دوفصلنامه علمی ترویجی علوم و فنون زنبورعسل
دوره ۱۳، شماره ۲۴، سال ۱۴۰۱، (۲۱-۳۰)

تأثیر آفت‌کش‌ها بر عملکرد رشد، سلامت، ایمنی و تولیدمثل زنبورعسل- مقاله مروری

مهدی مخبر [۱*]، شبنم پری‌چهره [۲]، سارا حاجعلیلو [۳]

۱- نویسنده مسئول: گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- بخش تحقیقات زنبورعسل، موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ماه ۱۴۰۱ / **تاریخ پذیرش:** مهرماه ۱۴۰۱
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/HBSJ.2022.359839.1121
رایانامه: m.mokhber@urmia.ac.ir

چکیده:

زنبورهای‌عسل از طریق گرده‌افشانی نقش بسیار مهمی در تولیدات کشاورزی و حفظ تنوع زیستی دارند. به‌طوری‌که تقریباً یک‌سوم غذای بشر به طور مستقیم و غیرمستقیم وابسته به گرده‌افشانی زنبورعسل است. با وجود ارزش بالای زیست محیطی و اقتصادی بالای این موجود مهم، زنبورعسل همیشه خواسته و ناخواسته در معرض عوامل مخرب و آسیب‌رسان از قبیل بیماری‌ها و آفت‌کش‌ها قرار دارد. علی‌رغم اینکه در سال‌های اخیر استفاده از آفت‌کش‌های با سمیت کمتر به‌جای آفت‌کش‌های با سمیت بالا تا حدودی مرگ و میر حاد زنبورهای‌عسل را کاهش داده است، اما نباید از اثرات سوء این آفت‌کش‌ها بر زنبورعسل غافل شد. به‌طورکلی، نتایج به‌دست‌آمده در بررسی حاضر نشان داد که آفت‌کش‌ها (حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها)، از طریق اختلال در تغذیه، سیستم ایمنی، توسعه سیستم عصبی، رفتار، دستگاه گوارش، کاهش زنده‌مانی، کاهش عملکرد تولیدمثلی ملکه و نیز افزایش

تلفات جمعیت، باعث آسیب به کلنی‌های زنبورعسل می‌شوند. بنابراین باید در مورد استفاده از آفت‌کش‌ها بر زنبورعسل به زنبورداران و کشاورزان اطلاع‌رسانی کرده و راهنمایی لازم در خصوص استفاده منطقی از این آفت‌کش‌ها در کشاورزی داده شود.

کلمات کلیدی: زنبورعسل، گرده‌افشانی، آفت‌کش

مقدمه :

زنبورعسل و گرده‌افشانی

گرده‌افشان‌ها واسطه‌ی تبادل گرده بین گل‌ها هستند و از این طریق نقش کلیدی در اکوسیستم بازی می‌کنند. گرده‌افشان‌ها باعث حصول اطمینان از تولید دانه و میوه در ۸۷/۵ درصد گیاهان گل‌دار می‌شود (Ollerton et al., 2011). به‌طوری‌که عملکرد ۸۷ مورد از محصولات غذایی اصلی در جهان به گرده‌افشان‌ها بستگی دارد (Klein et al., 2007). از میان حشرات گرده‌افشان، زنبورها گرده‌افشان‌هایی هستند که اهمیت اجتماعی، اقتصادی و اکولوژیکی زیادی در تولیدات کشاورزی و حفظ تنوع زیستی دارند (Goul-son et al., 2015). به‌دلیل کاهش گرده‌افشان‌های وحشی، زنبورهای‌عسل پرورشی فراوان‌ترین گرده‌افشان‌ها در اکوسیستم‌های متمرکز کشاورزی (Klein et al., 2007)، به‌خصوص در کشت‌های وسیع کشاورزی مهمترین خدمات گرده‌افشانی توسط زنبورهای‌عسل (Apis mellifera L.) ارائه می‌شود (Jordan et al., 2021). ارزش دلاری خدمات گرده‌افشانی کلنی‌های مدیریت شده‌ی زنبورعسل در سراسر جهان، معادل ۱۷۵ میلیارد دلار برآورد شده است (Gallai et al., 2009). این مقدار برای ایالات متحده در حدود ۳۴ میلیارد دلار برآورد شده است (Jordan et al., 2021).

آفت‌کش‌ها و لزوم استفاده از آنها در کشاورزی

مطابق تعریف آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا، هر ماده‌ای که به‌منظور پیشگیری، نابودی، دور کردن، تنظیم یا کنترل آفت به کار رود، آفت‌کش (Pesti-cide) خوانده می‌شود (Fauser et al., 2017). مدیریت تلفیقی آفات، از جمله حفاظت شیمیایی محصولات، رویکردی است که کشاورزان برای اطمینان از تولید محصول به‌کار می‌برند (Cooper & Dobson, 2007). در کل، کاهش واقعی عملکرد محصولات کشاورزی ناشی از وجود علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها، در دامنه‌ی ۲۶ تا ۴۰ درصد متغیر است. اما این میزان بسته به نوع محصول، رقم مورد استفاده و منطقه کشت ممکن است به ۵۰ تا ۸۰ درصد نیز برسد (Oerke, 2006). بنابراین، تولید حجم انبوه محصولات کشاورزی به استفاده از میزان بالایی از آفت‌کش‌ها متکی است و سالانه بیش از ۱/۱ میلیارد پوند (واحد وزن) به ارزش بیش از ۳۰۰ میلیارد دلار توسط کشاورزان آمریکایی در سال ۲۰۱۲ هزینه شده است (Atwood & Paisley-Jones, 2017). با توجه به جمعیت رو به رشد جهان، تضمین عملکرد بالا و مستمر در تولید محصولات کشاورزی، در زمین‌های قابل کشت در دسترس، از هر طریق ممکن از قبیل استفاده از آفت‌کش‌ها، بسیار حیاتی است.

زنبورعسل و آفت‌کش‌ها

با وجود ارزش بالای زیست محیطی و اقتصادی این موجود ارزشمند، زنبورعسل همیشه خواسته و ناخواسته در معرض عوامل مخرب و آسیب‌رسان قرار داشته است و از این طریق هزینه مالی زیادی نیز به پرورش‌دهندگان زنبورعسل تحمیل می‌شود. از این موارد می‌توان به برخی آفات از قبیل واروا (Mokhber & Rasouli, 2020)، بیماری‌ها (Mullin et al., 2010) و مواد شیمیایی و آفت‌کش‌های مورد استفاده در صنایع کشاورزی (Bohme et al., 2018) اشاره کرد. متاسفانه، طی دو دهه‌ی گذشته، کلنی‌های زنبورعسل متحمل خسارات شدیدی شده‌اند و در برخی سال‌ها تلفات کلنی‌های زنبورعسل به‌شدت بالا بوده است، که نگرانی‌های جهانی به‌همراه داشته است (Chauzat et al., 2013). هرچند دلیل قطعی برای این کاهش شدید جمعیت کلنی‌های زنبورعسل ارائه نشده است، ولی دانشمندان مجموعه‌ای از عوامل را برای این معضل بزرگ معرفی کردند که استفاده از سموم دفع آفات (آفت‌کش‌ها) در کشاورزی یکی از دلایل مهم کاهش جهانی کلنی‌های زنبورعسل عنوان شد (Chen et al., 2021). از قضا محصولات کشت شده که کاملاً وابسته به گرده‌افشانی زنبورعسل هستند، به‌شدت به استفاده از آفت‌کش‌ها برای محافظت از کیفیت محصول و کاهش آسیب آفات و بیماری‌ها، وابسته هستند. در مجموع کشاورزان به دلایل پیچیده‌ای از جمله ترس، الزامات بیمه محصولات کشاورزی و خطر کاهش عملکرد، تمایلی به کاهش استفاده از آفت‌کش‌ها ندارند (Ch`eze et al., 2020) و ظاهراً استفاده از آفت‌کش‌ها جزو لاینفک کشاورزی مدرن بوده، به‌طوری‌که حذف و حتی کاهش میزان مصرف آن، بعید به نظر می‌رسد. با این حال، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها

برای استفاده از آفت‌کش‌ها برای بسیاری از محصولات کشاورزی ، حفاظت از گرده‌افشان‌هاست. چراکه در اغلب موارد عملکرد بالا تنها تحت تأثیر حفاظت از محصول، محل تولید، عملیات کشاورزی یا رقم مورد استفاده، نبوده و باید گرده‌افشانی در حالت بهینه روی محصول انجام بگیرد (Klein et al., 2007). خوشبختانه بعد از کاهش سراسری (جهانی) کلنی زنبورعسل در سال‌های اخیر، تحقیقات گسترده در مورد اثرات علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها بر زنبورعسل انجام شده است و استفاده از آفت‌کش‌های کشاورزی بسیار سمی در بسیاری از کشورها، ممنوع شد و استفاده از آفت‌کش‌های با سمیت کمتر جای آنرا گرفت (Butler, 2018). علی‌رغم این تصمیم حیاتی برای زنبورعسل نباید از اثرات سوء این آفت‌کش‌ها بر زنبورعسل غافل شد.

● زنبورعسل چگونه در معرض آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرد

آفت‌کش‌ها نه تنها بر ارگانیسم هدف تأثیر می‌گذارند، بلکه توسط گیاهان و موجودات غیرهدف جذب شده و می‌توانند هوا، خاک و آب را آلوده کنند. همچنین ترکیبات پایدار یا مواد سیستمیک می‌توانند در خاک و رسوبات تجمع پیدا کرده و توسط گیاهان جذب و از طریق سیستم آوندی به بخش‌های مختلف گیاه راه پیدا کند (Botı´as et al., 2016). از این رو، زنبورهای‌عسل و سایر گرده افشان از راه‌های مختلفی در معرض آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرند. آلودگی مستقیم می‌تواند در حین سم‌پاشی (Koch et al., 1997)، از طریق گودال‌های آب آلوده (Samson-Robert et al., 2014)، گرد و غبار ایجاد شده از بذرهای آغشته به سموم (Tapparo et al., 2012)، استشمام آفت‌کش‌های تبخیری (Geoghegan et al., 2013) رخ دهد، و یا به‌طور غیرمستقیم از طریق جمع‌آوری شهد، گرده و قطرات ترشحی گیاهان (کشاورزی و گل‌های وحشی) آلوده به آفت‌کش‌های سیستمیک، صورت می‌گیرد (Botı´as et al., 2015). علاوه بر اینکه زنبورهای‌عسل در هنگام جستجوی غذا مستقیماً در معرض اسیب آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرند، از طریق آب، شهد و به‌خصوص گرده گیاهان آغشته به آفت‌کش‌هایی که به کندو وارد می‌شود، تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Traynor et al., 2021). همچنین، بقایای کنه‌کش‌های مورد استفاده توسط زنبورداران جهت کنترل کنه انگل واروا، بعد از گذر زمان نیز در داخل کندو و محصولات تولیدی کلنی مانند گرده ذخیره شده و موم زنبورعسل، قابل شناسایی است. تجزیه و بررسی نمونه‌های گرده ذخیره شده در کندو حاکی از وجود باقیمانده‌ی آفت‌کش‌های متعدد بود. نگران‌کننده این است که همین گرده آلوده، به عنوان منبع پروتئینی، توسط زنبورهای پرستار مصرف شده و برای تغذیه لاروهای کارگرها نیز به کاربرده می‌شود (Traynor et al., 2016). همچنین بخشی از غذای پروتئینی مصرف شده از طریق غدد ترشحی به فرم ژله رویال به مصرف لاروهای زنبوران کارگر و ملکه می‌رسد (Schmickl & Crailsheim, 2004).

● شناسایی بقایای سموم در کلنی‌های زنبورعسل

آنالیز نان زنبور یک ابزار رایج در رصد بقایای سموم مورد استفاده است. زیرا نان زنبور به راحتی قابل دسترسی است و می‌توان آن را در مقادیر نمونه ذخیره کرد (Traynor et al., 2016). با این حال، نان زنبور معمولاً مخلوطی از صدها نوع گرده از گل‌های متنوع است که آلوده به آفت‌کش‌ها متنوع هستند و تنوعی از آفت‌کش‌ها را دارند. بنابراین، آنالیز آفت‌کش‌های نان زنبور بیان تقریبی از سطح آلودگی است. رویکرد دیگر برای برآورد مقدار واقعی آفت‌کش‌ها، اندازه‌گیری آن در گرده تازه جمع‌آوری شده توسط زنبورهای چراگر است که با یک تله گرده‌گیر در ورودی کندو، قابل دستیابی است (Tosi et al., 2018).

● اثرات آفت‌کش‌ها روی زنبورعسل

انواع مختلف آفت‌کش‌ها مکانیسم‌های اثر متفاوتی دارند (Wu et al., 2017). با وجود اینکه گاهی اوقات غلظت‌های بالا برای آفت‌کش‌ها اندازه‌گیری شده است. اما در اکثر موارد، غلظت اندازه‌گیری شده برای آفت‌کش‌ها در سطوح زیر کشنده (با در نظر گرفتن ارزش LD50) قرار داشته است (Rortais et al., 2005). با این وجود مطالعات نشان داده‌اند که حتی غلظت‌های زیر کشنده آفت‌کش‌ها می‌توانند بر فیزیولوژی اعصاب، توانایی‌های شناختی و یادگیری، تعاملات اجتماعی و رفتار زنبورعسل، طول عمر، رشد، باروری و تخم‌گذاری و ایمنیت زنبورعسل تأثیر بگذارد (Tosi et al., 2018). همچنین می‌تواند منجر به بروز اثراتی مانند اختلال در ترکیب میکروبی روده زنبورهای‌عسل، کاهش زنده‌مانی و نیز اختلال در تکامل و تغییر در بیان ژن زنبورهای‌عسل شود. در برخی مواقع اثرات آفت‌کش‌ها به مسمومیت، افزایش مرگ و میر و در نهایت فروپاشی کلنی منتهی می‌شود. در ادامه اثرات مربوط به بقایای آفت‌کش‌ها روی زنبورعسل با استناد به مقالات علمی آورده شده است. از میان آفت‌کش‌ها، اثر قارچ‌کش‌ها

بـر زنبورهای‌عسـل نسـبت بـه علف‌کش‌هـا و حشـره‌کش‌ها کمتـر مـورد توجـه قـرار گرفتـه اسـت. احتمـالاً بـه ایـن دلیـل کـه اثـرات آنهـا ممکـن اسـت آشـکار نباشـد و به‌دلیـل سـمیت کمتـر، تشـخیص آن چالـش برانگیزتر اسـت. مطالعـات مختلـف نشـان داده‌انـد کـه اسـتفاده از قارچ‌کـش می‌توانـد طـول عمـر زنبورعسـل را کاهـش دهـد و منجـر بـه پـرورش ضعیـف بچه‌هـا، تضعیـف کلنـی و افزایـش تیتـر ویـروس شـود. ایـن مـوارد در کنار هـم ممکـن اسـت منجر به از بیـن رفتـن کلنی‌ها شـود (Wade et al., 2019). از ایـن رو، محققـان بایـد توجـه بیشـتری بـه خطـرات مزمـن کشـنده قارچ‌کش‌هـا روی زنبورعسـل داشـته باشـند (Wang et al., 2022). بـا توجـه بـه هـدف اصلـی ایـن مقالـه کـه بیشـتر بررسـی و تحلیـل اثـرات جانبـی بقایـای آفت‌کش‌هـا قـرار داده شـده اسـت، مسـتندات آورده شـده بیشـتر مربـوط بـه قارچ‌کش‌هـا می‌باشـد. زیـرا ایـن ترکیبـات شـیمیایی نسـبت بـه دو گـروه اشـاره شـده (حشـره‌کش‌ها و علف‌کش‌هـا) اثـرات حـاد کمتـری دارنـد ولـی اثـرات جانبـی و تحـت حـاد آنهـا جـای تأمـل دارد (Zubrod et al., 2019).

اثـرات آفت‌کش‌هـا روی سیسـتم عصبـی، توانایی‌هـای شـناختی و یادگیـری، تعامـلات اجتماعـی و رفتـار زنبورعسـل

آفت‌کش‌هایـی از قبیـل نئونیکوتینوئیـد کـه در گـروه نوروتوکسـین‌ها قـرار دارنـد، می‌تواننـد باعـث رشـد غیرطبیعـی زنبورعسـل شـوند. ایـن نـوع از سـموم (سـموم عصبـی) به‌شـدت سیسـتم عصبـی زنبورعسـل را مختـل می‌کننـد، از جملـه باعـث اختـلال در انتقـال سیناپسـی، بویایـی، رفتـار چراگـری، مسـیریابی و قـدرت یادگیـری (Wu et al., 2017). ایـن تغییـرات رفتـاری معمـولاً منجـر بـه فروپاشـی کلنـی می‌شـود (Wade et al., 2019). مطالعـات مختلـف نشـان می‌دهـد کـه دوزهـای زیر-کشـنده نئونیکوتینوئیدهـا، ایمیداکلوپریـد، تیامتوکسـام، کلوتیانیدیـن و تیاکلوپریـد می‌توانـد به رشـد مغز آسـیب برسـاند، همچنیـن می‌توانـد قـدرت یادگیـری، توانایـی جسـتجوی غـذا و انجـام وظایـف عـادی کنـدو را مختـل کنـد (Sandrock et al., 2014). عـلاوه بـر ایـن، بسـیاری از حشـره‌کش‌های رایـج دیگـر از قبیـل آفت‌کش‌هـای پیرتروئیـد و فسـفر ارگانیـک بـر رفتـار زنبـور اثـر دارنـد (Wang et al., 2017). در مطالعـه Mig-dal و همـکاران (۲۰۱۸) اثـر سـه نـوع آفت‌کـش (حشـره‌کش، علف‌کـش و قارچ‌کـش) روی عملکـرد رفتـاری زنبـور مـورد بررسـی قـرار گرفـت. نتایـج نشـان داد کـه ایـن ترکیبـات بـر رفتـار زنبـور مؤثـر بـود.

در مقایسـه بـا حشـره‌کش‌ها، اثـرات قارچ‌کش‌هـا و علف‌کش‌هایـی کـه به‌طـور معمـول در کشـاورزی اسـتفاده می‌شـوند بـر سـلامت زنبورعسـل کمتـر مطالعـه شـده اسـت در سـال‌های اخیـر، مطالعـات بسـیاری وجـود قارچ‌کش‌هـا را در محصـولات زنبورعسـل گـزارش کردنـد (Tosi et al., 2018). بنابرایـن بررسـی اثـرات قارچ‌کش‌هـا روی زنبورهای‌عسـل اهمیـت یاقتـه اسـت. کاربندازیـم یـک قارچ‌کـش مؤثـر، بـا سـمیت پاییـن و طیـف وسـیع اسـت کـه اثـرات کنترلـی قابـل توجهـی بـر بیماری‌هـای ناشـی از قارچ‌هـا در کشـاورزی دارد (Chen et al., 2021). ایـن قارچ‌کـش بـر رشـد مغـز زنبورعسـل تأثیـر می‌گـذارد. مطالعـات نشـان می‌دهـد کاربندازیـم در کنـار اثـرات جانبـی روی پاسـخ‌های ایمنـی زنبـور دارد، رشـد لاروهـا را بـا تغییـر در بیـان ژن‌هـای هورمونـی و عصبـی در مغـز، بـه تاخیـر می‌انـدازد (Wang et al., 2018).

در مطالعـه Wang و همـکاران (۲۰۱۸) لاروهـای زنبورعسـل در معـرض کاربندازیـم قـرار گرفتنـد. سـپس تغییـرات در بیـان ژن مغـز زنبورهای‌عسـل تـازه متولـد شـده از طریـق بررسـی رونوشـت‌ها مـورد ارزیابـی قـرار گرفـت. بـرای درک بیشـتر اثـرات کاربندازیـم بـر رشـد مغـز زنبورهای‌عسـل، تفـاوت عملکـرد ژن‌هـای بیـان شـده بیـن گروه‌هـای درمـان و کنتـرل مقایسـه شـد. ژن‌هایـی کـه در تنظیـم اعصـاب نقـش داشـتند، پـس از قـرار گرفتـن در معـرض کاربندازیـم کاهـش داشـتند، کـه نشـان‌دهنده اثـرات مخـرب ایـن قارچ‌کـش بـر روی سیسـتم عصبـی زنبورعسـل بـود. قـرار گرفتـن در معـرض کاربندازیـم بیـان ژن هـای دخیـل در متابولیسـم، انتقـال، حـس و هورمـون را تغییـر داد. همچنیـن لاروهـای گـروه در معـرض کاربندازیـم نسـبت بـه گـروه کنتـرل زمـان بیشـتری را بـرای انتقـال بـه مرحلـه‌ی شـفیرگی طـی کردنـد. عـلاوه بـر ایـن، هورمـون جوانـی کـم و مقـدار اکدیسـون بـالا در گـروه درمـان نسـبت بـه گـروه کنتـرل مشـاهده شـد. بنابرایـن، کاربندازیـم می‌توانـد رشـد زنبورعسـل را مختـل کـرده و به‌عنـوان یـک مـاده شـیمیایی بالقـوه کلنی‌هـای زنبورعسـل را تهدیـد می‌کنـد.

نتایـج آنالیـز متابولومیکـس انجـام شـده توسـط Chen و همـکاران (۲۰۲۱) نشـان داد کـه ۱۱۲ متابولیـت در زنبورهـای تیمـار شـده بـا کاربندازیـم در مقایسـه بـا شـاهد به‌طـور معنـی داری تحـت تأثیـر قـرار گرفتنـد. متابولیت‌هـای مرتبـط بـا متابولیسـم انـرژی و اسـیدهای آمینـه فراوانـی بالایـی را نشـان دادنـد و بـرای طیـف وسـیعی از مسـیرها غنـی شـدند. عـلاوه بـر ایـن، کاهـش آفلاتوکسـین B1exo-8،9-epoxide-GSH و گلیسـرول دی فسـفات نشـان داد کـه کاربندازیـم ممکـن اسـت بـر سـم‌زدایی و سیسـتم ایمنـی زنبورهای‌عسـل تأثیـر بگـذارد. ایـن نتایـج بینـش جدیـدی در مـورد تعامـل بیـن قارچ‌کش‌هـا

و زنبورهای‌عسل ارائه می دهد. همچنین مقایسه پروتئوم گروه‌های درمعرض کاربندازیم با گروه شاهد نشان داد که قرارگرفتن در معرض کاربندازیم از بیان پروتئین‌های عملکردی مختلف، به‌ویژه پروتئین اصلی ژل رویال جلوگیری می‌کند (Wang et al., 2021).

مطالعات Wang و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که قرار گرفتن زنبورعسل در معرض کاربندازیم، حتی در غلظت‌های بالا (۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) از شرایط مزرعه، باعث مرگ حاد در زنبورهای‌عسل نمی‌شود. کاربندازیم اختلالی در ترکیب میکروبی روده‌ی زنبورهای کارگر جوان و بالغ به‌وجود نمی‌آورد. با این حال، قرارگرفتن در معرض کاربندازیم به‌طور قابل توجهی مصرف گرده را در زنبورهای‌عسل کاهش می‌دهد. بنابراین، قرارگرفتن زنبورها در معرض کاربندازیم می‌تواند از طریق اختلال در هموستاز تغذیه‌ای زنبورعسل، به‌طور بالقوه ایمنی زنبورعسل را کاهش داده و حساسیت آنها را به عفونت عوامل بیماری‌زا افزایش دهد، و نیز بر اثربخشی به‌عنوان گرده‌افشان و حتی سلامت کلنی‌ها تأثیر بگذارد.

اثرات آفت‌کش‌ها روی عملکرد تولیدمثلی ملکه و رشد جمعیت کلنی‌های زنبورهای‌عسل

ارتباط عمیق بین محیط و انعطاف‌پذیری فنوتیپی (در اینجا یعنی تمایز و تفرق) در جوامع حشرات فرااجتماعی مانند کلنی‌های زنبورعسل، کاملاً آشکار است. به‌طوری‌که تفاوت تغذیه در تخم‌های لقاح یافته باعث ایجاد دو فنوتیپ (Caste) ملکه و کارگر از یک ژنوتیپ یا سلول تخم می‌شود (Barchuk et al., 2007). مراقبت همیارانه از از نوزادان (در اینجا لاروهای زنبورعسل) یکی جنبه کلیدی ساختار فرااجتماعی کلنی‌های زنبورعسل می‌باشد که در آن زنبورهای پرستار ترشحات غده‌ی اختصاصی در قالب ژله رویال و ژله کارگری در تغذیه لاروهای ملکه و کارگر، تولید می‌کنند. این تغذیه متفاوت در زنبورهای‌عسل، تغذیه افتراقی لاروهای دیپلوئید ماده با استفاده از یک رژیم غذایی غنی شده (ژله رویال) باعث ایجاد یک آبشار اپی‌ژنتیکی و تغییر در بیان ژن‌ها در جهت تغییر لاروهای کارگری به ملکه می‌شود (Buttst-edt et al., 2016). زنبورهای‌عسل دوزهای درمانی کومافوس را تحمل می‌کنند، حداقل تا حدی در نتیجه فعالیت سم‌زدایی P450 (Johnson et al., 2009)، علارغم تحمل در برابر کومافوس، ملکه هایی که در معرض کومافوس قرار داشتند جثه کوچک‌تر و مرگ و میر بالاتری داشتند و به نسبت بالاتری در حین معرفی به کلنی، پذیرش نشدند (Collins et al., 2004). نتایج بررسی روی نرها نشان داد که زنده‌مانی اسپرم‌ها در نرهای در معرض کومافوس پایین‌تر بود (Burley et al., 2008).

شناخت اثرات مواد شیمیایی روی سلامت، رشد، عملکرد تولیدی و تولیدمثلی زنبورهای‌عسل به‌ویژه ملکه کلنی، بسیار مهم است. زیرا پیامدهای مربوط به سلامت فردی، به‌خصوص سلامت ملکه، به‌طور مستقیم عملکرد نهایی کلنی را شکل می‌دهد (Milone et al., 2021). زیرا ملکه تنها ماده‌ی باروری در یک کلنی سالم است و از دست دادن ملکه‌ی کلنی اغلب باعث نابودی کلنی می‌شود (VanEn-gelsdorp et al., 2013). بررسی‌ها نشان می‌دهد با افزایش سطوح آفت‌کش‌ها در ساختارهای کندو (Stoner & Eitzer, 2013)، امکان از دست دادن و جایگزینی ملکه در آن بیشتر می‌شود (Traynor et al., 2016). مطالعه Sandrock و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که حذف و جایگزینی ملکه در کلنی‌هایی که به مدت طولانی در معرض گرده‌های تیمار شده با نئونیکوتینوئید قرار داشتند، بالاتر بود. این نتیجه گویای این است که احتمالاً ملکه کلنی تلف شده یا گریخته است. از دست دادن ملکه، به هر نحو ممکن، یکی از چالش‌های همیشگی و اساسی زنبورداران در سراسر دنیا است. در حال حاضر اکثر تحقیقات موجود در این حوزه، تأثیر استرس روی زنبورهای‌عسل کارگر را مورد بررسی قرار می‌دهند. ولی مکانیسم استرس ناشی از آفت‌کش‌ها بر توسعه ملکه هنوز به‌خوبی شناخته نشده است (Milone et al., 2021).

تحقیقات اثبات کرده است که امکان انتقال بقایای آفت‌کش‌ها به لارو ملکه از طریق ژل رویال (RJ) مصرفی، سنتز شده توسط زنبورهای پرستار، بسیار پایین است. آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده (USEPA)، مطابق دستورالعمل‌های ارزیابی، نشان داد که انتقال بقایای آفت‌کش‌ها در RJ حدود ۱۰۰ برابر کمتر از گرده و شهدی بود که در معرض این آفت‌کش قرار داشتند (USEPA, 2014). زنبوران کارگر در نقش پرستار، در طول ۱- تا ۱۲ روز اول زندگی خودشان، بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم گرده مصرف می‌کنند و بخش اندکی از این مقدار از طریق ژل رویال به مصرف لاروها می‌رسد (Bohme et al., 2018). تحقیقات متعدد میزان انتقال آفت‌کش‌ها از گرده به RJ را اندازه گرفته و دریافتند که تقریبا تمامی ترکیباتی از این دست توسط زنبورهای پرستار فیلتر می‌شوند و حجم آفت‌کش ورودی به RJ بسیار ناچیز است (Bohme et al., 2017). با

این وجود، هنوز هم به‌نظر می‌رسد بقایای آفت‌کش‌ها رشد ملکه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بر زنده‌مانی و سلامت تولیدمثل آنها تأثیر می‌گذارد. بنابراین، احتمالاً آفت‌کش‌ها به‌صورت غیرمستقیم بر توسعه ملکه تأثیر می‌گذارند. تحقیقات قبلی اثرات زیان‌آور آفت‌کش‌ها روی غدد ترشحی زنبوران پرستار (هیپوفارنژیال و غدد تحت فکی) را گزارش دادند. نتایج نشان داد وقتی زنبوران پرستار در معرض آفت‌کش‌ها قرار میگیرند، ارتفاع سلول‌های غدد تحت فکی کاهش می‌یابد و فیزیولوژی غدد هیپوفارنژیال تغییر می‌یابد (Zaluski et al., 2017). بنابراین، آفت‌کش‌ها بر کیفیت و کمیت ژل رویال تولید شده توسط زنبورهای پرستار تأثیرگذار هستند. نتایج مطالعه Milone و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد در کلنی‌های تیمارشده با آفت‌کش‌ها ترکیب تغذیه‌ای ژل رویال تغییر و وزن آن کاهش یافت. ولی تغییر در کیفیت ژله تولیدی بیشتر بود. این یافته اثرات غیرمستقیم آفت‌کش‌ها روی توسعه ملکه و پیامدهای اجتماعی تحلیل غدد ترشحی زنبوران پرستار را نشان می‌دهد. همچنین در یک مطالعه دیگر، عملکرد تولیدمثلی ملکه در کلنی‌هایی که در معرض گرده‌های آلوده به دوزهای زیرکشنده قارچ‌کش‌های کلروتالونیل یا پروپیکانیزول و یا ترکیبی از هر دو، و حشره‌کش‌های کلرپیریفوس یا فنپروپاترین یا ترکیبی از هر دو، قرارگرفتند در مقایسه با شاهد، کاهش داشت (Traynor et al., 2021).

سیستم ایمنی و مقاومت در مقابل بیماری ها

قرار گرفتن در معرض آفت‌کش‌ها در تضعف سلامت زنبورعسل نقش دارد. علاوه بر اثرات سمی مستقیمی که آفت‌کش‌ها روی زنبورعسل دارند، قرار گرفتن زنبور در معرض دوزهای زیر-کشنده‌ی این آفت‌کش‌ها با افزایش بروز بیماری‌ها و درگیر شدن به انگل‌ها مرتبط است (Goul-son et al., 2015). در یک بررسی کلنی‌هایی با اندازه کامل در معرض گرده‌های آلوده به قارچ‌کش‌های کلروتالونیل یا پروپیکانیزول و یا ترکیبی از هر دو، و حشره‌کش‌های کلرپیریفوس یا فنپروپاترین یا ترکیبی از هر دو، قرار گرفتند، مصرف گرده به طور قابل توجهی در کلنی‌های در معرض آفت‌کش‌ها نسبت به شاهد، کاهش داشت. این در حالی است که هیچ تفاوتی در مقدار کل گرده جمع‌آوری‌شده در کلنی‌های در معرض آفت‌کش تسبت به شاهد مشاهده نشد. بررسی های بیشتر نشان داد که در کلنی‌های در تیمار شده با آفت‌کش، تلفات نوزادان و کانی‌بالیسم افزایش قابل ملاحظه‌ای داشت (Traynor et al., 2021). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد کاربندازیم می‌تواند سطح پاسخ ایمنی و سم‌زدایی در گونه‌های زنبورعسل را کاهش دهد (Shi et al., 2018). آفت‌کش‌ها اگر با سایر عوامل استرس‌زا مانند تغذیه نامناسب همراه باشند، می‌توانند تأثیر منفی هم‌افزایی بر طول عمر زنبورعسل داشته باشند (Tosi et al., 2017) که در نهایت منجر به کاهش جمعیت کلنی خواهد شد. زنبورداران تجاری بعد از بیماری‌ها و انگل‌ها، قرارگرفتن در معرض آفت‌کش‌ها را به‌عنوان دومین عامل رایج برای تلفات کلنی‌های زنبورعسل گزارش می‌کنند (Kulhanek et al., 2017).

آفات‌کش‌ها با درجه‌ی زیر-کشندگی زمانی خطرناک می‌شوند که بقایای آنها در کندو افزایش می‌یابد (Schar-laken et al., 2007). در این حالت بر عملکرد و رشد لاروها مؤثر خواهد بود. همچنین در این شرایط زنبورها نسبت به عفونت های باکتریایی حساس تر می‌شوند. این به‌ویژه در مورد لوک آمریکایی کاملا مشهود است. زیرا زنبورهای ضعیف شده و یک کلنی بهم ریخته، بیشتر مستعد ابتلا به این بیماری است. همچنین در مطالعات دیگر افزایش حساسیت و ابتلا به نوزما (Mullin et al., 2010) و اسهال خونی (VanEngelsdorp et al., 2009) در شرایط در معرض قرارگرفتن با آفت‌کش‌ها گزارش شده است. علاوه بر این، میکروفلور روده زنبورعسل نیز بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد و برخی از آفت‌کش‌ها باعث تحریک اختلالات دستگاه گوارش و غدد درون‌ریز، منجر می‌شود (Broderick et al., 2006). مطالعات مرتبط دیگر نشان داد آفت‌کش‌ها در بیماری فروپاشی کلونی (CCD) و ایجاد اختلالات پاتولوژیک در زنبورعسل نقش مهمی دارند (Sanchez-Bayo & Goka, 2014).

دستگاه گوارش و طول عمر

شواهد فراوانی وجود دارد که میکروب‌های دستگاه گوارش با سلامت میزبان ارتباط دارند (Rishi et al., 2020). زنبورهای‌عسل جامعه میکروبی روده ساده‌تری نسبت به پستانداران دارند و تنها ۹ گروه باکتریایی غالب، به نام‌های Snodgrassella alvi، Gilliamella apicola، Lactobacillus Firm-۴، Lactobacillus Firm-۵، Bifidobacterium Barschel-laellas. و آلفا ۱و۲، دارند. این جمعیت باکتریایی مخصوص زنبورهای‌عسل نقش مهمی در رشد میزبان، بیوسنتز مواد مغذی، هضم اجزای غذا، تنظیم هورمون‌ها، ایمنی ذاتی

و مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا دارند (Kwong & Moran, 2016). مطالعه دیگر نشان داد برخی از آفت‌کش‌ها باعث تحریک اختلالات دستگاه گوارش و غدد درون‌ریز، می‌شوند (Broderick et al., 2006). در مطالعه Migdal و همکاران (۲۰۱۸) سه نوع آفت‌کش انتخابی (حشره‌کش، علف‌کش و قارچ‌کش) اثر معنی‌داری روی زنده‌مانی زنبور داشتند.

نتیجه‌گیری کلی

در مطالعه حاضر اثرات آفت‌کش‌ها روی سموم مورد مطالعه قرار گرفت. علی‌رغم اینکه در سال‌های اخیر استفاده از آفت‌کش‌های با سمیت کمتر بجای آفت‌کش‌های با سمیت بالا تا حدودی مرگ و میر حاد زنبورهای‌عسل را کاهش داده است، اما نباید از اثرات سوء این آفت‌کش‌ها بر زنبورعسل غافل شد. به‌طورکلی، نتایج به‌دست‌آمده در بررسی حاضر نشان داد که آفت‌کش‌ها (حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها)، غیر از اینکه از طریق محدود سازی منابع غذایی (از طریق علف‌کش‌ها) و اثرات مستقیم سموم تماسی (مسمومیت)، باعث آسیب به کلنی‌های زنبورعسل می‌شوند، از طریق اثرات تجمعی سطوح زیرکشنده سموم شامل اختلال در توسعه سیستم عصبی و رفتار، طول دوره رشدی، زنده‌مانی، تولیدمثل ملکه، ایمنیت و دستگاه گوارش زنبورعسل، باعث نابودی ساختار کلنی و در نهایت کاهش جمعیت و انهدام کلنی می‌شوند. بنابراین باید در مورد استفاده از آفت‌کش‌ها بر زنبورعسل به زنبورداران و کشاورزان اطلاع‌رسانی کرده و راهنمایی لازم را در خصوص استفاده منطقی از این آفت‌کش‌ها در کشاورزی داده شود.

منبع ها:

1. Barchuk, A. R., Cristino, A. S., Kucharski, R., Costa, L. F., Simões, Z.L., Maleszka, R. (2007). Molecular determinants of caste differentiation in the highly eusocial honeybee Apis mellifera. BMC evelopmental Biology, 7(1), 70.

2. Bo¨hme, F., Bischoff, G., Zebitz, C. P., Rosenkranz, P., Wallner, K. (2018). From field to food-Will pesticide contaminated pollen diet lead to a contamination of royal jelly? Apidologie, 49(1): 112–119.

3. Botı´as, C., David, A., Hill, E.M., Goulson, D. (2016). Contamination of wild plants near neonicotinoid seed-treated crops, & implications for non-target insects. Sci Total Environ. 566-567: 269-278.

4. Botı´as, C., David, A., Horwood, J., Abdul-Sada, A., et al. (2015). Neonicotinoid residues in wildflowers, a potential route of chronic exposure for bees. Environmental Science & Technology, 49:12731-12740.

5. Broderick, N. A., Raffa, K. F., Handelsman, J. (2006). Midgut bacteria required for Bacillus thuringiensis insecticidal activity. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(41):15196-15199.

6. Burley L., Fell R., Saacke R. (2008). Survival of honeybee (Hymenoptera: Apidae) spermatozoa incubated at room temperature from drones exposed to miticides. Journal of Economic Entomology, 101:1081– 1087

7. Butler, D., 2018. EU expected to vote on pesticide ban after major scientific review. Nature 555, 555-151.

8. Chauzat, M. P., Cauquil, L., Roy, L., Franco, S., Hendrikx, P., Ribiere-Chabert, M. (2013). Demographics of the European apicultural industry. PloS one, 8(11): e79018.

9. Chen, H., Wang, K., Ji, W., Xu, H., Liu, Y., Wang, S., et al. (2021). Metabolomic analysis of honey bees (Apis mellifera) response to carbendazim based on UPLC-MS. Pesticide Biochemistry & Physiology, 179, 104975.

10. Collins A.M., Pettis J.S., Wilbanks R., Feldlaufer M.F. (2004) Performance of honey bee (Apis mellifera) queens reared in beeswax cells impregnated with coumaphos, Journal of Apicultural Reseatch, 43:128-134.

11. Cooper, J., Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind & the environment. Crop Protection, 26: 1337-1348.

12. Fauser, A., Sandrock, C., Neumann, P., Sadd, B. M. (2017). Neonicotinoids override a parasite exposure

impact on hibernation success of a key bumblebee pollinator. Ecological Entomology, 42: 306-314.

13. Mokhber, M., & Rasouli, R. (2020). A review on the resistance to Varroa mites in honeybee (Apis mellifera). Honeybee Science Journal, 10(19):25-36.

14. Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecological economics, 68(3), 810-821.

15. Geoghegan, T., Kimberly, J., Scheringer, M. (20130. Predicting honeybee exposure to pesticides from vapour drift using a combined pesticide emission & atmospheric transport model. SETAC Australasia-Multidisciplinary approaches to managing environmental pollution. Melbourne, 174.

16. Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. Science, 347(6229), 1255957.

17. Johnson R.M., Pollock H.S., Berenbaum M. R. (2009) Synergistic interactions between in-hive miticides in Apis mellifera. Journal of Economic Entomology, 102:474-479.

18. Klein A-M, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, et al. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings: Biological Sciences, 274:303-313.

19. Koch, H., Weißer, P. (1997). Exposure of honey bees during pesticide application under field conditions. Apidologie, 28:439-447.

20. Kwong, W. K., Moran, N. A. (2016). Gut microbial communities of social bees. Nature Reviews Microbiology, 14:374-384.

21. Milone, J. P., Tarpy, D. R. (2021). Effects of developmental exposure to pesticides in wax & pollen on honey bee (Apis mellifera) queen reproductive phenotypes. Scientific reports, 11(1):1-12.

22. Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., Ashcraft, S., Simonds, R., et al. (2010). High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. PloS one, 5(3): e9754.

23. Oerke, E. C.(2006). Crop losses to pests. The Journal of Agricultural Science, 144: 31–43.

24. Rishi, P., Thakur, K., Vij, S., Rishi, L., Singh, A., Kaur, I.P., Patel, S., Lee, J.K., Kalia, V.C. (2020). Diet, gut microbiota & COVID-19. Indian Journal of Microbiology, 60:420-429.

25. Rortais, A., Arnold, G., Halm, M. P., Touffet-Briens, F. (2005). Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen & nectar consumed by different categories of bees. Apidologie, 36: 71-83.

26. Samson-Robert, O., Labrie, G., Chagnon, M., Fournier, V. (2014). Neonicotinoid-contaminated puddles of water represent a risk of intoxication for honey bees. PloS one, 9(12): e108443.

27. Sanchez-Bayo, F., Goka, K. (2014). Pesticide residues & bees–a risk assessment. PloS one, 9(4): e94482

28. Sandrock, C., Tanadini, L. G., Pettis, J. S., Biesmeijer, J. C. et al. (2014). Sublethal neonicotinoid insecticide exposure reduces solitary bee reproductive success. Agricultural and Forest Entomology, 16: 119-128.

29. Scharlaken, B., De Graaf, D. C., Memmi, S., Devreese, B., Van Beeumen, J., Jacobs, F. J. (2007). Differential protein expression in the honey bee head after a bacterial challenge. Archives of Insect Biochemistry & Physiology: Published in Collaboration with the Entomological Society of America, 65(4):223-237.

30. Shi, T., Burton, S., Zhu, Y., Wang, Y., Xu, S., Yu, L. (2018). Effects of field-realistic concentrations of carbendazim on survival & physiology in forager honey bees. Journal of Insect Science, 18(4):6.

31. Stoner, K. A., Eitzer, B. D. (2013). Using a hazard quotient to evaluate pesticide residues detected in pollen trapped from honey bees (Apis mellifera) in Connecticut. PLoS One, 8:1-10.

32. Tapparo A, Marton D, Giorio C, Zanella A, Soldà L, Marzaro M, et al. (2012). Assessment of the environmental exposure of honeybees to particulate matter containing neonicotinoid insecticides coming from corn coated seeds. Environmental Science & Technology, 46: 2592–2599.

33. Tosi, S., Burgio, G., Nieh, J. C. (2017). A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, impairs honey

bee flight ability. Scientific reports, 7(1):1-8.

34. Tosi, S., Costa, C., Vesco, U., Quaglia, G., 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, 208-218.

35. Traynor, K. S., Pettis, J. S., Tarpy, D. R., Mullin, C. A., Frazier, J. L., Frazier, M., Vanengelsdorp, D. (2016). In-hive Pesticide Exposome: Assessing risks to migratory honey bees from in-hive pesticide contamination in the Eastern United States. Scientific reports, 6(1):1-16.

36. VanEngelsdorp, D., Evans, J. D., Saegerman, C., Mullin, C., Haubruge, E., Nguyen, B. K. et al. (2009). Colony collapse disorder: a descriptive study. PloS one, 4(8): e6481.

37. Wade, A., Lin, C.H., Kurkul, C., Regan, E.R., Johnson, R.M. (2019). Combined toxicity of insecticides & fungicides applied to California almond orchards to honey bee larvae & adults. Insects, 10:20.

38. Wang, K., Chen, H., Fan, R. L., Lin, Z. G., Niu, Q. S., Wang, Z., Ji, T. (2022). Effect of carbendazim on honey bee health: Assessment of survival, pollen consumption, & gut microbiome composition. Ecotoxicology & Environmental Safety, 239, 113648.

39. Wang, K., Chen, H., Lin, Z.G., Niu, Q.S., Wang, Z., Gao, F.C., Ji, T. (2021). Carbendazim exposure during the larval stage suppresses major royal jelly protein expression in nurse bees (Apis mellifera). Chemosphere, 266, 129011.

40. Wang, K., Fan, R. L., Ji, W. N., Zhang, W. W., Chen, X. M. et al. (2018). Transcriptome analysis of newly emerged honeybees exposure to sublethal carbendazim during larval stage. Frontiers in Genetics, 9:426.

41. Wu, M. C., Chang, Y. W., Lu, K. H., Yang, E. C. (2017). Gene expression changes in honey bees induced by sublethal imidacloprid exposure during the larval stage. Insect Biochem. Mol. Biol. 88, 12–20.

42. Zubrod, J.P., Bundschuh, M., Arts, G., Brühl, C.A., Imfeld, G., Knabel, A., Payraudeau, S., Rasmussen, J.J., Rohr, J., Scharmüller, A., Smalling, K., Stehle, S., Schulz, R., Sch¨afer, R. B. (2019). Fungicides: an overlooked pesticide class? Environmental Science & Technology, 53:3347-3365.

43. Migdał, P., Roman, A., Popiela-Pleban, E., Kowalska-Góralska, M., Opaliński, S. (2018). The impact of selected pesticides on honey bees. Polish Journal of Environmental Studies, 27(2).

Review- the effects of pesticides on honeybee (Apis mellifera) health, growth, immune and reproduction performance

M. Mokhber [1*] , Sh. Parichehreh [2], S. Hajalilu [3]

1- Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. (Corresponding author: m.mokhber@urmia.ac.ir)

2- Department of Honeybee, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3- MS student Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

DOI: 10.22034/HBSJ.2022.359839.1121

Abstract

Honeybees (Apis mellifera) are pollinators that have great social, economic & ecological importance in agricultural production & biodiversity conservation. Despite the high environmental & economic value of this important creature, the honeybee is always exposed to destructive & damaging factors such as diseases & pesticides. Despite in recent years, mortality of honeybees were reduced due to using the subletal pesticides instead of highly toxic pesticides reduced the acute, but the adverse effects of these pesticides on honey bees should not be neglected. In general, the results obtained in this review showed that carbendazim causes disruption in the development of the nervous system & increases the length of the honeybee's growth stage. Although the bendazim is not lethal & does not cause a disturbance in the intestinal microbial composition of bees, but the pollen consumption were reduced significantly, thus causes a disturbance in nutrition & weakens the immune system, & increases the sensitivies to pathogenic agents. Therefore, beekeepers & farmers must be informed about the use of this fungicide & advised to standard use of this fungicide in agriculture.

Key words: honey bee, pesticide, fungicide, carbendazim

Corresponding Author: M. Mokhber
Email: m.mokhber@urmia.ac.ir