



مروری بر طراحی، احداث و گیاهان مورد استفاده در باغ باران (rain garden) جهت کاربرد در منظر شهری

آزاده موسوی بزاز

استادیار گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

mousaviba@um.ac.ir

چکیده

سطوح نفوذناپذیر در شهرها موجب کاهش نفوذ آب به داخل زمین، کاهش تغذیه آبخوان و کاهش کیفیت رواناب‌های حاصل از بارندگی‌ها و در نتیجه آلودگی بیشتر آب‌ها می‌شود. سازه‌های مختلف از جمله باغ باران علاوه بر مزیت زیست محیطی و زیبایی در فضای سبز شهری، موجب کاهش خطر سیلاب‌های شهری و ذخیره آب جهت استفاده مجدد به ویژه در دوره های خشکسالی می‌باشند و می‌توانند در این ارتباط، به عنوان اسفنج عمل کنند. باغ باران نسل جدیدی از روش‌های توسعه کم اثر (LID) به شمار می‌آید و نیازمند مجموعه‌ای از علوم از جمله محیط زیست، باغبانی، معماری منظر، خاکشناسی، هیدرولوژی، شناخت جریان آب‌های سطحی و زیرزمینی و مهندسی است و لازم است رویکرد گروهی برای انجام تحقیقات در این زمینه مورد توجه واقع شود. جهت آشنایی بیشتر با این راهکار مهم، در این مقاله مروری سعی شده است که مزایا و معایب آن، طراحی و احداث باغ باران مورد بحث و بررسی قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: آب طوفان، منظر، مالچ، توسعه کم اثر (LID)



1. مقدمه

رواناب حاصل از آب طوفان¹ و بارندگی‌های شهری یک چالش بزرگ برای مدیریت مدرن آلودگی آب‌ها می‌باشد (Hu and Shealy, 2020) و مدیریت آب‌های سطحی حاصل از بارندگی از سال‌ها پیش موضوع مهمی بوده است. شهرنشینی، حذف پوشش گیاهی و جایگزینی سطوح خاکی با بتن و آسفالت‌های نفوذناپذیر موجب افزایش حجم رواناب‌ها و ایجاد جریان آب حداکثری می‌شود (Osheen and Singh, 2019). سازه‌های مختلف از جمله باغ باران، نوارهای فیلتر و بازیافت، بام‌های سبز، روسازی آسفالت، محوطه‌سازی و سیستم‌های نفوذ برای جذب آب باران موجب کاهش خطر سیلاب‌های شهری و ذخیره آب جهت استفاده مجدد می‌شوند و می‌توانند در این ارتباط به عنوان اسفنج عمل کنند (Sharma and Malaviya, 2021). زیرساخت‌های سبز (GI²) به سرعت به عنوان جایگزینی کم‌هزینه‌تر و سبزتر نسبت به روش‌های سنتی مدیریت آب طوفان در حال رشد هستند (Vineyard et al., 2015). این زیرساخت‌های سبز شامل طیف وسیعی از شیوه‌های مدیریت آب سیلاب مانند گودال‌های زیستی³، باغ‌های بارانی⁴، بام‌های سبز⁵ و تالاب‌های شهری⁶ هستند که در طول فرآیند بارندگی و ایجاد رواناب از طریق مکانیسم‌های مختلفی مانند تبخیر و تعرق، نفوذ و ذخیره‌سازی سیلاب‌ها با استفاده از کاشت گیاهان و بستر مناسب، موجب کاهش جریان‌های آبریز در مناطق شهری می‌شوند (Huang et al., 2020). بنابراین از اهداف اصلی این زیرساخت‌های سبز، بهبود شرایط اکولوژیکی حوضه‌های آبریز شهری، حفظ و بهبود کیفیت رواناب‌های شهری و کاهش رواناب می‌باشد. فناوری‌های GI مقرون به صرفه بوده و حیاتی‌ترین ابزار برای مدیریت پایدار آب طوفان محسوب می‌شوند (Green Nylen and Kiparsky, 2015). در این میان، باغ باران یکی از روش‌های محبوب و از جمله راهکارهای ارزان قیمت، ساده و نسبتاً مؤثر از نظر مدیریت آب باران برای جمع‌آوری و تصفیه آب طوفان محسوب می‌شود (Bak and Barjenbruch, 2022).

2. مواد و روش‌ها: مرور سیستماتیک منابع علمی در زمینه باغ باران

برای نگارش این مقاله مروری، از روش‌های علمی و استاندارد مرور سیستماتیک استفاده شده است که در پژوهش‌های محیط‌زیستی و مدیریت منابع آب رایج هستند. این روش‌ها به منظور جمع‌آوری شواهد مرتبط، تحلیل سیستماتیک داده‌ها، و شناسایی شکاف‌های پژوهشی در زمینه باغ باران به کار گرفته شده‌اند. فرآیند مرور شامل مراحل زیر بوده است:

2.1. تعریف دامنه پژوهش

دامنه پژوهش شامل بررسی نقش باغ باران در مدیریت رواناب شهری، فضای سبز شهری، بستر و گیاهان مورد استفاده در باغ باران است. این دامنه بر اساس اهداف پژوهش و سوالات کلیدی طراحی شده است.

2.2. جستجوی منابع علمی

جستجو در پایگاه‌های داده معتبر مانند ScienceDirect، Springer Online، Wiley Online، PubMed، Google Scholar و پایگاه‌های فارسی نظیر SID و Magiran انجام شده است.

¹ Stormwater

² Green infrastructure

³ bioswales

⁴ rain garden

⁵ roof garden

⁶ urban wetlands



3. یافته های پژوهش

باغ های بارانی را می توان باغ هایی متشکل از بوته های بومی، چندساله و گل هایی که در فرورفتگی های کوچک کاشته می شوند و معمولاً در شیب های طبیعی شکل می گیرند، تعریف نمود. بر اساس این تعریف، باغ های بارانی، باغ های آبی به شمار نمی آیند. زیرا آن ها بیشتر اوقات خشک باقی می ماندند (Bak and Barjenbruch, 2022).

3.1. طبقه بندی باغ های بارانی

با توجه به تقسیم بندی باغ های باران، تفاوت هایی در تجزیه و تحلیل آن ها در مقالات مختلف وجود دارد. باغ های بارانی به دودسته باغ در زمین و باغ در جعبه تقسیم می شوند. در مورد باغ های ساخته شده در زمین، تقسیم بندی های مختلف و نام گذاری های مختلف وجود دارد. همچنین اصطلاحی به نام باغ باران "خشک" وجود دارد که در مورد باغ های بارانی با زیر خاک نفوذپذیر به کار می رود و واژه ای با عنوان باغ باران مرطوب وجود دارد که برای باغ باران های با زیر خاک نفوذناپذیر، مورد استفاده قرار می گیرد. با این حال، همان طور که قبلاً ذکر شد، باغ باران ها بیشتر اوقات خشک باقی می ماندند (Bak and Barjenbruch, 2022).

در طبقه بندی دیگری، که بر اساس نوع خاک و میزان نفوذ آب به داخل خاک است، این باغ ها را می توان در گروه باغ های با نفوذ کامل، نفوذ جزئی و بدون نفوذ بسته به توانایی زمینی که در آن ساخته شده اند، تقسیم نمود (Bak and Barjenbruch, 2022).

با توجه به تفاوت های مطرح شده، می توان نتیجه گرفت که نیاز به استانداردسازی مبانی نظری باغ های بارانی به ویژه از نظر تقسیم بندی و طبقه بندی باغ های بارانی وجود دارد.

3.2. محدوده کاربرد باغ های بارانی

باغ های بارانی عمدتاً در مناطق شهری ساخته می شوند اما در مناطق کوهستانی نیز مؤثر می باشند. همچنین جهت کاربرد در کشورهای مناطق گرمسیری بسیار مناسب هستند. در بسیاری از کشورها مانند چین، ایالات متحده آمریکا، بریتانیا، استرالیا، هند، نیوزلند، سنگاپور، آمریکای جنوبی، باغ های بارانی به طور گسترده ای برای بررسی آلودگی آب طوفان مورد استفاده واقع می شوند (Sharma and Malaviya, 2021).

3.3. نقش باغ باران ها در کاهش آلاینده ها

هنگامی که آب طوفان وارد باغ باران می شود، ذرات آلاینده به دام افتاده و توسط فرآیندهای شیمیایی یا سایر مکانیسم های گیاهی به محصولات بی ضرر تبدیل می شوند (Li and Davis, 2008). درواقع عمل پالایش آلودگی ها در باغ باران به دو صورت فیزیکی (از طریق عناصر فیزیکی نظیر مالچ و خاک) و بیولوژیک (مانند گیاهان) صورت می پذیرد (Rahmah and Nuryanti, 2020). جدول 1 تعدادی از مطالعات بر پایه کاربرد مختلف باغ های بارانی برای تصفیه آلاینده های مختلف موجود در فاضلاب را خلاصه کرده است.

کیفیت، سلامت و امنیت غذا



جدول 1- تاثیر باغ باران بر تصفیه ترکیبات آلاینده های موجود در آب طوفان و رواناب

نوع آب پسماند	نوع آلودگی	نتیجه	محل	منبع
آب طوفان	نیتروژن کل	حذف به میزان 52-89٪	کلمبیا، آمریکای جنوبی	(Fajardo-Herrera et al., 2019)
رواناب شهری مصنوعی	نفتالین، تولوئن و هیدروکربن های روغن موتور	تقریباً 85-90 درصد تجزیه این ترکیبات	مریلند، ایالات متحده	(Hong et al., 2006)
رواناب مصنوعی	نیترات، فسفات، آتازین	89-100 درصد فسفات و 84-100 درصد آتازین و 42-63 درصد نیترات در هر دونه باغ باران مورد تحقیق حذف شد.	اوکلند، نیوزلند	(Yang et al., 2010)
آب طوفان	کادمیوم، مس، روی و سرب	کاهش این عناصر و تجمع در لایه بالایی بستر	ملبورن، بریسبان و سیدنی در استرالیا	(Al-Ameri et al., 2018)
آب طوفان	فسفر کل و فسفات	کاهش در غلظت فسفر کل و فسفات	فیلادلفیا و پنسیلوانیا، ایالات متحده	(Wadzuk et al., 2021)

3.4. طراحی و احداث باغ باران

اهداف طراحی برای باغ باران ها شامل تصفیه رواناب و افزایش کیفیت رواناب نفوذ داده شده و همچنین حفظ یا بازیابی برای متعادل سازی آب محلی است، از سویی آن ها می توانند به عنوان بخشی از محل های شامل دو عنصر گیاه و آب در محیط و منظر شهری مطرح باشند (Muthanna et al., 2008). سه بخش اصلی باغ باران عبارت اند از: ورودی، محوطه حوضچه و سرریز (Katsifarakis et al., 2015). محوطه حوضچه، یک منطقه با فرورفتگی طبیعی یا مصنوعی در زمین است. رواناب از محیط غیرقابل نفوذ توسط سازه های ورودی به منطقه حوضچه هدایت می شود. هنگامی که محوطه حوض پر شد، آب انباشته شده از آن از طریق سرریز خارج می شود، ساختار سرریز و جریان به سمت شبکه فاضلاب یا سایر مکان های مورد نظر هدایت می شود. همچنین در منطقه ای که دارای خاکی با نفوذپذیری کم است، می توان از یک زهکش در پایین باغ باران برای جلوگیری از ایستایی آب برای مدت زمان طولانی استفاده نمود (Osheen and Singh, 2019)، این لایه از شن یا یک لوله زهکش سوراخ دار تشکیل شده است که باید در پایین باغ باران قرار گیرد. در سمت پایین تر باغ باران (روبروی ورودی آب)، برآمدگی ای برای حفظ آب در هنگام بارندگی شدید ساخته شده است (Sharma and Malaviya, 2021).

در قسمت محوطه حوضچه یا همان فرورفتگی موجود در باغ باران، معمولاً خاک لومی شنی، یک لایه مالچ و گیاهان طراحی شده برای نگهداری، نفوذ و تصفیه آب طوفان موجود می باشد (Clar et al., 2004). گزارش شده است که این لایه مالچ در جذب عناصر سنگین موجود در رواناب حاصل از آب طوفان مؤثر است (Jang et al., 2005). لایه مالچ به حفظ رطوبت خاک کمک کرده و موجب افزایش نفوذ آب به داخل بستر می شود. همچنین می تواند به جلوگیری از فرسایش کمک کرده و یک محیط در مقیاس کوچک برای فعالیت موجودات زنده در سطح مشترک خاک/ مالچ فراهم آورد. از دیگر مزایای آن عمل نمودن

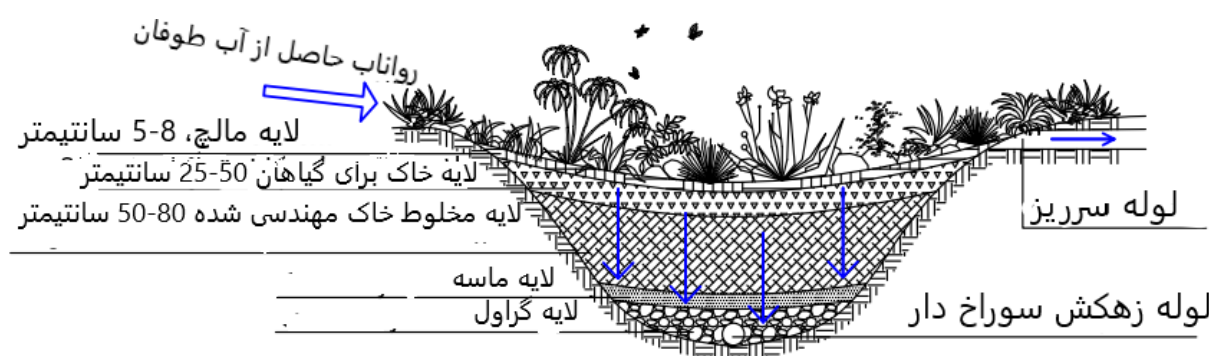
کیفیت، سلامت و امنیت غذا



به عنوان لایه پیش تصفیه و به دام انداختن رسوبات معلق ریز است. جنس این مالچ تنها از چوب‌های سخت خردشده است و ترکیباتی از جمله تراشه‌های چوب و بریده‌های چمن که از سرزنی چمن‌ها حاصل می‌شوند، نمی‌توانند به عنوان مالچ در باغ باران مورد استفاده قرار گیرند. همچنین باید دارای رنگ یکنواخت و عاری از سایر مواد مانند علف هرز، خاک و ... باشد (Jang et al., 2005). باغ باران‌ها در بستر خاکشان می‌توانند یک مرز غیرقابل نفوذ در پایین داشته باشند و به عنوان یک سیستم فیلتر و نگهداری مطرح باشند و یا درجایی که ظرفیت تصفیه طبیعی خاک کافی باشد، فاقد مرز غیرقابل نفوذ بوده و به عنوان یک سیستم تغذیه آب زیرزمینی مورد استفاده قرار گیرند (Muthanna et al., 2008). فرورفتگی کم عمق باغ بارانی آب را نگه می‌دارد و برای نفوذ مجدد آب به داخل خاک و حذف آلاینده‌ها از آن از طریق گیاه‌پالایی کمک می‌نماید (Syafriana and Arifin, 2020). برای احداث باغ‌های بارانی خاک محل موردنظر خالی شده و دوباره با بستر موردنظر پر شده و سپس پوششی از گیاهی بومی در آن کاشته می‌شوند. بستر موردنظر باید دارای هدایت هیدرولیکی اشباع بالا، خاصیت نفوذ بالا و مواد آلی کم باشد (Sharma and Malaviya, 2021).

در طول طراحی باغ بارانی شاخص‌هایی مانند نوع خاک و پوشش گیاهی، موقعیت، عمق، مساحت و شکل باغات بارانی باید در نظر گرفته شود. به طور کلی، باغ‌های بارانی با اندازه مطلوب 6/5 مترمربع باید در حداقل فاصله 3/05 متری از خانه و به دور از زهکشی‌های سپتیک ساخته شوند. عمق آن‌ها در صورت تمایل به ماندگاری آب 0/20 - 0/15 متر و در صورت عدم تمایل حدود 0/05 - 0/15 متر است. در مورد خاک‌هایی با نرخ نفوذ بیشتر از 0/2 اینچ در ساعت، حذف آلاینده‌گی بهتر عمل می‌کند (Rahmah and Nuryanti, 2020).

دستورالعمل‌ها، اندازه باغ باران را از 3٪ تا 43٪ منطقه مرتبط، بر اساس عواملی از جمله نوع خاک، شیب، میزان پوشش غیرقابل نفوذ در منطقه و فاصله از منبع رواناب متغیر می‌دانند (Stander et al., 2010). شکل 1 ساختار باغ‌های بارانی را با توضیح بخش‌ها و اجزای مختلف آن (مانند سازه‌های ورودی، سرریز و خروجی، منطقه حوضچه، ناحیه زیر زهکشی، گیاهان و مالچ) نمایش می‌دهد.



شکل 1- ساختار معمول باغ باران (Zhang et al., 2020)

مشخص شده است که باغ باران‌های با عمق و مساحت بیشتر، عملکرد بهتری از نظر زهکش و کاهش اوج دبی دارند (Davis et al., 2012). معمولاً کاهش بار آلاینده‌گی در خاک‌های شنی به دلیل قابلیت نفوذ بیشتر در این نوع از خاک‌ها، بیشتر است، هر چند خاک‌هایی با قابلیت مدت زمان بیشتر در حفظ آب، ممکن است از طریق فرآیندهای بیولوژیک در کاهش بار آلاینده‌گی مؤثر باشند. حضور ذرات ریز رس می‌تواند زمان حفظ آب را طولانی‌تر کرده و مکان‌هایی جهت حذف آلاینده‌گی بیشتر و فیلتری برای رسوبات ورودی عمل کند (Wadzuk et al., 2021).

کیفیت، سلامت و امنیت غذا



3.5. نقش گیاهان در باغ باران

باغ‌های بارانی برای ذخیره، نفوذ و تبخیر رواناب، وابسته به پوشش گیاهی و خاک هستند. کنترل آب حاصل از بارندگی ممکن است به‌صورت کمی و برحسب حفظ (یعنی کاهش مقدار بارندگی که تبدیل به رواناب می‌شود) و یا به‌صورت نگهداری (یعنی تأخیر و تضعیف هیدرو گراف رواناب) شرح داده شود (Yuan et al., 2017).

فرآیندهای نگهداری شامل بررسی مسیر حرکت آب از باغ باران و نفوذ در خاک‌های طبیعی و بررسی میزان تبخیر و تعرق توسط گیاهان نیز می‌شود (Jennings et al., 2015). عموماً از پوشش گیاهان بومی منطقه برای جانمایی در باغ باران استفاده می‌شود. گیاهان بومی متحمل به دوره‌های غرقابی برای باغ باران بسیار مناسب هستند زیرا دارای انعطاف‌پذیری مورفولوژیکی و همچنین فیزیولوژیکی نسبت به تغییر شرایط ریز اقلیم هستند (Peng et al., 2016). انتخاب گیاهان به اندازه باغ باران نیز بستگی دارد. گیاهان کوچک، درختچه‌ها و درختان می‌توانند در باغ بارانی کاشته شوند (Osheen and Singh, 2019)، مانند افرا (*Acer rubrum*)، بلوط سیاه (*Quercus nigra*)، درختچه‌هایی مانند رز باتلاق (*Rosa pallustris*)، خاس (*Ilex verticillata*)، گیاهان چندساله مانند سوسن عنکبوتی، (*Crinum spp*) سوسن زنجبیلی (*Hedychium spp*)، سرخس‌هایی مانند راجی خانگی (*Cyrtomium falcatum*)، شاه سرخس (*Osmunda regalis*)، علف‌هایی مانند آکوروس (*Acorus spp.*)، جگن (*Carex spp.*) و گیاهان پوششی مانند مازوس (*Mazus reptans*) و آجوگا (*Ajuga spp.*)، لیریوپ (*Liriope spicata*) برای باغ‌های بارانی مناسب هستند (Malaviya et al., 2019).

با تغییر پوشش گیاهی، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک تغییر کرده و میکروبیوم خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از این طریق پتانسیل حذف آلودگی‌های میکروبی نیز تغییر می‌کند (Peng et al., 2016). از سویی گیاهان با ویژگی‌های خاص ریشه (مانند بالابودن مجموع طول ریشه و دارا بودن ریشه طویل و عمیق و توده ریشه بالا) توانایی بیشتری برای حذف نترات و فسفات از آب طوفان را در مقایسه با سایر گیاهان دارا می‌باشند که در میان گیاهان مورد بررسی می‌توان به گیاه جگن (*Carex appressa*) اشاره نمود (Read et al., 2009).

در هنگام انتخاب گیاهان، آگاهی از اینکه مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان موردنظر انعطاف لازم را در هنگام مواجهه با شرایط نامطلوب دارند، بسیار حائز اهمیت است. به‌عنوان مثال بتوانند در شرایط تنش‌های خشکی بین بارندگی‌ها، با تغییراتی از جمله تغییر قطر و طول (تولید ریشه نازک‌تر و طویل‌تر)، ظرفیت جذب آب را افزایش دهند (Bardgett et al., 2014). با انتخاب صحیح گیاهان، پس از استقرار آن‌ها در اکثر مواقع نیازی به آبیاری و کوددهی آن‌ها نبوده و درواقع محلی برای حفظ گیاهان بومی منطقه به شمار می‌آیند (Ishimatsu et al., 2017).

3.6. احداث باغ باران

یکی از نگرانی‌های اصلی در اجرای باغ باران، عملیات ساخت و ساز ضعیف آن‌ها است. از آنجایی که اکثر پیمانکاران با ساخت باغ باران آشنایی ندارند، منجر به بروز مشکلاتی مانند انتخاب نامناسب خاک، قرار دادن نامناسب و استقرار ضعیف پوشش گیاهی می‌شود (Osheen and Singh, 2019). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که نرخ نفوذ یک باغ بارانی به شدت تحت تأثیر نحوه ساخت باغ باران و همچنین مخلوط خاک مورد استفاده در باغ باران می‌باشد. در صورت وجود ضعف در احداث باغ باران، شکل‌گیری مسیرهای جریان ترجیحی در محیط خاک آن‌ها توسعه می‌یابد، که این امر به شدت بر عملکرد هیدرولوژیکی باغ باران تأثیر می‌گذارد (Carpenter and Hallam, 2010).

در پژوهشی دیگر مشخص شد که در یک باغ باران با خاک نامناسب و در نتیجه شکل‌گیری مسیرهای ترجیحی، در طی یک رویداد بارندگی به میزان 2/3 سانتی‌متر، حفظ حجم آب طوفان از میانگین 92 درصد به 40/2 درصد کاهش یافته است. درحالی‌که در شرایط مشابه، باغ باران ساخته‌شده با مخلوط خاک شامل 20 درصد کمپوست، 50٪ ماسه و 30٪ باقیمانده خاک

کیفیت، سلامت و امنیت غذا



سطحی، حفظ حجم آب طوفان حدود 82٪ را نشان داد (Osheen and Singh, 2019). محققین فرآیند ادغام باغ‌های بارانی را در طرح مدیریت آب طوفان در یک زیرمجموعه جدید شامل باغ باران، حوضه‌های نفوذ و ترانشه‌های سبز در ایالت ویسکانسین مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که اگر بخواهیم از باغ‌های بارانی به عنوان روش مدیریت آب طوفان استفاده کنیم، رویکردهای نظارتی فعلی که استفاده از شیوه‌های مدیریت آب طوفان غیر سنتی را منع می‌کند، نیاز به بازنگری دارد (Morzaria-Luna et al., 2004).

3.7. مدل سازی باغ باران

در طی پژوهش‌هایی در دانشگاه ویسکانسین، جامع‌ترین مدل برای ارزیابی عملکرد هیدرولوژیکی یک باغ بارانی را توسعه دادند، این مدل RECHARGE نام‌گذاری شد و بر اساس این مدل، افزایش عمق فرورفتگی باغ باران، زمان اشباع و میزان نفوذ آب را افزایش می‌دهد. نفوذ در این مدل با استفاده از معادله ریچارد شبیه‌سازی شده است، مدل شامل لایه‌های خاک (حداکثر سه لایه)، حوض سطحی و زیر زهکشی (اختیاری) می‌باشد (Dussailant et al., 2004). RECARGA در دستورالعمل طراحی سیستم حفظ زیستی در ایالت ویسکانسین به تصویب رسیده است. این مدل از تبخیر و تعرق و بارش استفاده کرده و تعادل آب از جمله رطوبت خاک، ورودی، خروجی، جریان زیر زهکشی، تعداد دفعات سرریز آب و تبخیر را محاسبه می‌کند (Osheen and Singh, 2019).

4. جمع بندی و نتیجه گیری

با توجه به شرایط اقلیمی ایران و وجود بارندگی‌های سیل‌آسا و ناگهانی در مناطق شهری و آب‌گرفتگی معابر و از سویی وجود دوره‌های خشکسالی در بسیاری از مناطق، می‌توان از باغ باران جهت جمع‌آوری و هدایت آب باران، کاربرد این آب برای پرورش گیاهان در منظر شهری و همچنین عدم ایجاد رواناب‌های سطحی و در نتیجه جلوگیری از هدر رفت آب استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود، پژوهش‌هایی جهت بررسی طراحی و احداث باغ باران در شرایط اقلیمی مختلف در کشور صورت گیرد. انجام مطالعات در زمینه عمق حوضچه، نوع بستر، فواصل استفاده از این سیستم با توجه به سطح حوزه نفوذناپذیر نسبت به رواناب، می‌تواند در جهت افزایش کارایی این سیستم‌ها موثر باشد.

قدردانی

بدینوسیله از دانشگاه فردوسی مشهد به دلیل فراهم آوردن شرایط مناسب برای پژوهش و تحقیق سپاسگزاری می‌نمایم.

منابع

- Al-Ameri M, Hatt B, Le Coustumer S, Fletcher T, Payne E, Deletic A 2018. Accumulation of heavy metals in stormwater bioretention media: A field study of temporal and spatial variation. *Journal of Hydrology*, 567, 721-731. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.027>
- Bak J, Barjenbruch M 2022. Benefits, Inconveniences, and Facilities of the Application of Rain Gardens in Urban Spaces from the Perspective of Climate Change—A Review. *Water*, 14(7), 1153. <https://doi.org/10.3390/w14071153>
- Bardgett RD, Mommer L, De Vries FT 2014. Going underground: root traits as drivers of ecosystem processes. *Trends in ecology & evolution*, 29(12), 692-699.
- Carpenter DD, Hallam L 2010. Influence of planting soil mix characteristics on bioretention cell design and performance. *Journal of Hydrologic Engineering*. 416-404, (6)15, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000131](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000131)

کیفیت، سلامت و امنیت غذا



- Clar ML, Barfield BJO'Connor TP 2004. Stormwater best management practice design guide volume 2 vegetative biofilters. Washington, DC. doi: EPA/600/R-04/121a. <https://doi.org/http://doi.org/EPA/600/R-04/121a> ,
- Davis AP, Traver RG, Hunt WF, Lee R, Brown RAOlszewski JM 2012. Hydrologic performance of bioretention storm-water control measures. Journal of Hydrologic Engineering, 17(5), 604-614. [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000467](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000467)
- Dussaillant AR, Wu CHPotter KW 2004. Richards equation model of a rain garden. Journal of Hydrologic Engineering, 9(3), 219-225. [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2004\)9:3\(219\)](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2004)9:3(219))
- Fajardo-Herrera RJ, Valdelamar-Villegas JCMouthon Bello J 2019. A rain garden for nitrogen removal from storm runoff in tropical cities. Revista de Ciencias Ambientales, 53(2), 132-146. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15359/rca.53-2.7>
- Green Nylen NKiparsky M 2015. Accelerating cost-effective green stormwater infrastructure: learning from local implementation. <https://escholarship.org/uc/item/3w0613m7>
- Hong E, Seagren EADavis AP 2006. Sustainable oil and grease removal from synthetic stormwater runoff using bench-scale bioretention studies. Water Environment Research, 78(2), 141-155. <https://doi.org/https://doi.org/10.2175/106143005X89607>
- Hu MShealy T 2020. Overcoming status quo bias for resilient stormwater infrastructure: Empirical evidence in neurocognition and decision-making. Journal of Management in Engineering, 36(4), 04020017. [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943_5479.0000771-](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943_5479.0000771-)
- Huang Y, Tian Z, Ke Q, Liu J, Irannezhad M, Fan D, Hou MSun L 2020. Nature-based solutions for urban pluvial flood risk management. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 7(3), e1421. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wat2.1421>
- Ishimatsu K, Ito K, Mitani Y, Tanaka Y, Sugahara TNaka Y 2017. Use of rain gardens for stormwater management in urban design and planning. Landscape and Ecological Engineering, 13, 205-212. <https://doi.org/http://doi.org/10.1007/s11355-016-0309-3>
- Jang A, Seo YBishop PL 2005. The removal of heavy metals in urban runoff by sorption on mulch. Environmental pollution, 133(1), 117-127. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.05.020>
- Jennings AA, Berger MAHale JD 2015. Hydraulic and hydrologic performance of residential rain gardens. Journal of Environmental Engineering, 141(11), 04015033. [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0000967](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000967)
- Katsifarakis KL, Vafeiadis MTheodossiou N 2015. Sustainable drainage and urban landscape upgrading using rain gardens. Site selection in Thessaloniki, Greece. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 4, 338-347. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.038>
- Li HDavis AP 2008. Heavy metal capture and accumulation in bioretention media. Environmental science & technology, 42(14), 5247-5253. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/es702681j>
- Li J, Li YLi Y 2016. SWMM-based evaluation of the effect of rain gardens on urbanized areas. Environmental Earth Sciences, 75, 1-14. <https://doi.org/http://doi.org/10.1007/s12665-015-4807-7>
- Malaviya P, Sharma RSharma PK 2019. Rain gardens as stormwater management tool. Sustainable green technologies for environmental management, 141-166. https://doi.org/http://doi.org/10.1007/978-981-13-2772_7_8-
- Morzaria-Luna HN, Schaepe KS, Cutforth LBVeltman RL 2004. IMPLEMENTATION OF BIORETENTION SYSTEMS: A WISCONSIN CASE STUDY 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 40(4), 1053-1061. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1752-16.88.2004tb01066.x>
- Muthanna TM, Viklander MThorolfsson S 2008. Seasonal climatic effects on the hydrology of a rain garden. Hydrological Processes: An International Journal, 22(11), 1640-1649. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/hyp.6732>
- OsheenSingh K 2019. Rain garden—a solution to urban flooding: a review. Sustainable Engineering: Proceedings of EGRWSE 2018, 27-35. https://doi.org/http://doi.org/10.1007/978-981-13-6717-5_4
- Peng J, Cao Y, Rippy MA, Afrooz ANGrant SB 2016. Indicator and pathogen removal by low impact development best management practices. Water, 8(12), 600. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w8120600>
- Rahmah A, Nuryanti P 2020. Happy beach coastal landscape design, based on landscape engineering adjustment. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
- Read J, Fletcher TD, Wevill TDeletic A 2009. Plant traits that enhance pollutant removal from stormwater in biofiltration systems. International Journal of Phytoremediation, 12(1), 34-53 .



برنامه علمی
سلامت و امنیت غذایی

کیفیت، سلامت و امنیت غذا

- Sharma R, Malaviya P 2021. Management of stormwater pollution using green infrastructure: The role of rain gardens. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 8(2), e1507. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wat2.1507>
- Stander EK, Borst M, O'Connor TP, Rowe AA 2010. The effects of rain garden size on hydrologic performance. World Environmental and Water Resources Congress 2010: Challenges of Change ,
- Syafriana A, Arifin HS 2020. Rain garden model for stormwater management in Sentul City, Bogor, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
- Vineyard D, Ingwersen WW, Hawkins TR, Xue X, Demeke B, Shuster W 2015. Comparing green and grey infrastructure using life cycle cost and environmental impact: A rain garden case study in Cincinnati, OH. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 51(5), 1342-1360. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1752-1688.12320>
- Wadzuk B, DelVecchio T, Sample-Lord K, Ahmed M, Welker A 2021. Nutrient removal in rain garden lysimeters with different soil types. Journal of Sustainable Water in the Built Environment, 7(1), 04020018. <https://doi.org/https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000924>.
- Yang H, McCoy EL, Grewal P, Dick WA 2010. Dissolved nutrients and atrazine removal by column-scale monophasic and biphasic rain garden model systems. Chemosphere, 80(8), 929-934. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.05.021>
- Yuan J, Dunnett N, Stovin V 2017. The influence of vegetation on rain garden hydrological performance. Urban Water Journal, 14(10), 1083-1089. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/1573062X.2017.1363251>
- Zhang L, Ye Z, Shibata S 2020. Assessment of rain garden effects for the management of urban storm runoff in Japan. Sustainability, 12(23), 9982. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12239982>



برنامه علمی
سلامت و امنیت غذایی

کیفیت، سلامت و امنیت غذا

A Review of the Design, Construction, and Plants Used in Rain Gardens for Application in the Urban Landscape

Azadeh Mousavi Bazaz

Assistance Professor, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: mousaviba@um.ac.ir

Abstract

Impervious surfaces in urban areas reduce water infiltration into the ground, decrease aquifer recharge, and diminish the quality of stormwater runoff, resulting in increased water pollution. Various structures, including rain gardens, offer not only environmental and aesthetic benefits in urban green spaces but also mitigate the risk of urban flooding and conserve water for reuse, particularly during drought periods, effectively acting as sponges in this regard. Rain gardens represent a new generation of Low Impact Development (LID) approaches and necessitate a combination of sciences including environmental science, horticulture, landscape architecture, soil science, hydrology, understanding of surface and groundwater flow, and engineering. Therefore, a collaborative approach to research in this field is essential. To provide a better understanding of this important solution, this review article aims to discuss the advantages and disadvantages, design, and construction of rain gardens.

Keywords: Stormwater, Landscape, Mulch, Low Impact Development (LID)