوذ آب می تواند عامل قابل توجهی باشد. با طراحی و انتخاب زیرسازی های مناسب برای بام سبز نه تنها آسیبی به ساختمان وارد نخواهد شد بلکه به علت محافظت شدن بام در برابر تابش مستقیم خورشید، طول عمر مفید ساختمان بیشتر خواهد شد. همچنین میتوان آب حاصل از زهکشی بام را ذخیره کرده و مجددا استفاده کرد. استفاده از آب های خاکستری ساختمان راه حل مناسب و به صرفه ای برای حل مشکل کم آبی می باشد. تشویق شدن طراحان، سازندگان و مالکان ساختمان برای برپایی و استفاده از بام سبز نیازمند آگاهی داشتن افراد از سودها و مزایای این بام هاست. رسانه های ملی نقش مهمی در این امر دارند. همچنین دولت و

دستگاه های مرتبط باید با حمایت های مختلف بویژه حمایت مالی امکان برپایی و نصب هرچه بیشتر بام های سبز در سطح کشور را فراهم کنند.

منابع

1. ایران نژادی پاریزی. محمد حسین، تجملیان. مهدیه، بوستان ها و فضاهای سبز شهری، مرکز انتشارات دانشگاه یزد- چاپ اول ۱۳۹۰
2. پاوایی. محمد، مطالعه ای در باره ی بام سبز در اصفهان، ماهنامه فنی - تخصصی دانش نما، سال نوزدهم، شماره ۱۸۱- ۱۸۲، خرداد - تیر ۱۳۸۹
3. رستم خانی. پروانه، لقایی. حسینعلی، اصول طراحی فضای سبز در محیط های مسکونی، ناشر: تهران : مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ اول ۱۳۸۳
4. خوانساری. مهدی، مقتدر. محمدرضا، یآوری. مینوش، باغ ایرانی بازتابی از بهشت، نشر پژوهشگاه میراث فرهنگی، چاپ اول ۱۳۹۴
5. لطفی. کورش، برنا. رضا، عذاراصل. آمنه، بررسی بام سبز بر میکروکلیمای شهر (مطالعه موردی شرق محله امانیه ی اهواز)، اولین همایش ملی معماری، مرمت، شهرسازی و محیط زیست پایدار، همدان، انجمن ارزیابان محیط زیست هگمتانه، ۱۳۹۲
6. محمودی. مهناز ، پاکاری. ندا ، بهرامی. حسن، ارزیابی چگونگی تاثیرگذاری بام سبز در کاهش دمای محیط، فصلنامه علمی پژوهشی باغ نظر، شماره بیستم، سال نهم، بهار ۱۳۹۱
7. مرادی. عباس، محمدی غفاری. پریسا، امکان سنجی افزایش سرانه فضای سبز شهر بندرعباس با استفاده از روش بام سبز (Green Roof)، سومین همایش ملی سلامت، محیط زیست و توسعه پایدار، بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس، ۱۳۹۲
8. مهدی نژاد. جمال الدین، ضرغامی. اسماعیل، سادات. سیده اشرف، رابطه انسان و طبیعت در باغ ایرانی از منظر معماری اسلامی، فصلنامه علمی پژوهشی نقش جهان- شماره ۱-۵. بهار ۱۳۹۴
9. ولی نژاد شوبی. مسعود، تیزقلم زنوی. سعید، بام سبز، الگویی از معماری بام های سنتی مازندران، اولین کنفرانس معماری و فضاهای شهری پایدار، مشهد، گروه پژوهش های کاربردی پرمان، ۱۳۹۲
10. Ahmed, M. H. B. and Rashid, R. (2009). Thermal Performance of Rooftop Greenery system in Tropical Climate of Malaysia. Conference On Technology & Sustainability in the Built Environment 391-408.
11. Annie M.Hunter, Nicholas S.G.Williams, John P.Rayner, LuAye, DominiqueHes, Stephen J.Livesley, Quantifying the thermal performance of green facades: A critical review, Journal of Ecological Engineering, Vol 63, 102-113, 2014
12. Amir, A. et al. (2011). The Most Effective Malaysian Legume Plants as Biofacade for Building Wall Application. Journal of Sustainable Development 4 (1), 103.
13. Arnold, J. (2011). Using green roofs to mitigate the effects of solar energy on an unconditioned building in the southern United States. M.L.A. Mississippi State University.
14. Binabid, J. (2010). Vertical Garden: The study of vertical gardens and their benefits for low-rise buildings in moderate and hot climates. M.B.S. University of Southern California.
15. Bonan, G. B. (2002). Ecological climatology: concepts and applications. Cambridge Univ Pr.
16. Figueroa, M. (2008). Green roof performance in Los Angeles, California. M.B.S. University of Southern California.
17. Forbes, D. (2010). An analysis of municipal tools for promoting green roof technology into dense urban development. M.A. Tufts University.
18. Peck, S. W. (1999). Greenbacks from green roofs: forging a new industry in Canada. Canada Mortgage and Housing Corporation.
19. Perini, K. and Ottel , M. and Haas, E. and Raiteri, R. (2011). Greening the building envelope, façade greening and living wall systems. Open Journal of Ecology. 1 (1), 1-8.
20. Rashid, R. et al. (2010). Financial and Environmental Benefit of Pot Plants' Green Roof in Residential Building in Bangladesh. World 2 (2), 45-50.

21. Shiah, K. et al. (2011). An Investigation into the Application of Vertical Garden at the New SUB Atrium. The University of British Columbia
22. Taib, N. et al. (2010). An Assessment of Thermal Comfort and Users' Perceptions of Landscape Gardens in a High-Rise Office Building. *Journal of Sustainable Development* 3 (4), 153.
23. Takakura, T. et al. (2000). Cooling effect of greenery cover over a building. *Energy and Buildings* 31 (1), 1-6.
24. Wong, N. H. et al. (2003). Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Building and Environment* 38 (2), 261-270.
25. Wong, N. H. et al. (2007). Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate, *Building and Environment* 42, 25-54

