دوفصلنامه علمی ترویجی علوم و فنون زنبورعسل
دوره ۱۳، شماره ۲۵، سال ۱۴۰۱، (۴۸-۶۱)

زمستانگذرانی زنبورعسل؛ بیولوژی و مدیریت آن

عطاالله رحیمی[1*]، ناصر تاج آبادی[2]، بهروز توپچی[3]، حمیدرضا بهمنی[1]، صالح صالحی[1]

۱- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران
۲-بخش تحقیقات زنبورعسل، موسسه تحقیقات علوم دامی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ،کرج، ایران
۳- بخش تحقیقات علوم اقتصادی و اجتماعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۴۰۲ / **تاریخ پذیرش**: خرداد ماه ۱۴۰۲
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22034/HBSJ.2023.129653
رایانامه: ata.rahimi@areeo.ac.ir

چکیده:

در آب و هوای سردسیر و معتدل، زنبورهای عسل زمستان را با ورود به یک حالت رفتاری و فیزیولوژیکی خاص تحت عنوان "خوشه زمستانه" سپری کرده و زنده می‌مانند. در سالهای اخیر، تلفات بالای کلنی‌های زنبورعسل به وسیله زنبورداران گزارش شده است که این تلفات بالا با مواردی از قبیل پارازیته شدن کلنی‌ها به وسیله کنه واروآ، آلودگی‌های ویروسی، موقعیت جغرافیایی و تنوع ژنتیکی جمعیت‌های زنبورعسل مرتبط است. در ادامه مطلب، ما عوامل محیطی، فیزیولوژیکی و اجتماعی تنظیم کننده ورود، حفظ و خروج زنبورهای عسل از حالت خوشه زمستانه در آب و هوای سردسیر و معتدل را بررسی می‌کنیم و یک مدل آزمایش‌پذیر را برای توضیح اینکه چگونه عوامل متعدد ممکن است به صورت هم افزای برای تنظیم این انتقال پیچیده عمل کنند، توصیف می‌کنیم. همچنین، دانش موجود در مورد عوامل موثر بر بقای زمستانگذرانی زنبورهای عسل را بررسی کرده و پیشنهاداتی را به زنبورداران با هدف بهبود موفقیت زمستانگذرانی کلنی‌های زنبورعسل ارائه می‌دهیم.

کلمات کلیدی: زنبورعسل، زمستانگذرانی، کنه واروآ

مقدمه:

زنبورهای عسل (*Apis mellifera* L.) در گستره جغرافیایی وسیع با شرایط آب و هوایی مختلف زندگی می‌کنند و در نقاط مختلف جهان و زمان‌های متفاوت سال با چالش‌های متفاوتی روبرو هستند (Ruttner, 1988). زمستان، بزرگ‌ترین چالش برای کلنی‌های زنبورعسل در مناطق سردسیر و معتدل است.

زنبورعسل یکی از معدود گونه‌های حشرات است که برای زنده ماندن در شرایط زمستان با وارد به یک حالت فیزیولوژیکی و رفتاری خاص تحت عنوان "خوشه زمستانه" سازگار شده و بدون اینکه وارد مرحله دیاپوز شود، شرایط سخت زمستان را سپری می‌کند (Winston, 1991). قبل از ورود کنه‌واروآ (*Varroa destructor* Anderson & Trueman, 2000) و کنه تنفسی (*Acarapis woodi* Rennie, 1921) به زنبورستان‌ها، تلفات زمستانه کلنی‌های زنبورعسل ایالات متحده آمریکا حدود ۱۰ درصد بود (Voorhies *et al*., 1933). اما، با ورود این پازایت‌ها به زنبورستان‌ها، میانگین تلفات زمستانه کلنی‌ها توسط زنبورداران این کشور در سال ۲۰۰۶ حدود ۳۰ درصد گزارش شده است که این درصد تلفات بالا و تداوم آن، پایداری عملیات تجاری زنبورداری در این کشور را به خطر می‌اندازد (Lee *et al*., 2015; BIP, 2014). زنبورهای عسل، خدمات گرده‌افشانی حیاتی را برای اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی در سراسر جهان ارائه می‌دهند. زمستانگذرانی موفقیت‌آمیز کلنی‌های زنبورعسل برای برآوردن نیازهای گرده‌افشانی گیاهانی مانند بادام، سیب و گیلاس که در اوایل بهار زود شکوفه می‌دهند، حیاتی است (Degrandi-Hoffman *et al*., 2019; Goodrich & Goodhue, 2020). به طور مثال، شکوفه‌های درختان در ماه‌های فوریه و مارس ایالت کالیفرنیا به ۱/۷ تا ۲/۵ میلیون کلنی زنبورعسل نیاز دارد تا ۸۶۰ هزار جریب بادام را گرده افشانی کنند و پیش بینی می‌شود که این تقاضا همچنان رو به افزایش است. این تقاضا، حداقل تا حدی، می‌تواند با بهبود وضعیت زمستانگذرانی کلنی‌ها برآورده شود. به طوریکه، کاهش ۱۰ درصدی تلفات زمستانگذرانی کلنی‌ها می‌تواند ۲۵۰۰۰۰ کلنی دیگر را برای گرده‌افشانی در اوایل بهار در ایالات متحده آمریکا فراهم کند.

وضعیت زمستانگذرانی یک کلنی زنبورعسل با تغییر در رفتار و فیزیولوژی زنبورهای عسل از جمله کاهش فعالیت فردی، تغییر در پروفایل غدد درون ریز، افزایش ذخایر مواد مغذی و افزایش طول عمر و همچنین تغییرات در سطح کلنی از جمله توقف فعالیت پرورش نوزادان و مهمتر از همه تشکیل یک خوشه تنظیم کننده حرارت مشخص می‌شود. در مناطق غیر معتدل جهان، عوامل فصلی دیگری غیر از زمستان از جمله دوره‌های خشک، بارانی یا گرم با شرایط شهد و گرده کم وجود دارند که به نظر می‌رسد که این موارد با ایجاد حالت نازایی در ملکه و فرار زنبورها از کندو و اقدام به جستجوی مکان جدید، از عوامل ایجاد کننده تلفات در کلنی‌ها باشند (Hepburn, 2011; Maes *et al*., 2021). در حالی که جنبه‌های خاصی از رویدادهای این دو چرخه زندگی مشابه هستند (مثل کمبود شهد و گرده، کاهش/توقف فعالیت چراگری و توقف پرورش نوزاد)، اما زمستانگذرانی چالش منحصر به فردی را برای زنبورهای عسل برای غلبه بر سرمای شدید زمستان فراهم می‌کند.

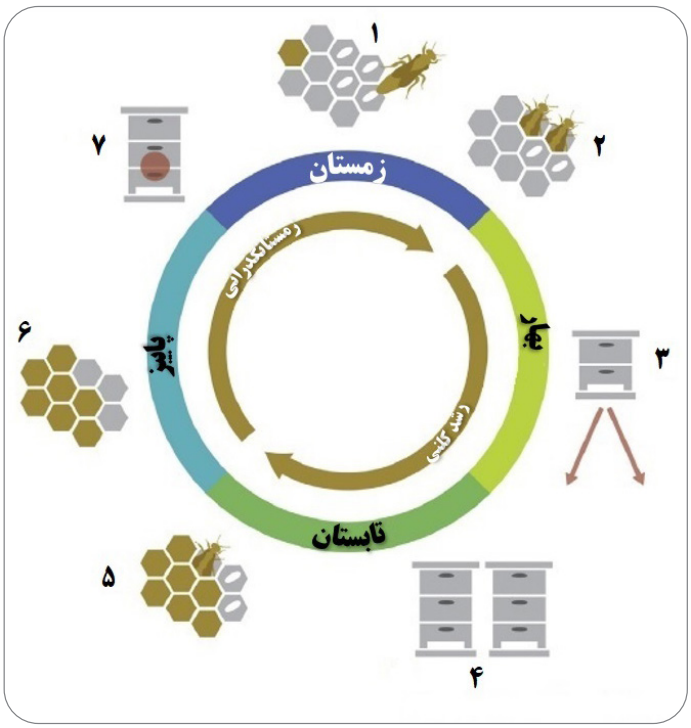
مطالعات قبلی نشان داده‌اند که سطوح آلودگی کلنی به کنه‌ی واروآ، ویروس‌ها، موقعیت جغرافیایی و ژنوتیپ زنبورها با تلفات زمستانه کلنی‌ها مرتبط است (Pirk *et al*., 2009; Meixner *et al*., 2014; Genersch *et al*., 2010; Dainat *et al*., 2012; Nazzi *et al*., 2012; Van Doore-malen *et al*., 2012). با این حال، اثرات این عوامل بر روی زنبورهای زمستانگذران در سطوح مولکولی، فیزیولوژیکی و رفتاری به طور جامع مورد مطالعه قرار نگرفته است که بررسی عوامل تاثیرگذار در این سطوح، توسعه رویکردهای مدیریتی بهتر را برای بهبود موفقیت زمستانگذرانی زنبورها چالش‌برانگیز می‌کند. در ادامه مطلب، دانش موجود در مورد عوامل محیطی و فیزیولوژیکی تنظیم کننده ورود، حفظ و خروج از حالت زمستانگذرانی در زنبورهای عسل در مناطق سرد و معتدل را توضیح داده و سپس، عوامل مرتبط با تلفات زمستانگذرانی کلنی‌ها را مورد بحث قرار می‌دهیم. در نهایت، ما این اطلاعات را با هم ادغام می‌کنیم تا توصیه‌هایی را برای زنبورداران ارائه کنیم که بقای کلنی‌های زنبورعسل خود را در زمستان و دوره زمستانگذرانی به حداکثر برسانند و زمینه‌های تحقیقات آینده را تا حدودی روشن‌تر می‌کنیم.

مروری بر چرخه سالانه کلنی زنبورعسل در مناطق سردسیر و معتدل

کلنی‌های زنبورعسل حالت‌های فصلی مشخص و متفاوتی را در طول سال نشان می‌دهند (شکل ۱). در آب و هوای سرد و معتدل، پرورش نوزاد در انتهای فصل زمستان (زمانی

کـه میانگیـن حداکثـر دمـای محیـط تـا ۴ درجـه سـانتی‌گراد اسـت) شـروع می‌شـود، در فصـل بهـار بـه اوج خـود می‌رسـد، در تابسـتان کاهـش می‌یابـد و در اوایـل پاییـز کـم کـم متوقـف می‌شـود (Allen *et al*., 1956; Seeley & Visscher,1985; Mattila *et al*., 2001; Genersch *et al*., 2010). پـرورش انبـوه نـوزاد در فصـل بهـار و تجمـع زیـاد آنهـا در کلنـی معمـولاً منجـر بـه بچه‌دهـی می‌شـود. در ایـن وضعیـت، درصـد زیـادی از زنبورهـای کارگـر، کلنـی را بـا ملکـه قدیمـی در جسـتجوی یـک مـکان جدیـد تـرک می‌کننـد و کلنـی را بـا یـک ملکـه جدیـد و زنبورهـای کارگـر باقـی مانـده بـرای بازسـازی کلنـی اصلـی، باقـی می‌گذارنـد (Grozinger *et al*., Seeley, 2010).

پـس از بچه‌دهـی، هـم زنبورهـای کارگـر کلنـی اصلـی و کلنـی جدیـد باقیمانـده تابسـتان و اوایـل پاییـز را بـه جمـع آوری گـرده بـه عنـوان منبـع پروتئینـی بـرای پـرورش نـوزاد و جمـع آوری شـهد کـه بـه عسـل تبدیـل می‌کننـد و بـه عنـوان منبـع انـرژی در ماه‌هـای زمسـتان مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیـرد، سـپری می‌کنند (Nicolson, 2011). هنگامـی کـه دمـای بیـرون کنـدو بـه زیـر ۱۰ درجـه سـانتی‌گراد رسـید، فعالیت پـروازی زنبورهـا کـم کم متوقف شـده و زنبورهـا در داخل کنـدو و روی سـطح قاب‌ها جهت تنظیم بهتـر حـرارات داخـل کنـدو بـه شـکل خوشـه در می‌آینـد (Phillips & Demuth, 1914). زنبورهـای خوشـه‌ای، ماهیچه‌هـای پـرواز خـود را بـه حالـت ارتعـاش در می‌آورنـد تـا گرمـا تولیـد کننـد کـه بدیـن ترتیـب، دمـای لبـه بیرونـی خوشـه را بالاتـر از ۶ درجـه سـانتی‌گراد و معمـولاً حـول و حـوش ۱۲ درجـه سـانتی‌گراد حفـظ می‌کننـد. ایـن وضعیـت خوشـه رفتـن و تولیـد گرمـا، تضمیـن می‌کنـد کـه زنبورهـای بیرونی‌تریـن لبه‌های خوشـه کمتـر از دمای مناسـب خـود سـرد نشـوند. هنگامی کـه پـرورش نـوزاد در انتهای زمسـتان آغـاز می‌شـود، خوشـه زنبورهـا منطقـه پـرورش نـوزاد را احاطـه کـرده و دمـای محـل هسـته خوشـه را در حـول و حـوش ۳۳ درجـه سـانتی‌گراد حفـظ می‌کننـد (Moeller, 1977). ایـن تنظیم حرارتـی دمـای خوشـه تنهـا زمانـی حاصل می‌شـود که خوشـه در یـک فضایـی ماننـد کندوهای طبیعی یا دسـت سـاز محدود باشـد.



شـکل ۱- سـیکل زندگی یک کلنی زنبورعسـل. الگوهای شـش ضلعی نشـان دهنده سـلول‌ها در شـانه‌های مومی هسـتند. سـلول‌های خاکسـتری، خالـی هسـتند، سـلول‌های قهـوه‌ای، نشـان‌دهنده غذای ذخیره شـده (عسـل و گرده) و شـکل‌های سـفید بیضوی در سـلول‌ها نشـان‌دهنده تخم‌ها هسـتند. پـرورش نـوزاد در انتهـای فصـل زمسـتان (۱) شـروع می‌شـود و در فصـل بهـار (۲) بـه اوج خـود می‌رسـد. افزایـش سـریع جمعیـت زنبورهـای کارگـر در بهـار منجـر بـه بچه‌دهـی می‌شـود (۳). پـس از بچه‌دهـی، هر دو کلنـی (هم کلنـی مـادری و کلنی بچـه) جمعیت کارگـری خود را بازسـازی می‌کننـد و بـرای افزایـش ذخایـر مـواد غذایی خود در تابسـتان بـه جمع آوری شـهد و گـرده می‌پردازنـد (۴). پرورش نـوزاد در پایان تابسـتان (۵) کاهـش می‌یابـد و در پاییـز (۶) بـا تولدگـروه زنبورهای زمسـتانگذران متوقف می‌شـود. در زمسـتان، زنبورهای کارگر بـا کاهش دمای محیـط، یک خوشـه تنظیـم کننده حـرارت (دایره قرمـز داخل کنـدو) تشـکیل می‌دهنـد (۷) (Winston, 1991).

رفتار زمستانگذرانی و فیزیولوژی زنبورهای عسل کارگر

رفتار تک تک زنبورها با حرکت کلنی در فصول مختلف به طور چشمگیری تغییر می‌کند (Page *et al*., 2001). در اواخر بهار، تابستان و اوایل پاییز، زنبوران کارگر طول عمر کوتاهی دارند (تقریباً ۳۰ روز) و تقسیم کار را بر اساس سن انجام می‌دهند. جوان‌ترین زنبورها، عموماً زنبورهای کمتر از ۱۰ روز، وظایف پرستاری را انجام می‌دهند، زنبورهای میانسال (با سن بین ۱۰ تا ۲۰ روزگی) به کارهایی مانند موم بافی و ساختن شانه مومی، ذخیره سازی غذا و نگهبانی مشغول هستند، در حالی که مسن‌ترین زنبورهای کلنی یا زنبورهای مسن (با سن ۲۱ روزگی به بالا) به عنوان زنبور چراگر خدمت می‌کنند (Robinson, 1992). در پاییز، با کاهش پرورش نوزاد، زنبورهای با عمر طولانی (تا ۸ ماه) که در زمستان زنده می‌مانند، از این زمان به بعد متولد می‌شوند که به آنها زنبورهای زمستانگذران گفته می‌شود (Robinson, 1992). زنبورهای زمستانگذران، زمانیکه دمای محیط کاهش می یابد، خوشه تنظیم کننده حرارت را تشکیل می‌دهند. هنگامی که پرورش نوزاد در اواخر زمستان یا اوایل بهار دوباره شروع شود، تقسیم کار بین زنبورهای کارگر زمستانگذران دوباره شروع می‌شود (Seeley & Visscher, 1985).

علاوه بر این تفاوت‌های عمیق در رفتار، زنبورهای عسل تغییرات فیزیولوژیکی چشمگیری را نیز در فصول مختلف سال از خود نشان می‌دهند. سطوح هورمون جوانی ، ویتلوژنین و پروتئین‌های همولنف و همچنین اندازه غده هیپوفارنژیال که با یکدیگر مرتبط و همدیگر را تنظیم می‌کنند به طور قابل توجهی بین زنبورهای پرستار، چراگر و زنبورهای زمستانگذران متفاوت است (شکل ۲). به طور خلاصه، سطح هورمون جوانی در زنبورهای پرستار و زمستانگذران پایین و در زنبورهای چراگر بالا است. در مقابل، سطوح ویتلوژنین و پروتئین‌های همولنف به طور قابل توجهی در زنبورهای پرستار و زمستانگذران نسبت به زنبورهای چراگر بالا است. همچنین، اندازه غده هیپوفارنژیال در زنبورهای پرستار و زنبورهای زمستانگذران نسبت به زنبورهای چراگر بزرگتر است (Klose *et al*., 2017; Niño *et al*., 2022).

اگرچه تفاوت‌های فیزیولوژیکی در زنبورهای پرستار، زنبورهای چراگر و زنبورهای زمستانگذران به خوبی مستند شده است، اما مطالعات کمی در ارتباط با تغییرات فیزیولوژیکی زنبورها در طول زمستان انجام شده است. Fluri و همکاران (۱۹۸۲) زنبورهای تازه متولد شده را در پاییز (ابتدای ماه سپتامبر) در کلنی علامت‌گذاری و سپس در ماه‌های ژانویه و فوریه از آنها نمونه‌برداری کردند تا سطوح هورمون جوانی، ویتلوژنین، پروتئین کل همولنف و وزن غدد هیپوفارنژیال آنها را بررسی و مقایسه کنند. جالب توجه است در مطالعه حاضر بین زنبورها در پاییز، اواسط زمستان یا اواخر زمستان تفاوت معنی‌داری از لحاظ این ایتم‌ها وجود نداشت. این نتایج نشان می‌دهد که زنبورهای متولد شده در پاییز در حالت فیزیولوژیکی "زمستانگذرانی" هستند و این وضعیت در طول زمستان پایدار می‌ماند. Huang و Robinson (۱۹۹۵) با استفاده از طیف وسیعی از نقاط زمانی دریافتند که نرخ بیوسنتز هورمون جوانی از اوایل ماه اکتبر تا اواسط نوامبر کاهش می‌یابد، در اواسط ژانویه به پایین‌ترین سطح خود می‌رسد و سپس در ماه‌های فوریه و مارس به شدت افزایش می‌یابد. افزایش غلظت هورمون جوانی در اوایل بهار با کاهش سطوح ویتلوژنین، سطوح پروتئین همولنف و اندازه غدد هیپوفارنژیال مرتبط است. بنابراین، زنبورهایی که زمستانگذرانی کردند در بهار به حالت فیزیولوژیکی زنبور چراگر باز می‌گردند (Fluri *et al*., 1982).

فاکتورهای موثر در انتقال زنبورها به وضعیت زمستانگذرانی و خروج از آن

چندین نشانه محیطی مرتبط با تغییرات فصلی مانند دوره نوری، دما و وضعیت تغذیه برای تعیین و تاثیر تغییرات فصلی در رفتار و فیزیولوژی زنبورهای کارگر و رفتار کلی کلنی، مورد بررسی قرار گرفته است. در یک مطالعه، Cherednikov (۱۹۶۷) متوجه شد که کوتاه کردن مصنوعی طول روز در اواخر بهار و تابستان باعث تغییرات متعددی از جمله کانیبالیسم نوزادان و تخم‌ها، افزایش جمع‌آوری و مصرف شهد و گرده، تجمع بیشتر بافت‌های چربی در کارگران، افزایش مقاومت کارگران در برابر سرما و گرسنگی و تجمع در دمای محیط ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد در کلنی‌های تحت درمان در مقایسه با کلنی‌های شاهد می‌شود. Fluri و Bogdanov (۱۹۸۷) تایید کردند که کوتاه شدن طول دوره نوری باعث افزایش محتوای چربی و پروتئین در بافت چربی زنبورهای کارگر (بافتی که در درجه اول متابولیسم و ذخیره مواد مغذی را تنظیم می‌کند) می‌شود و در نتیجه منجر به ایجاد وضعیت فیزیولوژی زمستانه در زنبورهای کارگر می‌شود. با این حال، کوتاه شدن مصنوعی طول دوره نوری منجر به ظهور زنبورهای زمستانی با عمر طولانی در مطالعه Fluri و Bogdanov (۱۹۸۷) نشد و Cherednikov (۱۹۶۷) این متغیر

را اندازه‌گیری نکرد. از آنجایی که کاهش ساعات روشنایی در روز منجر به محدود کردن رفتار چراگری زنبورهای کارگر می‌شود (که احتمالاً عامل مهمی در تحریک تولید زنبورهای زمستانی است)، انجام آزمایشاتی مبنی بر اینکه آیا طولانی‌تر شدن طول روز به صورت مصنوعی در پاییز تولید زنبورهای زمستانی را در پاییز به تأخیر می‌اندازد؟، بسیار ارزشمند خواهد بود.

همچنین، دما به عنوان عاملی مهمی که می‌تواند باعث تغییرات زمستانگذرانی در زنبورها شود، بررسی شده است. انتقال یک کلنی تابستانی به یک اتاق سرد منجر به کاهش قابل توجهی در نرخ بیوسنتز و غلظت هورمون جوانی در زنبورهای چراگر در عرض ۸ روز شد (Huang & Robinson, 1995). با این حال، تاکنون مشخص نشده است که آیا این نتیجه مستقیم مربوط به نشانه‌های دما و/یا دوره نوری است یا با یک اثر غیرمستقیم به دلیل کاهش تغذیه، کاهش پرورش نوزاد، یا محدودیت فعالیت چراگری در زنبورها مرتبط است.

احتمال دارد افزایش دمای محیط به عنوان نشانه‌ی محیطی برای شروع پرورش نوزادان پس از دوره زمستانگذرانی باشد، زیرا پرورش نوزاد در ماه‌های اکتبر و نوامبر متوقف می‌شود اما در ماه‌های دسامبر و ژانویه که هوا بسیار سردتر است، دوباره شروع می‌شود (Jeffree, 1956). با این حال، ممکن است عوامل مختلفی باعث متولد شدن زنبورهای زمستانگذران و خروج زنبورها از حالت زمستانگذرانی در بهار شوند. آزمایش‌هایی که نشانه‌های نور و دما را از هم جدا کند و تأثیر زمان را بر تولید زنبورهای زمستانگذران بررسی کند، می‌توانند درک ما را از تنظیم این فرآیند به میزان زیادی بهبود ببخشد.

تغییرات در دسترس بودن یا نبودن منابع غذایی، می‌تواند زمان ورود و خروج از حالت زمستانگذرانی را تغییر دهد. افزایش ذخایر گرده از طریق تغذیه تکمیلی یا محدود کردن ذخایر گرده با قرار دادن تله گرده در ورودی کلنی‌ها، به ترتیب زمان تولید زنبورهای زمستانی با عمر طولانی را نسبت به کلنی‌های شاهد به تاخیر می‌اندازد یا تسریع می‌کند (Mattila & Otis, 2007). تغذیه کلنی‌ها با مکمل گرده در بهار باعث تحریک تولید نوزاد می‌شود (Mattila & Otis, 2006). با این حال، اگرچه شهد و گرده می‌توانند به طور گسترده‌ای از نظر کیفیت تغذیه‌ای متفاوت باشند، اما هنوز اثرات کیفیت تغذیه بر رفتار زمستانگذرانی و یا با موفقیت سپری کردن دوره زمستان هنوز مشخص نشده است.

کمیت و کیفیت تغذیه ممکن است منجر به اثرات غیرمستقیم بر تولید نوزادان شود. گرده به عنوان منبع اولیه پروتئین و لیپیدها که برای پرورش نوزادان حیاتی هستند، عمل می‌کند (Nicolson, 2011). زنبورهای عسل با توجه به در دسترس بودن منابع پروتئینی، سرعت پرورش نوزاد را تنظیم می‌کنند و در صورت نبود کامل منابع پروتئینی، تولیدمثل را متوقف می‌کنند (Haydak, 1970; Mattila & Otis, 2006; Brodschneider & Crailsheim, 2010).

در یک مطالعه‌ای، هنگامی که کلنی‌های زمستانه بدون نوزاد به اتاق پرواز منتقل و با گرده تغذیه شدند، ملکه‌ها بلافاصله تخم گذاری را آغاز کردند و غدد هیپوفارنژیال زنبورهای کارگر طی ۳ الی ۴ روز فعال شدند (Brouwers, 1983). علاوه بر این، زمانیکه کلنی‌ها در تابستان بدون نوزاد هستند کارگران این کلنی‌ها از نظر فیزیولوژیکی شبیه زنبورهای زمستانی به نظر می‌رسند (Maurizio, 1954; Huang & Otis, 1989; Hristov *et al*., 2020). بنابراین، فقدان نوزاد به تنهایی می‌تواند کلنی‌ها را وادار کند تا بدون توجه به دوره نوری، دما، یا در دسترس بودن منابع گل، به حالت فیزیولوژیکی زمستانی بروند.

تاکنون مشخص نشده است که چگونه نوزادان باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی زمستان مانند در زنبورهای کارگر می‌شوند. Buhler و همکاران (۱۹۸۳) وقتی یک فضای کوچک شبیه به محل پرورش نوزادان (با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و ۱/۵ درصد غلظت Co2) به طور مصنوعی در کندوهای بدون نوزاد ایجاد کردند، مشاهده کردند که غلظت هورمون جوانی زنبورهای کارگر به سرعت افزایش می‌یابد. علاوه بر این، حضور نوزاد می‌تواند ریتم شبانه روزی زنبورهای کارگر را تغییر دهد. کلنی‌های بدون نوزاد ریتم شبانه روزی برجسته‌ای را در فعالیت خود نشان می‌دهند، در حالی که کلنی‌های دارای نوزاد دارای ریتم کمتری هستند (Southwick, 1982; Bloch *et al*., 2001).

همچنین، لاروهای در حال رشد فرمون نوزاد تولید می‌کنند که موجب برانگیخته شدن واکنش‌های رفتاری و فیزیولوژیکی زیادی در زنبورهای کارگر می‌شوند. همچنین این تولید فرمون می‌تواند یک عامل کلیدی در رفتار زمستان‌گذرانی زنبورها باشد. فرمون نوزاد باعث جستجوی گرده توسط زنبورهای چراگر می‌شود، همانطور که در بالا ذکر شد، این امر به نوبه خود پرورش نوزادان و تولید فرمون نوزادان را تحریک می‌کند (Free, 1967; Dreller *et al*., 1999).

براساس نتایج مطالعات صورت گرفته، فرمون نوزادان و اجزای آن می‌تواند بلوغ و انتقال به فعالیت چراگری را در زنبورهای

میانسال تسریع کند (Alaux *et al*., 2009; Maisonnasse *et al*., 2010). اگر زنبورها در غیاب نوزاد یا فرمون نوزاد پرورش داده شوند، در سنین میانسالی (۸ تا ۲۰ روزگی) سطوح بالاتری از ویتلوژنین را دارند، دیرتر به جستجوی شهد و گرده می‌پردازند و حتی در شرایط زمستانگذرانی عمر بیشتری می‌کنند (Smedal *et al*., 2009). بنابراین، به نظر می‌رسد قرارگرفتن در معرض فرمون نوزادان قبل از تولد زنبورهای زمستانگذران یا پس از شروع پرورش نوزادان در بهار مفید باشد (زیرا باعث تحریک تولید نوزادان و رشد کلنی می‌شود)، در حالی که قرارگرفتن در معرض فرمون نوزادان در اواسط زمستان ممکن است باعث بلوغ زودرس زنبورهای زمستانی و مضر باشد.

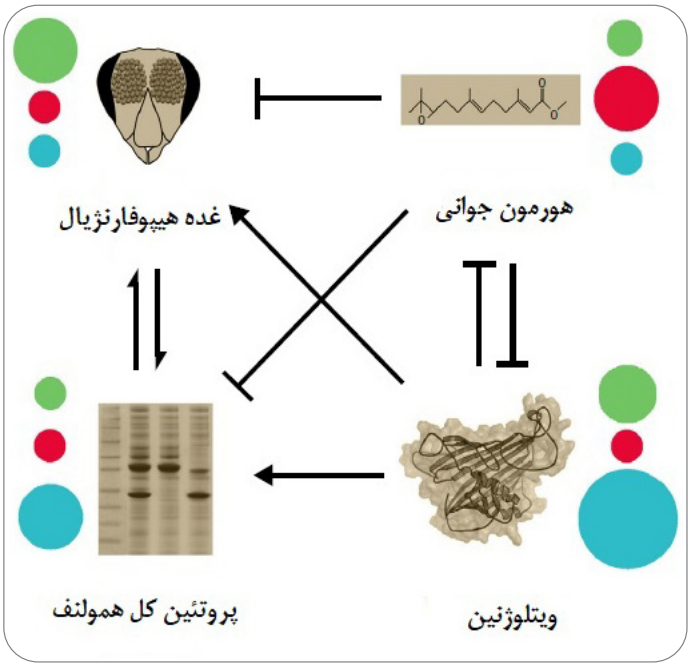
همچنین، زنبورهای چراگر شبیه نوزادان یک فرمون به نام اتیل اولئات آزاد می‌کنند که روی رفتار بلوغ زنبورهای جوان تاثیر می‌گذارد. فرمون اتیل اولئات انتقال زنبورهای جوان به مرحله چراگری را کند می‌کند و باعث می‌شود زنبورها مدت طولانی در مرحله پرستاری بمانند (Leoncini *et al*., 2004; Leoncini *et al*., 2004). محدود کردن پرواز زنبورهای چراگر به منظور ماندن آنها در کلنی، بلوغ رفتاری زنبورهای جوان را کند می‌کند که احتمالاً این تاثیر با افزایش قرارگرفتن در معرض فرمون اتیل اولئات ایجاد می‌شود (Huang & Robinson, 1992; 1996). با ادغام اطلاعات موجود، ما تصور می‌کنیم که ورود و خروج زنبورها به حالت زمستانگذرانی با تعامل بین منابع تغذیه‌ای محیطی، سطوح نوزاد در کلنی، سطوح فرمون نوزاد، فرمون چراگرها و نشانه‌های بالقوه دما و دوره نوری انجام می‌شود. کاهش منابع غذایی در پاییز به همراه کوتاه‌تر و سردتر شدن روزها منجر به کاهش تلاش زنبورها برای جستجوی شهد و گرده در طبیعت می‌شود که این امر، منجر به ماندن بیشتر زنبورهای چراگر در کلنی شده و کارگران جوان بیشتر در معرض اولئات اتیل قرار می‌گیرند و بدین ترتیب، بلوغ رفتاری آنها کند می‌شود. علاوه بر این، کاهش جستجوی گرده سطح تولید نوزاد و فرمون نوزاد را در کلنی کاهش می‌دهد که این امر هم به نوبه‌ی خود، بلوغ رفتاری زنبورهای کارگر را نیز کند می‌کند. با کاهش فرمون نوزاد، فعالیت زنبورها برای جستجوی غذا بیشتر کاهش می‌یابد و اثرات فرمون اتیل اولئات در کلنی بیشتر تقویت می‌شود.

در اواخر زمستان و اوایل بهار، طول روز به اندازه‌ای افزایش می‌یابد که کندو به مقدار کمی تولید نوزاد را آغاز کند. وجود فرمون نوزاد، بلوغ رفتاری را در برخی از زنبورهای کارگر تحریک می‌کند و منجر به تولید نیروی چراگر می‌شود و روندی را که در پاییز اتفاق افتاده را معکوس می‌کند. همچنین، فرمون نوزاد جمع آوری گرده توسط زنبورهای چراگر را زمانی که دما به اندازه کافی بالا باشد، تحریک می‌کند. ورود گرده به کلنی باعث تحریک بیشتر تولید نوزاد و تسهیل رشد سریع کلنی در بهار می‌شود.

● عوامل موثر بر تلفات زمستانگذرانی کلنی‌های زنبورعسل

عوامل متعددی می‌توانند بر بقای کلنی‌های زنبورعسل در طول دوره زمستان تأثیر بگذارند. براساس بررسی‌های انجام شده روی زنبورداران ایالات متحده آمریکا، دلایل تلفات زمستانی کلنی‌ها بر اساس اندازه زنبورستان متفاوت است. زنبورداران کوچک، عموماً کلنی‌های ضعیف در پاییز، گرسنگی، ناتوانایی ملکه و کنه واروآ را دلیل اصلی تلفات زمستانه کلنی‌های خود می‌دانند. در حالیکه، زنبورداران تجاری ناتوانایی ملکه، کنه واروآ، آفت‌کش‌ها و اختلال فروپاشی کلنی را عامل اصلی تلفات زمستانه کلنی‌های خود می‌دانند (Steinhauer *et al*., 2014). علاوه بر این، تلفات کلنی‌ها در طول دوره زمستان در ایالات متحده آمریکا، یکنواخت نیست به طوریکه، برخی از مناطق جغرافیایی تلفات زمستانه بیشتری را نسبت به سایر مناطق تجربه می‌کنند. با این حال، میانگین تلفات زمستانه متفاوت در میان ایالت‌های کشور آمریکا را نمی‌توان به طور کامل با تفاوت‌های عرض جغرافیایی نسبت و توضیح داد. در ادامه مطلب، نتایج تحقیقات اخیر در ارتباط با این موضوع را بررسی می‌کنیم که به دنبال بررسی این عوامل و ارتباط آنها با تلفات زمستانه، اقدامات مدیریتی را برای کاهش اثرات این عوامل روی تلفات زمستانه کلنی‌ها توصیه می‌کنیم.

ارزیابی‌های گسترده کلنی‌های مدیریت شده زنبورداران در کشورهای کانادا (Guzmán-Novoa *et al*., 2010) و آلمان (Genersch *et al*., 2010) نشان داد که سطوح کنه‌های *Varroa* بیشترین ارتباط را با تلفات زمستانه کلنی‌ها دارد. کنه‌های واروآ پارازیت خارجی زنبورهای عسل هستند که از اجسام چربی شفیره‌های در حال رشد تغذیه می‌کنند. تغذیه کنه واروآ بر بسیاری از تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط با زمستانگذرانی زنبورها از جمله کاهش غلظت ویتلوژنین (Amdam *et al*., 2004)، کاهش سطح پروتئین و کربوهیدرات شکمی (Bowen-Walker & Gunn, 2001) و کاهش طول عمر در زنبورهای تابستانی و زمستانی (Kovac & Crailsheim, 1988; Ricigliano *et al*., 2018; Knoll *et al*., 2020) تأثیر منفی می‌گذارد.



شکل ۲- تأثیر متقابل عوامل فیزیولوژیکی کلیدی در زنبورهای پرستار، چراگر و زمستانگذران. دایره‌های رنگی در کنار هر فاکتور نشان دهنده فراوانی نسبی آن فاکتور در زنبورهای پرستار (دایره سبز رنگ)، زنبورهای چراگر (دایره قرمز رنگ) و زنبورهای زمستانگذران (دایره آبی رنگ) است. همانطور که نقش زنبورها براساس سن تغییر می‌کند و از پرستاری به جستجوی غذا می‌روند، سطح هورمون جوانی در همولنف آنها نیز افزایش می‌یابد. در کارگران، ویتلوژنین به عنوان یک پروتئین ذخیره‌سازی مواد مغذی عمل می‌کند و در یک حلقه بازخورد منفی با هورمون جوانی دخالت دارد مثلاً با افزایش سطح هورمون جوانی، سطح ویتلوژنین کاهش می‌یابد و سپس کاهش سطح ویتلوژنین منجر به افزایش هورمون جوانی می‌شود. سطح کل پروتئین همولنف، که شامل ویتلوژنین و سایر انواع پروتئین‌ها می‌شود، در زنبورهای پرستار بیشتر از زنبورهای چراگر است. در نهایت، غده هیپوفارنژیال که در سر زنبورهای کارگر قرار دارند ترشحات (غذای نوزادان) تغذیه‌ای را برای سایر اعضای کلنی تولید می‌کند. اندازه غده هیپوفارنژیال در زنبورهای پرستار از زنبورهای چراگر و زنبورهای زمستانگذران بزرگتر است (Doke *et al.*, 2015).

براساس نتایج مطالعات Dainat و همکاران (۲۰۱۲)، هنگامی که کلنی‌ها با کنه کش‌ها برای کاهش سطح کنه *Varroa* تحت درمان قرار گرفتند کاهش قابل توجهی در تلفات زمستانه کلنی‌ها مشاهده شد. نتایج گزارشات زنبورداران نیز نشان داد که زنبوردارانی که از محصولات یا روش‌های مختلف برای کنترل کنه‌واروآ در طول سال استفاده کردند ۳۰ درصد تلفات زمستانه داشتند در حالیکه، زنبوردارانی که برعلیه این آفت مبارزه نکردند، ۶۰ درصد تلفات داشتند (BIP, 2013, 2014). با این حال، استفاده از کنه کش‌ها برای کنترل کنه *Varroa* می‌تواند بر زنبورها نیز تأثیر منفی بگذارد (Schmehl *et al.*, 2014). بنابراین، ما استفاده از رویکرد "مدیریت تلفیقی آفات" را برای تنظیم جمعیت کنه‌واروآ و بهبود موفقیت زمستانگذرانی کلنی‌ها توصیه می‌کنیم.

در مطالعاتی که در آنها آلودگی‌های ویروسی کلنی‌ها مورد بررسی قرار گرفت آلودگی کلنی با ویروس تغییر دهنده شکل بال (DWV)، ویروس فلج حاد اسرائیلی (IAPV) و ویروس فلج حاد زنبورعسل (ABPV) به شدت با بقای کلنی‌ها در زمستان ارتباط داشت (Highfield *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2014). کنه واروآ ویروس‌ها را به زنبورها و بین زنبورها منتقل می‌کند و بدین ترتیب، وضعیت ایمنی میزبان خود را کاهش می‌دهند و در نتیجه بار آلودگی ویروسی زنبورها را افزایش می‌دهد (Di Prisco *et al.*, 2011). بنابراین، باید مشخص شود که تا چه حد همبستگی بین آلودگی به کنه واروآ و تلفات کلنی‌ها ناشی از اثرات کنه واروآ یا ویروس‌ها است. مطالعات نشان داده است که ویروس‌ها به تنهایی تأثیرات شگرفی بر فیزیولوژی و رفتار زنبورها دارند از جمله بلوغ سریع، ولی تاکنون اثرات آنها بر ذخیره‌های غذایی، سطوح ویتلوژنین و دیگر جنبه‌های فیزیولوژی زمستانگذرانی زنبورها به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است (Highfield *et al.*, 2009). برای کاهش آلودگی‌های ویروسی و محافظت از توانایی ایمنی زنبورهای عسل، زنبورداران باید جمعیت کنه‌های واروآ و عوامل استرس‌زا مانند آفت‌کش‌ها که می‌توانند بار آلودگی ویروسی کلنی‌ها را

افزایش دهند، به حداقل برسانند (Di Prisco *et al*., 2013).

وضعیت ژنتیکی زنبورها نیز ممکن است بر موفقیت زمستانگذرانی کلنی تأثیر بگذارد. مطالعه‌ای که روی ۱۶ استوک ژنتیکی نژادهای مختلف در ۲۰ زنبورستان در سراسر اروپا انجام شد، نشان داد بقای کلنی‌ها به طور قابل توجهی تحت تأثیر مکان و ژنوتیپ زنبورها قرار دارد. علاوه بر این، نتایج این مطالعه نشان داد کلنی‌هایی که توسط ملکه‌های بومی اداره می‌شوند، به طور متوسط ۸۳ روز بیشتر از کلنی‌هایی که توسط ملکه‌های غیر بومی اداره می‌شوند، زنده می‌مانند و دلیل این امر را سازگاری بالای ملکه‌های بومی با محیط گزارش کردند (Buchler *et al*., 2014). با وجود اینکه مستندات علمی زیادی برای وجود زیرگونه‌های متمایز زنبورهای عسل در اروپا وجود دارد، ولی با توجه به شیوه‌های گسترده زنبورداری مهاجرتی و حمل و نقل سراسری هزاران ملکه و زنبور پاکتی تولید شده در جنوب ایالات متحده آمریکا و کالیفرنیا، جمعیت زنبورهای عسل این کشور احتمالاً از نظر ژنتیکی ناهمگن هستند.

مطالعات اخیر هیچ گونه مدارکی را برای سازگاری ذخایر محلی زنبورعسل با شرایط زمستانی پیدا نکرده است. مطالعه‌ای در آمریکا روی ۵۰ کلنی که توسط پکیج‌های زنبورپاکتی تاسیس شده بودند، انجام شد. نصفی از کلنی‌ها ملکه آنها را با ملکه‌های بومی تعویض کردند و ملکه نصف دیگر کلنی‌ها را تعویض نکردند. نتایج مطالعه حاضر نشان داد ۸۰ درصد کلنی‌هایی که ملکه آنها تعویض شده بود، زنده ماندند درحالیکه در گروه دیگر فقط ۲۰ درصد آنها زنده ماندند. با این حال، هنوز به طور قاطع مشخص نشده است که آیا این اثرات و زنده مانی بالا به دلیل سازگاری استوک‌های زنبور بومی است یا صرفاً اینکه ملکه‌های تولید شده توسط عملیات زنبورداری محلی از کیفیت بالاتری نسبت به آنهایی که توسط عملیات پرورش تجاری در مقیاس بزرگ تولید می‌شوند، هستند. در مجموع، اثرات ملکه بر ورود زنبورها به حالت زمستانگذرانی و بقای کلنی در زمستان بسیار قابل توجه است (Mattila *et al*., 2001). بنابراین، اگر زنبورداران نیاز به تعویض ملکه کلنی‌های زنبورستان خود دارند به آنها توصیه می‌شود حتماً در تابستان با استفاده از ملکه‌هایی از استوک‌های باکیفیت بالا یا از پرورش دهندگان ملکه اقدام به تهیه ملکه جوان جهت تعویض ملکه‌های پیر یا معیوب زنبورستان خویش نمایند.

همچنین، انتظار می‌رود که اندازه کلنی و ذخایر مواد مغذی بر بقای کلنی تأثیر بگذارد. کلنی‌های بزرگ‌تر از مواد غذایی ذخیره شده در کلنی به شیوه‌ی کارآمدتری استفاده می‌کنند، زیرا مصرف سرانه غذا در کلنی‌های بزرگ کمتر از کلنی‌های کوچک است. بنابراین، کلنی‌های بزرگ‌تر که وارد زمستان می‌شوند، به احتمال زیاد در خروج از زمستان موفق‌تر خواهند بود و در نهایت عسل سالانه بیشتری تولید می‌کنند (Genersch *et al*., 2010). مطالعات اخیر نشان داده است که وزن پاییز کلنی شاخص مهمی برای بقای کلنی در زمستان است. در مطالعه‌ای که انجام شد، مشاهده گردید ۹۰ درصد کلنی‌هایی که در پاییز دارای وزن ۲۲/۵ کیلوگرم بودند، زنده ماندند، در حالیکه تنها ۲۷ درصد از کلنی‌هایی در پاییز ۱۸ کیلوگرم وزن داشتند، زنده ماندند.

جالب توجه است که تغذیه کلنی‌ها با مکمل گرده یا محدود کردن دسترسی کلنی‌ها به گرده در پاییز بر تعداد زنبورهای زمستانی تولید شده، ذخایر تغذیه‌ای، فیزیولوژی یا عملکرد آنها تأثیر نمی‌گذارد (Brodschneider & Crailsheim, 2010). بنابراین، عواملی غیر از تغذیه پاییزی (شاید ژنوتیپ و یا آلودگی به پارازیت‌ها یا پاتوژن و یا در دسترس بودن منابع در طول فصل) به نظر می‌رسد اندازه جمعیت و عملکرد زنبورهای زمستانی را تنظیم می‌کنند (Le Conte *et al*., 2010). بنابراین، زنبورداران باید با نگهداری کلنی‌ها در مکان‌های غنی از مواد مغذی و یا تغذیه کلنی‌ها با مکمل گرده، فعالیت پرورش نوزاد را در طول فصل بهار، تابستان و پاییز تسهیل کنند و کلنی‌های کوچک را در اوایل پاییز با کلنی‌های بزرگ ادغام کنند. علاوه بر این، مطالعات صورت گرفته نشان داد زمانی که کلنی‌ها در پاییز با فرمون نوزاد مصنوعی تیمار می‌شوند آنها مکمل پروتئین بیشتری مصرف می‌کنند. بنابراین، تولید نوزادان و رشد کلنی افزایش می‌یابد (Sagili & Breece, 2012). تیمار کردن کلنی‌ها با فرمون نوزاد منجر به افزایش تولید عسل، اندازه کلنی و موفقیت زمستانگذرانی کلنی می‌شود (Lait *et al*., 2012). بنابراین، اگر حمایت از کلنی‌ها از طریق این روش‌ها امکان پذیر نباشد، درمان با فرمون نوزادان ممکن است گزینه‌ای برای تسهیل رشد کلنی‌ها و افزایش شانس زمستانگذرانی موفق آنها باشد.

اخیراً، تلفات ناشی از قرار گرفتن زنبورعسل در معرض آفتکش‌ها در مقایسه با سایر عوامل ایجادکننده تلفات روی زنبورها بهتر گزارش شده است. در یک مطالعه‌ای، Mullin و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که کنه‌کش‌های مورد استفاده برای کنترل کنه واروآ رایج‌ترین سموم در بقایای فرآورده‌های کلنی از جمله موم هستند که شانس مقاومت کنه واروآ را در برابر این مواد شیمیایی افزایش می‌دهند. همچنین، سایر مواد شیمیایی شناسایی شده در موم پتانسیل آلودگی محصولات

کندو را به آفت‌کش‌ها افزایش می‌دهند. با این حال، قارچ کش‌ها در بالاترین سطح درگرده و به عنوان باقیمانده سطوح بالای آفت کش‌ها در نمونه‌های موم و گرده یافت شدند. اثرات قرارگرفتن در معرض آفت کش‌ها با اثرات زیرکشندگی متعددی از جمله کاهش طول عمر، اختلال در عملکرد ایمنی، اختلال در یادگیری و حافظه، اختلال در جهت‌یابی، جستجوی غذا و هماهنگی حرکتی همراه است (Garrido *et al*., 2013; Steinhauer *et al*., 2021). این تأثیرات احتمالاً توانایی کلنی‌ها را برای زمستانگذرانی موفقیت آمیز به خطر می اندازند. مطالعات کمی روی اثرات آفت کش‌ها بر موفقیت زمستانگذرانی کلنی‌ها انجام شده است. بنابراین، نیاز است در آینده بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. با این وجود، توصیه می‌گردد که زنبورداران از قرار دادن کلنی‌های زنبورعسل خود در معرض آفت کش‌ها خودداری نمایند (Kojic *et al*., 2019).

نتیجه گیری و جهت گیری‌های آینده:

زمستانگذرانی در زنبورعسل فرآیند بسیار پیچیده‌ای است که نشانه‌های محیطی متعدد، نشانه‌های اجتماعی، تعاملات درون کلنی و تغییرات فیزیولوژیکی و مولکولی را در تک تک زنبورهای داخل کلنی درگیر می‌کند. با استفاده از اطلاعات موجود، مدل زیر را طراحی کردیم که چگونگی ورود، حفظ و خروج از حالت زمستانگذرانی و همچنین عوامل تنظیم کننده این حالت را توضیح می‌دهد (شکل ۳)، اما مطالعات بیشتری برای آزمایش جامع این مدل با جداسازی و آزمایش جداگانه این عوامل ضروری است زیرا بسیاری از این عوامل ارتباط نزدیکی با هم دارند. توسعه ابزارها و رویکردهای ژنومی به ما امکان می‌دهد که چگونه و چه زمانی ژنوم زنبورهای عسل به نشانه‌ها و شرایط فصلی پاسخ می‌دهد، را درک کنیم. همچنین، درک ما را از فهم این پروسه پیچیده زمستانگذرانی برای مدیریت بهتر کلنی‌های زنبور عسل توسعه می‌دهد.

توصیه‌های لازم به زنبورداران:

برای کاهش تلفات زمستانه کلنی‌ها، زنبورداران باید روی افزایش قدرت کلنی‌ها، ذخیره مواد غذایی کافی کلنی در پاییز، بهبود کیفیت ملکه و محافظت از زنبورها در برابر کنه واروآ، پاتوژن‌ها و آفت‌کش‌ها متمرکز شوند. بنابراین، موارد ذیل برای کاهش تلفات زمستانه کلنی‌ها توصیه می‌گردد:

۱- توصیه می‌گردد که فقط کلنی‌های قوی با جمعیت زیادی از زنبورهای کارگر و ذخایر مواد غذایی فراوان باید وارد مرحله زمستانگذرانی شوند.

۲-کلنی‌های ضعیف حتی آنهایی که هیچ علامتی از بیماری را نشان نمی‌دهند، باید در اوایل فصل پاییز با کلنی‌های قوی ادغام شوند.

۳-انتخاب مکان‌های مناسب با منابع فراوان و متنوع شهد و گرده جهت استقرار زنبورستان در طول فصل برای ایجاد کلنی‌های قوی که هم پر محصول و هم شانس بالایی برای زنده ماندنی در زمستان داشته باشد، ضروری است.

۴- ذخیره کافی عسل و گرده کلنی در پاییز بسیار حیاتی است و مقادیر مورد نیاز آنها برای زمستانگذرانی کلنی بسته به موقعیت جغرافیایی متفاوت است. اگر ذخیره عسل کلنی کافی نباشد، می‌توان در اوایل پاییز با شربت ۲:۱ شکر کلنی‌ها را تغذیه کرد تا آنها به وزن دلخواه برسند و در عین حال انرژی مصرف شده توسط کارگران برای حذف رطوبت را به حداقل برسانند. در صورت کمبود گرده، جایگزین‌های گرده با کیفیت بالا جایگزین شود. با این حال، لازم است برای زمستانگذرانی بهتر کلنی‌ها، گرده طبیعی متنوع و بدون آلودگی به آفت کش‌ها در حد مصرف بهینه کلنی در نظر گرفته شود.

۵- فقط کلنی‌هایی با ملکه‌های جوان و باکیفیت باید وارد دوره زمستانگذرانی شوند. ملکه‌های ضعیف تخمگذار یا مسن باید با ملکه‌های جوان از لاین‌های مقاوم به کنه واروآ و با زنده مانی بالا قبل از شروع دوره زمستان جایگزین شوند.

۶- کنه واروآ باید با استفاده از تاکتیک‌های مدیریت کنترل آفات (IPM) پایش و کنترل شوند. در این برنامه، باید لاین‌های مقاوم و با زنده مانی بالا به عنوان اولین خط دفاعی در این تکنیک در نظر گرفته شوند. سایر تکنیک‌ها مانند حذف نوزادان نر (تله نر) و صفحات مشبک کف کندو نتایج متفاوتی ارائه داده‌اند، اما زمانی که به عنوان بخشی از رویکرد مدیریت کنترل آفات (IPM)) به کار گرفته شوند، سودمند خواهند بود.

۷- سطح آلودگی به کنه‌ها (کنه واروآ و کنه تنفسی) باید در طول فصل با استفاده از روش‌های شستشوی با الکل یا آب صابون، تست شکر یا تخته‌های چسبناک پایش شود و تلاش شود جمعیت کنه‌ها را زیر آستانه سطح زیان اقتصادی نگه داشت. آستانه زیان اقتصادی بسته به موقعیت جغرافیایی، تحمل زنبوردار برای استفاده از مواد شیمیایی و همچنین خطر از دست دادن کلنی‌ها متفاوت خواهد بود. به طور کلی، اگر سطح

کنه در اواخر تابستان به آستانه ۵ تا ۱۰ کنه در هر ۳۰۰ عدد زنبور برسد، باید قبل از تولد جمعیت زنبورهای زمستانی با استفاده از یک ماده شیمیایی جمعیت آنها را کنترل کرد.

۸- نصب بادشکن در محل استقرار زمستانه زنبورستان و عایق بندی کندو تا جایی که مانع تهویه مناسب کندو نشود برای زمستانگذارانی موفقیت آمیز کلنی‌ها بسیار مفید خواهد بود. کلنی‌های زنبورعسل در درجات دمایی مختلف در مناطق متفاوت به محافظت نیاز دارند زیرا شرایط زمستان در کشور به طور چشمگیری متفاوت است. نصب بادشکن در مکان‌هایی با بادهای سرد زمستانی برای زمستانگذرانی موفقیت آمیز کلنی‌ها بسیار سودمند است.

۹- زمستانگذرانی کلنی‌ها را در مناطق جغرافیایی مختلف با زمستان‌های سخت و طولانی می‌توان با بسته بندی و عایق-بندی کلنی‌ها یا زمستانگذرانی کلنی‌ها در داخل انبار بهبود بخشید. موارد دیگری، مثل تهویه خوب کندو برای کاهش تجمع و تراکم رطوبت و قرار دادن صفحه‌ای پارچه‌ای با مش ¼ اینچ در جلوی کندو برای جلوگیری از ورود موش‌های مهاجم به داخل کندو در طول دوره زمستان جهت کاهش تلفات کلنی‌ها توصیه می‌شود.

۱۰- همه زنبورداران به ویژه آنهایی که در گرده افشانی محصولات کشاورزی فعالیت دارند، باید اقداماتی را برای محافظت از زنبورها در برابر آفتکش‌ها از جمله آفتکش‌هایی که برای کنترل کنه‌ها استفاده می‌شود، انجام دهند.

۱۱- تغذیه کلنی‌ها با یک جایگزین گرده با کیفیت بالا در طول دوره گرده افشانی محصولات کشاورزی توصیه می‌گردد زیرا این امر، اثرات گرده‌های آلوده به آفتکش‌ها را رقیق کند.

۱۲- به زنبورداران توصیه می‌گردد برای به حداقل رساندن قرارگیری زنبورستان در برابر آفتکش‌ها، ارتباط نزدیک و پیوسته‌ای با کشاورزان داشته باشند

۱۳- خودداری از استفاده بیش از حد از کنه‌کش‌های شیمیایی و سایر محصولات بدون برچسب برای کنترل کنه واروآ، می‌توانند تجمع این مواد شیمیایی را در موم و سایر فرآورده‌های کندو به حداقل برسانند.

۱۴- همه زنبورداران باید یک برنامه جامع برای به حداقل رساندن تجمع آفتکش‌ها و عوامل بیماری‌زا در کندو داشته باشند.

۱۵- در نهایت، برای بهبود موفقیت زمستانگذرانی کلنی‌ها، ضروری است زنبورداران از زمانی که کلنی‌ها از مرحله زمستانگذرانی خارج می‌شود (یعنی اوایل بهار) تا زمانی که کلنی‌ها وارد دروه زمستانگذرانی سال بعد می‌شوند، زنبورستان را با یک برنامه جامع مدیریت کنند.

منبع ها:

Allen MD, Jeffree EP. 1956. The influence of stored pollen and of colony size on the brood rearing of honeybees. *Ann Appl Biol*, 44: 649-656.

Anderson D, Trueman J. 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroide) is more than one species. *Exp. Appl. Acarol*, 24: 165-189.

Alaux C, Le Conte Y, Adams HA, Rodriguez-Zas S, Grozinger CM, Sinha S, Robinson GE. 2009. Regulation of brain gene expression in honey bees by brood pheromone. *Genes Brain Behav*, 8:309-319.

Amdam GV, Hartfelder K, Norberg K, Hagen A, Omholt SW. 2004. Altered physiology in worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested with the mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae): a factor in colony loss during overwintering? J *Econ Entomol*, 97:741-747.

BIP.2013-2014. National management survey 2013 and 2014 results. Reported on the BIP website: beeinformed.org.

Bowen-Walker PL, Gunn A. 2001. The effect of the ectoparasitic mite, Varroa destructor on adult worker honeybee (*Apis mellifera*) emergence weights, water, protein, carbohydrate, and lipid levels. *Entomol Exp Appl*, 101:207-217.

Bloch G, Toma DP, Robinson GE. 2001. Behavioral rhythmicity, age, division of labor and period expression in the honey bee brain. *J Biol Rhythms*, 16:444-456.

Brodschneider R, Crailsheim K. 2010. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41:278-294.

Brouwers EVM. 1983. Activation of the hypopharyngeal glands of honeybees in winter. *J Apic Res*, 22:137-141.

Buchler R, Costa C, Hatjina F, Andonov S, Meixner MD, Le Conte Y, Uzunov A, Berg S, Bienkowska M, Bouga M. 2014. The influence of genetic origin and its interaction with environmental effects on the survival of *Apis mellifera* L. colonies in Europe. *J Apic Res*, 53:205-214.

Buhler A, Lanzrein B, Wille H. 1983. Influence of temperature and carbon dioxide concentration on juvenile hormone titre and dependent parameters of adult worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *J Insect Physiol*, 29:885-893.

Cherednikov AV. 1967. Photoperiodism in the honey bee, *Apis mellifera. Entomol* Rev, 46:33-37.

Dainat B, Evans JD, Chen YP, Gauthier L, Neumann P. 2012. Predictive markers of honey bee colony collapse. *PLOS ONE*, 7: e32151.

Degrandi-Hoffman G, Graham H, Ahumada F, Smart M, Ziolkowski N. 2.19. The economics of honey bee (Hymenoptera: Apidae) management and overwintering strategies for colonies used to pollinate almonds. *J. Econ. Entomol*, 112: 2524–2533.

Di Prisco G, Pennacchio F, Caprio E, Boncristiani HF, Evans JD, Chen Y. 2011. Varroa destructor is an effective vector of Israeli acute paralysis virus in the honeybee, *Apis mellifera. J Gen Virol*, 92:151-155.

Doke MA, Frazier M, Grozinger CG. 2015. Overwintering honey bees: biology and management. *Curr Opin Insect Sci*, 10:185–193

Dreller C, Page RE, Fondrk MK. 1999. Regulation of pollen foraging in honeybee colonies: effects of young brood, stored pollen, and empty space. *Behav Ecol Sociobiol*, 45: 227-233.

Fluri P, Luscher M, Wille H, Gerig L. 1982. Changes in weight of the pharyngeal gland and haemolymph titres of juvenile hormone, protein and vitellogenin in worker honey bees. *J Insect Physiol*, 28: 61-68.

Fluri P, Bogdanov S. 1987. Age dependence of fat body protein in summer and winter bees (*Apis mellifera*). In Chemistry and Biology of Social Insects. Edited by Eder J, Rembold H. *Verlag J. Peperny*, 170-171.

Free JB. 1967. Factors determining the collection of pollen by honeybee foragers. *Anim Behav*, 15:134-144.

Garrido PM, Antunez K, Martin M, Porrini MP, Zunino P, Eguaras MJ. 2013. Immune-related gene expression in nurse honey bees (Apis mellifera) exposed to synthetic acaricides. J Insect Physiol, 59:113-119.

Genersch E, Ohe W, Kaatz H, Schroeder A, Otten C, Buchler R, Berg S, Ritter W, Muhlen W, Gisder S. 2010. The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. Apidologie, 41:332-352.

Grozinger CM, Richards J, Mattila HR. 2014. From molecules to societies: mechanisms regulating swarming behavior in honey bees (Apis spp.). Apidologie, 45:327-346.

Genersch E, Ohe W, Kaatz H, Schroeder A, Otten C, Buchler R, Berg S, Ritter W, Muhlen W, Gisder S. 2010. The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. Apidologie, 41:332-352.

Goodrich B, Goodhue R. 2020. Are all colonies created equal? The role of honey bee colony strength in almond pollination contracts. Ecol. Econ, 177, 106744.

Guzman-Novoa E, Eccles L, Calvete Y, Mcgowan J, Kelly PG, Correa-Benıtez A. 2010. Varroa destructor is the main culprit for the death and reduced populations of overwintered honey bee (Apis mellifera) colonies in Ontario, Canada. Apidologie, 41:443-450.

Haydak MH. 1970. Honey bee nutrition. Annu Rev Entomol, 15:143-156.

Highfield AC, El Nagar A, Mackinder LCM, Noel LM-LJ, Hall MJ, Martin SJ, Schroeder DC. 2009. Deformed wing virus implicated in overwintering honeybee colony losses. Appl Environ Microbiol, 75:7212-7220.

Huang ZY, Robinson GE. 1995. Seasonal changes in juvenile hormone titers and rates of biosynthesis in honey bees. J Comp Physiol, 165:18-28.

Hepburn HR. 2011. Absconding, migration and swarming. In Honeybees of Asia. Edited by Hepburn HR,

Radloff SE. Berlin: Springer:133-158.

Highfield AC, El Nagar A, Mackinder LCM, Noel LM-LJ, Hall MJ, Martin SJ, Schroeder DC. 2009. Deformed wing virus implicated in overwintering honeybee colony losses. Appl Environ Microbiol, 75:7212-7220.

Hristov P, Shumkova R, Palova N, Neov B. 2020. Factors Associated with Honey Bee Colony Losses: A Mini-Review. Veterinary Sciences. Vet. Sci. 7(4): 166.

Huang ZY, Otis GW. 1989. Factors determining hypopharyngeal gland activity of worker honey bees (Apis mellifera L.). Insectes Soc, 36:264-276.

Jeffree EP. 1956. Winter brood and pollen in honey bee colonies. Insectes Soc, 3:417-422.

Knoll S, Pinna W, Varcasia A, Scala A, Cappai M. 2020. The honey bee (Apis mellifera L., 1758) and the seasonal adaptation of productions. Highlights on summer to winter transition and back to summer metabolic activity. A review. Livest. Sci. 235, 104011.

Klose S.P, Rolke D, Baumann O. 2017. Morphogenesis of honeybee hypopharyngeal gland during pupal development. Front. Zool,14, 22.

Kovac H, Crailsheim K. 1988. Lifespan of Apis mellifera carnica Pollm. infested by Varroa jacobsoni Oud. in relation to season and extent of infestation. J Apic Res, 27: 230-238.

Kojic D, Purac J, Nikolic T, Orcic S, Vujanovic D, Ilijevic K, Vukašinovic E, Blagojevic D. 2019. Oxidative stress and the activity of antioxidative defense enzymes in overwintering honey bees. Entomol. Gen, 39: 33–44.

Lait CG, Borden JH, Kovacs E, Moeri OE, Campbell M, Machial CM. 2012. Treatment with synthetic brood pheromone (SuperBoost) enhances honey production and improves overwintering survival of package honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. J Econ Entomol, 105:304-331.

Lee KV, Steinhauer N, Rennich K, Wilson ME, Tarpy DR, Caron DM, Rose R, Delaplane KS, Baylis K, Lengerich EJ. 2015. A national survey of managed honey bee 2013–2014 annual colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership.

Le Conte Y, Ellis M, Ritter W. 2010. Varroa mites and honey bee health: can Varroa explain part of the colony losses? Apidologie, 41:353-363.

Leoncini I, Crauser D, Robinson GE, Le Conte Y. 2004. Worker–worker inhibition of honey bee behavioural development independent of queen and brood. Insectes Soc, 51:392-394.

Leoncini I, Le Conte Y, Costagliola G, Plettner E, Toth AL, Wang M, Huang Z, Becard JM, Crauser D, Slessor KN. 2004. Regulation of behavioral maturation by a primer pheromone produced by adult worker honey bees. Proc Natl Acad Sci USA, 101:17559-17564.

Maes P.W, Floyd A.S, Mott B.M, Anderson K.E. 2021. Overwintering Honey Bee Colonies: Effect of Worker Age and Climate on the Hindgut Microbiota. Insects. 12(3), 224. https://doi.org/10.3390/insects12030224

Mattila HR, Harris JL, Otis GW. 2001. Timing of production of winter bees in honey bee (Apis mellifera) colonies. Insectes Soc, 48: 88-93.

Mattila HR, Otis GW. 2007. Dwindling pollen resources trigger the transition to broodless populations of long-lived honeybees each autumn. Ecol Entomol, 32: 496-505.

Mattila HR, Otis GW. 2006. Influence of pollen diet in spring on development of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. J Econ Entomol, 99:604-613.

Maurizio A. 1954. Pollenernahrung und ILcbrnsvorgange bei der Honigbiene. Landw Jb Schweiz, 115-182.

Maisonnasse A, Lenoir JC, Beslay D, Crauser D, Le Conte Y. 2010. E-b-ocimene, a volatile brood pheromone involved in social regulation in the honey bee colony (Apis mellifera). PLoS ONE, 5: e13531.

Meixner MD, Francis RM, Gajda A, Kryger P, Andonov S, Uzunov A, Topolska G, Costa C, Amiri E, Berg S. 2014. Occurrence of parasites and pathogens in honey bee colonies used in a European genotype–environment interactions experiment. J Apic Res, 53:215-229.

Mullin CA, Frazier M, Frazier JL, Ashcraft S, Simonds R, vanEngelsdorp D, Pettis JS. 2010. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. PLoS ONE, 5:1-19 e9754.

Moeller F. 1977. Overwintering of honey bee colonies. USDA Prod Res Rep, 169:1-15.

Nazzi F, Brown SP, Annoscia D, Del Piccolo F, Di Prisco G, Varricchio P, Vedova GD, Cattonaro F, Caprio E, Pennacchio F. 2012. Synergistic parasite–pathogen interactions mediated by host immunity can drive the collapse of honeybee colonies. PLoS Pathog, 8: e1002735.

Nicolson SW. 2011. Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. Afr Zool, 46:197- 204.

Niño N.L, Yokota S, Stacy W, Arathi H.S. 2022. Dietary phytochemicals alter hypopharyngeal gland size in honey bee (Apis mellifera L.) workers. Heliyon, 8(9): e10452.

Page RE, Christine Y, Peng S. 2001. Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee, Apis mellifera L. Exp Gerontol, 36:695-711.

Pirk CWW, Human H, Crewe RM, vanEngelsdorp D. 2014. A survey of managed honey bee colony losses in the Republic of South Africa – 2009 to 2011. J Apic Res, 53:35-42.

Phillips EF, Demuth GS. 1914. Temperature of the honeybee cluster in winter. Bull US Dept Agric, 93:1-16.

Rennie J. 1921. Notes on acarine disease. VI. Bee World. 13: 115- 117.

Ricigliano V, Mott B, Floyd A, Copeland D, Carroll M, Anderson K. 2018. Honey bees overwintering in a southern climate: Longitudinal effects of nutrition and queen age on colony-level molecular physiology and performance. Sci. Rep, 8: 1–11.

Robinson GE. 1992. Regulation of division of labor in insect societies. Annu Rev Entomol, 37:637-665.

Ruttner F. 1988. Biogeography and Taxonomy of Honeybees. Springer- Verlag.

Sagili RR, Breece CR. 2012. Effects of brood pheromone (SuperBoost) on consumption of protein supplement and growth of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies during fall in a northern temperate climate. J Econ Entomol, 105:1134-1138.

Schmehl DR, Teal PEA, Frazier JL, Grozinger CM. 2014. Genomic analysis of the interaction between pesticide exposure and nutrition in honey bees (Apis mellifera). J Insect Physiol, 71:177-190.

Seeley T, Visscher P. 1985. Survival of honeybees in cold climates: the critical timing of colony growth and reproduction. Ecol Entomol, 10:81-88.

Seeley TD. 2010. Honey Bee Democracy. Princeton University Press.

Smedal B, Brynem M, Kreibich CD, Amdam GV. 2009. Brood pheromone suppresses physiology of extreme longevity in honeybees (Apis mellifera). J Exp Biol, 212:3795-3801.

Southwick EE. 1982. Metabolic energy of intact honey bee colonies. Comp Biochem Physiol A: Physiol, 71:277-281.

Steinhauer NA, Rennich K, Wilson ME, Caron DM, Lengerich EJ, Pettis JS, Rose R, Skinner JA, Tarpy DR, Wilkes JT. 2014. A national survey of managed honey bee 2012–2013 annual colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership. J Apic Res, 53:1-18.

Steinhauer N, Vanengelsdorp D, Saegerman C. 2021. Prioritizing changes in management practices associated with reduced winter honey bee colony losses for US beekeepers. Sci. Total Environ, 753, 141629.

Voorhies EC, Todd FE, Galbraith JK. 1993. Economic aspects of the bee industry. Univ Calif Coll Agric Bull, 555:1-117.

Van Dooremalen C, Gerritsen L, Cornelissen B, van der Steen JJM, van Langevelde F, Blacquie` re T: Winter survival of individual honey bees and honey bee colonies depends on level of Varroa destructor infestation. PLOS ONE, 7: e36285.

Winston ML. 1991. The Biology of the Honey Bee. Harvard University Press.

Overwintering honey bees: biology and management

A. Rahimi[1]*, N. Tajabadi[2], B. Toopchi[3], H. Bahmani[1], S. Salehi[1]

1- Animal Science Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran

2- Honey bee Research Department, Animal Science Research Institute of IRAN (ASRI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3- Economic and Social Sciences Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran

DOI: 10.22034/HBSJ.2023.129654

Abstract

In cold and temperate climates, honey bees (*Apis mellifera*) survive the winter by entering a distinct physiological and behavioral state. In recent years, beekeepers are reporting unsustainably high colony losses during the winter, which have been linked to parasitization by *Varroa* mites, virus infections, geographic location and variation across honey bee genotypes. Here, we review the literature on environmental, physiological, and social factors regulating entrance, maintenance, and exit from the overwintering state in honey bees in cold and temperate regions and develop a testable model to explain how multiple factors may be acting synergistically to regulate this complex transition. We also review existing knowledge of the factors affecting overwintering survival in honey bees and provide suggestions to beekeepers aiming to improve their colonies' overwintering success.

Key words: Honey bee, Overwintering, *Varroa* mite

Corresponding Author: A. Rahimi
Email: ata.rahimi@areeo.ac.ir