



## زنبورهای عسل به عنوان نشانگرهای زیستی

رکسانا نظری<sup>۱\*</sup>، مانی جبباری<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند  
۲- کارشناس ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۸

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/HBSJ.2025.367184.1177

رایانامه: mani.jabbari.mp@gmail.com



### چکیده:

نظارت بر محیط است. با بهره‌گیری از گسترش شعاع جستجوی آنها و ارزیابی کیفیت محصولات کندو، می‌توان تصویری عمیق از وضعیت محیطی منطقه اطراف به دست آورد. زنبور عسل، قابل اطمینان‌ترین نشانگرهای زیستی است. بطور کلی، زنبورهای عسل می‌توانند به ما در نظارت بر آلاینده‌ها در محیط زیست کمک کنند و به عنوان یک سیستم نظارت زنده از جنبه‌های مختلف اکوسیستم در نظر گرفت، زیرا سلامت آنها تحت تأثیر عوامل محیطی متعدد،

انتشار فزاینده آلاینده‌های مضر در محیط زیست، سلامت انسان‌ها را تهدید می‌کند. برای شناسایی این مواد خطرناک، محققان از آشکارسازهای ویژه‌ای به نام نشانگرهای زیستی استفاده می‌کنند و زنبورهای عسل از مفیدترین آنها هستند. استفاده از شاخص‌های بیولوژیکی، مانند زنبورها، نشان دهنده یک روش غیرتهاجمی برای





وجود برخی تغییرات جغرافیایی زیستی مورد استفاده قرار گیرند (Parikh et al., 2021; Chowdhury et al., 2023). راسته Hymenoptera در این رابطه اهمیت زیادی پیدا کرده است (Skaldina et al., 2018; Blinova and Dobrydina, 2019) و زنبورهای عسل، به عنوان شاخص آلودگی شیمیایی استفاده می‌شوند (Girotti et al., 2020; Cunningham et al., 2022; de Jongh et al., 2022; Xiao et al., 2022). در مقایسه با دشواری‌های انجام نمونه‌گیری مستقیم، زنبورها، حجم و دقت بیشتری از داده‌ها را تضمین می‌کنند. آنها حشرات گروهی هستند که هنگام جست و جوی گل‌ها، مسافت‌های زیادی را طی می‌کنند (Bargan'ska et al., 2016). بنابراین، می‌توان حضور طیف وسیعی از مواد شیمیایی را با انجام تجزیه و تحلیل بر روی محصولات مختلف، که شامل گرده، عسل و موم زنبور عسل است، ارزیابی کرد (Herrero-La-torre et al., 2017; Martinello et al., 2021; Conti et al., 2022).

چندین ویژگی باعث می‌شود که زنبورهای عسل و محصولات کندو به شاخص‌های عالی برای آلودگی محیط زیست تبدیل شوند. اول، زنبورهای عسل در همه جا حضور دارند و به راحتی نگهداری و جمع‌آوری می‌شوند (Porrini et al., 2011; Perugini et al., 2002). علاوه بر این، آنها چندین بار جستجوی گل‌ها را در روز انجام می‌دهند (تقریباً ۱۲-۱۵ در دوره فعال خود)، که مساحتی حدود ۷ کیلومتر مربع را پوشش می‌دهد (Crane, 1984; Martinello et al., 2020). در طول عمل جستجوی گل‌ها، زنبورهای عسل در معرض آلاینده‌های متعدد در محیط قرار می‌گیرند (Devil-lers, 2002). بقایای اتمسفر، ممکن است مستقیماً روی بدن موادار آنها بنشینند، در حالی که، سایر آلاینده‌ها را در هنگام جمع‌آوری گرده، نوشیدن شهد یا برداشت رزین برای تولید بره‌موم می‌بلعند (Devillers, 2002; Negri et al., 2015). تخمین زده می‌شود، که یک کلنی زنبور عسل (شامل تقریباً ۲۰۰۰۰ زنبور عسل) حدود ده میلیون میکرو نمونه شهد و گرده در روز جمع‌آوری می‌کند (Porrini et al., 2002). بنابراین، زنبورهای عسل نمونه‌های متعددی از محیط اطراف را جمع‌آوری می‌کنند و آلاینده‌ها را از هوا، آب و خاک جمع‌آوری می‌کنند (Porrini et al., 2002; Celli and Maccagnani, 2003). زنبورها پس از بازگشت به کندو، آلاینده‌های جمع‌آوری شده را حمل و آنها را به کندو وارد می‌کنند، جایی که متعاقباً در محصولات کندو مانند موم و عسل تجمع می‌یابند (Satta et al., 2012; Negri et al., 2015).

طبیعی و با واسطه فعالیت‌های انسانی است. **کلمات کلیدی:** آلاینده‌ها، آلودگی هوا، ذرات معلق، سلامتی.

## مقدمه

ارزیابی آلاینده‌های جهانی با هدف تنظیم و کاهش مقادیر سمی، یک جنبه کلیدی بهداشت محیط و تحقیقات اپیدمیولوژیک است (Cohen et al., 2017; Filippelli et al., 2020). روش‌های مختلفی برای جمع‌آوری داده‌های ضروری در مورد حضور و سطوح آلودگی محیطی موجود است. در حوزه پایش آلودگی محیط زیست، توجه قابل توجهی به مطالعه زنبورهای عسل و محصولات کندو معطوف شده است. زیرا آنها بطور همزمان مسیرهای آلودگی مختلف را در طول سفرهای جستجوی خود ارزیابی می‌کنند (Badi-ou-Beneteau et al., 2012). اولین انتشار در مورد استفاده از زنبورهای عسل به عنوان شاخص‌های زیستی به سال ۱۹۳۵ بر می‌گردد، زمانی که اسوبودا اثرات منفی آلاینده‌های صنعتی را بر زنبورهای عسل، در چکسلواکی سابق بررسی کرد، همانطور که توسط پورینی و همکارانش بیان شد (Por-rini et al., 2002). از آن زمان، زنبورهای عسل در مطالعات بیولوژیکی متعددی، استفاده شده‌اند (Barker et al., 1980; Bunzl et al., 1988; Ford et al., 1988; Molzahn and Ass-mann-Werthmüller, 1993). زنبورهای عسل، به اکثر مواد شیمیایی بسیار حساس هستند و یک شاخص شناخته شده آلودگی محیطی هستند (Porrini et al., 2003; Lim et al., 2020; Ilyasov et al., 2021).

اخیراً، افزایش قابل توجهی در محبوبیت مفهوم One Health وجود داشته است که بر وابستگی متقابل سلامت محیط، حیوانات و انسان تأکید می‌کند (Lerner and Berg, 2015). در این زمینه، استفاده از موجودات زنده که قادر به تجمع آلاینده‌ها در بافت‌های خود در طول زمان هستند، که معمولاً به عنوان نشانگرهای زیستی شناخته می‌شوند، اهمیت پیدا کرده است. در میان این نشانگرهای زیستی، زنبورهای عسل به‌عنوان ابزاری با ارزش به‌خصوص در جمع‌آوری آلاینده‌ها از هوا، خاک و آب در شعاع معینی در طول سفرهای جستجوی خود مهارت دارند (Gutierrez et al., 2021; Cochard et al., 2020; Ilijevic et al., 2021). سیستم‌های زنده زیستی، مانند بندپایان، می‌توانند برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی فعالیت‌های انسانی و





## فعالیت جستجوی زنبورهای عسل

در دمای زیر ۷ تا ۱۰ درجه سانتیگراد، زنبورهای عسل تمایل به ماندن در کندو را نشان می‌دهند و در دمای بالای ۳۸ درجه سانتیگراد، فعالیت آنها به دلیل گرما کاهش می‌یابد (Bargan'ska et al., 2016). در طول پرواز و فعالیت جستجوی غذا، بدن پوشیده از موباعث تجمع بار الکتریکی در سطح آن به دلیل اصطکاک با هوا می‌شود و به جذب مواد معلق در هوا از جمله گرده و آلاینده‌ها کمک می‌کند (Vak-nin et al., 2000; Bonmatin et al., 2015). زنبورهای عسل در طول پروازهای جستجوی گل‌ها گرده، شهد، رزین‌های گیاهی، عسلک و آب را جمع‌آوری می‌کنند که به داخل کندو برده و ذخیره می‌شود و در عین حال «نمونه‌برداران» معتبری از مواد شیمیایی آلی و معدنی در محیط هستند که آنها را به کندو باز می‌گردانند (Lambert et al., 2012; Mar-tinello et al., 2020).

فعالیت جستجوی گل‌ها، نه تنها تحت تأثیر دما، بلکه تحت تأثیر سرعت باد، رطوبت و پوشش ابر قرار می‌گیرد (Porrini et al., 2002). علاوه بر این شرایط آب و هوایی طبیعی، عوامل محیطی مانند کیفیت پایین هوا یا جنگل‌زدایی و شهرنشینی، جستجوی زنبور عسل را تغییر می‌دهد (Porrini et al., 2002; Cho et al., 2021). علاوه بر این، اگر منابع غذایی کمیاب باشد، زنبورهای عسل فاصله معمول جستجوی گل‌ها خود را از چند صد متر در اطراف کندو تا کیلومترها در جستجوی غذا افزایش می‌دهند (Por-rini et al., 2002). با این حال، سطوح بالایی از آلاینده‌ها در مناطق دور از منابع آلودگی ممکن است با رانش و حمل و نقل از منابع آلودگی دور تفسیر داده شود (Ruschioni et al., 2013; Ilijevic et al., 2021). این نتایج نشان می‌دهد که مکان‌های نمونه‌گیری نباید از قبل انتخاب شوند، بلکه باید برای نشان دادن غلظت‌های سطح منطقه انتخاب شوند (van der Steen et al., 2016).

محققان غلظت فلزات سنگین را در زنبورهای عسل، طی یک دوره مطالعه سه ساله اندازه‌گیری کردند و سطوح افزایش یافته را در این دوره گزارش دادند (Zaric et al., 2017). همچنین گزارش کردند که ارزیابی سطوح در زنبور عسل به آنها اجازه می‌دهد تا تأثیر قابل توجه محیط اطراف را ارزیابی کنند (Lambert et al., 2012; Cochard et al., 2021). لامبرت و همکاران (۲۰۱۲) بیان کرد که زنبورهای عسل را می‌توان برای به تصویر کشیدن سطوح آلودگی در

از این رو، زنبورهای عسل (و محصولات آنها) آشکارسازهای زیست محیطی قابل اعتمادی هستند و بسیاری از مطالعات امکان سنجی آنها را به عنوان شاخص‌های زیستی آلودگی محیطی توسط آفت‌کش‌ها (Girotti et al., 2013; Porrini et al., 2016)، فلزات سنگین (Ruschioni et al., 2011; Bellucci et al., 2019; Zaric et al., 2018; ni et al., 2013)، رادیواکتیو (Horn et al., 1996; Wieczorek et al., 2020)، هیدروکربن‌های معطر چندحلقه‌ای (Amorena et al., 2009) و سایر آلاینده‌ها، مانند ذرات بسیار ریز مشتق شده از وسیله نقلیه (Papa et al., 2021) و میکروپلاستیک‌ها (Edo et al., 2021) نشان داده‌اند. تعداد فزاینده‌ای از مقالات منتشر شده بر اهمیت نظارت زیستی در تضمین سلامت انسان تأکید می‌کنند، بنابراین موفقیت استفاده از زنبورها و محصولات آنها را نیز نشان می‌دهند (AL-Alam et al., 2019; Grenier et al., 2021; Tosi et al., 2022).

یکی از مزایای کلیدی پایش زیستی زنبور عسل در مقرون به صرفه بودن و کارایی آن نهفته است. زنبورها بدون زحمت مناطق وسیعی را در سفرهای جستجوی گل‌ها خود پوشش می‌دهند و یک نمای کلی گسترده و جامع از شرایط محیطی ارائه می‌دهند. این روش امکان جمع‌آوری داده‌ها را در زمان واقعی فراهم می‌کند و تصویری پویا از سلامت اکوسیستم ارائه می‌دهد. علاوه بر این، زنبورها به عنوان شاخص‌های حساس تنش‌های محیطی عمل می‌کنند. آفت‌کش‌ها، آلاینده‌ها و تغییرات کاربری زمین می‌توانند کلنی‌های زنبور عسل را تحت تأثیر قرار دهند و منجر به تغییرات قابل مشاهده در رفتار، فیزیولوژی و رفاه کلی آنها شود. با نظارت دقیق بر این تغییرات، محققان می‌توانند تهدیدات محیطی بالقوه را مشخص کرده و مداخلات به موقع برای کاهش آسیب را اجرا کنند (Ilic et al., 2024).

## مواد و روش

برای جستجوی مقالات در پایگاه‌های داده Med-line، Scopus و Cochrane Library و از کلمات کلیدی زنبورها یا گرده‌افشان و بیومونیتور یا شاخص زیستی و آلودگی استفاده شد. فرآیند غربالگری، عناوین و چکیده مقالات به دست آمده را برای رعایت معیارهای واجد شرایط بودن بررسی شد و موارد تکراری حذف و از مقالات مناسب استفاده گردید.



فعالیت‌های انسانی است. این ابزار ارزشمندی برای ردیابی وجود فلزات سنگین است و نمونه‌های متعددی از استفاده از آن به عنوان یک شاخص زیستی وجود دارد (Krakowska et al., 2015). برخی از مطالعات وارد شده سطوح آلاینده‌ها را در عسل جمع آوری شده مستقیماً از کندو با بردن شانه‌های تازه ارزیابی کردند (Satta et al., 2012; Lambert et al., 2013; Ruschioni et al., 2012). اعتقاد بر این است که آلودگی در عسل یا توسط آلاینده‌های موجود در شهد و گرده یا توسط خود زنبور عسل ایجاد می‌شود (Lambert et al., 2012). ساتا و همکاران (۲۰۱۲) سطوح سه فلزات سنگین، کادمیوم، کروم و سرب را در عسل، گرده و زنبورهای عسل از زنبورستان‌ها در سایت‌های پس از استخراج بررسی کردند، در حالی که آنها تفاوت قابل توجهی در محتوای کادمیوم عسل پیدا کردند، که در مناطق استخراج قبلی بیشتر از منطقه کنترل بود، این مورد برای سایر فلزات صادق نبود. علاوه بر این، سطح فلزات سنگین موجود در عسل بطور کلی پایین بود. محققان علاوه بر نمونه‌های کندو، نمونه‌هایی را از آب و خاک رودخانه‌ها در مجاورت کندوها برداشتند. محققان الگوی مشابهی پیدا کردند. هنگام مقایسه سطوح کروم (Cr) و نیکل (Ni) در زنبورهای عسل و عسل، آنها تغییرات فصلی کمتر و سطوح پایین‌تری را در عسل یافتند و به این نتیجه رسیدند که سطوح بالای فلزات سنگین موجود در عسل ممکن است با دوره‌هایی از آلودگی بالا مطابقت داشته باشد که به تجمع آلاینده‌ها در عسل اجازه می‌دهد (Ruschioni et al., 2013). این نتایج از یافته‌های مطالعات دیگر حمایت می‌کند که عسل یک نشانگر زیستی خوبی برای آلودگی فلزات سنگین نیست (Jones, 1987; Lei, 2002; Devillers, 1996; ta et al., 2002). دلیل کاربرد کم عسل به عنوان یک نشانگر زیستی بالقوه در مکانیسم زنبور عسل برای مسدود کردن، برخی آلاینده‌ها و همچنین ترکیب فیزیکی شیمیایی عسل است. زنبورهای عسل، به تولید عسل نسبتاً تمیز معروف هستند، یکی از مکانیسم‌های فیلتر، مانع فیزیکی استایل‌های قسمت دهانی است که اجازه نمی‌دهد ذرات بزرگ‌تر از ۱۰۰ میکرومتر بلعیده شوند (Peng and Marston, 1986). دزوگان و همکاران (۲۰۱۷) انتقال عناصر سمی از زنبورهای عسل به عسل را مورد مطالعه قرار داد آنها دریافتند که بدن زنبور عسل با موفقیت از انتقال دو عنصر مورد مطالعه (یعنی Cd و Tl) جلوگیری می‌کند. جدای از توانایی تصفیه فیزیکی زنبورهای عسل، ترکیب عنصری عسل به شدت به منشأ گیاهی آن بستگی دارد، زیرا

وسیع‌ترین پراکندگی و در عین حال نشان دادن رویدادهای اوج آلودگی استفاده کرد. به همین ترتیب، کارگر و همکاران (۲۰۱۷) دریافتند که نمونه‌های زنبور عسل اجازه می‌دهند اثر انگشت واضح‌تری از نمایه پایش زیستی نسبت به سایر ماتریس‌های بیولوژیکی ایجاد کنند. گوتیرز و همکاران (۲۰۱۵) برای ایجاد نتایج معنی‌دار تر، در مورد قابلیت اطمینان زنبورهای عسل، به عنوان نشانگرهای زیستی. مقادیر به دست آمده با استفاده از زنبورهای عسل را با مقادیر شناسایی شده با ایستگاه‌های پایش فیزیکی شیمیایی مرسوم مقایسه کردند و دریافتند که غلظت‌های موجود در زنبورهای عسل و غلظت‌هایی که با ایستگاه‌های فیزیکی شیمیایی شناسایی شده‌اند مطابقت دارند. علاوه بر این، نظارت بر زنبورهای عسل یک بار حتی سطوح بالاتری را از آنچه در ایستگاه‌های سیار شناسایی شده بود نشان داد (van der Steen et al., 2012). محققان بیان کردند که تجزیه و تحلیل کل بدن زنبور عسل، امکان در نظر گرفتن سطوح آلودگی داخلی و خارجی را فراهم می‌کند (Porrini et al., 2002). ایلوویچ و همکاران (۲۰۲۱) با قرار دادن سطل‌هایی در کنار زنبورستان‌های آزمایش شده از ذرات معلق نمونه‌برداری کرد. این اجازه می‌دهد تا تشخیص داده شود که آیا عناصر انباشته شده در زنبورها از آلودگی هوا منشأ می‌گیرند یا از جذب از شهد، گرده یا آب. محققین پیشنهاد می‌کنند، حداقل سه کلنی زنبور عسل در هر سایت نظارت شود تا یک مقدار متوسط معنی‌دار ایجاد شود. این توصیه از مقایسه ضرایب واریانس نمونه‌های نان زنبور عسل و نوزادان سرپوشیده از کلنی‌های مختلف در هر سایت و یافتن واریانس وسیع حاصل شد (Zieba et al., 2020). علاوه بر این، هنگام ارزیابی تغییرات فضایی بین دو یا چند مکان، مهم است که زنبورستان‌های نمونه برداری شده به اندازه کافی از یکدیگر فاصله داشته باشند. ساتا و همکاران (۲۰۱۲) یک تجزیه و تحلیل تمایز انجام داد و نشان داد که تجزیه و تحلیل زنبور عسل به نرخ دقت تشخیص ۷۲٪ دست یافت، در حالی که تجزیه و تحلیل خاک نرخ دقت بالاتری را در ۸۳٪ نشان داد. این قدرت تشخیص کمتر به احتمال زیاد ناشی از فاصله نسبتاً کوتاه بین کندوها در حدود ۷ کیلومتر است که ممکن است منجر به همپوشانی مناطق جستجوی گل شود.

## عسل

عسل یکی دیگر از محصولات مرتبط در ارزیابی اثرات





و در نتیجه نمونه‌برداری از گرده را محدود می‌کند (Lambert et al., 2012).

شاهد، عسل و گرده می‌توانند نشان دهنده جذب آلاینده‌ها از خاک به گیاه و رسوب آلاینده‌ها در جو باشند (Satta et al., 2012; Lambert et al., 2012). تصور می‌شود که گرده، بدلیل چربی دوستی و ویسکوزیته بالا، مقادیر بیشتری از آلاینده‌ها را جمع می‌کند (Zieba et al., 2020). علاوه بر این، گرده معمولاً از گل‌های متعدد نشأت می‌گیرد (Satta et al., 2012). از این رو، نمونه‌برداری از گرده، گستره وسیع‌تری از مکان‌های نمونه‌برداری را ارائه می‌دهد (Porri et al., 2012; Satta et al., 2012). یک روش متداول جمع‌آوری گرده، قرار دادن تله‌گرده در ورودی کندو سه روز تا یک هفته قبل از نمونه‌برداری است (Lambert et al., 2012).

لامبرت و همکاران (۲۰۱۲) از گرده برای نظارت بر غلظت هیدروکربن آروماتیک چندحلقه‌ای استفاده کرده‌اند، اما در مطالعه خود با محدودیت‌هایی مواجه شدند که عمدتاً ناشی از حجم نمونه بسیار کوچک بدلیل شرایط نامساعد جوی بود. در نتیجه، آنها قادر به ساخت یک مدل خطی تعمیم یافته نبودند. اوج سطوح هیدروکربن آروماتیک چند حلقه‌ای معمولاً در زمستان یافت می‌شود، که با انتشار بیشتر هیدروکربن آروماتیک چند حلقه‌ای‌های خاص در ماه‌های سردتر، بدلیل افزایش فعالیت گرمایشی و ترافیک وسایل نقلیه (Chen et al., 2016) و با حساسیت برخی از هیدروکربن آروماتیک چند حلقه‌ای‌ها به تخریب نور تفسیر می‌شود (Smith et al., 2001). با این حال، فعالیت جستجوگری گل‌ها بطور طبیعی در ماه‌های زمستان کاهش می‌یابد (Devillers, 2002).

#### بره موم

بره موم زنبور عسل، یک نمونه واقعی از کندو است و می‌تواند برای مدت طولانی در آنجا بماند و در نتیجه باعث تجمع آلاینده‌های محلول در چربی شود. به این دلایل، امکان تشخیص موادی را فراهم می‌کند که اخیراً استفاده نشده‌اند یا در مقادیر بیشتری نسبت به گرده یا زنبورها وجود دارند (Zafeiraki et al., 2022). بره موم، ماده‌ای چسبنده و صمغی است که توسط زنبورهای کارگر به عنوان محصول رزین گیاهی، موم و ترشح بزاق تولید می‌شود (Matin et al., 2016; Pusceddu et al., 2021).

جذب از خاک به گیاه به گونه‌های گیاهی اختصاص دارد و جذب آلاینده‌ها در اتمسفر، به عنوان مثال، به مورفولوژی عسل گیاه بستگی دارد (Tuzen et al., 2007; Perugini et al., 2009; Satta et al., 2012; Lambert et al., 2012; Squadrone et al., 2020; Raimets et al., 2020). این تفاوت ممکن است به سطوح تحت تأثیر ترکیب طبیعی عسل نمونه‌برداری شده منجر شود. برای توضیح این تأثیر احتمالی گونه گل، ستا و همکاران (۲۰۱۲) یک آنالیز مطالعه گرده‌های موجود در عسل انجام داد که تنوع گل‌ها را در مناطق نمونه‌تأیید کرد. در نتیجه، شناسایی گونه‌های گیاهی در منطقه‌ای که نسبت به آلودگی حساس‌تر هستند، می‌تواند منجر به افزایش قابلیت اطمینان عسل به عنوان نشانگر زیستی شود. ایلیوویچ و همکاران (۲۰۲۱) اوج سطوح کادمیوم و کروم را در زنبورهای عسل در زمستان گزارش کردند. از آنجایی که زنبورهای زمستانی به ندرت کندو را ترک می‌کنند و بنابراین کمتر در معرض آلاینده‌های جوی قرار می‌گیرند، این یافته را می‌توان به احتمال زیاد به غذایی که در زمستان مصرف می‌شود نسبت داد.

#### گرده

گرده منبع اصلی پروتئین و چربی و بخشی از غذای زنبورهای پرستار و لارو است (Crailsheim et al., 1992). به همین دلیل، آلودگی این قسمت‌های گل منجر به قرار گرفتن در معرض تمام مراحل موجود در کلنی‌های زنبور عسل می‌شود (Tosi et al., 2018). در میان محصولات زنبور عسل، موم، عسل و گرده به عنوان یک نمونه مناسب برای نظارت بر آلودگی محیطی برای آلاینده‌ها تأیید شده‌اند (Chiesa et al., 2016; Perugini et al., 2018; Calatayud-Ver-nich et al., 2019). زنبور عسل، ظرفیت قابل توجهی برای ادغام داده‌های آلودگی در یک منطقه جغرافیایی تعریف شده دارد و نمونه‌برداری نسبتاً آسان است. علاوه بر این، نتایج قابل توجهی نیز از طریق تجزیه و تحلیل گرده به دست آمده است که مزیت جمع‌آوری آسان از مکان‌های مختلف را نشان می‌دهد (Satta et al., 2012; Lambert et al., 2012). با این حال، پتانسیل تجمع گرده به شدت به چربی دوستی آن و به گونه‌های گیاهی آن بستگی دارد (Evans et al., 1991; Lambert et al., 2012). علاوه بر این، گرده ممکن است به تغییر شرایط آب و هوایی حساس‌تر باشد، زیرا دمای پایین فعالیت جستجوگری گل‌ها زنبورهای عسل





### نتیجه‌گیری

استفاده از زنبورهای عسل، به عنوان نشانگرهای زیستی، یک راه امیدوارکننده برای پایش مداوم آلودگی است که مکمل ایستگاه‌های پایش ثابت است. این رویکرد، چشم‌انداز جامع‌تر و پیچیده‌تری از سلامت محیطی ارائه می‌دهد که با مفهوم سلامت همسو می‌شود، که ارتباط متقابل سلامت محیط، حیوانات و انسان را تشخیص می‌دهد. با استفاده از رویکرد سلامت، می‌توان به دنیای ایمن‌تر برای همه موجودات زنده دست یافت که تعادلی بین توسعه انسانی و حفظ اکوسیستم ایجاد می‌کند. این مفهوم نه تنها از سلامت انسان محافظت می‌کند، بلکه ارزش ذاتی تنوع زیستی و نقش حیاتی حیوانات و محیط زیست در رفاه مشترک ما را نیز به رسمیت می‌شناسد. از دیدگاه بهداشت محیطی، زنبور عسل را می‌توان به عنوان یک ارگانیزم نمونه برای مفهوم سلامت در نظر گرفت. کاربرد آن به عنوان یک نشانگر زیستی امکان دستیابی به سطوح مربوطه از آلاینده‌ها و همچنین نتیجه‌گیری در مورد وضعیت کیفی محیط اطراف را فراهم می‌کند. ارزیابی کل بدن زنبور عسل امکان ادغام آلاینده‌های موجود در هوا، خاک و آب را فراهم می‌کند و بنابراین تصویری کلی از وضعیت آلودگی در یک منطقه مشخص ارائه می‌دهد. در نهایت، آنها می‌توانند اطلاعات ارزشمندی در مورد اکوسیستم ارائه دهند، زیرا سلامت آنها توسط عوامل بسیاری مرتبط با محیط زیست و انسان تعیین می‌شود.

کارگر، رزین جمع‌آوری شده را با موم زنبور عسل، آنزیم‌ها و مواد دیگر مخلوط می‌کنند و یک ماده چسبنده ایجاد می‌کنند. زنبورها از بره موم، برای چندین هدف مهم در داخل کندو استفاده می‌کنند، مانند پرکردن شکاف‌های دیواره کندو و تقویت یکپارچگی ساختاری کندو. در خارج از کندو، قرن‌هاست که انسان از بره موم به اشکال مختلف مانند تنتور، کپسول یا پماد در صنعت داروسازی و آرایشی به دلیل اثرات ضد التهابی و آنتی‌اکسیدانی آن استفاده کرده است (Mair et al., 2023).

متین و همکاران (۲۰۱۶) و کارگر و همکاران (۲۰۱۷) از بره موم به عنوان وسیله‌ای برای ارزیابی سطوح آلودگی محیطی استفاده کردند. اولین مطالعه آنها بر غلظت فلزات سنگین در زنبورهای عسل، بره موم و برگ درخت کاج متمرکز بود (Matin et al., 2016). جالب توجه است که آنها بیشترین غلظت را در بره موم پیدا کردند. این یافته توسط مطالعه دوم آنها دنبال شد، که در آن، آنها از همان ماتریس‌ها برای ارزیابی آلودگی با هیدروکربن آروماتیک چندحلقه‌ای استفاده کردند. بره موم، مجدداً بالاترین غلظت را در بین تمام نمونه‌گیری نشان داد (Kargar et al., 2017). مطالعاتی از نان زنبور عسل، برای ارزیابی سطوح آفت‌کش‌ها (Mullin et al., 2010) یا حشره‌کش‌ها (Giroud et al., 2013) استفاده کرده‌اند.

### مولد و شهاد

زنبورهای عسل کارگر، معمولاً تقریباً چهل و پنج روز زندگی می‌کنند و مراحل رشد و نقش‌های مختلف را در کندو سپری می‌کنند (Devillers, 2002). زیبا و همکاران (۲۰۲۰) فرض کردند که سطح آلودگی در زنبورهای عسل در پایان مرحله رشد لاروی آنها می‌تواند بیشتر از زنبورهای بالغ باشد. آنها این تفاوت بالقوه را به تغییر در منبع غذایی اصلی نسبت دادند، به طوری که نوزادان لاروی، عمدتاً از گرده تغذیه می‌کنند و زنبورهای جستجوگر گل‌ها از شهد، که معمولاً آلودگی کمتری دارد. زنبور کارگر، در بیشتر دوران زندگی خود در معرض آلاینده‌های موجود در مواد غذایی که می‌خورد و آلاینده‌هایی که توسط زنبورهای جمع‌کننده به داخل کندو منتقل می‌شود، قرار می‌گیرد. این بدان معنی است که نظارت بر لارو زنبور عسل، می‌تواند تصویر جامع‌تری از قرار گرفتن در معرض محتوای آلاینده در گرده و شهد ارائه دهد.





## منبع ها:

Al-Alam, J., Chbani, A., Faljoun, Z. and Millet, M. 2019. The use of vegetation, bees, and snails as important tools for the biomonitoring of atmospheric pollution-a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 9391–9408.

Amorena, M., Visciano, P., Giacomelli, A., Marinelli, E., Sabatini, A.G., Medrzycki, P., Oddo, L.P., De Pace, F.M., Belligoli, P. and Di Serafino, G. 2009. Monitoring of levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in bees caught from beekeeping: Remark 1. *Veterinary Research Communications*. 1, 165–167.

Badiou-Beneteau, A., Carvalho, S.M., Brunet, J.L., Carvalho, G.A., Bulete, A., Giroud, B. and Belzunces, L.P. 2012. Development of biomarkers of exposure to xenobiotics in the honey bee *Apis mellifera*: Application to the systemic insecticide thiamethoxam. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 82, 22–31.

Bargan'ska, Z., S'lebioda, M. and Namies'nik, J. 2016. Honey Bees and Their Products: Bioindicators of Environmental Contamination. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 46, 235–248.

Barker, R.J., Lehner, Y. and Kunzman, M.R. 1980. Pesticides and honey bees: Nectar and pollen contamination in alfalfa treated with dimethoate. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 9, 125–133.

Bellucci, V., Lucci, S., Bianco, P., Ubaldi, A., Felicioli, A., Porrini, C., Mutinelli, F., Battisti, S., Spallucci, V. and Cersini, A. 2019. Monitoring honey bee health in five natural protected areas in Italy. *Veterinaria Italiana*. 55, 15–25.

Blinova, S.V. and Dobrydina, T.I. 2019. The Study of Bioindicators Possibilities of Ants (Hymenoptera: Formicidae) Under the Conditions of Industrial Pollution. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; IOP Publishing Ltd.: Bristol, UK.

Bonmatin, J.M., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreutzweiser, D.P., Krupke, C., Liess, M., Long, E., Marzaro, M. and Mitchell, E.A. 2015. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. *Environmental Science and Pollution Research*. 22, 35–67.

Bunzl, K., Kracke, W. and Vorwohl, G. 1988. Transfer of Chernobyl-derived <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>131</sup>I and <sup>103</sup>Ru from flowers to honey and pollen. *Journal of Environmental Radioactivity*. 6, 261–269.

Calatayud-Vernich, P., Calatayud, F., Simo, E., Aguilar, J.A.P. and Pico, Y. 2019. A two-year monitoring of pesticide hazard in-hive: High honey bee mortality rates during insecticide poisoning episodes in apiaries located near agricultural settings. *Chemosphere*, 232, 471–480.

Celli, G. and Maccagnani, B. 2003. Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of insectology* 56, 137–139.

Chen, S.J., Wang, J., Wang, T., Wang, T., Mai, B.X. and Simonich, S.L.M. 2016. Seasonal variations and source apportionment of complex polycyclic aromatic hydrocarbon mixtures in particulate matter in an electronic waste and urban area in South China. *Science of the Total Environment*. 573, 115–122.

Chiesa, L.M., Labella, G.F., Giorgi, A., Panseri, S., Pavlovic, R., Bonacci, S. and Arioli, F. 2016. The occurrence of pesticides and persistent organic pollutants in Italian organic honeys from different productive areas in relation to potential environmental pollution. *Chemosphere*, 154, 482–490.

Cho, Y., Jeong, S., Lee, D., Kim, S.W., Park, R.J., Gibson, L., Zheng, C. and Park, C.R. 2021. Foraging trip duration of honeybee increases during a poor air quality episode and the increase persists thereafter. *Ecology and Evolution*. 11, 1492–1500.

Chowdhury, S., Dubey, V.K., Choudhury, S., Das, A., Jeengar, D., Sujatha, B., Kumar, A., Kumar,



N., Semwal, A. and Kumar, V. 2023. Insects as Bioindicator: A Hidden Gem for Environmental Monitoring. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1146052.

Cochard, P., Laurie, M., Veyrand, B., Le Bizec, B., Poirot, B. and Marchand, P. 2021. PAH7 concentration reflects anthropization: A study using environmental biomonitoring with honeybees. *Science of the Total Environment*, 751, 141831.

Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., Brunekreef, B., Dandona, L. and Dandona, R. 2017. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet* 389, 1907–1918.

Conti, M.E., Astolfi, M.L., Mele, G., Ristorini, M., Vitiello, G., Massimi, L., Canepari, S. and Finoaia, M.G. 2022. Performance of Bees and Beehive Products as Indicators of Elemental Tracers of Atmospheric Pollution in Sites of the Rome Province (Italy). *Ecological Indicators*, 140, 109061.

Crailsheim, K., Schneider, L.H.W., Hrassnigg, N., Bühlmann, G., Brosch, U., Gmeinbauer, R. and Schöffmann, B. 1992. Pollen consumption and utilization in worker honeybees (*Apis mellifera carnica*): Dependence on individual age and function. *Journal of Insect Physiology*, 38, 409–419.

Crane, E. 1984. On the scientific front. *Bee World* 65, 47–49.

Cunningham, M.M., Tran, L., McKee, C.G., Ortega Polo, R., Newman, T., Lansing, L., Griffiths, J.S., Bilodeau, G.J., Rott, M. and Marta Guarna, M. 2022. Honey Bees as Biomonitoring of Environmental Contaminants, Pathogens, and Climate Change. *Ecological Indicators*, 134, 108457.

de Jongh, E.J., Harper, S.L., Yamamoto, S.S., Wright, C.J., Wilkinson, C.W., Ghosh, S., Otto, S.J.G. 2022. One Health, One Hive: A scoping review of honey bees, climate change, pollutants, and antimicrobial resistance. *PLoS ONE* 17, e0242393.

Devillers, J. 2002. The ecological importance of honey bees and their relevance to ecotoxicology. In *Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals*; Taylor and Francis: London, UK, Chapter 1; pp. 1–11.

Dz'ugan, M., Zagula, G., Wesolowska, M., Sowa, P. and Puchalski, C. 2017. Levels of toxic and essential metals in varietal honeys from podkarpacie. *J. Elem.* 22, 1039–1048.

Edo, C., Fernández-Alba, A.R., Vejsnæs, F., van der Steen, J.J.M., Fernández-Piñas, F. and Rosal, R. 2021. Honeybees as active samplers for microplastics. *Science of the Total Environment*, 767, 144481.

Evans, D.E., Taylor, P.E., Singh, M.B. and Knox, R.B. 1991. Quantitative analysis of lipids and protein from the pollen of *Brassica napus* L. *Plant Science*, 73, 117–126.

Filippelli, G., Anenberg, S., Taylor, M., van Geen, A. and Khreis, H. 2020. New Approaches to Identifying and Reducing the Global Burden of Disease From Pollution. *Geohealth*, 4, e2018GH000167.

Ford, B.C., Jester, W.A., Griffith, S.M., Morse, R.A., Zall, R.R., Burgett, D.M., Bodyfelt, F.W. and Lisk, D.J. 1988. Cesium-134 and cesium-137 in honey bees and cheese samples collected in the U.S. after the Chernobyl accident. *Chemosphere*, 17, 1153–1157.

Girotti, S., Ghini, S., Ferri, E., Bolelli, L., Colombo, R., Serra, G., Porrini, C. and Sangiorgi, S. 2020. Bioindicators and Biomonitoring: Honeybees and Hive Products as Pollution Impact Assessment Tools for the Mediterranean Area. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 5, 62.

Girotti, S., Ghini, S., Maiolini, E., Bolelli, L. and Ferri, E.N. 2013. Trace analysis of pollutants by use of honeybees, immunoassays, and chemiluminescence detection. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 405, 555–571.

Giroud, B., Vauchez, A., Vulliet, E., Wiest, L. and Bulete, A. 2013. Trace level determination of





pyrethroid and neonicotinoid insecticides in beebread using acetonitrile based extraction followed by analysis with ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1316, 53–61.

Grenier, É., Giovenazzo, P., Julien, C. and Goupil-Sormany, I. 2021. Honeybees as a Biomonitoring Species to Assess Environmental Airborne Pollution in Different Socioeconomic City Districts. *Environmental Monitoring and Assessment*. 193, 740.

Gutierrez, M., Molero, R., Gaju, M., van der Steen, J.J., Porrini, C. and Ruiz, J.A. 2015. Assessment of heavy metal pollution in Cordoba (Spain) by biomonitoring foraging honeybee. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 651.

Gutierrez, M., Molero, R., Gaju, M., van der Steen, J.J., Porrini, C. and Ruiz, J.A. 2020. Assessing heavy metal pollution by biomonitoring honeybee nectar in Cordoba (Spain). *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 10436–10448.

Herrero-Latorre, C., Barciela-García, J., García-Martín, S. and Peña-Creciente, R.M. 2017. The Use of Honeybees and Honey as Environmental Bioindicators for Metals and Radionuclides: A Review. *Environmental Reviews*. 25, 463–480.

Horn, U., Helbig, M., Molzahan, D. and Hentschel, E.J. 1996. The transfer of Ra-226 to honey and the possible use of the honey bee as a bioindicator in the uranium mining area of the Wismut region (Germany). *Apidologie*, 27, 211–217.

Ilic', D., Brkic', B. and Sekulic', M.T. 2024. Biomonitoring: Developing a Beehive Air Volatiles Profile as an Indicator of Environmental Contamination Using a Sustainable In-Field Technique. *Sustainability*, 16, 1713.

Ilijevic', K., Vujanovic, D., Orcic, S., Purac, J., Kojic, D., Zanic', N.M., Gržetic', I., Blagojevic, D.P. and Celic, T.V. 2021. Anthropogenic influence on seasonal and spatial variation in bioelements and non-essential elements in honeybees and their hemolymph. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology Pharmacol.* 239, 108852.

Ilyasov, R., Lim, S., Lee, M.L., Kwon, H.W. and Nikolenko, A. 2021. Effect of miticides amitraz and fluvalinate on reproduction and productivity of honey bee *Apis mellifera*. *Uludag Bee Journal*. 21, 21–30.

Jones, K.C. 1987. Honey as an indicator of heavy metal contamination. *Water, Air, & Soil Pollution*. 33, 179–189.

Kargar, N., Matin, G., Matin, A.A. and Buyukisik, H.B. 2017. Biomonitoring, status and source risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) using honeybees, pine tree leaves, and propolis. *Chemosphere*, 186, 140–150.

Krakowska, A., Muszyn'ska, B., Reczyn'ski, W., Opoka, W. and Turski, W. 2015. Trace Metal Analyses in Honey Samples from Selected Countries. A Potential Use in Bio-Monitoring. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 95, 855–866.

Lambert, O., Piroux, M., Puyo, S., Thorin, C., Larhantec, M., Delbac, F. and Pouliquen, H. 2012. Bees, honey and pollen as sentinels for lead environmental contamination. *Environmental Pollution*, 170, 254–259.

Lambert, O., Veyrand, B., Durand, S., Marchand, P., Le Bizec, B., Piroux, M., Puyo, S., Thorin, C., Delbac, F. and Pouliquen, H. 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons: Bees, honey and pollen as sentinels for environmental chemical contaminants. *Chemosphere*, 86, 98–104.

Leita, L., Muhlbachova, G., Cesco, S., Barbattini, R. and Mondini, C. 1996. Investigation of the use





of honey bees and honey bee products to assess heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 43, 1–9.

Lerner, H. and Berg, C. 2015. The concept of health in One Health and some practical implications for research and education: What is One Health? *Infection Ecology & Epidemiology*, 5, 25300.

Lim, S., Yunusbaev, U.B., Ilyasov, R.A., Lee, H.S. and Kwon, H.W. 2020. Abdominal contact of fluvalinate induces olfactory deficit in *Apis mellifera*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 164, 221–227.

Mair, K.S., Irrgeher, J. and Haluza, D. 2023. Elucidating the Role of Honey Bees as Biomonitors in Environmental Health Research. *Insects*, 14, 874.

Martinello, M., Manzinello, C., Borin, A., Avram, L.E., Dainese, N., Giuliano, I., Gallina, A. and Mutinelli, F. 2020. A Survey from 2015 to 2019 to Investigate the Occurrence of Pesticide Residues in Dead Honeybees and Other Matrices Related to Honeybee Mortality Incidents in Italy. *Diversity*, 12, 15.

Martinello, M., Manzinello, C., Dainese, N., Giuliano, I., Gallina, A. and Mutinelli, F. 2021. The Honey Bee: An Active Biosampler of Environmental Pollution and a Possible Warning Biomarker for Human Health. *Applied Sciences*, 11, 6481.

Matin, G., Kargar, N. and Buyukisik, H.B. 2016. Bio-monitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*, 90, 331–335.

Molzahn, D. and Assmann-Werthmüller, U. 1993. Caesium radioactivity in several selected species of honey. *Science of the Total Environment*, 130–131, 95–108.

Mullin, C.A., Frazier, M., Frazier, J.L., Ashcraft, S., Simonds, R., Vanengelsdorp, D. and Pettis, J.S. 2010. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: Implications for honey bee health. *PLoS ONE* 5, e9754.

Negri, I., Mavris, C., Di Prisco, G., Caprio, E. and Pellecchia, M. 2015. Honey Bees (*Apis mellifera* L.) as Active Samplers of Airborne Particulate Matter. *PLoS ONE* 10, e0132491.

Papa, G., Capitani, G., Capri, E., Pellecchia, M. and Negri, I. 2021. Vehicle-derived ultrafine particulate contaminating bees and bee products. *Science of the Total Environment*, 750, 141700.

Parikh, G., Rawtani, D. and Khatri, N. 2021. Insects as an Indicator for Environmental Pollution. *Environmental Claims Journal*. 33, 161–181.

Peng, Y.S. and Marston, J.M. 1986. Filtering mechanism of the honey bee proventriculus. *Physiological Entomology*, 11, 433–439.

Perugini, M., Di Serafino, G., Giacomelli, A., Medrzycki, P., Sabatini, A.G., Persano Oddo, L., Marinelli, E. and Amorena, M. 2009. Monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons in bees (*Apis mellifera*) and honey in urban areas and wildlife reserves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 7440–7444.

Perugini, M., Manera, M., Grotta, L., Abete, M.C., Tarasco, R. and Amorena, M. 2011. Heavy metal (Hg, Cr, Cd, and Pb) contamination in urban areas and wildlife reserves: Honeybees as bioindicators. *Biological Trace Element Research*, 140, 170–176.

Perugini, M., Tulini, S.M.R., Zezza, D., Fenucci, S., Conte, A. and Amorena, M. 2018. Occurrence of agrochemical residues in beeswax samples collected in Italy during 2013–2015. *Science of the Total Environment*, 625, 470–476.

Porrini, C., Ghini, S., Girotti, S., Sabatini, A.G., Gattavecchia, E., Celli, G.B., Devillers, J. and





Pham-Delègue, M.H. 2002. Use of Honey Bees as Bioindicators of Environmental Pollution in Italy; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.

Porrini, C., Mutinelli, F., Bortolotti, L., Granato, A., Laurenson, L., Roberts, K., Gallina, A., Silvester, N., Medrzycki, P., Renzi, T. 2016. The Status of Honey Bee Health in Italy: Results from the Nationwide Bee Monitoring Network. PLoS ONE 11, e0155411.

Porrini, C., Sabatini, A.G., Girotti, S., Ghini, S., Medrzycki, P., Grillenzoni, F., Bortolotti, L., Gattavecchia, E. and Celli, G. 2003. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination. *Apiacta*, 38, 63–70.

Pusceddu, M., Annoscia, D., Floris, I., Frizzera, D., Zanni, V., Angioni, A., Satta, A. and Nazzi, F. 2021. Honeybees use propolis as a natural pesticide against their major ectoparasite. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 288, 20212101.

Raimets, R., Bontšutšnaja, A., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Kaart, T., Puusepp, L., Pihlik, P., Keres, I., Viinalass, H. and Mänd, M. 2020. Pesticide residues in beehive matrices are dependent on collection time and matrix type but independent of proportion of foraged oilseed rape and agricultural land in foraging territory. *Chemosphere*, 238, 124555.

Ruschioni, S., Riolo, P., Minuz, R.L., Stefano, M., Cannella, M., Porrini, C. and Isidoro, N. 2013. Biomonitoring with honeybees of heavy metals and pesticides in nature reserves of the Marche region (Italy). *Biological Trace Element Research*, 154, 226–233.

Satta, A., Verdinelli, M., Ruiu, L., Buffa, F., Salis, S., Sassu, A. and Floris, I. 2012. Combination of beehive matrices analysis and ant biodiversity to study heavy metal pollution impact in a post-mining area (Sardinia, Italy). *Environmental Science and Pollution Research*, 19, 3977–3988.

Skaldina, O., Peräniemi, S. and Sorvari, J. 2018. Ants and Their Nests as Indicators for Industrial Heavy Metal Contamination. *Environmental Pollution*. 240, 574–581.

Smith, K.E.C., Thomas, G.O. and Jones, K.C. 2001. Seasonal and Species Differences in the Air–Pasture Transfer of PAHs. *Environmental Science & Technology*, 35, 2156–2165.

Squadrone, S., Brizio, P., Stella, C., Pederiva, S., Brusa, F., Mogliotti, P., Garrone, A. and Abete, M.C. 2020. Trace and rare earth elements in monofloral and multifloral honeys from Northwestern Italy; A first attempt of characterization by a multielemental profile. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 61, 126556.

Tosi, S., Costa, C., Vesco, U., Quaglia, G. and Guido, G. 2018. A 3 year survey of Italian honey bee collected pollen reveals widespread contamination by agricultural pesticides. *Science of the Total Environment*. 615, 208–2018.

Tosi, S., Sfeir, C., Carnesecchi, E., vanEngelsdorp, D. and Chauzat, M.P. 2022. Lethal, Sublethal, and Combined Effects of Pesticides on Bees: A Meta-Analysis and New Risk Assessment Tools. *Science of the Total Environment*, 844, 156857.

Tuzen, M., Silici, S., Mendil, D. and Soylak, M. 2007. Trace element levels in honeys from different regions of Turkey. *Food Chemistry*. 103, 325–330.

Vaknin, Y., Gan-Mor, S., Bechar, A., Ronen, B. and Eisikowitch, D. 2000. The role of electrostatic forces in pollination. *Plant Systematics and Evolution*, 222, 133–142.

Van der Steen, J.J., Cornelissen, B., Blacquièrè, T., Pijnenburg, J.E. and Severijnen, M. 2016. Think regionally, act locally: Metals in honeybee workers in the Netherlands (surveillance study 2008). *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 463.

Van der Steen, J.J., de Kraker, J. and Grotenhuis, T. 2012. Spatial and temporal variation of metal





concentrations in adult honeybees (*Apis mellifera* L.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 4119–4126.

Wieczorek, J., Kaczor, M., Roman'czyk, G., Gron'ska, M. and Boryło, A. 2020. Radioactivity of honey in central and southern Poland. *Journal of Environmental Radioactivity*. 222, 106376.

Xiao, J., He, Q., Liu, Q., Wang, Z., Yin, F., Chai, Y., Yang, Q., Jiang, X., Liao, M. and Yu, L. 2022. Analysis of Honey Bee Exposure to Multiple Pesticide Residues in the Hive Environment. *Science of the Total Environment*. 805, 150292.

Zafeiraki, E., Sabo, R., Kasiotis, K.M., Machera, K., Sabová, L. and Majchrák, T. 2022. Adult Honeybees and Beeswax as Indicators of Trace Elements Pollution in a Vulnerable Environment: Distribution among Different Apicultural Compartments. *Molecules*, 27, 6629.

Zaric', N.M., Deljanin, I., Ilijevic', K., Stanisavljevic', L., Ristic', M. and Gržetic', I. 2018. Honeybees as sentinels of lead pollution: Spatiotemporal variations and source appointment using stable isotopes and Kohonen self organizing maps. *Science of the Total Environment*, 642, 56–62.

Zaric', N.M., Ilijevic', K., Stanisavljevic', L. and Grzetic, I. 2017. Use of honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators for assessment and source appointment of metal pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 25828–25838.

Zięba, K., Szostak, E., Czekon'ska, K., Mis'kowiec, P., Moos-Matysik, A., Nyczyk-Malinowska, A. and Szentgyörgyi, H. 2020. Usefulness of bee bread and capped brood for the assessment of monocyclic aromatic hydrocarbon levels in the environment. *Environmental Pollution*, 265 Pt A, 114882.





## Honey Bees as Biomarkers

**roksana Nazari<sup>1</sup>, Mani Jabari<sup>2\*</sup>**

1- Dept. of Agronomy & Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand.

2- Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Birjand University, Iran.

**DOI:** 10.22034/HBSJ.2025.367184.1177

### Abstract

The increasing release of harmful pollutants in the environment threatens human health. To identify these dangerous substances, researchers use special detectors called biomarkers, and honey bees are one of the most useful. The use of biological indicators, such as bees, represents a non-invasive method of monitoring the environment. By taking advantage of expanding their search radius and evaluating the quality of hive products, it is possible to get a deep picture of the environmental condition of the surrounding area. Honey bees are the most reliable biological markers. In general, honey bees can help us monitor pollutants in the environment and are considered as a living monitoring system of different aspects of the ecosystem, because their health is affected by many environmental factors, natural and mediated by human activities.

**Key words:** Pollutants, Air Pollution, Suspended Particles, Health.

**Corresponding Author:** Mani Jabari

**Email:** mani.jabbari.mp@gmail.com

