DOI: 10.22092/irn.2019.120086

دیدگاه

شهرسازی و حفاظت حشرات گرده‌افشان باغ‌های گیاه‌شناسی

سودابه امینی*[1] و جاماسب نوزری[2]

مقدمه

سالانه بیش از یک چهارم سطح جنگلها و منابع طبیعی کشور بر اثر ساخت و سازها و بلند مرتبه‌سازی‌ها در حال تخریب هستند. با ادامه این روند و افزایش ساخت و سازها در اینده نزدیک زمین دیگر جای مناسبی برای زندگی انسان‌ها نخواهد بود و اثری از منابع طبیعی، جنگلها و اقیانوس‌ها باقی نخواهد بود. بر اساس آمار اطلاع رسانی و شهرسازی به طور تقریبی یک ششم مساحت منابع طبیعی کشور به ساختمان سازی اختصاص یافته که این رشد اگرچه لازمه پیشرفت عمران هر کشور است اما ضایعاتی را نیز به دنبال خواهد داشت.

ساختمان‌های بلندمرتبه، بر تشدید آلودگی زیست‌محیطی و کاهش دسترسی شهروندان، گیاهان و جانوران به هوای تازه و نور خورشید تأثیرگذار خواهند بود. از سوی دیگر، امنیت غذایی و تولید محصولات کشاورزی و حفظ منابع طبیعی نیز، به عنوان مهم‌ترین مباحث روز دنیا، علاوه‌بر مناسب بودن شرایط محیطی، به حضور گیاهان و گرده‌افشانی موفق آنها وابسته است. گرده افشانی موفق گیاهان عامل اصلی حفظ کشاورزی و منابع طبیعی دنیا خواهد بود.

گرده‌افشانی، از مهم‌ترین مراحل در تولیدمثل جنسی گل‌ها و گیاهان به‌شمار می‌رود که نتیجه برهم‌کنش بین گیاهان و جانوران است و باعث افزایش محصولات و حفظ تعادل طبیعی اکوسیستم‌ها می‌شود. به‌طور تقریبی، بیش از ۸۰ درصد گیاهان در دنیا، برای تولید گل و میوه، نیاز به گرده‌افشانی دارند که علاوه‌بر باد، توسط گروهی از پرندگان، خفاش‌ها و حشرات انجام می‌شود. در بین گروه‌های گرده‌افشان، بی‌شک حشرات جایگاه ویژه‌ای دارند و به‌عنوان مهم‌ترین گرده‌افشان‌ها، با انتقال گرده از گیاهان نر به ماده، در گل‌دهی گیاهان و تولید محصولات کشاورزی و افزایش عملکرد آنها، نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند.

با توجه به رفتارشناسی و مطالعات انجام‌شده روی گرده‌افشان‌ها، حضور و فعالیت گرده‌افشان‌ها در تمام مزارع، باغ‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی گزارش شده است و تنها قطب شمال و جنوب کره زمین، از حضور این گروه حشرات ارزشمند بی‌نصیب مانده است. بدیهی است که در دسترس بودن گیاهان گل‌دار، باعث موفقیت فعالیت گرده‌افشان‌ها و افزایش گرده‌افشانی و درنتیجه، افزایش عملکرد محصول خواهد شد.

به علاوه اقتصاد دنیا در تولید محصولات غذایی، به موفقیت گرده‌افشان‌ها وابسته بوده، به‌طوری که اهمیت اقتصادی گرده‌افشان‌ها در تولید فراورده‌های کشاورزی در دنیا، بیش از ۱۵۳ بیلیون یورو برآورد شده است.

امروزه، با توجه به افزایش نرخ رشد جمعیت و از طرفی تمایل افراد به زندگی شهرنشینی (بیش از ۸۰درصد) و تغییر کالبد روستایی به شهری و سرعت بالای ساخت‌وسازها، پوشش گیاهی مناطق مختلف و منابع طبیعی کشور، دستخوش تغییراتی شده است.

فضاهای سبز و باغ‌های گیاه‌شناسی نظیر باغ گیاه‌شناسی ملی ایران و باغ‌های اقماری آن (شکل۱)، با وسعتی بیش از ۱۵۰ هکتار، به‌عنوان مکانی ارزشمند برای حفظ تنوع زیستی گونه‌های گیاهی با فراهم کردن شرایط مناسب اکولوژیک، به‌عنوان زیستگاه طبیعی حشرات گرده‌افشان شناخته شده‌اند.

متأسفانه، در سال‌های اخیر، به‌دنبال فعالیت‌های انسانی و ساخت‌وسازهای انجام‌شده، باغ‌های گیاه‌شناسی نیز در معرض خطر تخریب قرار دارند. بدیهی است، کاهش تنوع زیستی گرده‌افشان‌ها، منجر به کاهش محصولات کشاورزی و به‌دنبال آن، زیان اقتصادی جبران‌ناپذیری در دنیا خواهد شد. بنابراین، روزبه‌روز، بحث خطرات ناشی از فعالیت‌های انسانی و اهمیت حفاظت از گرده‌افشان‌ها در تولید محصولات

۱*- نویسنده مسئول، پژوهشگر، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
پست الکترونیک: Sudabe.amini @ut.ac.ir
۲- دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

کشاورزی و حفظ تعادل اکوسیستم‌های طبیعی، مورد توجه محققان دنیا قرار گرفته و تحقیقات بسیار زیادی در این زمینه در حال انجام است.

مطالعه پیش‌رو، با هدف بررسی خطرات ناشی از شهرسازی و اثرات آن بر جمعیت حشرات گرده‌افشان، به‌ویژه در باغ‌های گیاه‌شناسی، انجام شد. در این مطالعه، دیدگاه پژوهشگران نسبت به شهرسازی و خطرات ناشی از آن در کاهش جمعیت حشرات گرده‌افشان در طبیعت و در باغ‌های گیاه‌شناسی، مورد بحث و بررسی قرار گرفت و چالش‌ها و راهکارهایی برای حفاظت از گرده‌افشان‌ها معرفی شد.

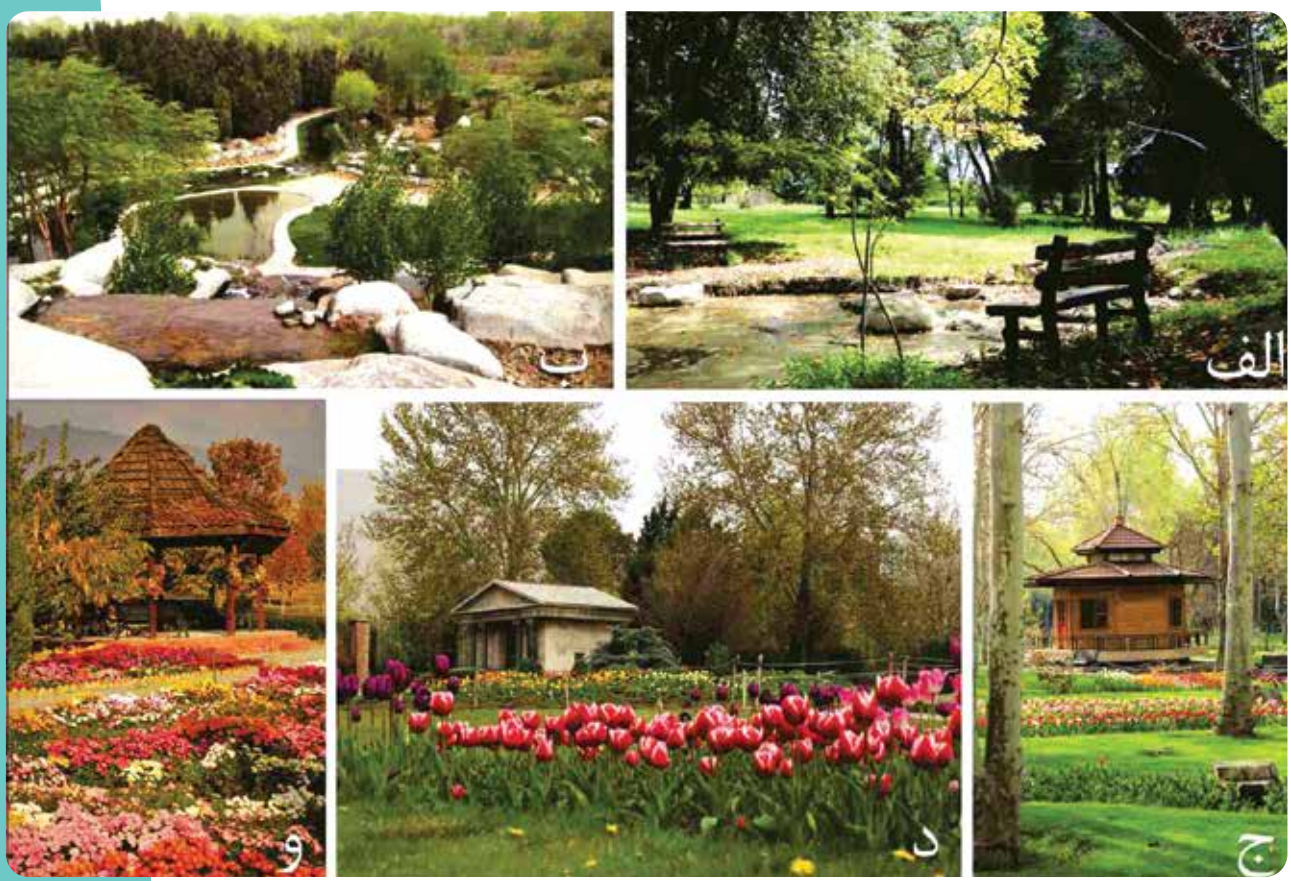
انتظار می‌رود، این مطالعه با تأکید بر اهمیت حفاظت از حشرات گرده‌افشان و باغ‌های گیاه‌شناسی (به‌عنوان زیستگاه طبیعی این حشرات)، در اتخاذ تصمیم‌گیری‌ها و راهبردهای شهرسازی، مورد توجه قرار گیرد و در مسیر حفظ و صیانت از باغ‌های گیاه‌شناسی، این گنجینه‌های ارزشمند و نماد شاخص طبیعی کشور، گام‌های بزرگی برداشته شود.

اهمیت گرده‌افشان‌ها

عمل انتقال گرده بین گیاهان نر و ماده و بارور شدن و گل‌دهی گیاهان، بر عهده گرده‌افشان‌هاست که به‌طور عمده توسط حشرات و پرندگان انجام می‌شود. در گل‌های هرمافرودیت، پدیده اتوگامی و هتروگامی در گرده‌افشانی مشهود است و به‌طورکلی، حشرات با انتقال گرده و شهد، سهم بسیار بزرگی در گل‌دهی گیاهان و تولید محصولات کشاورزی بر عهده دارند (شکل ۲) و حشرات گرده افشان به‌عنوان حشرات حیاتی و استراتژیک در اکوسیستم‌های طبیعی به‌شمار می‌روند (Ollerton *et al.*, 2011).

حشرات گرده‌افشان، متعلق به راسته‌های مختلف بال‌غشاییان Hymenoptera، بال‌پولک‌داران Lepidoptera، دوبالان Diptera و سخت‌بال‌پوشان Coleoptera بوده و براساس نتایج مطالعات انجام‌شده، حشرات راسته بال‌غشاییان به‌ویژه زنبورهای Apisformes به‌عنوان مهم‌ترین گروه گرده‌افشان‌ها در دنیا شناخته شده‌اند (Neff & Simpson 1993; Liang et al., 2022) (شکل ۳).

با توجه به وابستگی تولیدمثل جنسی گیاهان گل‌دار به گرده‌افشان‌ها و براساس مطالعات دیرینه‌شناسی، پیدایش اولین گروه از حشرات گرده‌افشان نیز، که متعلق به راسته سخت‌بال‌پوشان هستند، هم‌زمان با ظهور گیاهان گل‌دار مربوط به دوره کرتاسه بوده است (Li et al., 2021). در راسته بال‌غشاییان، خانواده Apoidae دربرگیرنده اغلب



شکل ۱- الف) باغ گیاه‌شناسی نوشهر، ب) باغ گیاه‌شناسی کاشان، ج، د، و) باغ گیاه‌شناسی ملی ایران (عکس از: آسیه شامخی)

شکل ۲– مقایسه درصد فراوانی گروه‌های مختلف گرده افشان‌ها (Abrol *et al*., 2009)

گونه‌های گرده‌افشان است و طبق آمار به‌دست‌آمده، تعداد ۱۹۶۷ گونه گرده‌افشان Apisformes تاکنون در دنیا شناسایی شده است (Asher & Pickering, 2011). بررسی‌ها روی این خانواده در ایران نشان می‌دهد، تاکنون ۳۱۰ گونه از این خانواده شناسایی شده است (Fallahzadeh *et al*., 2006; Sakenin *et al*., 2010). براساس نتایج مطالعات انجام‌شده، جنس‌های *Bombus*، *Apis* و *Megachi-lus*، از مهم‌ترین جنس‌های گرده‌افشان به‌شمار می‌روند.

زنبور عسل *Apis mellifera*، برجسته‌ترین نقش را در گرده‌افشانی گیاهان دارد. زنبورهای مخملی جنس Bombus نیز از مهم‌ترین گرده‌افشان‌ها در محصولات زراعی و غیرزراعی هستند که دو گونه مهم آن *Bombus terrestris* و *Bombus impatiens* به‌صورت تجاری در گرده‌افشانی استفاده می‌شود (Gurel & Sakli,2021). این حشرات، با استفاده از اندام‌های تخصص‌یافته مانند سبد گرده روی پای عقبی، یا زیر بندهای شکمی، عمل انتقال گرده را در بین گیاهان انجام می‌دهند (تبادکانی، ۱۳۹۵).

گرده‌افشان‌ها از دیرباز، در تولید محصولات کشاورزی و باروری گیاهان در جنگلها و باغ ها اهمیت بسیاری داشته‌اند. به‌طور تقریبی، تولید یک سوم از محصولات کشاورزی و نیاز غذایی جهان، به حشرات گرده‌افشان وابسته است (Abrol, 2009). تقریباً تمام گیاهان بذری جهان برای تولید محصول باید گرده‌افشانی شوند. این مهم، به همان اندازه که برای گیاهان گل‌دار با رنگ‌های متنوع لازم است، درمورد گیاهان مخروطی مانند سوزنی‌برگان نیز صادق است. گرده‌افشانی فقط یک تاریخ طبیعی جذاب نیست، بلکه یک عملکرد ضروری برای بقای اکولوژیکی است. گرده‌افشان‌ها، کلید تولیدمثل گیاهان وحشی در چشم‌انداز تکه‌تکه‌شده جهانی ما هستند. بدون آنها، جمعیت موجود گیاهان کاهش می‌یابد، حتی اگر خاک، هوا، مواد مغذی و سایر عناصر حیاتی نیز در دسترس باشند، بدون حضور گرده‌افشان‌ها، اکوسیستم

شکل ۳ – راسته‌های مختلف حشرات گرده‌افشان
الف) زنبورها (Hymenoptera)، ب) پروانه‌ها (Lepidoptera)، ج) دوبالان (Diptera)، د) سخت‌بال‌پوشان (Coleoptera) (Doley *et al*., 2020)

طبیعی از تعادل خارج خواهد شد. گیاهان گل‌دار در طول میلیون‌ها سال با شرکای گرده‌افشان خود تکامل یافته‌اند و تنوع جالب و جذابی از استراتژی‌های گل و سازگاری با گرده‌افشان ایجاد می‌کنند. تنوع زیادی که در رنگ، فرم و رایحه گل‌ها وجود دارد، نتیجه مستقیم ارتباط صمیمی گل‌ها با گرده‌افشان‌هاست.

علاوه‌بر عملکرد بالای محصولات کشاورزی، حفظ و بقای گیاهان مختلف در جنگل‌ها، مراتع و محیط‌زیست و تنوع زیستی گیاهان نیز تحت تأثیر فعالیت گرده‌افشان‌ها قرار دارد. طبق مطالعات انجام‌شده، حدود ۲۴۰۰۰۰ گونه گیاهان گل‌دار برای گرده‌افشانی به ۱۰۰۰۰۰ گونه حشرات و جانوران وابسته هستند. همچنین، تنوع گونه‌ای گیاهانی که توسط باد گرده‌افشانی می‌شوند در مقایسه با گیاهانی که با گرده‌افشان‌های جانوری تلقیح می‌شوند، بسیار کمتر است (McGregor, 2009).

کاهش عملکرد محصولات کشاورزی و کیفیت ظاهری آنها را نیز علاوه‌بر مصرف بی‌رویه مواد شیمیایی به کاهش گرده‌افشانی مناسب گیاهان نسبت داد. طبق مطالعات جهانی، گیاهانی که باروری آنها توسط گرده‌افشان‌ها انجام می‌شود، محصول چندبرابری و ارزش اقتصادی بسیار بالایی با اختلاف حدود ۲۲۰ میلیارد دلار در سال به همراه داشته‌اند و گرده‌افشانی توسط حشرات، باعث افزایش ۸۷درصدی عملکرد این محصولات می‌شود (Aizen & Harder, 2009؛ Gallai *et al*., 2009). براساس مطالعات انجام شده در صورت کاهش جمعیت حشرات گرده‌افشان، سالانه حدود ۱۹۰ تا ۳۱۰ میلیارد یورو به کشاورزی خسارت وارد می‌شود (Dafni *et al*., 2005).

اگرچه در اکوسیستم‌های طبیعی، تأثیر کاهش جمعیت حشرات گرده‌افشان نسبت به اکوسیستم‌های کشاورزی، چندان مشهود نیست، اما تأثیرات بلندمدت آن مانند انقراض گونه‌های گیاهی و به‌تبع آن کاهش پوشش گیاهی و درنهایت مرگ اکوسیستم، به مراتب خطرناک‌تر و غیرقابل جبران خواهد بود (Edlund *et al*., 2004). گرده‌افشان‌ها، در تولید گل‌ها، گیاهان وحشی و حفظ مناظر طبیعی باغ‌های گیاه‌شناسی نقش حیاتی ایفا می‌کنند و برای تقویت اکوسیستم آنها ضروری هستند (شکل ۴). بنابراین، حفاظت از گرده‌افشان‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی، امری اجتناب‌ناپذیر است وبی‌شک، بدون فعالیت گرده‌افشان‌ها، عملکرد بیشتر گونه‌های گیاهی، مختل و زنجیره غذایی در اکوسیستم‌های طبیعی متلاشی خواهد شد (Nubhan & Buchmann, 1997).

مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده حشرات گرده‌افشان

براساس نظریه پژوهشگران، ترکیبی از عوامل مختلف بر کاهش فراوانی و تنوع جمعیت حشرات گرده‌افشان تأثیرگذار است. از مهم‌ترین عوامل یادشده، تغییر کاربری زمین، استفاده از آفت‌کش‌ها، ورود گونه‌های مهاجم بیگانه، تغییر اقلیم، بیماری‌ها و آفات را می‌توان نام برد. در سال‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی و شهرسازی، موجب تهدیدات جدّی تغییرات اقلیم، افزایش دمای هوا، ایجاد جزایر حرارتی، آلودگی نوری، نابودی زیستگاه‌های طبیعی و فشار روی جمعیت حشرات شده است (Pereira *et al*., 2014). بدیهی است با افزایش جمعیت کره زمین، روند شهرسازی‌ها روزبه‌روز افزایشی و خطرات ایجادشده به مراتب گسترده‌تر خواهد شد (شکل ۵). با این وضعیت، چه آینده‌ای را برای گرده‌افشان‌ها به‌عنوان مهم‌ترین منابع تأمین‌کننده زنجیره غذایی متصور خواهیم شد؟

هریک از خطرات یادشده از جنبه‌های مختلف، تغییراتی را در جمعیت و عملکرد گرده‌افشان‌ها و باروری گیاهان سبب خواهد شد. براساس

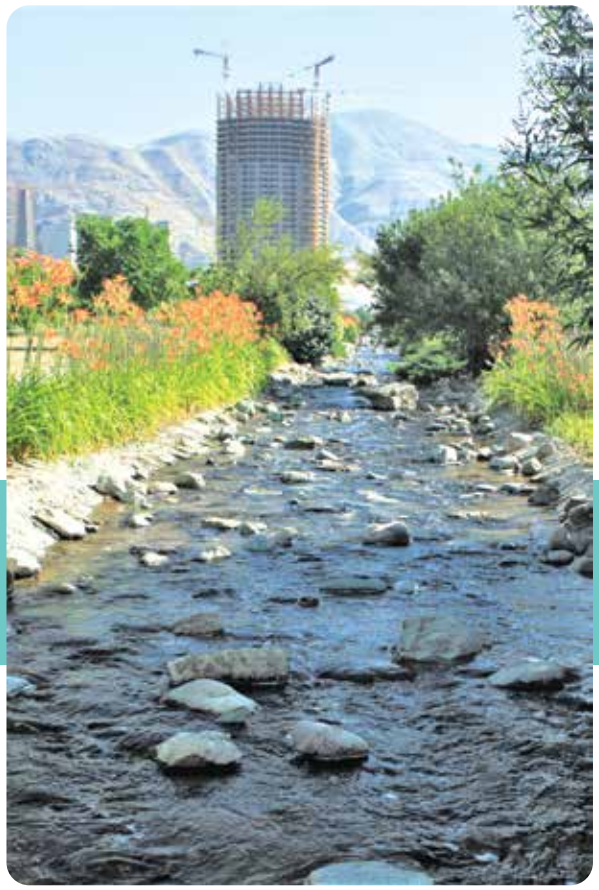
شکل ۴- حشرات گرده‌افشان در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران (عکس از: آسیه شامخی)

نظریه پژوهشگران، ترکیبی از چند عامل، موجب کاهش جمعیت گیاهان و گرده‌ها، درنتیجه عدم دسترسی منابع غذایی و تضعیف سیستم ایمنی حشرات گرده‌افشان و درنهایت نابودی آنها خواهد شد. با توجه به اهمیت حفاظت از گرده‌افشان‌ها، بررسی و مطالعه تغییر رفتار حشرات گرده‌افشان نسبت به تغییرات و خطرات به‌وجودآمده اهمیت بسیاری دارد (Burdine & McCluney, 2019). در ادامه، مهم‌ترین اثرات سوء فعالیت‌های انسانی و فشار روی جمعیت حشرات گرده‌افشان و عملکرد آنها مورد بحث قرار گرفته است.

الف) افزایش دما و ایجاد جزایر حرارتی

یکی از مهم‌ترین تأثیرات فعالیت‌های انسانی، تغییر اقلیم و افزایش دمای کره زمین است. دمای سطح زمین در هر منطقه به خصوصیات مواد تشکیل‌دهنده آن و بازتابش خورشید وابسته است. براین‌اساس، یکی از علل تغییرات دمای هوا، تغییر در کاربری‌ها و پوشش سطح زمین است که معمولاً با ساختمان‌سازی و آسفالت سبب تغییر در پوشش گیاهی، افزایش تابش خورشید به سطوح تیره ساختمان‌ها و درنتیجه افزایش دما می‌شود. شهرسازی و احداث ساختمان‌های بلندمرتبه اطراف زیستگاه طبیعی حشرات، همچنین با مسدود کردن جهت وزش باد، منجر به افزایش دما و ایجاد جزایر حرارتی می‌شود. براساس مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۱ در تهران انجام شد، بررسی تغییرات دمایی شدت جزیره حرارتی تهران، نشان‌دهنده روند افزایشی مقدار شاخص نسبت جزیره حرارتی است، به‌طوری‌که از ۰/۱۱ برای سال ۱۹۸۶ به ۰/۱۵ برای سال ۲۰۱۰ رسیده است. با توجه به پراکنش فضایی دمای سطحی، ، کانون اصلی جزیره حرارتی که فرودگاه مهرآباد بوده است، حفظ شده و در پیرامون این کانون اصلی، خوشه‌های داغ جدیدی در سمت غرب (منطقه۲۱ و غرب منطقه ۲۲) و جنوب غرب فرودگاه مهرآباد (بخش‌هایی از مناطق ۱۸ و ۱۹) ظهور یافته‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد، جزیره حرارتی تهران به سمت بخش‌هایی گسترش یافته است (غرب و جنوب غرب تهران) که با کاهش شدید پوشش گیاهی و بیشترین گسترش کاربری‌های صنعتی، کارگاهی و انبارداری مواجه شده‌اند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۱). مطالعه انجام شده به خوبی تاثیر کاهش پوشش گیاهی را بر افزایش دمای کره زمین نشان داده است.

افزایش دمای ایجادشده، علاوه‌بر تأثیر منفی بر روی فنولوژی گیاه، بر فیزیولوژی گیاه و جمعیت گرده‌افشان‌ها نیز تأثیرگذار است (Scaven & Rafferty, 2013) و با درنظر گرفتن فیزیولوژی حشرات و حساسیت دمایی بدن آنها، تأثیر مهمی در کاهش جمعیت حشرات گرده‌افشان خواهد گذاشت که این امر به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم روی فراوانی و تنوع گرده‌افشان‌ها قابل مشاهده خواهد بود (Kjhol *et al*., 2011؛ Hegland *et al*., 2009).



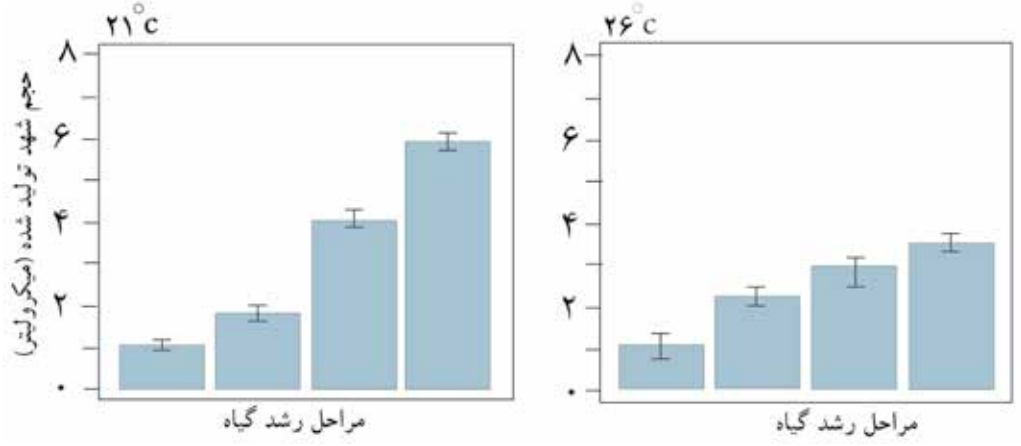
شکل ۵- شهرسازی و ساختمان‌سازی‌های اطراف باغ گیاه‌شناسی ملی ایران (عکس از: آسیه شامخی)

علاوه‌بر تغییرات یادشده، افزایش دمای هوا بر گیاهان با تغییر در فاکتورهایی مانند میزان گل‌دهی، اندازه گل، حجم و میزان قند موجود در شهد گل‌ها، ترکیبات گرده و تغییرات روی رایحه گل‌ها نیز تأثیرگذار است (Koti *et al*., 2005; Gilman *et al*., 2012) (شکل ۶).

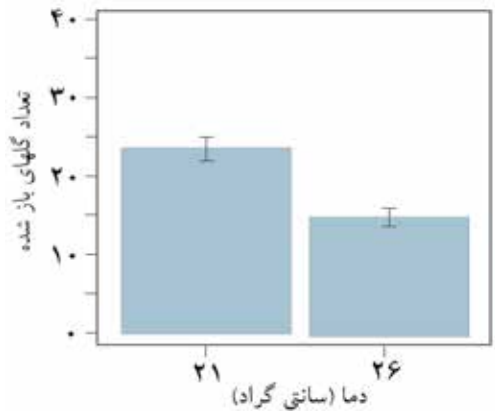
ذکر این نکته لازم است که فاکتورهای یادشده، به‌طور مستقیم روی رفتار و فعالیت گرده‌افشان‌ها، تأثیرات منفی دارند. به‌طورمثال، افزایش دما با کاهش میزان گل‌دهی و کاهش تنوع گیاهان، منجر به عدم دسترسی گیاهان و منابع غذایی برای گرده‌افشان‌ها شده است که این امر سبب ایجاد تغییراتی در دوره رشد لاروی و کاهش فعالیت میزبان‌یابی آنها خواهد شد (Génis-sel *et al*., 2002; Descamps *et al*., 2021) (شکل ۷).

علاوه‌بر گیاهان، فیزیولوژی حشرات گرده‌افشان نیز متأثر از تغییرات اقلیم و افزایش دمای هوا خواهد بود، به‌طوری‌که منجر به تغییر در طول عمر، اندازه بدن حشرات، همچنین حمل و انتقال گرده می‌شود (Wilcock & Neiland, 2002). اندازه بدن حشرات، ارتباط مستقیم با توانایی فعالیت آنها در دمای بالا دارد (Bishop & Armbruster, 1999) به‌طوری‌که فعالیت گرده‌افشان با جثه بزرگ‌تر مانند زنبورهای مخملی، به اوایل صبح، یا عصر با دمای پایین‌تر محدود شده (Willmer, 1983) و زنبورهای عسل در دمای بالاتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد، میزبان‌یابی خود را متوقف می‌کنند (Cooper *et al*., 1985). با تغییر زمان گرده‌افشانی، بدیهی است در فرایند انتقال گرده نیز تغییراتی ایجاد شود و عمل میزبان‌یابی و به‌تبع تولید میوه و گل را مختل کند (Wilcok & Neiland, 2002; Gerad *et al*., 2022) (شکل ۸).

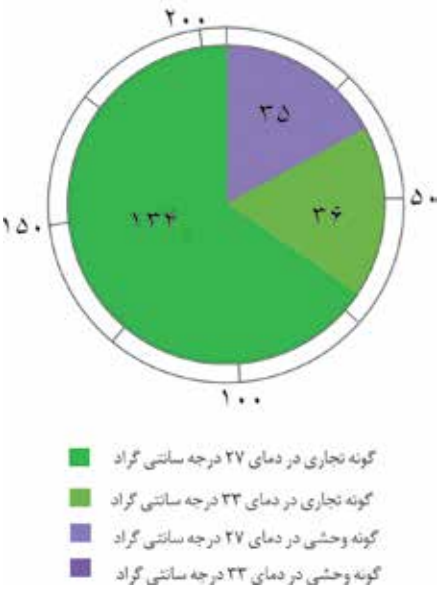
یکی دیگر از اثرات افزایش دما، کاهش اندازه بدن حشرات



شکل ۶- مقایسه میزان شهد تولیدشده در مراحل مختلف رشد گیاهان در دو دمای ۲۱ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد (Descamps *et al*., 2021)



شکل ۷- مقایسه تعداد گل‌های بازشده گیاهان با افزایش دما (Descamps *et al*., 2021)



شکل ۸- تعداد دفعات میزبان‌یابی گل توسط حشرات گرده‌افشان در دماهای مختلف (Gerad *et al*.,2022)

گرده‌افشان است که پس‌ازاین باعث کاهش مسافت پرواز و انتقال گرده خواهد شد و طبق بررسی‌های انجام‌شده، قدرت انتقال گرده در زنبورهای عسل با اندازه کوچک‌تر به‌نسبت کمتر گزارش شده است. از طرفی، فعالیت حشرات گرده‌افشان و میزبان‌یابی آنها در دمای بالا، نیاز به صرف انرژی بیشتری داشته که این امر، بی‌شک روی کارایی و میزان جمع‌آوری شهد و گرده تاثیر منفی خواهد داشت (Greenleaf *et al*., 2007). علاوه‌بر تأثیر مستقیم، افزایش دما به‌طور غیرمستقیم نیز بر کیفیت زیستگاه حشرات گرده‌افشان تأثیرگذار است. دمای بالا، منجر به کاهش کیفیّت و کمیّت گرده‌های گیاهان باغ‌های یادشده می‌شود و کاهش فراوانی و تنوع حشرات گرده‌افشان را در پی داشته و اثرات مخرّب روی تکثیر آنها خواهد داشت (Stockstad, 2007). کمبود گرده و تغذیه ناکافی، باعث تضعیف سیستم ایمنی و حساس‌شدن حشرات گرده‌افشان در برابر بیماری‌های مختلف می‌شود و طول دوره زندگی آنها را نیز به‌طور غیرطبیعی کاهش خواهد داد (Mattilla & Otis, 2006). اگرچه تأثیر افزایش دما به‌صورت موردی ممکن است باعث تأثیر مستقیم در گرده‌افشانی نشود، تغییرات به‌صورت برایند کلی درصورتی‌که مکمل هم نباشند، باعث تأثیرات منفی روی واکنش بین گیاه و گرده‌افشان‌ها شده که منجر به کاهش باروری گیاهان خواهند شد (Radmacher & Strohm, 2011; Scaven & Rafferty, 2013). یکی از این اثرات، عدم تطابق فنولوژی گیاهی و سبک

شکل ۹- تطابق زمان بیولوژیکی گیاه و گرده‌افشان‌ها در باغ گیاه‌شناسی ملی ایران (عکس از: آسیه شامخی)

زندگی حشرات گرده‌افشان می‌باشد.از مهم‌ترین تأثیرات منفی افزایش دما و جزایر حرارتی، ایجاد شکافی بین زمان گل‌دهی و فعالیت حشرات گرده‌افشان است. بدیهی ست گرده‌افشانی موفق، نیاز به تطابق زمان بیولوژیکی مناسب برای گیاه و گرده‌افشان دارد (شکل ۹).

ناهماهنگی بین گیاه و حشره، منجر به کاهش بازدید حشره از گیاه و در نهایت اختلال در انتقال گرده و گرده‌افشانی می‌شود. در این زمینه، در سراسر دنیا، تحقیقات گسترده‌ای انجام شده که نتایج حاصل از این پژوهش‌ها، بر کاهش عملکرد محصول و به‌تبع آن کاهش منابع تغذیه‌ای گرده‌افشان‌ها به دلیل ناهماهنگی بین زمان گل‌دهی و فعالیت حشرات گرده‌افشان تأکید کرده است (Fisogni *et al*., 2020).

در مطالعه انجام‌شده در سال ۲۰۲۲، تاثیرافزایش ۱/۵ درجه سانتی‌گراد دمای هوا بر روی حشرات گرده افشان نشاندهنده کاهش تولید گرده، تولید شهد و درنهایت، اختلال در فعالیت حشرات گرده‌افشان بود (Moss & Evans, 2022). همچنین، پژوهش‌های انجام‌شده در کشور هند بیان می‌کند که با افزایش دما، تعداد زنبورهای خارج شده از کندو نیز به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافته و آسیب‌پذیری گرده‌افشان‌ها در دمای بالا به اثبات رسیده است (Reddy *et al*., 2012).

افزایش دما و کاهش رطوبت، با تداخل در فیزیولوژی گیاه، منجر به کوچک‌شدن اندازه گل‌ها و تضعیف رایحه آنها نیز می‌شود. حشرات گرده‌افشان، توسط رایحه و اندازه گل‌ها به سمت آنها جلب شده و عمل گرده‌افشانی را انجام می‌دهند. گرده‌افشانی موفق، علاوه‌بر تطابق فنولوژیکی گیاه و حشره، نیاز به مشاهده گل‌ها و گیاهان توسط حشرات گرده‌افشان خواهد داشت. افزایش دما و کاهش اندازه گل و جلب‌کنندگی رایحه گل‌ها، منجر به عدم مشاهده آنها توسط گرده‌افشان‌ها می‌شود که این امر، سبب شکست فرایند گرده‌افشانی خواهد شد (Burkle & Runyon, 2016). بنابراین، با افزایش دما و عدم تطابق فنولوژی گیاه و حشره کاهش جمعیت و حتی انقراض حشرات گرده‌افشان، دور از انتظار نخواهد بود!

ب) افزایش سطح دی‌اکسیدکربن در هوا

آلودگی هوا یکی از مهمترین مشکلات شهر تهران بوده که عمده آلاینده‌های آن شامل منواکسیدکربن، دی‌اکسیدگوگرد، دی‌اکسیدنیتروژن و ذرات معلق هستند. تعیین نوع و مقدار این آلاینده‌ها برای حفظ سلامتی شهروندان و گیاهان و جانوران اهمیت بسیار زیادی دارد.

یکی از خطرات ناشی از شهرسازی، افزایش سطح دی‌اکسیدکربن در هوا و تأثیرات آن در گل‌ها و گیاهان اطراف است. افزایش دی‌اکسیدکربن در گیاهان، باعث بر هم زدن نسبت نیتروژن به کربن و تغییر در ترکیب شهد گیاهان، همچنین کاهش نسبت پروتئین در گرده گل‌ها می‌شود (Crowley *et al*., 2021). طبیعی است، تغذیه حشرات گرده‌افشان از گرده گیاهان با کیفیت پایین و سطح دی‌اکسیدکربن بالا، منجر به

کوتاه شدن طول دوره زندگی گرده‌افشان‌ها و درنهایت نابودی آنها خواهد شد (Hoover *et al*., 2012).

یکی دیگر از تأثیرات منفی افزایش دی‌اکسیدکربن بر گلدهی گیاهان، تغییر زمان گل‌دهی و زود به گل نشستن گیاهان و ناهماهنگی بین حضور حشرات گرده‌افشان و زمان گل‌دهی است که منجر به تاثیر منفی بر گرده‌افشانی گیاهان خواهد شد (Crowley *et al*., 2021). از آنجاییکه کربوهیدرات موجود در شهد گیاهان، عامل تأمین انرژی و پروتئین موجود در گرده برای رشد و تغذیه گرده‌افشان‌ها استفاده می‌شود. بر همین اساس، حشرات گرده‌خوار، بیشتر به سمت گل‌های کاملاً باز با پرچم‌های مشخص مانند گیاهان تیره خشخاش، یا سیب‌زمینی می‌روند و حشرات شهدخوار با استفاده از خرطوم بلند به گیاهان با کلاله طویل جلب می‌شوند.

اگرچه مطالعات گسترده روی تأثیر افزایش سطح دی‌اکسیدکربن بر گرده‌افشانی انجام نشده اما با در نظر گرفتن موارد ذکر شده و تغییرات ایجاد شده بر فیزیولوژی گیاه بدیهی ست روی میزبان یابی و گرده افشانی موفق نقش اساسی دارند.

ج) نور مصنوعی

شهرسازی و ایجاد ساختمان های بلند مرتبه و نور مصنوعی ایجادشده از ان در شب، از مهم‌ترین انواع آلودگی به‌شمار می‌رود (Barri-gon-Morillas *et al*., 2018). براساس نظریه پژوهشگران و نتایج مطالعات انجام شده، نورهای مصنوعی ساختمان‌ها در شب، با تأثیر منفی روی برهم‌کنش گیاه و فعالیت گرده‌افشان‌ها، سبب اختلال در گرده‌افشانی در طول روز نیز می‌شود. به‌طوری‌که در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۲۱ روی برهم‌کنش گیاه و گرده‌افشان‌ها انجام شد، در ۱۹درصد گیاهانی که در معرض نور مصنوعی در شب قرار گرفتند، کاهش گرده‌افشانی در طول روز مشاهده شده است (Giavi *et al*., 2021). اگرچه، با در نظر گرفتن واکنش متفاوت حشرات گرده‌افشان راسته‌های مختلف آلودگی نور، به این موضوع، نیاز به بررسی بیشتر و انجام مطالعات و پژوهش‌هایی در آینده دارد. ذکر این نکته لازم است، مطالعات گسترده در این زمینه نشان می‌دهد، علاوه‌بر کاهش تعداد بازدید گل توسط گرده‌افشان‌ها، نور مصنوعی در شب، باعث ایجاد اختلالات فیزیولوژیک و اختلال در گل‌دهی گیاهان نیز شده و این موضوع با تأثیر روی رایحه گل‌ها و گیاهان، بدون‌شک بر گرده‌افشانی حشرات نیز تأثیرگذار خواهد بود (Knop *et al*., 2017; Yon *et al*., 2017؛ Giavi *et al*., 2021) موارد دیگری نیز مبنی بر تأثیر منفی آلودگی نور بر گرده‌افشانی گیاهان مانند اختلال در انتقال گرده بین گل‌ها (Macgregor *et al*., 2017)، واختلال در عملکرد گرده‌افشان‌ها، به‌طوری‌که توانایی آنها را در برابر دشمنان طبیعی و دفاع از خود کاهش می‌دهد نیز اشاره شده است که نیاز به مطالعات گسترده تری دارد (Baber *et al*., 2010).

د) از بین رفتن نیچ (آشیان) اکولوژیک و زیستگاه گرده‌افشان‌ها

توسعه شهری و احداث ساختمان‌ها، منجر به کاهش گونه‌های گیاهی و نابودی زیستگاه طبیعی حشرات گرده‌افشان شده است (Goulson *et al*., 2015). کاهش گیاهان و گل‌های میزبان نیز منجر به کاهش تنوع زیستی گرده‌افشان‌ها خواهد شد. با در نظر گرفتن منابع گل‌ها و گیاهان، به‌عنوان فاکتور محدودکننده جمعیت گرده‌افشان‌ها، تخریب باغ‌های گیاه‌شناسی به‌عنوان زیستگاه طبیعی حشرات گرده‌افشان، خطر نابودی آنها را به‌دنبال خواهد داشت. همان‌گونه که ذکر شد، رابطه بین حشرات گرده‌افشان و گیاهان، یک رابطه دو طرفه است و به‌وجودآمدن مشکل و خطر برای هر یک، تأثیر مستقیم بر دیگری خواهد گذاشت.

تنوع بالای گیاهان و گل‌ها در سطح باغ‌های گیاه‌شناسی ازجمله باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، زیستگاه اکولوژیک مناسبی را برای گرده‌افشان‌ها فراهم می‌کند و این امر، باعث افزایش تنوع گونه‌ای و فراوانی گرده‌افشان‌ها خواهد شد. از طرفی، کاهش دسترسی گرده‌افشان‌ها به گیاهان و گل‌ها، تأثیر منفی بر گونه‌های بومی گرده‌افشان‌ها دارد (Kov´acs-Hosty´anszki *et al*., 2013). تأثیر سوء شهرسازی و ساختمان‌سازی بر فراوانی گونه‌های گرده‌افشان به‌ویژه پروانه‌ها، به‌دلیل رفتار اکولوژیکی منحصربه‌فرد و نیاز به تغذیه از گیاه و شهد آن در مراحل مختلف زندگی و حساسیت بالاتر نسبت به تغییرات به‌وجودآمده در اثر فعالیت‌های انسانی ازجمله آلودگی هوا، آلودگی نوری و ایجاد جزایر حرارتی بسیار مشهود است (Liang *et al*., 2022).

جمع‌بندی

امروزه شهرها به عنوان کانون فعالیت و زندگی انسانها بدون فضای سبز هیچ مفهوم و تعریفی نداشته و از طرفی برای حفظ پایداری خود نیاز به پذیرش ساختار و کارکرد متاثر از سیستم طبیعی دارند. در این میان، فضاهای سبز شهری و باغ‌های زیبا به‌عنوان جزو ضروری و لاینفک پیکره یگانه شهرها، دارای نقشی اساسی هستند که کمبود آنها می‌تواند اختلالات جدی در حیات شهرها به وجود آورد. هرچند در سال‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی در سراسر دنیا، منجر به وارد کردن فشار و ایجاد تغییرات آشکاری در زیستگاه‌های طبیعی شده و بی‌شک، گرمایش ناشی از این فعالیت‌ها و کاهش منابع آبی، نیز یکی از جبران‌ناپذیرترین عواقب فعالیت‌های انسانی در سطح جهان قلمداد می‌شود. و مهمتر از همه عواقب ناشی از افزایش دما و تخریب زیستگاه طبیعی است، منجر به کاهش تنوع زیستی گیاهان و گرده‌افشان‌ها خواهد شد.

با به خطر افتادن گل‌ها و گیاهان باغ‌های گیاه‌شناسی، جمعیت حشرات گرده‌افشان نیز با خطر جدی مواجه خواهند شد. باغ گیاه‌شناسی ملی ایران به‌عنوان نماد شاخص طبیعی کشور و محلی برای حفظ ذخایر ژنتیکی کشور، از اهمیت زیادی برخوردار است. باغ‌های گیاه‌شناسی، در مناطق جغرافیایی گرم و خشک به‌دلیل فراهم آوردن شرایط اکولوژیک مناسب و پناهگاهی امن برای حشرات گرده‌افشان، به‌عنوان نقاط داغ تنوع زیستی گرده‌افشان‌ها شناخته شده‌اند. افزایش دما و کاهش منابع آبی، روی گروه‌های

ارزشمند گیاهی آن، تأثیرگذار و عاملی مهم در کاهش تعداد و تنوع گونه‌های گرده‌افشان است. در حال حاضر، توسعه شهری و ساختمان‌سازی‌های اطراف باغ‌های گیاه‌شناسی، با به خطر انداختن گیاهان موجب تهدید جدی اکوسیستم موجودات زنده به‌ویژه گرده‌افشان‌ها خواهند شد. در صورت ادامه این روند، به‌تدریج با کاهش تنوع زیستی و درنهایت انقراض تعدادی از گونه‌های گرده‌افشان روبه‌رو خواهیم بود.

با توجه به مطالعات انجام‌شده انتظار می‌رود همراه با تغییرات اجتناب‌ناپذیر اقلیمی، حفاظت از باغ‌های گیاه‌شناسی برای حمایت و حفاظت از حشرات گرده‌افشان و حفظ ذخایر ژنتیکی کشور، موضوعی حیاتی قلمداد شود و در اتخاذ تصمیم‌گیری‌ها و راهبردهای آینده توسعه شهری در کشور مورد توجه قرار گیرد. ایجاد فضاهای سبز مناسب و باغ‌های شهری، از مهم‌ترین استراتژی‌های حفاظتی با هدف و نگرش به حداقل رساندن کاهش تنوع زیستی جمعیت حشرات گرده‌افشان است (Ayres & Rehan, 2021).

امروزه با توجه به روند افزایشی رشد جمعیت شهرنشینی و خطرات ناشی از آن، کاشت گیاهان و ایجاد باغ‌های گیاه‌شناسی و فضای سبز شهری برای بهبود و تعادل جمعیت حشرات گرده‌افشان، امری لازم و ضروری است. با اجرای طرح‌های اصولی و مدیریتی صحیح برای ایجاد و حفاظت از فضای سبز و باغ‌های گیاه‌شناسی در سطح شهر، کمک بزرگی به حفاظت از گرده‌افشان‌ها و جلوگیری از کاهش تنوع زیستی این گروه از موجودات ارزشمند خواهد شد. باغ گیاه‌شناسی ملی ایران به عنوان بخش جاندار محیط شهری مکمل بخش بیجان شهر یعنی ساختار کالبدی آن بوده و احداث و حفاظت باغ‌های گیاه‌شناسی که ارزش زیبایی‌شناختی آن برای عموم مردم بالاست، نه‌تنها برای حفاظت از گرده‌افشان‌ها، بلکه در جهت ارتقای سلامت روحی مردم، اهمیت بسیاری خواهد داشت. کاشت گیاهان بذری در فضاهای سبز ایجادشده، نیز می‌تواند نقش مهمی در جلب حشرات گرده‌افشان و حفاظت از آنها داشته باشد.

با توجه به اولویت داشتن مسائل اقتصادی در همه جنبه‌ها نسبت به سایر مسائل و از طرفی، ارزش اقتصادی بالای حفاظت از حشرات گرده‌افشان در باروری گیاهان گل‌دار و تولید محصول با عملکرد بالا، توجه هرچه بیشتر نسبت به گرده‌افشان‌ها، ضروری است.

امروزه جامعه‌شناسان، روانشناسان و پزشکان بر این باورند، علاوه‌بر تأمین بهداشت محیط، مکان‌های مسکونی و محیط شهر (فضای سبز)، نقش مثبتی در سلامتی شهروندان بر عهده دارند که از مهم‌ترین آن می‌توان به تأثیرات آن بر زندگی شهروندان اشاره کرد که روزانه ساعاتی را برای گذراندن اوقات فراغت خود در این گونه فضاها می‌گذرانند. از اینرو، حمایت و حفاظت از گونه‌های گیاهی باغ گیاه‌شناسی ملی ایران و حشرات گرده‌افشان، تأثیر مستقیم روی بهبود کیفیت زندگی مردم خواهد داشت. بنابراین، با تأکید بر جمله معروف آلبرت انیشتین که بیان کرد «اگر زنبورها از سطح جهان ناپدید شوند، انسان‌ها فقط چهار سال زنده می‌مانند»، این‌گونه تداعی می‌شود که نبود زنبورها، معادل نبود گرده‌افشانی، نبود گرده‌افشانی، معادل نبود گیاهان، نبود گیاهان، معادل نبود حیوانات و درنهایت به معنی نبود انسان خواهد بود. بر همین مبنا، حشرات گرده‌افشان، پایه زنجیره غذایی و ادامه حیات گیاهان و فضای سبز در زمین شناخته شده‌اند و حفاظت از این گونه‌های ارزشمند و باغ‌های گیاه‌شناسی، به‌عنوان زیستگاه طبیعی آنها، تضمینی برای کیفیت بالای زندگی و امنیت غذایی انسان‌ها در آینده خواهد بود.

سپاسگزاری

نویسندگان از نظرات ارزشمند جناب آقای دکتر بهنام حمزه و همکاری سرکار خانم دکتر بهناز کلنات در انجام این مطالعه، نهایت سپاس و قدردانی را دارند.

منابع

تبادکانی،س.م.، ۱۳۹۵. شش پایان (مجموعه مصور حشرات). تهران، سازمان جهاد دانشگاهی تهران، ۳۸۰ صفحه.

صادقی،ع.، علیجانی، ب. و فیروز آبادی، پ. ۱۳۹۱. تحلیل فضایی- زمانی جزیره حرارتی کلان‌شهر تهران با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. نشریه علمی جغرافیا و مخاطرات طبیعی، ۴: ۱-۱۷

Abrol, D.P., 2009. Plant-pollinator interactions in the context of climate change- an endangered mutualism. Journal of Palynology, 45: 1-25.

Aizen, M.A. and Harder, L.D., 2009. The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. Biology, 19: 915-918.

Asher, J. and Pickering, J., 2011. Apoidea species guide. Retrieved May 11, 2011, from: http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species.

Ayers, A.C. and Rehan, S.M., 2021. Supporting Bees in Cities: How Bees Are Influenced by Local and Landscape Features. Insects, 12: 128-142.

Barber, N.A., Adler, L.S. and Bernardo, H.L., 2011. Effects of above-and belowground herbivory on growth, pollination and reproduction in cucumber. Oecologia, 165: 377-386.

Barrigón-Morillas, J.M., Rey-Gozalo, G., Montes-González, D., AtanasioMoraga, P. and Vílchez-Gómez, R., 2018. Noise pollution and urban planning. Current Pollution Report, 4: 208-219.

Bishop, J.A. and Armbruster, W.S., 1999. Thermoregulatory abilities of Alaskan bees: effects of size, phylogeny and ecology. Functional Ecology, 13: 711–724

Burkle, L.A. and Irwin, R.E., 2010. Beyond biomass: measuring the effects of communitylevel nitrogen enrichment on floral traits, pollinator visitation and plant reproduction. Journal of Ecology, 98: 7.

Burkle, L.A. and Runyon, J.B., 2016. Drought and leaf herbivory influence floral volatiles and pollinator attraction. Global Change Biology, 22: 1644-1654.

Burdine, J.D. and McCluney, K.E., 2019. Differential sensitivity of bees tourbanization-driven changes in body temperature and water content.Scientific Reports, 91:1–10.

Cooper, P.D. Schaffer, W.M. and Buchmann, S.L., 1985. Temperature regulation of honey bees Apis mellifera foraging in the Sonoran desert. Journal of Experimental Biology, 114: 1–15.

Crowley, L.M., Jonathan, P., Sr. Pritchard, J. and Hayward, S.A., 2021. Elevated CO2 Impacts on Plant–Pollinator Interactions: A Systematic Review and Free Air Carbon

port. Global Change Biology, 23: 697-707.
Mattila, H.R. and Otis, G.W., 2006. Influence of pollen diet in spring on development of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. Journal of Economic Entomology, 99: 604-613.
Moss, E.D. and Evans, D.M., 2022. Experimental climate warming reduces foral resources and alters insect visitation and wildfower seed set in a cereal agro-ecosystem. Frontiers in Plant Science.13: 1-17
Nabhan, G.P. and Buchmann, S.L., 1997. Services provided by pollinators. In: Daily GC (ed) Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Island Press, Washington, DC, pp: 133-150.
Neff, J.L. and Simpson, B.B., 1993. Bees, pollination systems and plant diversity. In: Lasalle ASALLE, J. & GAULD, I. D. eds. Hymenoptera and biodiversity. Wallingford, UK, CAB International. pp.143-168.
Ollerton, J., Winfree, R. and Tarrant, S., 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos, 120: 321-326.
Pereira, J., Schlindwein, C., Antonini, Y., Maia, A., Dötterl, S., Martins, C., Navarro, D., and Oliveira. R., 2014. Philodendron adamantinum (Araceae) lures its single cyclocephaline scarab pollinator with specific dominant floral scent volatiles. Biological Journal of Linnean Society, 111:679-691.
Rafferty, N.E., 2017. Effects of global change on insect pollinators: multiple drivers lead to novel communities. Current Opinion in Insect Science, 23: 22-27.
Sakenin, M., Samin, N. and Bagriacik, N., 2010. A contribution to the aculeatae Hymenoptera (Insecta) from Iran. Efflatounia, 10: 15-20
Scaven, V.L. and Rafferty, N.E., 2013. Physiological effects of climate warming on flowering plants and insect pollinators and potential consequences for their interactions. Current Zoology, 59(3): 418-426
Stokstad, E., 2007. The case of the empty hives. Science, 316: 970-972.
Wilcock, C. and Neiland, R., 2002. Pollination failure in plants: Why it happens and when it matters. Trends Plant Science, 7: 270–277.
Willmer, P.G., 1983. Thermal constraints on activity patterns in nectar-feeding insects. Ecological Entomology, 8: 455–469.
Enrichment Field Study. Insects, 12: 512-521.
Fallahzadeh, M., Shojaei, M. and Ostovan, H., 2006. First
record of four Sphecid wasps from Iran. Applied Entomology and Phytopathology, 73 (2): 125-132.
Fisogni, A., Hautekèete, N., Brun, M. and Piquot, Y., .2020. Urbanization drives an early spring for plants 545 but not for pollinators. Oikos, 129: 1681–1691.
Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J. and Vaissi, B.E., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecological Economics, 68: 810-821.
Greenleaf, S.S., Williams, N.M., Winfree, R. and Kremen, C., 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. Oecologia, 153:589–596.
Giavi, S., Fontaine, C. and Knop, E., 2021. Impact of artificial light at night on diurnal plant-pollinator interactions. Nature Communications,
Génissel, A., Aupinel, P., Bressac, C., Tasei, J-N. and Chevrier, C., 2002. Influence of pollen origin on performance of Bombus terrestris micro-colonies. Entomological Experimental Application., 104: 329–336
Gilman, R.T., Fabina, N.S., Abbott, K.C. and Rafferty, N.E., 2012. Evolution of plant-pollinator mutualisms in response to climate change. Evolutinary. Applications, 5: 2–16.
Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C. and Rotheray, E.L., 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. Science, 27: 347:1255957-1, 1255957-9.
Gurel, F., Sakli, R. 2021. Assessing of reproductive performance of commercial Bombus terrestris dalmatinuscolonies in different conditions and some practical ways to mitigation of its invasive risk.Apidologie,52: 792–800
Hegland, S.J., Nielsen, A., Lzaro, A., Bjerknes, A.L. and Totland, O., 2009. How does climate warming affect plant–pollinator interactions? Ecology Letters, 12: 184-195.
Hoover, S.E.R., Ladley, J.., Shchepetkina, A., Tisch, M. and Gieseg, S.P., 2012. Warming, CO2, and nitrogen deposition interactively affect a plant-pollinator mutualism Ecology Letters, 15: 227-234.
Huan, L., Yong-Deng, H., Panagiotis, T. and Chun-Feng, Y., 2022. The effects of urbanisation on pollinators and pollination: A meta-analysis. Ecology Letter, 00: 1–14.
Kjhol, M., Nielsen, A. and Stenseth, N.C., 2011. Potential effect of climate change on crop pollination. Food and Agriculture Organization of the united nations, Rome, 34p.
Koti, S., Reddy, K.R., Reddy, V.R., Kakani, V.G., and Zhao, D., 2005. Interactive effects of carbon dioxide, temperature, and ultraviolet-B radiation on soybean (Glycine max L.) flower and pollen morphology, pollen production, germination, and tube lengths. Journal of Experiments. Botany, 56: 725–736.
Klein, A.M., Vaissie`re, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A. and Kremen, C., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceeding of Royal Society Biological science, 274: 303-313.
Kov´acs-Hosty´anszki, A., Haenke, S., Bat´ary, P., Jauker, B., B´aldi, A., Tscharntke, T. and Holzschuh, A., 2013. Contrasting effects of mass-flowering crops on bee pollination of hedge plants at different spatial and temporal scales. Ecology Application, 23: 1938-1946.
Macgregor, C.J., Evans, D.M., Fox, R. and Pocock, M.J.O., 2017. The dark side of street lighting: impacts on moths and evidence for the disruption of nocturnal pollen trans-