

تبیین مولفه‌های تأثیرگذار و شناخت ویژگی‌های گیاهان برای معماران به منظور طراحی الگوی کاشت مناسب بام سبز در اقلیم گرم و خشک (تهران)

آناهیتا عبد شریف آبادی*: دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران.
ketabdoost@yahoo.com

نیلوفر نیک قدم: دکتری معماری، عضو هیئت علمی دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران.
N_nikghadam@azad.ac.ir

چکیده

بام سبز، تا کنون به عنوان یکی از عناصر مهم معماری به شمار رفته است، حال آنکه این مقوله از نظر معماران دور مانده است و پژوهش‌های اندکی بر روی پوشش گیاهی مناسب برای بام سبز انجام شده است. خداوند در قرآن کریم در آیه ۶۱ سوره هود فرموده اند: "هو انشاءکم من الارض و استعمرکم فیها" (او شما را از زمین انشاء کرد پس آباد کنید آن را) در حالی که انسان‌ها آنگونه که شایسته بوده است، به محیط زیست احترام نگذاشته اند و نسبت به زمین توجه کافی نداشته‌اند که امروزه عواقب ناشی از آن متوجه خودشان شده است. اگر چه تا به امروز کاشت هر گیاهی را روی بام امکان پذیر بوده است، اما طراحی فضای سبز روی بام با محدودیت‌هایی از جمله محدودیت‌های اقلیمی، طراحی سازه‌ای، هزینه نگهداری، تصورات طراح بام سبز مواجه بوده و از سوی دیگر سبک بودن سازه‌ی بام حائز اهمیت است. تاکنون گیاهانی عملکرد مناسبتری در بام سبز داشته‌اند که در خاک کم عمق و با مراقبت‌های کم رشد کرده‌اند. لذا هدف از پژوهش حاضر تبیین مولفه‌های اثر گذار به منظور طراحی الگوی کاشت بهینه جهت بام سبز در اقلیم گرم و خشک تهران بوده است. این پژوهش دارای ماهیت کاربردی و با رویکرد تفسیرگرایی و با روش توصیفی-تبیینی به معرفی گونه‌های گیاهی مناسب تهران پرداخته است. از مطالعات انجام شده این نتیجه حاصل شده است که گیاهانی مناسب بام سبز هستند که علاوه بر آنکه نیاز به رسیدگی و آبیاری کمتری داشته‌اند، دارای ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی متنوع بوده‌اند. این عوامل باعث پایداری و تاب‌آوری بیشتر بام سبز شده است. گونه‌های مثمر نیز به عنوان گونه‌های محدودکننده به شمار رفته اند که از نظر اولویت‌بندی، هم‌نشینی‌شان با سایر گیاهان بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی: بام سبز، پوشش گیاهی بام سبز، منظر شهر تهران، فضای سبز، تاب‌آوری شهر.

۱- مقدمه

بام سبز یکی از عناصر موثر در طراحی به شمار می‌رود، چنانچه در کشورهای توسعه یافته به اهمیت بام سبز پی برده‌اند و قوانینی را به این منظور ایجاد کرده‌اند. به عنوان مثال در آلمان به طور تخمینی ۱۰ درصد از خانه‌ها دارای بام سبز هستند. در شهر توکیو بام قابل استفاده ساختمان جدید با مترائ بیش از ۱۰۰۰ متر مربع باید ۲۰ درصد فضای سبز داشته باشد. در شمال آمریکا در شهرهایی مثل شیکاگو احداث ساختمان‌های جدید مستلزم داشتن بام سبز یا بام فتوولتائیک است. در ونکوور نیز افزایش جمعیت باعث برهم خوردن تعادل مصرف انرژی و افزایش فاضلاب شده است که تکنولوژی بام سبز را به این منظور به کار برده‌اند (صفوی، ۱۳۹۲). در کشور ایران نیز قوانینی به این منظور در سال ۱۳۸۷ تصویب شد، با وجود مصوبه یکصد و دهمین جلسه رسمی-علنی و فوق العاده‌ی شورای محترم شهر تهران در تاریخ ۱۳۸۷/۴/۴ مبنی بر "تعیین بهای خدمات تشویقی و شاخص‌های اقتصادی جلب شهروندان در ایجاد و توسعه‌ی فضای سبز بر بدنه و فضاهای بلا استفاده در شهر تهران" توسعه‌ی این نوع فضاها همچنان با مشکلاتی در جمله مشکلات اقتصادی و عدم تخصیص بودجه، نبود طرح‌های تشویقی مناسب جهت جلب شهروندان برای اجرای فضاهای سبز عمودی بر بناها به صورت راکد باقی مانده است (مقبل و همکاران، ۱۳۹۶) بنابراین لزوم اینکه روی بام سبز در فضای شهری تاکید شود امری غیر قابل انکار است.

اقلیم ایران شامل چهار گروه اقلیم معتدل و مرطوب (سواحل دریای خزر)، اقلیم سرد (کوهستان‌های غربی)، اقلیم گرم و خشک (فلات مرکزی)، اقلیم گرم (سواحل جنوبی ایران) است و تهران اقلیم گرم و خشک دارد (مولایی و همکاران، ۱۳۹۷). در اجرای بام سبز در شهر تهران مشکلاتی وجود دارد از جمله سطحی‌نگری به مفهوم نمای پنجم، که منجر به اجرای نمادین بام سبز در تهران است. در حالیکه بام سبز در اروپا به عنوان نمای پنجم و فرصتی برای تزئین نمای شهر کاربرد دارد. از سویی اجرای بام و تمرکز بام در مناطق شمالی تهران است و این مسئله به تجاری‌انگاشته شدن بام سبز در کشور برمی‌گردد. در حالیکه با توجه به اهداف اصلی بام سبز و تمرکز ساختمان‌ها این اجرا باید بیشتر در مناطق مرکزی و جنوبی شهر تهران باشد. یکی دیگر از مباحث مهم و بحث برانگیز این است که اجرا و طراحی بام سبز تلاش بر بازگشت به پنج اصل پیرنیاست. معماران و کاربران با درک این خلاء تلاش بر پر کردن این خلا در عنصر نوظهور بام سبز را دارند و شکافی میان معماری گذشته‌ی ایران و عصر حاضر دیده می‌شود. (رضایی و پورزرگر، ۱۳۹۹) فاصله‌ی میان اجرای بام سبز و هدف غایی لازم است از میان برداشته شود. اگرچه هر گیاهی می‌تواند روی بام کاشته شود، اما طراحی فضای سبز روی بام با محدودیت‌هایی از جمله محدودیت‌های اقلیمی، طراحی سازه‌ای، هزینه نگهداری، تصورات طراح بام سبز و از سوی دیگر سبک بودن سازه‌ی بام مواجه است و شامل گیاهانی است که در خاک کم‌عمق و با مراقبت‌های کم رشد کنند. (رضویان و همکاران، ۱۳۸۹) در پروژه‌ی بام سبز منطقه ۹ تهران که در مقاله (رضویان و همکاران، ۱۳۸۹) آورده شده است، گونه‌های گیاهی به کار رفته تویا آمریکایی، لارسون پیچ، ژونی پروس ایستاده، ابلق، تاکسوس، یاس هلندی پیوندی، کف نیوزیلندی، رز ساناز و گیاهان پوششی مانند لیوماکیا، سدوم کاجی، شیدر زینتی هستند اما بررسی‌های لازم پیش از کاشت گونه‌ها انجام نشده است. بنابر این انتخاب گونه‌های مناسب می‌تواند بسیار تعیین کننده باشد در حالیکه که به نظر می‌رسد، معماران از ضرورت انتخاب گونه‌های گیاهی غافل هستند. تا کنون پژوهشی در ارتباط با گونه‌های گیاهی بام سبز در معماری انجام نشده است و این باعث می‌شود که معماران در طراحی‌ها با مسائل و مشکلاتی چون هزینه بر بودن طرح‌ها و نزدیک نبودن طرح‌ها با نیازها و دنیای واقعی مواجه گردند. انتخاب گونه‌های نامناسب علاوه بر هزینه‌های جبران ناپذیر در طرح، باعث کاهش بازدهی بام سبز، کاهش زیبایی‌های محیطی و در نهایت به ناکارآمدی طراحی معماری می‌انجامد. بنابر این انجام این پژوهش نه تنها امری لازم بلکه ضروری است.

هدف از این پژوهش تبیین مولفه‌های موثر بر بام سبز در اقلیم گرم و خشک تهران است. بنابراین پژوهش حاضر دارای دو سوال اصلی است؛ پرسش اول: چه مولفه‌هایی در انتخاب گونه‌ی گیاهی مناسب بام سبز تاثیر گذارند؟ پرسش دوم: کدام پوشش گیاهی برای بام سبز در تهران مناسب‌تر است؟

۲- پیشینه پژوهش

اولین نمونه‌ی بام سبز ریشه در باغ‌های معلق بابل ۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح دارد. ساختار بام سبز به تدریج دچار تغییر و تحول و پیشرفت شد تا اینکه امروزه به صورت یک نظام سبک وزن مهندسی در آمده که سودمندی‌های بوم شناختی (اکولوژیکی) و جنبه‌های زیبایی فراوانی دارد (نادری و همکاران، ۱۳۹۶). با این قدمت طولانی مقالات متعددی در ارتباط با بام سبز انجام شده است که آن‌ها را می‌توان به شاخه‌های مختلف طبقه بندی کرد. آنچه در این پژوهش حائز اهمیت است پژوهش‌هایی است که به بحث های گیاهان پرداخته باشد. که در میان پژوهش‌ها، کمتر پژوهشی وجود دارد که به بحث میان رشته‌ای پوشش گیاهی بام سبز برای طراحی پرداخته باشد. با جستجوی کلید واژه‌ی بام سبز تعداد محدودی مقاله در این ارتباط در پایگاه‌های فارسی معتبر وجود داشت که این عدد به این معناست که بام سبز مقوله‌ای است که همچنان نو است و برای پژوهش لازم است. در جدول زیر مقالات موجود در این زمینه آورده شده است و پس از آن مقالات مورد مطالعه به جمع بندی می‌رسند. در ادامه در جدول ۱، پیشینه‌ی پژوهش و مقالات مرتبط به حوزه‌ی بام سبز در زمینه‌های مختلف روانشناسی محیط، ساخت و معماری، معماری منظر، انرژی معماری، شهرسازی و علوم باغبانی طبقه بندی خواهد شد.

جدول ۱- پیشینه‌ی پژوهش و مقالات مرتبط به حوزه‌ی بام سبز جمع بندی نگارندگان از (رضویان و همکاران، ۱۳۸۹) و (GSA, 2011)

(Kelly, 2006) و (Tolderlund & Drainage, 2010) و (محمودی و همکاران، ۱۳۹۱) و (مولایی و همکاران، ۱۳۹۷) و (مقبل و همکاران، ۱۳۹۶) و (زرگریان و همکاران، ۱۳۹۱). (Raji et al, 2015) و (رضایی و پورزرگر، ۱۳۹۹) و (صفوی، ۱۳۹۲) و (اعظم رحمتی و همکاران، ۱۳۹۳) و (نادری و همکاران، ۱۳۹۶) و (کریمیان، ۱۳۹۵) و (مصدیقی، ۱۳۹۳)

حوزه	زمینه‌ی پژوهش	حوزه‌ی مورد بررسی در مقالات	نویسندگان
3 9	روانشناسی محیط	(اثرات بام سبز بر آرامش شهر)، (مزایا و معایب بام سبز در ساختمان‌های تجاری)	(رضویان و همکاران، ۱۳۸۹)، (GSA, 2011)
	ساخت و معماری	(نگهداری و احداث بام سبز) (نگهداری بام سبز برای مناطق خشک و نیمه خشک)	(Kelly, 2006) و (Tolderlund & Drainage, 2010)
	معماری منظر	در این زمینه مقاله‌ای موجود نبود	پژوهشگری در این زمینه کار نکرده بود.
انرژی معماری	(تاثیر بام سبز در کاهش دمای محیط) (ارزبایی بام سبز از نظر انرژی در شهرهای تبریز، رامسر و بندرعباس) (اثر بام سبز بر دما، رطوبت و دی اکسید کربن تهران)، (ویژگی‌های گیاهان پوششی بام سبز)، (اثرات بام سبز از نظر انرژی)	(محمودی و همکاران، ۱۳۹۱) و (مولایی و همکاران، ۱۳۹۷) و (مقبل و همکاران، ۱۳۹۶) و (زرگریان و همکاران، ۱۳۹۱) و (Raji et al, 2015)	

شهرسازی	راهکارهای حداقل رساندن محدودیت‌های بام سبز در شهر تهران، (نقش بام سبز از منظر پدافند غیر عامل)، (استراتژی‌های مناسب برای توسعه بام سبز	(رضایی و پورزرگر، ۱۳۹۹) و (صفوی، ۱۳۹۲)، (اعظم رحمتی و همکاران، ۱۳۹۳)
باغبانی	(گونه‌های مناسب بام سبز گسترده در شرایط خشکی گیاهان چمن یال آسبی، کارپروتوس و فرانکنیا)، (اثرات زیست محیطی بام سبز گسترده و فشرده در شهر یزد)، (بوم شناسی گیاهی)	(نادری و همکاران، ۱۳۹۶)، (کریمیان، ۱۳۹۵)، (مصدقی، ۱۳۹۳)

با توجه به پژوهش‌های بررسی شده لازم است تمهیداتی در جهت پیش برد پژوهش‌های پیشین اندیشیده شود. جای خالی پژوهشی که در ارتباط با انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب برای بام سبز باشد، محسوس است. پژوهش پیش رو به منظور پر کردن این خلأ انجام شده است. همانگونه که مشهود است پژوهشی در ارتباط با معماری منظر در این میان خالی است.

۳- مبانی نظری

برای درک صحیح از واژه‌ها و درک درست پژوهش‌های پیشین نیاز بود تا تعریف واژه‌های مهم در ارتباط با بام سبز به طور واضح آورده شود که به آن‌ها در ادامه پرداخته خواهد شد. استفاده از بام سبز با وجود مشکلات به کارگیری و ساخت آن از جهت زیادی مقرون به صرفه است و می‌تواند جایگزین خوبی برای پارک‌های شهری باشد و می‌توان بخش عمده‌ای از خاک از دست رفته توسط ساخت و ساز را با استفاده از بام سبز جبران نمود. (اعظم رحمتی و همکاران، ۱۳۹۳) در ادامه به معرفی واژگان مهم در بام سبز پرداخته خواهد شد.

۳-۱- انواع بام سبز

بام سبز زیستگاهی برای پرندگان، حشرات، گیاهان و سایر موجودات است. اگر هدف بهبود باشد باید برای بام سبز و پوشش گیاهی آن برنامه ریزی‌هایی صورت پذیرد. برای جذب پرندگان گونه‌هایی که سبز و گسترده‌اند مانند خزه، علف‌ها و گیاهانی که پرندگان به عنوان زیستگاهشان ترجیح می‌دهند. در ادامه انواع بام‌های سبز گسترده، متراکم و نیمه متراکم معرفی خواهند شد. بام سبز متراکم برای مکان‌های عمومی طراحی می‌شود و شامل درختان، درختچه‌ها و بوته‌ها و شبیه محوطه سازی در سطح زمین است.

۳-۱-۱- بام سبز متراکم^۱

این بام‌ها دارای عمق ۱۵۰ الی ۴۰۰ میلی‌متر هستند. همچنین به تعمیر و نگهداری بالایی نیازمندند. وزن معمولی بام سبز متراکم بین ۱۸۰ الی ۵۰۰ کیلوگرم بر متر مربع است. به دلیل وزن بالای این بام‌ها، طراحی سازه‌ی بام اهمیت زیادی دارد و پرهزینه است (محمودی و همکاران، ۱۳۹۱). در اقلیم گرم و خشک سامانه‌های فشرده و عمیق تر به دلیل ظرفیت نگهداری آب بیشتر و افزایش دوره‌ی مرطوب بودن خاک پس از بارندگی و رطوبت عملکرد بهتری نشان می‌دهند (کریمیان، ۱۳۹۵). با توجه به اینکه بام سبز متراکم دارای حداقل ۲۰ سانتی‌متر محیط کشت است (نادری و همکاران، ۱۳۹۶). به دلیل عمق زیاد کاشت، گیاهان علفی، چمن‌ها، بوته‌ها و درختچه‌ها برای این نوع بام توصیه می‌گردد (مولایی و همکاران، ۱۳۹۷). بام سبز متراکم از محدودیت کاشت کمتری برخوردار است اما به دلیل وزن بالای بام بر روی سازه دارای محدودیت‌های سازه‌ای است.

۳-۱-۲- بام سبز گسترده^۲

بستر بام سبز گسترده معمولاً بین ۶۰ الی ۲۰۰ میلی‌متر است. نیاز به نگهداری این بام‌ها کم است و آبیاری آن‌ها بسته به نوع آب و هوا ناچیز است. وزن معمولی بام سبز گسترده بین ۶۰ الی ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و برای سطوح بزرگ مناسب است (محمودی و همکاران، ۱۳۹۱). دارای عمق کشت بین ۲ تا ۲۰ سانتی‌متر است، لذا گیاهان این نظام باید ریشه‌ای کم عمق و مقاوم به خشکی ناشی از بستر کم عمق داشته باشد. زمان نگهداری نیز در این نظام مهم است. لازم است گیاهی که کشت می‌شود زیبایی بصری نیز داشته باشد (نادری و همکاران، ۱۳۹۶). گیاهان مناسب برای بام سبز گسترده گیاهانی هستند که توانایی مقاومت در برابر شرایط خشکسالی، تاب آوری در حداقل مواد مغذی، پوشش خوب زمین، نیاز به نگهداری کمتر، تکثیر سریع، ریشه‌های کوتاه و نرم را داشته باشند (Vijayaraghavan, 2016). مطالعات نشان داده است که سدوم‌ها گونه‌های مناسب و مقاومی هستند چرا که حتی بعد از چهار ماه بدون آب در شرایط بام سبز زنده می‌مانند (Terri et al, 1986). با توجه به عمق کم و محدودیت در گسترش ریشه، نوع پوشش گیاهی سدوم‌ها، خزه‌ها، گیاهان علفی، چمن‌ها توصیه می‌گردند (مولایی و همکاران، ۱۳۹۷). به طور کلی بام سبز گسترده شامل: سیستم‌های مدولار (محیط رشد و پوشش گیاهی در مدول‌ها یا سینی‌ها)، سیستم‌های مدولار (رول‌های محیط رشد و پوشش گیاهی) و سیستم‌های نرم (متفاوت اعماق رشد متوسط در لایه‌های سنتی از بام سبز) است. این بام فقط برای تعمیر و نگهداری در دسترس است و روزانه استفاده‌ای ندارد (Drainage & Tolderlund, 2010).

۳-۱-۳- بام سبز نیمه متراکم^۳

بین بام سبز گسترده و متراکم است. این بام‌ها دارای لایه‌های زهکشی، خاک و گیاه عمیق‌تر و گونه‌های گیاهی متنوع‌تر نسبت به بام گسترده هستند. عمق لایه‌ها حداکثر ۱۲۰ الی ۲۵۰ میلی‌متر و وزن آن حدوداً بین ۱۲۰ الی ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع است (محمودی و همکاران، ۱۳۹۱). بام سبز نیمه متراکم دارای ویژگی‌های بین بام سبز متمرکز و گسترده است و می‌توان مزایا و معایب هر دو بام را به آن نسبت داد. این نوع بام نه آنقدر عمیق است که بتوان درختان با ریشه‌های عمیق در آن کاشت و نه آنقدر کم عمق که گیاهان پوششی در آن کاشت.

³ -Semi- Extensive Green Roof

² - Extensive Green Roof

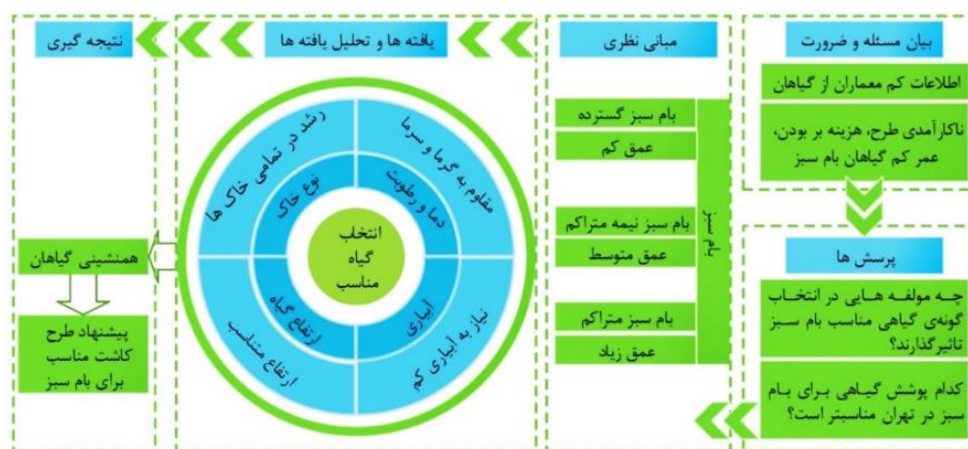
¹ - Intensive Green Roof

جدول ۲- جمع بندی انواع بام ها همراه با معایب و مزایا و پوشش گیاهی جمع بندی های نگارندگان از (مولایی و همکاران، ۱۳۹۷) و (صفوی، ۱۳۹۲) و (Drainage & Tolderlund, 2010) و (Raji et al, 2015) و (محمودی و همکاران، ۱۳۹۱)

نوع	پوشش گیاهی	وزن متوسط / ارتفاع / هزینه / آبیاری	مزایا	معایب	تصویر
بام سبز گسترده (خاک کم عمق، گیاهان محدود)	سدومها ^۱ ، خزها ^۲ ، گیاهان علفی ^۳ ، چمنها ^۴ (مولایی و همکاران، ۱۳۹۷)	وزن $55-15 \frac{Lb}{Ft^3}$ و Tolderlund, 2010) (Drainage & Tolderlund, 2010) وزن $60-150 \frac{kg}{m^2}$ ارتفاع ۲۰۰-۶۰ mm (Raji et al, 2015) هزینه کم بدون آبیاری یا آبیاری کم	وزن اندک روی بام / مناسب برای سطوح با شیب صفر تا ۳۰ درجه / مراقبت و نگهداری کم / اغلب سیستم آبیاری و زهکشی نیاز ندارد / مهارت و تخصص کمی برای ایجاد و نگهداری لازم دارند / به دلیل وزن سبک و تمهیدات کم برای تمام بناها قابل پیاده سازی است / نسبتا ارزان / حالت طبیعی دارد / برای ایجاد و نگهداری در شرایط گوناگون به آسانی قابل برنامه ریز است / برای تامین اهداف دفاع غیر عامل مناسب است.	محدودیت انتخاب گیاه / معمولا برای سرگرمی و کاربری های دیگر قابل استفاده نیست / ظاهر زیبایی ندارد مخصوصا در زمستان / تنوع اندک گونه های گیاهی	
بام سبز نیمه مترکم نیمه عمیق	گیاهان علفی، چمن-ها، بوته ها و درختچه ها ^۵ (مولایی و همکاران، ۱۳۹۷)	وزن $120-200 \frac{kg}{m^2}$ ارتفاع ۲۵۰-۱۲۰ mm (Raji et al, 2015) هزینه متوسط آبیاری دوره ای	نیاز به نگهداری دوره ای / مزایای بام سبز گسترده و مترکم را دارد / این بام هم برای دفاع غیر عامل مناسب است.	نه عمق به اندازه ای کم است که گیاهان کم عمق را کاشت و نه آنقدر زیاد که گیاهان پر عمق را کاشت / بار بیشتر از کم عمق و کمتر از پر عمق	
بام سبز مترکم (خاک عمیق، عدم محدودیت گیاه)	گیاهان علفی، چمن-ها ^۶ ، گیاهان چندساله ^۷ ، بوته ها، درختچه ها، درختان (مولایی و همکاران، ۱۳۹۷)	وزن $80-150 \frac{Lb}{Ft^3}$ و Tolderlund, 2010) (Drainage & Tolderlund, 2010) وزن $500-180 \frac{kg}{m^2}$ ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۴۰۰-۱۵۰ mm میلی متر هزینه بالا آبیاری زیاد دارای سیستم آبیاری	تنوع زیاد در گیاهان / دارای ویژگی های عایق خوب / می تواند مانند یک باغ طبیعی باشد / می تواند بسیار جذاب ساخته شود / معمولا در دسترس است / بهره برداری متنوع از بام (برای سرگرمی، رویش گیاهان خوراکی، فضای باز) / برای تامین اهداف دفاع غیر عامل بسیار مناسب است.	بارگذاری وزن زیاد بر بام و تبع آن تحمیل فشار زیاد بر سازه / نیازمند سیستم آبیاری و زهکشی و تامین آب، مواد (خاک مناسب) / پر هزینه / نیازمند سیستم کامل و حرفه ای برای ایجاد و نگهداری	

۴- روش پژوهش

در این پژوهش، روش توصیفی-تحلیلی است. اطلاعات مورد نیاز از روش اسنادی جمع آوری خواهد شد. در شیوه ی اسنادی جهت بررسی ادبیات تحقیق و تعاریف و سایر اطلاعات مورد نیاز از مهم ترین پژوهش ها و کتاب ها و مقالات برگرفته از پایگاه های معتبر استفاده می شود و در روش بررسی تحلیلی گیاهان بومی بر اساس منابع موجود طبقه بندی گردید و از جمع بندی اطلاعات و مقایسه ی آن ها جدولی پدید آمدند. همنشین گیاهان مثمر نیز مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس تعداد گیاهان همخوان، عددی به هر کدام از گونه ها به عنوان امتیاز نسبت داده شد. جهت دستیابی به یک نتیجه ی درخور، تمام داده ها منظم و تحلیل شد. در نهایت ایده های جهت کاشت و اولویت بندی پیشنهاد می گردد که می تواند راهگشای معماران در طراحی بام سبز باشد.



نمودار ۱- مدل پژوهش (ماخذ: نگارندگان)

⁷ Perennials

⁴ Grasses

¹ Sedum

⁵ Shrubs

² Moss

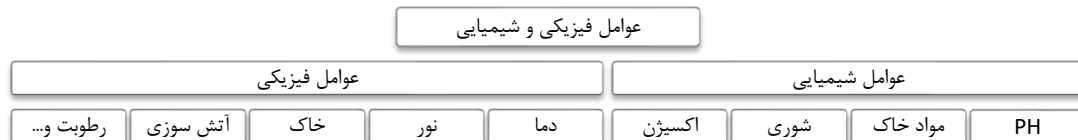
⁶ Lawn

³ Herbs

۵- یافته‌ها و تحلیل یافته‌ها

گیاهان بالاترین لایه ی بام سبز هستند که باعث زنده شدن بام سبز هستند. موفقیت بام سبز وابسته به سلامت گیاهان است. گیاهان مقدار روان آب ها، کیفیت هوا و عملکرد حرارتی را بهبود می بخشدند با اینحال باید توجه داشت که بام سبز محیط مناسبی برای رشد گیاهان نیست. آبیاری نیز یکی از عوامل کاهنده ی گیاهان در بام و مشکلات ناشی از بارش شدید باران نیز یکی از عوامل مشکل ساز است.

از عوامل مهم انتخاب گونه ی گیاهی مناسب برای بام سبز، عمق بستر کشت، مقاومت به گرما و از همه مهم ترین نیاز آبی گیاه است. استفاده از گیاهان بومی در شرایط عادی باعث می شود که منابع آبی جهت آبیاری کاهش پیدا کند و نگهداری گیاهان آسان تر شود. با اینحال باید در نظر داشت که "شرایط بام سبز یک شرایط نرمال و عادی نیست بنابراین این شناس گیاهان بومی به اندازه ی گیاهان غیر بومی است چرا که هیچ گیاهی به طور خودرو در پشت بام ها رشد نمی کند" (Kelly, 2006). تنوع گونه های گیاهی در کنار یکدیگر باعث می شود که گیاهانی که شرایط گرمای شدید را تحمل نمی کنند در پناه گیاهانی که مقاومت گرمایی بالا دارند تاب بیاورند. به این منظور جدولی طراحی می گردد که در برگیرنده ی طیف های مناسب بام سبز و ویژگی های گونه ها باشد. در نمودار ۲ عوامل فیزیکی و شیمیایی موثر بر رشد گیاهان دیده می شود.



نمودار ۲- عوامل فیزیکی و شیمیایی موثر بر گیاهان، ترسیم از نگارندگان با توجه به (مصدقی، ۱۳۹۳)

علاوه بر عوامل ذکر شده، عواملی نظیر عوامل اقتصادی- اجتماعی (فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی و شهری، نوع کاربری منطقه، فاصله از جاذبه های تفریحی و تاریخی، فرهنگسازی و اکوتوریسم، عوامل هیدرواقليمی (بارش سالیانه، حداقل دمای مطلق، رطوبت، تبخیر و تعریق سالیانه، سرعت باد، کمیت منابع آبی، کیفیت منابع آبی، طول فصل خشک)، عوامل توپوگرافی (شیب، ارتفاع، جهت، چشم انداز طبیعی)، عوامل بیوفیزیکی (بافت خاک، عمق خاک، شوری و قلیابیت، سنگلاخی بودن، فرسایش، پوشش گیاهی) عواملی است که در طراحی الگوی کاشت می تواند موثر باشد (جوزی و همکاران، ۱۳۹۶). البته نباید غافل از این بود که عوامل اقلیمی در دستان طراح نیست و نمی توان بر آن غالب شد بلکه می توان با شناخت درست از اقلیم با آن عوامل سازگار شد.

نوع پوشش گیاهی یکی از مهم ترین عوامل در تنوع زیستی است. بام سبز متراکم معمولاً از تنوع بیشتر عناصر نادر عنکبوتی و پرنده ها پشتیبانی می کنند تا بام های سبز گسترده. هر نوع بام گونه های مشخصی را جذب می کند. گونه های بومی یا وارداتی یکی از دغدغه های طراحان است. عده ای از متخصصین معتقدند که استفاده از گیاهان بومی ممکن است نسبت به غیربومی ها موفقیت بیشتری داشته باشد چرا که نیاز به کود، نگهداری و آب کمتری دارند. با اینحال استقرار گونه های بومی در پشت بام به دلیل زیستگاه خاص و نیاز آبی متفاوت ممکن است چندان مطرح نباشد. از طرفی مطالعات نشان داده است که استفاده از گیاهان بومی احتمال حمله ی آفات را تشدید می کند (GSA, 2011). پوشش گیاهی باید بر اساس نوع سقف و بر اساس آب و هوای محل انتخاب شود. سقف هایی که عمق بیشتری دارد می تواند گیاهانی با ریشه های عمیق تر داشته باشد و برای سقف های کم عمق پوشش گیاهی با عمق کم پیشنهاد می گردد. به منظور انتخاب گونه های گیاهی مناسب لازم است که یک طبقه بندی مناسب از آن ها بر اساس ویژگی ها انجام داد و در ادامه از میان گونه ها بر حسب شرایط نوع مناسب انتخاب گردد. گیاهان پوششی با توجه به اینکه نیاز به نگهداری کمتری دارند و سریع تر رشد می کنند و در برابر آب و هوای متغیر می توانند مقاومت کنند گزینه ی خوبی برای بام سبز به شمار می روند. با بررسی های صورت گرفته از منابع مختلف مناسب ترین گونه های بام سبز گزینش شد و در قالب جدول زیر ویژگی های هر کدام از گونه ها آورده شده است.

جدول ۳- گونه های گیاهی مناسب بام سبز گسترده و نیمه متمرکز همراه با ویژگی ها ماخذ نگارندگان با بهره مندی از (زرگریان و همکاران، ۱۳۹۱) و (Matić et al, 2016) و (Rice et al, 2011) و (Campbell et al, 1997) و (Anand & Basavaraju, 2020) و (Cerchiara et al, 2010)

نوع	نام گیاه	نام علمی	نوع	ارتفاع	دما	خاک	تصویر
گیاهان پوششی	۱	فرانکتیا (زرگریان و همکاران، ۱۳۹۱)	همیشه سبز	۵ سانتیمتر	مقاوم به سرما در آفتاب و سایه	خاک معمولی شیب تند شور پسند	
	۲	عشقه (پاپیتال) (زرگریان و همکاران، ۱۳۹۱)	همیشه سبز	۱۵-۳۰ سانتیمتر	مقاوم به سرما آفتاب و سایه	خاک رسی، گچی، شنی	
	۳	پیچ تلگرافی (زرگریان و همکاران، ۱۳۹۱)	همیشه سبز	۵سانتیم تر	سایه و آفتاب رشد	نیاز آب متوسط خاک مرطوب و حاصلخیز	
گیاهان درختچه	۴	طاووسی Cerchiara et al,) (2010)	خزان پذیر	۲/۵- ۱/۲ سانتیمتر	آفتاب	آبیاری متوسط خاک معمولی و زهکشی شده	
	۵	درخت پر دودی (Matić et al, 2016)	خزان پذیر	۳-۴ متر	آفتاب کامل	مقاوم به گرما و کم آبی تمامی خاک ها	
	۶	تکوما Anand &) (Basavaraju, 2020)	خزان پذیر	۳-۴ متر	آفتاب کامل	خاک لومی و دارای مواد آلی	
	۷	مه پر Campbell et al,) (1997)	نیمه خزان پذیر	۲ متر	آفتابی تا نیم سایه مقاوم به گرما	آبیاری عمیق یک تا دو هفته در میان تمام خاک ها جز خاک رس سنگین	
	۸	گل مهمیزی (گل سیخک دار) (Rice et al, 2011)	همیشه سبز	۶۰-۷۵ سانتی متر	مقاوم به گرما	تمامی خاکها	

از نظر هم نشینی آنچه حائز اهمیت و اولویت است گیاهانی هستند که درشت اندام و دارای ریشه های عمیق یا نیمه عمیق هستند چرا که این گونه ها محدودیت ها و مزاحمت های بیشتری را ایجاد می کنند. از طرفی در گیاهانی که محصول می دهند ضعف در هم نشینی می تواند منجر به عدم بازدهی و عدم دستیابی به محصول گردد. لذا اهمیت این موضوع در بام سبز متراکم و نیمه متراکم بیشتر نمود پیدا می کند. به این منظور بر اساس جدولی که انجمن کشاورزان آمریکا منتشر کرده است گونه های همخوان با اقلیم تهران انتخاب شدند. پس از انتخاب گونه های متناسب با آب و هوای تهران آن ها را در جدول جداگانه ای تنظیم کرده و بر حسب میزان سازگاریشان با سایر گونه ها به هر کدام امتیازات تعلق می گیرد. ماتریس ترسیمی در سطر و ستون شامل گیاهان مثمر بوده و با رنگ سبز سازگاری و با رنگ قرمز عدم سازگاری نشان داده شده است. جدول ۳ حقیقتاً بخشی از جدول کامل ترسیم شده توسط موسسه توسعه اقتصادی و برنامه ریزی امریکا است با این تفاوت که بخش امتیازات و بومی سازی توسط نگارندگان انجام شده است. انتخاب گونه های بومی نیز بر اساس دایره المعارف گیاهان و مشورت با گیاه شناسان صورت پذیرفت.

جدول ۳- ماتریس هم‌نشینی گیاهان با ترسیم و تحلیل از نگارندگان برگرفته از داده‌های منتشره توسط (IDEP)^۱ موسسه توسعه اقتصادی و برنامه ریزی امریکا^۲

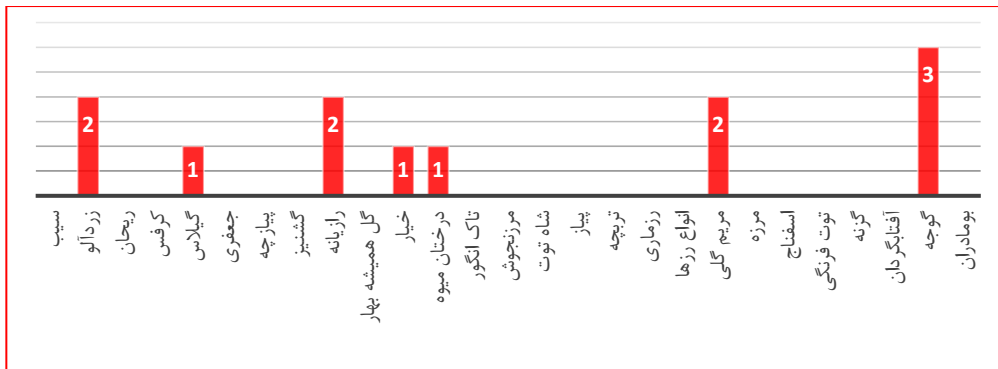
نوع گیاهان	سیب	مارچوبه ^{۳۰}	زردآلو	ریحان	کرفس	گیلاس	جعفری	پیازچه	گشنیز	رازبانه	همیشه‌بهار	خیار	شوید ^{۳۱}	درختان میوه	تاک انگور	چمن	شاه توت	پیاز	جعفری	تریچه	رزماری	انواع رزها	مریم گلی	آفتابگردان	اسفنج	توت فرنگی	آویشن ^{۳۲}	گوجه	بومادران	امتیاز مثبت	امتیاز منفی	مجموع از ۲۹	
بومادران ^{۲۹}																															۵		۵
گوجه ^{۲۸}																															۳		۵
آفتابگردان ^{۲۷}																															۲		۲
گزنه ^{۲۶}																															۳		۳
توت فرنگی ^{۲۵}																															۴		۴
اسفنج ^{۲۴}																															۴		۴
مرزه ^{۲۳}																															۱		۱
مریم گلی ^{۲۲}																															۲		۱
انواع رزها ^{۲۱}																															۶		۶
رزماری ^{۲۰}																															۲		۲
تریچه ^{۱۹}																															۲		۲
پیاز ^{۱۸}																															۶		۶
شاه توت ^{۱۷}																															۶		۶
مرزنجوش ^{۱۶}																															۷		۷
تاک انگور ^{۱۵}																															۲		۲
درختان میوه ^{۱۴}																															۴		۴
خیار ^{۱۳}																															۴		۴
گل همیشه بهار ^{۱۲}																															۷		۷
رازبانه ^{۱۱}																															۲		۰
گشنیز ^{۱۰}																															۲		۲
پیازچه ^۹																															۷		۷
جعفری ^۸																															۲		۲
گیلاس ^۷																															۴		۳
کرفس ^۶																															۲		۲
ریحان ^۵																															۴		۴
زردآلو ^۴																															۶		۴
سیب ^۳																															۲		۲

23 Savory
24 Spinach
25 Strawberry
26 Stinging nettle
27 Sunflower
28 Tomato
29 Yarrow
30 Asparagus
31 Dill
32 Thyme

12 Marigold
13 Cucumber
14,14 Fruit trees
15 Grape vine
16 Marjoram
17 Mulberry
18 Onion
19 Radish
20 Rosemary
21 Roses
22 Sage

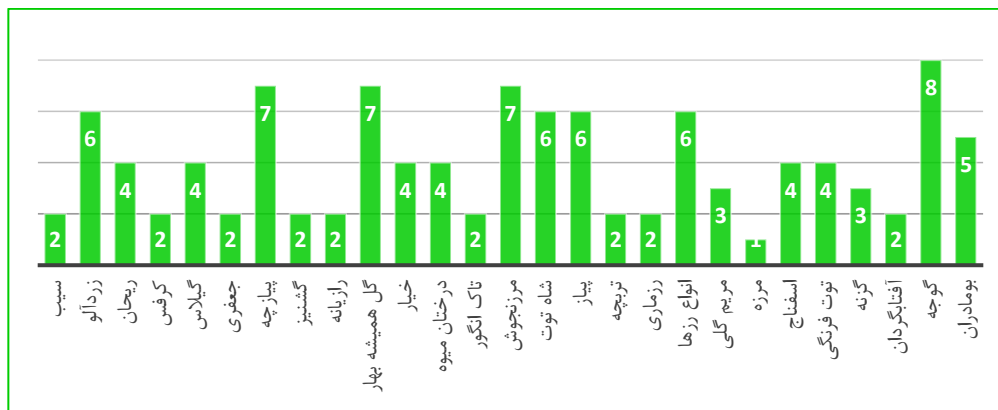
1 Institute for Economic Development and Planning (IDEP)
2 www.idepfoundation.org
3 Apple
4 Apricot
5 Basil
6 Celery
7 Cherry
8 Chervil
9 Chives
10 Coriander
11 Fennel

آنچه از این ماتریس می توان نتیجه گرفت این است که به ترتیب گیاه گوجه با ۳ امتیاز منفی، مریم گلی، رازیانه، زردآلو با ۲ امتیاز منفی و پس از آن ها درختان میوه، خیار و گیلان با یک امتیاز منفی هستند. با توجه به این امتیازات می توان متوجه شد که کدام گونه ها محدود کننده اند. در ادامه امتیازات سازگاری و ناسازگاری گیاهان مثمر در قالب نمودارهای ۳ و ۴ ترسیم می گردد تا بتوان به مقایسه ای میان آن ها انجام داد.



نمودار ۳- میزان ناسازگاری گیاهان مثمر با سایر گیاهان، (ماخذ: نگارندگان)

در نمودار ۴ همنشینی گیاهان مثمر بر اساس میزان سازگاری امتیاز دهی شد و نمودار میله ای بر حسب مجموع امتیازات ترسیم گردید. با توجه به این نمودار می توان دریافت که بیشترین ناسازگاری به ترتیب مربوط به گوجه با امتیاز ۳، مریم گلی، رازیانه، زردآلو و سپس خیار با امتیاز ۲، درختان میوه و گیلان با امتیاز ۱ است. سایر گونه ها حساسیتی به لحاظ هم نشینی ندارند و محدودکننده نیستند.



نمودار ۴- میزان سازگاری گیاهان مثمر با سایر گیاهان، (ماخذ: نگارندگان)

گونه های مثمیری که با سایر گیاهان سازگارتر هستند به ترتیب گوجه، مرزنجوش، گل همیشه بهار، پیازچه با امتیاز ۷ و زردآلو، شاه توت، پیاز، انواع رزها با امتیاز ۶ و بومادران با امتیاز ۵، ریحان و گیلان با امتیاز ۴ و پس از آن گرنه با امتیاز ۳ و آفتابگردان و رزماری و تربچه و تاک انگور و رازیانه و گشنیز و جعفری و کرفس و سیب با امتیاز ۲ و در نهایت گیاه مرزه با امتیاز ۱ است. آنچه از این جدول می توان برداشت کرد این است که گونه هایی که سازگارند ممکن است ناسازگار هم باشند و از این میان می توان به گیاه گوجه اشاره کرد که در میان گونه ها هم سازگار و هم ناسازگار است. از این جدول و همچنین جدول بالاتر این مطلب به درستی قابل استنباط است که برای ترسیم طرح کاشت اولویت را باید به گونه هایی داد که از همخوانی بیشتری با سایرین برخوردارند. تدوین طرح کاشت بسیار حائز اهمیت است و طرح کاشتی می تواند بهینه باشد که علاوه بر توجه به ویژگی های زیبایی شناسانه و معمارانه از پایداری و پویایی برخوردار باشد. پرهیز از گونه های محدودکننده و اولویت بندی بر اساس عوامل محیطی مهم است.

۶- نتیجه گیری

با بررسی های صورت گرفته این مطلب به درستی قابل استنباط است که یک گونه ی گیاهی صرف برای بام سبز وجود ندارد و انتخاب گونه ها ابتدا مبنی بر عوامل اقلیمی مانند عوامل فیزیکی محیطی (PH، مواد خاک، شوری و اکسیژن)، عوامل شیمیایی محیطی (دما، نور، خاک، آتش سوزی، رطوبت) است و سپس تابع ویژگی های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاهان است. البته مواردی مانند هزینه و اجرا نیز مطرح است و باید این را به خاطر داشت که هزینه های بام سبز ممکن است در ابتدا زیاد باشد اما با گذر زمان و سازگاری گیاهان با محیط این هزینه ها کاهش می یابد. برای رسیدن به طرح کاشت مناسب لازم است بر حسب اولویت ها و متناسب با محدودیت ها انتخاب صورت گیرد. هر پوشش گیاهی را می توان روی بام گذاشت اما گونه هایی کم هزینه و پایدار هستند که با محیط همخوان باشند. تاثیر مثبت گیاهان بر اکوسیستم دربرگیرنده گیاهانی است که بومی بوده و با ویژگی های اقلیمی همخوانی داشته باشند. از این میان، گیاهان پوششی مانند فرانکنیا، عشقه، پیچ تلگرافی و بوته و درختچه هایی همانند طاووسی، درخت پر دودی، تکوما، مه پر و گل مهمیزی توصیه می گردد. علاوه بر این انتخاب چند گونه همراه با هم صورت پذیرد و همنشینی در گیاهان مثمر رعایت گردد. گیاهان دارای ویژگی های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی متفاوت در کنار یکدیگر کاشته شوند (به عنوان مثال استفاده از گیاهان خزان پذیر در کنار گیاهان همیشه سبز) تا در تمام فصول بام سبز کارایی اش را حفظ کند. بام های سبز به دلیل تنوع در عمق محدودکننده اند اما در صورتی که بام های سبز با عمق های متفاوت در کنار یکدیگر استفاده شود می تواند تنوع در پوشش گیاهی را به همراه داشته باشد.

مراجع

۱. اعظم رحمتی، الهه؛ فیروززارع، علی و برجی، معصومه. (۱۳۹۳). تدوین استراتژی های توسعه فناوری بام سبز در کشور با استفاده از ابزارهای مدیریت استراتژیک (ماتریس SWOT و ماتریس IE): مطالعه موردی شهر مشهد. مدیریت شهری، ۱۳(۳۵).
۲. جوزی فرشته؛ ایران نژادپاریزی، محمدحسین؛ تاز، مهدی؛ میرشمسی، هدایت الله و موسوی، صغری. (۱۳۹۶). طراحی سبزه و منظرسازی با استفاده از گیاهان بومی در مناطق خشک (مطالعه موردی: دره گاهان تفت- یزد). فصلنامه علوم و مهندسی محیط زیست، ۳(۱۱): ۵۱-۶۲.
۳. رضایی، آزاده و پورزرگر، محمدرضا. (۱۳۹۹). بازنگری به مفهوم بام سبز در مسکن معاصر به منظور ارتقاء سطح زندگی و کیفیت محیط زیست (مطالعه موردی: شهر تهران). معماری و شهرسازی پایدار، ۱۸(۱).
۴. رضویان، محمدتقی؛ غفوری پور، امین و رضویان، ماهان. (۱۳۸۹). بام های سبز (Green Roofs). آمایش محیط، ۳(۱۰).
۵. زرگریان، سیدمجید؛ فرتهانی، علی. (۱۳۹۱). حفظ انرژی با گیاهان پوششی در معماری دیواره های سبز و باغ بام ها. دومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی.
۶. صفوی، سیدمحمد مهدی. (۱۳۹۲). نقش بام و نماهای سبز از منظر پدافند غیرعامل نمونه موردی: نقش بدنه های سبز در شهر تهران. معماری و شهرسازی پایدار، ۲۱(۲).
۷. کریمیان، زهرا. (۱۳۹۵). شبیه سازی اثرگذاری زیست محیطی بام های سبز گسترده و فشرده در شهر یزد. مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۷(۴).
۸. محمودی، مهناز؛ پاکاری، ندا و بهرامی، حسن. (۱۳۹۱). ارزیابی چگونگی تاثیرگذاری بام سبز در کاهش دمای محیط. باغ نظر، ۹(۲۰).
۹. مصداقی، منصور. (۱۳۹۳). بوم شناسی گیاهی (چاپ دوم). مشهد: جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد.
۱۰. مقبل، معصومه؛ عرفانیان سلیم، رامین و قدیمی، مهرنوش. (۱۳۹۶). ارزیابی اثر بام های سبز بر دما، رطوبت و غلظت دی اکسید کربن موجود در هوای شهر تهران و نقش آنها در توسعه پایدار شهری. محیط زیست طبیعی (منابع طبیعی ایران)، ۷۰(۱).
۱۱. مولایی، محمد مهدی؛ پیله چی ها، پیمان و افشار، آذر. (۱۳۹۷). ارزیابی انرژی کارایی بام سبز در ایران؛ نمونه موردی: شهرهای تهران، تبریز، رامسر، بندرعباس. مدیریت شهری، ۱۷(۵۲).
۱۲. نادری، روح انگیز؛ طاهری، محمدرضا و رفاهی، شاداب. (۱۳۹۶). بررسی عملکرد برخی گیاهان در بسترهای متفاوت و عمق کاشت در شرایط خشکی در بام سبز گسترده. مجله علوم باغبانی ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۸(۱).
13. Anand, M., & Basavaraju, R. (2020). A review on phytochemistry and pharmacological uses of *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. *Journal of Ethnopharmacology*, 113-270 .
14. Campbell, W. E., Gammon, D. W., Smith, P., Abrahams, M., & Purves, T. D. (1997). Composition and antimalarial activity in vitro of the essential oil of *Tetradenia riparia*. *Planta Medica*, 63(03), 270-272 .
15. Cerchiara, T., Chidichimo, G., Ragusa, M., Belsito, E., Liguori, A., & Arioli, A. (2010). Characterization and utilization of Spanish Broom (*Spartium junceum* L.) seed oil. *Industrial Crops and Products*, 31(2), 423-426 .
16. GSA, U. (2011). The Benefits and Challenges of Green Roofs on Public and Commercial Buildings. A Report of the United States General Service Administration .
17. Kelly, L. (2006). *Green roof construction and maintenance*. McGraw-Hill .
18. Matic, S., Stanić, S., Mihailović, M., & Bogojević, D. (2016). *Cotinus coggygria* Scop.: An overview of its chemical constituents, pharmacological and toxicological potential. *Saudi journal of biological sciences*, 23(4), 452-461 .
19. Raji, B., Tenpierik, M. J., & van den Dobbelsteen, A. (2015). The impact of greening systems on building energy performance: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 610-623 .
20. Rice, L., Brits, G., Potgieter, C., & Van Staden, J. (2011). *Plectranthus*: A plant for the future? *South African Journal of Botany*, 77(4), 947-959 .
21. Terri, J. A., Turner, M., & Gurevitch, J. (1986). The response of leaf water potential and crassulacean acid metabolism to prolonged drought in *Sedum rubrotinctum*. *Plant physiology*, 81(2), 678-680 .
22. Tolderlund, L., & Drainage, U. (2010). *Design guidelines and maintenance manual for green roofs in the semi-arid and arid west*. Green Roofs for Healthy Cities Denver .
23. Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 740-752 .