



عوامل مؤثر بر توانایی تولید مثل زنبورهای نر: یافته‌های فعلی و خط مشی‌های بیشتر

۴۲

فاطمه صاحبی اعلا^۱، مریم صاحبی اعلا^۲

۱. دکترای تغذیه طیور، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. دکترای تغذیه دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۴۰۰ / تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۴۰۰

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/hbsj.2021.125984

رایانامه: sahebi.maryam@gmail.com



چکیده:

نر دارد مورد بررسی قرار گرفته است. عوامل محیطی که عمدتاً بر تعداد اسپرم‌ها و زنده ماندن نرها تأثیرگذار است عبارتند از دما، مواد مغذی و آفت کش‌ها. بر اساس نتایج مطالعات قبلی، پیشنهاد می‌شود که تأثیر دو شکلی تیپ بدنی زنبورهای نر بر کیفیت اسپرم و باروری ملکه در مطالعات بعدی بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

کلمات کلیدی: زنبور عسل، فاکتورهای محیطی، فاکتورهای درونی

زنبورهای عسل گرده افشان‌های بسیار مهمی هستند و نقش حیاتی در اکوسیستم‌های کشاورزی و طبیعی دارند. کیفیت کلنی زنبورها توسط ملکه‌ها و زنبورهای نر بارورکننده‌ی کلنی‌ها تعیین می‌شود. عوامل مؤثر در باروری زنبورهای نر نیز مستقیماً بر نتاج در سطح کلنی تأثیر می‌گذارد. در این مطالعه، عوامل محیطی و عوامل مرتبط با زنبور عسل که ارتباط نزدیکی با توانایی تولیدمثلی زنبورهای





۱- زندگی و نقش زنبورهای نر در کلنی‌ها

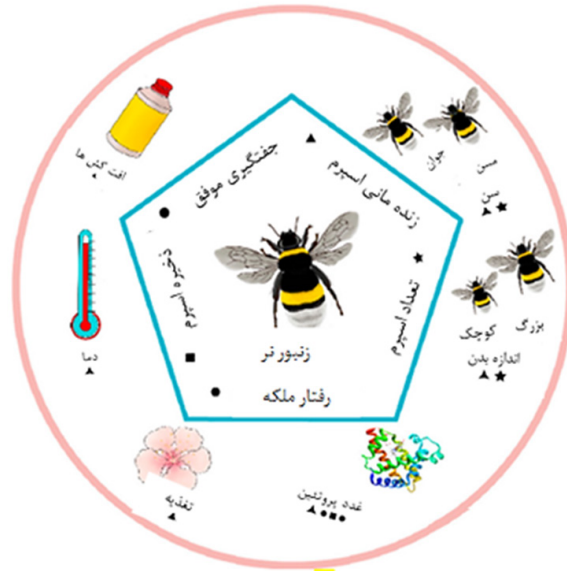
زنبورهای عسل مهمترین گروه افشان‌ها در اکوسیستم‌های کشاورزی هستند. چرخه زندگی این دسته از زنبورها از چند جهت متفاوت است. کلنی‌های زنبور عسل چند ساله است و متشکل از زنبورهای کارگر و هزاران زنبور نر^۱ و یک ملکه بارور که می‌تواند بیش از ۵ سال زندگی کند (Flottum, 2018). زنبورهای نر عمدتاً از تخم‌های نابارور هاپلوئید بیرون می‌آیند، در حالیکه زنبورهای ماده (کارگرها و ملکه) از تخم‌های بارور شده دیپلوئیدی حاصل می‌شوند (Flottum, 2018; Goulson, 2003). تولید تخم نر معمولاً در طول فصل تولید مثل، زمانی آغاز می‌شود که جمعیت کافی از کارگران و منابع غذایی در دسترس باشد (Flottum, 2018). در زنبورهای نر طول دوره دگردیسی ۲۴ روز می‌باشد (Rangel & Fisher, 2019). عوامل متعددی از جمله وضعیت کلی کلنی، درجه حرارت لانه مولدین، تعداد کارگرها، کیفیت و در دسترس بودن منابع غذایی (مواد مغذی) تأثیر مهمی بر طول دوره رشد و کیفیت زنبورهای نر متولد شده دارد (Goulson, 2003). مهمترین وظیفه نرها در کلنی‌های زنبور عسل جفت‌گیری است. توانایی باروری زنبورهای نر با رشد آن‌ها در مراحل اولیه قبل از خروج از تخم آغاز می‌شود. بعد از خروج از تخم، نرها به تدریج بالغ می‌شوند تا با ملکه‌ها جفت‌گیری کنند و اسپرم را به اسپرماتکای آن‌ها منتقل کنند. اسپرماتکا اندامی در ملکه برای ذخیره طولانی مدت اسپرم می‌باشد. بلوغ جنسی بین ۶ تا ۱۶ روز در زنبورهای عسل (Rangel & Fisher, 2019) می‌باشد. جفت‌گیری کارآمد و زنده ماندن اسپرم ارتباط نزدیکی با ویژگی‌های باروری زنبور نر از جمله وزن تولد، سن، اندازه بدن و شرایط محیطی دارد. معمولاً در زمان کمبود غذا یا در پایان فصل تولید مثل، تولید تخم‌های نر متوقف می‌شود و نرهای بالغ مورد نیاز نبوده و بنابراین به اجبار از کلنی بیرون می‌روند (Flottum, 2018; Rhodes, 2002). نرهای اخراج شده از گرسنگی می‌میرند، زیرا فاقد اعضای جمع‌کننده غذا مانند معده عسلی و سبد کرده هستند (Rhodes, 2002).

۲- توانایی تولید مثل زنبورهای نر

رفتار جفت‌گیری جنبه‌ای از توانایی تولید مثل زنبورهای

نر است که در زاد و ولد کلنی مؤثر است. زنبورهای نر بعد از هر عمل جفت‌گیری می‌میرند، اما زنبور ملکه برای ذخیره کافی اسپرم می‌تواند با زنبورهای نر متعددی جفت‌گیری کند که در غیر این صورت منجر به افزایش هم‌خونی در کلنی می‌شود. بنابراین ضروری است که ملکه با نرهای متعدد جفت‌گیری کند. برای جلوگیری از پرواز ملکه‌های جفت‌گیری شده به خارج از کلنی و جفت‌گیری مجدد آن‌ها، ترکیب موجود در مایع اسپرم زنبور نر واکنش چشم‌های مرکب زنبور ملکه را به نور ضعیف می‌کند. این امر شرایط را برای بازگشت ملکه به کلنی را دشوار می‌کند و آن را با خطر مرگ مواجه می‌کند (Liberti et al., 2019). ویژگی نرها مانند سن و وزن بر طول مدت جفت‌گیری و موفقیت آن تأثیرگذار است. جفت‌گیری کوتاه مدت می‌تواند تشکیل کلنی‌ها را به تعویق بیندازد، اگرچه مشخص شده است که تأثیری بر تولید ملکه و نرهای جدید ندارد (Amin et al., 2009). عوامل محیطی مانند دمای کندو و تغذیه نرها که ممکن است بر فرایند جفت‌گیری تأثیرگذار باشد در مطالعات پیشین مورد بررسی قرار گرفته است (Rezende et al., 2020). علاوه بر این، سرعت جفت‌گیری در بین گونه‌های مختلف متفاوت است و مشخص شده است که در زنبورهای عسل توسط عوامل داخلی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. علاوه بر رفتار جفت‌گیری، کیفیت اسپرم یک عامل کلیدی است که بر تولید مثل موفق در کلنی‌های زنبور عسل تأثیرگذار است زیرا مایع اسپرم پس از تلقیح بیش از سه سال در اسپرماتکای ملکه زنبور عسل (Flot-tum, 2018) ذخیره خواهد شد. فاکتورهایی مانند تحرک اسپرم و زنده ماندن اسپرم برای ارزیابی توانایی تولید مثل زنبورهای نر مورد استفاده قرار گرفته است. تحرک اسپرم برای انتقال اسپرم به اسپرماتکای ملکه مهم است (Rut-ner & Koeniger, 1971) و به عنوان یک شاخص ضروری برای تخمین کیفیت اسپرم مورد استفاده قرار گرفته است (Ciereszko et al., 2017). توانایی ضعیف نرها در تولید مثل می‌تواند سلامتی و باروری ملکه و ویژگی‌های رفتاری یا فیزیولوژیکی زنبورهای کارگر را تحت تأثیر قرار دهد که این توانایی در نرها توسط کیفیت مایع اسپرم تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Brutscher et al., 2019). در مقاله حاضر، عوامل تأثیرگذار بر کیفیت اسپرم در اسپرماتکای زنبورهای عسل مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱).





شکل ۱. جنبه‌های اصلی توانایی تولید مثلی زنبورهای نر که تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی و ویژگی‌های ذاتی، از جمله زنده مانی اسپرم، تعداد اسپرم، رفتار ملکه، ذخیره اسپرم و جفت‌گیری موفق قرار می‌گیرد (Zhao et al., 2021)

جنسی به پروتئین اضافی نیاز ندارند (Stürup et al., 2013). فصل نیز تأثیر آشکاری بر حجم و تعداد اسپرم موجود در مایع اسپرم دارد. حداکثر تعداد تخم‌های نر در فصل تیر و مرداد تولید می‌شود (Rowland & McLellan, 1987). زنبورهای نر در فصل بهار نسبت به فصل‌های تابستان و پاییز حجم مایع اسپرم بیشتری را تولید می‌کنند. درحالی‌که در فصل پاییز، نسبت به فصل تابستان و بهار تعداد اسپرم بیشتری را تولید می‌کنند (Rhodes et al., 2011). عوامل فصلی از جمله طول روز و دما، اندازه کلنی و در دسترس بودن غذا بر تولید زنبورهای نر تأثیر می‌گذارد (Boes, 2010). با این حال، مطالعات کمتری به بررسی اثرات مواد مغذی و فصول بر کیفیت اسپرم در زنبورهای عسل اختصاص داده شده است. بر اساس ویژگی‌های خاص گونه‌ای تولید مثل در زنبورهای عسل، لازم است مطالعات دقیق‌تر و صریح‌تری در مورد تأثیر غلظت مواد مغذی، ترکیب مواد مغذی و زمان تغذیه بر روی ویژگی‌های کیفی زنبور نر مانند تعداد و زنده مانی اسپرم در تحقیقات آتی در بین گونه‌های مختلف انجام شود.

۲.۳. دما

در شرایط آزمایشگاهی زنبورهای نری که در مرحله‌ی زاد و ولد در دمای نسبتاً پایین (Hezavehei, 2018) نگهداری شده‌اند مایع اسپرم کمتری را تولید می‌کنند اما قابلیت زنده ماندنی اسپرم بالاتری دارند (Czekońska et al., 2013). در فرایند ذخیره سازی اسپرم‌های زنبورهای نر در

۳- تأثیر عوامل محیطی خارجی بر کیفیت اسپرم زنبورهای نر

۳.۱. مواد مغذی

ثابت شده است که مواد مغذی برای بهبود کیفیت تولید مثل زنبورهای نر بسیار مهم هستند. شهد و گرده گل‌ها منابع غذایی اصلی هستند که برای رشد و توسعه‌ی زنبورهای بالغ و لاورها در زنبورهای عسل مورد استفاده قرار می‌گیرند (Vau-do et al., 2015). دسترسی محدود به گرده در طول رشد لارو در زنبورهای نر منجر به کاهش اسپرم و افزایش احتمال شکست در لقاح می‌شود (Czekonska et al., 2014). ترکیب گونه‌های گرده عامل بسیار مهمی است که به شدت بر جمعیت کلنی‌های زنبور عسل تأثیر می‌گذارد (Vanderplanck et al., 2014). یک کلنی تغذیه شده با گرده حاوی پروتئین بالا، تعداد نر بیشتری را در مقایسه با کلنی تغذیه شده با گرده حاوی پروتئین پایین تولید می‌کند (Billiet et al., 2016). هنگامی که کلنی‌ها با شربت ساکارز و مکمل‌های پروتئینی تغذیه شدند، وزن و اندازه شکم زنبورهای نر به طور قابل توجهی افزایش یافت. در مقابل، حجم و تحرک اسپرم زنبور نر بالغ در هر کلنی که هیچ ماده مغذی اضافی دریافت نکرده بودند به طور قابل توجهی کاهش یافت (Rousseau & Gio-venazzo, 2016). عدم دریافت پروتئین پس از خروج زنبور نر از تخم تأثیری بر تحرک اسپرم ندارد که نشان می‌دهد رشد اسپرم قبل از خروج کامل شده است و زنبورهای نر بالغ از نظر





قرار گیرد. علاوه بر این، برخی از حشره‌کش‌هایی که توسط زنبورداران برای جلوگیری از بیماری‌های زنبور عسل استفاده می‌شوند، می‌بایست در مطالعات آینده، از جهت تأثیر آن‌ها بر کیفیت اسپرم زنبورهای نر و ذخیره اسپرم در ملکه‌ها، ارزیابی شوند.

۴. تأثیر محیط داخلی بر کیفیت اسپرم زنبور عسل

۱.۴. سن و وزن تولد

مطالعات متعددی گزارش کرده‌اند که تولید، بلوغ و زنده ماندن اسپرم ارتباط نزدیکی با سن دارد. سن زنبورهای نر تأثیر مداومی بر حجم و غلظت اسپرم دارد. به عنوان مثال، زنبورهای نر ۱۴ و ۲۱ روزه نسبت به زنبورهای نر ۳۵ روزه حجم مایع اسپرم بیشتری را تولید می‌کنند، اما زنبورهای نر ۲۱ روزه تعداد اسپرم بیشتری را نسبت به زنبورهای نر ۱۴ و ۳۵ روزه تولید می‌کنند (Ruttner & Tarpy (Rhodes et al., 2011). گزارش کردند که تعداد اسپرم‌ها در وزیکول‌های سمینال ۲۰ روز پس از خروج از تخم به ۷۳۹۰۰۰۰ می‌رسد و به طور معنی‌داری در ۳۰ روز بعد کاهش می‌یابد (Metz & Tarpy, 2019). علاوه بر حجم مایع اسپرم و تعداد اسپرم، زنده ماندن اسپرم ارتباط نزدیکی با سن زنبور نر دارد. Locke & Peng گزارش کردند که زنده ماندن اسپرم به طور معنی‌داری با افزایش سن زنبور نر کاهش می‌یابد (Locke & Peng 1993). نرهای جوان‌تر سریع‌تر و در مدت زمان کوتاه‌تر نسبت به نرهای مسن‌تر جفت‌گیری می‌کنند، و نرهای نسبتاً سنگین سریع‌تر از نرهای سبک جفت‌گیری می‌کنند (Amin et al., 2012). با این حال، مطالعات کافی در مورد ارتباط بین سن، وزن تولد، و زنده ماندن اسپرم در زنبورهای نر وجود ندارد.

۲.۴. اندازه بدن

Czekonska گزارش کرد که وزن زنبورهای نر در زمان تولد فاکتور مهمی در پیش بینی بقای زنبورهای نر در کلنی‌ها می‌باشد و نرهایی که در بدو تولد سنگین‌تر بودند ۱۵ روز بعد از خروج از تخم به بلوغ جنسی می‌رسند و نسبت به نرهایی که در بدو تولد سبک‌تر هستند طول عمر بیشتری دارند (Czekońska et al., 2019). زنبور ملکه با بوی خاصی که از خود تولید می‌کند باعث عقیم ماندن تخمدان‌های زنبوران کارگر می‌شود. در نبود ملکه و از بین رفتن این بو، پس از مدتی تخمدان کارگران شروع به رشد کرده و تخمگذاری می‌کنند که تبدیل به زنبور نر می‌شود (Peso et al., 2016). زنبورهای نر تولید شده از کلنی

شرایط آزمایشگاهی، دماهای شدید می‌تواند به طور قابل توجهی زنده ماندن اسپرم ذخیره شده را کاهش دهد. حفظ و نگهداری مایع اسپرم تازه در دماهای بالا و یا پایین منجر به افزایش قابل توجهی در تعداد اسپرم‌های مرده تا بیش از ۴۰ درصد می‌شود (McAfee et al., 2020). علاوه بر این، هر دو دمای بالا و پایین به طور قابل توجهی باعث کاهش زنده ماندن اسپرم می‌شود (Rousseau et al., 2020). قرار گرفتن در معرض دمای بالا (۴۵ درجه) می‌تواند باعث مرگ بیش از ۵۰٪ از اسپرم‌ها در اسپرماتکای ملکه‌ها شود (Bieńkowska et al., 2011). دمای مطلوب (۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد) به طور قابل توجهی تعداد اسپرم‌های زنده را پس از تلقیح افزایش می‌دهد (Bieńkowska et al., 2011). بنابراین دمای بهینه یک عامل محیطی مهم است که بر حفظ کیفیت اسپرم زنبورهای نر و ذخیره اسپرم در شرایط آزمایشگاهی در زمان‌های خاص تأثیر می‌گذارد. مطالعات در مورد تأثیر دمای بالا بر توانایی تولید مثل زنبورهای عسل برای ارزیابی تهدید گرمایش جهانی بر کلنی‌های حشرات ضروری است.

۳.۳. افت کش‌ها

استفاده گسترده از افت کش‌ها به دلیل اثرات نامطلوب آن‌ها در سلامت زنبورها از جمله موارد مربوط به زنده ماندن اسپرم در زنبورهای نر و ذخیره اسپرم در زنبورهای ملکه، بحث برانگیز است. یکی از انواع متداول قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی، قرار گرفتن در معرض افت کش‌هایی است که توسط زنبورداران برای پیشگیری از بیماری‌های زنبور عسل استفاده می‌شود، مانند آمیتراز، که برای کنترل آفت واروا، آفت اصلی زنبورهای عسل، استفاده می‌شود. بسیاری از آفت کش‌ها با سمیت متوسط و سمیت کم مانند قارچ کش‌ها و علف کش‌ها نیز اثرات کشنده‌ای بر زنبورهای عسل دارند (Belsky & Joshi, 2020). به طور کلی، مطالعات در مورد اثرات آفت کش‌ها بر زنبور عسل عمدتاً در اروپا و آمریکای شمالی بر روی زنبورهای عسل در شرایط آزمایشگاهی و در سطح انفرادی ارزیابی شده است (Lundin et al., 2015). دوزهای کم یا غیر کشنده‌ای افت کش‌های مختلف ممکن است باعث مرگ زنبورها نشود اما ممکن است برخی از توانایی‌های آن‌ها مانند تولید مثل را کاهش دهد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که اثرات آفت کش‌ها بر روی زنبورهای مختلف و یا بر روی کلنی اکثر گونه‌های زنبورهای عسل به منظور بحث در مورد سمیت افت کش‌ها در سطح جمعیت و اثرات تهدیدی بر توانایی تولید مثل زنبورهای نر مورد مطالعه



است (Poland *et al.*, 2011). زنده مانی بیشتر اسپرم تحت تاثیر اجزای مایع اسپرم می‌باشد. مایع اسپرم گونه‌ی *A. mellifera* تا حدی در زنده نگه داشتن اسپرم مؤثر است که اثرات مثبت آن می‌تواند تا ۲۴ ساعت ادامه داشته باشد. علاوه بر این، مایع اسپرم تا حد زیادی مسئول تحریک تغییرات در رفتار و فیزیولوژی ملکه پس از جفت‌گیری می‌باشد به عنوان مثال کاهش پذیرش جنسی، کاهش میل به نور، کاهش پرواز برای جفت‌گیری، فعالیت تخمدان، تخمک‌گذاری و تعدیل تولید فرمون در ملکه‌ها از جمله این موارد است (Jasper *et al.*, 2020). مایع اسپرم زنبورهای نر می‌تواند با ایجاد تغییرات قابل توجه در سلول‌های مغز و ایجاد اختلال در مسیر انتقال نور باعث کاهش بینایی ملکه در طول پروازهای جفت‌گیری شود (Liberti *et al.*, 2019). تقریباً ۲۶۰ پروتئین در مایع اسپرم زنبور نر شناسایی شده است (Peng *et al.*, 2016). پروتئین‌های موجود در غدد مخاطی زنبورهای نر جز اصلی مایع اسپرم هستند و پروتئین‌های موجود در مایع غدد کمکی، به طور قابل توجهی تحرک اسپرم را بهبود می‌بخشد (den *et al.*, 2009). تحقیقات بیشتر بر روی مگس سرکه^۲ برخی پروتئین‌های خاص را شناسایی کرده است که پذیرش جنسی ماده‌ها را کاهش می‌دهد (Misra & Wolfner, 2020)، ماندگاری اسپرم را حفظ می‌کند و انقباضات رحمی و تخمک‌گذاری را تقویت می‌کند (Heifetz *et al.*, 2000). جالب توجه است که همولوگ این پروتئین‌های خاص در ژنوم زنبور عسل شناسایی نشده‌اند که بر منحصر به فرد بودن سیستم جفت‌گیری زنبور عسل و نیاز به بررسی‌های خاص در این سیستم تأکید می‌کند (Brutscher *et al.*, 2019).

به طور خلاصه، پروتئین‌های مایع سمینال و پروتئین‌های غدد در اسپرماتکا عملکردهای متنوعی از خود نشان می‌دهند و نقش مهمی در تولید مثل حشرات دارند (جدول ۱، Zhao *et al.*, 2021). بنابراین، عملکرد پروتئین‌های مایع سمینال و پروتئین‌های غدد در اسپرماتکا می‌بایست از نظر کیفیت اسپرم در زنبورهای عسل مورد مطالعه قرار گیرد، زیرا این اطلاعات برای ذخیره طولانی مدت اسپرم در شرایط آزمایشگاهی و تنظیم مصنوعی تولید مثل زنبورهای عسل در آینده بسیار مهم می‌باشد.

دارای ملکه ۱۷٪ سنگین تر از زنبورهای نر تولید شده توسط زنبوران کارگر تخمگذار می‌باشد (Gençer & Kahya, 2011). تصور می‌شود که طول بال یک شاخص مؤثر برای تشخیص زنبورهای نر بزرگ از زنبورهای کوچک می‌باشد، زیرا طول و عرض بال جلویی زنبورهای نر بزرگ به طور قابل توجهی بزرگتر از زنبورهای نر کوچک است (Utai-panon *et al.*, 2019). اندازه بدن رابطه نزدیکی با تعداد اسپرم زنبورهای نر دارد. میانگین تعداد اسپرم در زنبورهای نر بزرگ به طور قابل توجهی بیشتر از زنبورهای نر کوچک می‌باشد (Gençer & Kahya, 2011). علاوه بر این، اندازه بدن نیز بر موفقیت جفت‌گیری زنبورهای نر تأثیرگذار است. Couvillon & Colleagues دریافتند که در مدت یک روز، فعالیت پروازی زنبورهای نر بزرگ در هنگام ظهر به اوج خود می‌رسد، که با اوج فعالیت ملکه مطابقت دارد، در حالی که فعالیت پروازی زنبورهای نر کوچک در طول روز یکنواخت‌تر می‌باشد (Couvillon *et al.*, 2010). غلظت اسپرم در زمان جفت‌گیری بر موفقیت باروری زنبورهای نر تأثیر می‌گذارد و سیر تکاملی زنبورهای نر آن‌ها را مجبور می‌کند که نه تنها مایع اسپرم فراوان بلکه غلیظ نیز تولید کنند (Gençer & Kahya 2020). زنبورهای نر بزرگ ممکن است اندام تناسلی نسبتاً بزرگی داشته باشند که به عنوان انبرک قوی اختصاصی برای اتصال به دستگاه تناسلی ملکه عمل می‌کند (Williams *et al.*, 1985). زنبورهای نر بزرگ و جوان نسبت به زنبورهای نر سبک تر و مسن تر جفت‌گیری را سریع تر آغاز می‌کنند و زمان کمتری را جفت‌گیری می‌کنند. طول پاهای جلویی و عقبی بر موفقیت جفت‌گیری تأثیر می‌گذارد، به طوری که زنبورهای نر با پاهای بلندتر جفت‌گیری موفق تری نسبت به زنبورهای نر با پاهای کوتاه دارند (Amin, 2012). بنابراین، تیپ بدنی دوشکلی در زنبورهای نر، می‌تواند تأثیر اندازه زنبور نر بر کلنی را به بهترین شکل توضیح دهد. با این حال، هیچ تحقیقی در مورد تأثیر اندازه بدن بر کیفیت اسپرم و باروری وجود ندارد. اندازه بدن عامل مهمی برای پرورش ملکه می‌باشد و باید در تحقیقات آینده توجه بیشتری به آن شود.

۳-۴- پروتئین‌های غدد

در زنبورهای نر، فعالیت اسپرم در مایع اسپرم خارج شده معمولاً بیشتر از فعالیت اسپرم ذخیره شده در اسپرماتکا



جدول ۱- عملکرد پروتئین‌ها در غدد جانبی حشرات نر و در اسپرماتکای حشرات ملکه ارائه شده در این مطالعه

اندام	نکته کلیدی	شرح	گونه	رفرنس
غدد جانبی در زنبور نر	حفظ زنده مانی اسپرم	مایع اسپرم در نگهداری اسپرم زنده به گونه ای موثر است که اثرات مثبت آن که می تواند تا ۲۴ ساعت طول بکشد توسط جایگزین های پروتئینی معمولی نمی تواند جایگزین شود.	<i>Apis mellifera</i> <i>Bombus terrestris</i>	den Boer <i>et al.</i> , (2009)
	کمک به انتقال و ذخیره اسپرم	تغییر بیان چندین ژن و تغییر مورفولوژیکی دستگاه تناسلی ملکه	<i>Drosophila melanogaster</i>	Tram & Wolf- (ner, 1999)
	رقابت اسپرم	تغییر بیان ژن های مرتبط با بینایی در مغز ملکه برای محدود کردن ملکه جهت جفت گیری مجدد، کاهش حساسیت جنسی . بهره مندی مستقیم اسپرهای قبلی ذخیره شده در ماده ها	<i>Apis mellifera</i> <i>Drosophila</i>	Misra & Wolfner, 2020; Jasper <i>et al.</i> , (2020)
	تحریک تغییرات بعد از جفت گیری ملکه	کاهش خطرات انتقال جنسی انگل ها به ملکه و تحریک آزاد سازی اووسیت توسط تخمدان	<i>Apis mellifera</i> <i>Drosophila melanogaster</i>	Grassl <i>et al.</i> , 2017; Heifetz (<i>et al.</i> , 2000)
اسپرماتکا در ملکه	حفظ زنده مانی اسپرم	بیان بالاتر گلوکوتائون-ترانسفراز، کاتالاز، تیوردوکسین ۲، و تیوردوکسین ردوکتاز ۱ ممکن است به حفظ زنده مانی اسپرم در داخل اسپرماتکا کمک کند.	<i>Apis mellifera</i>	(Gonzalez <i>et al.</i> , 2018)
	تسهیل ذخیره سازی طولانی مدت اسپرم	پروتئین های موجود در اسپرماتکا به گروه های عملکردی مختلفی تقسیم می شوند، به ویژه آنزیم های متابولیسم انرژی و دفاع آنتی اکسیدانی. سلول های حاوی سمینال از نظر ژن های دخیل در محلی سازی، سیگنال دهی، و انتقال یون غنی می شوند. متابولیسم GPL، بیوسنتز اسید های آمینه، و مسیر سیگنال دهی mTOR همچنین غنی سازی می شوند. هم پراکسیداز ۱۵ (HPX) ناشی جفت گیری به عنوان فاکتور مهم باروری طولانی مدت می باشد.	<i>Apis mellifera</i> <i>Drosophila melanogaster</i> <i>Crematogaster osakensis</i> <i>Anopheles gambiae</i>	(Liu <i>et al.</i> , 2020)

۵. خط مشی تحقیقاتی بیشتر

در تحقیقات آینده بیشتر مورد مطالعه قرار گیرد. تمرکز مطالعات کنونی در مورد قرار گرفتن زنبورهای نر در معرض آفت کش ها عمدتاً بر روی تاثیر منفی آن ها بر زنده ماندن اسپرم بوده است (Inouri-Iskounen *et al.*, 2020)، با این حال، آفت کش ها ممکن است رفتار جفت گیری زنبورهای نر را تغییر دهد، که برای موفقیت جفت گیری بسیار مهم است.

در حال حاضر اطلاعات کافی در مورد تاثیر تنوع گرده و فصول بر رشد نرها و کیفیت اسپرم در دسترس نمی باشد. هرچند عملکرد پروتئین های غدد در اسپرماتکا از نظر کیفیت اسپرم در نگهداری طولانی مدت اسپرم و تغییرات پس از جفت گیری ملکه ها در زنبورهای عسل می بایست





بنابراین، پیشنهاد می‌شود که تحقیقات بعدی اثرات افکاش‌های مختلف را بر رفتار جفت‌گیری زنبورهای نر بیشتر مورد بررسی قرار دهد. تحقیقات عمیق‌تری در مورد عواملی که بر تولید مثل زنبورهای نر تأثیر می‌گذارند مورد نیاز است. در این مطالعه شکاف‌های مطالعات فعلی در مورد توانایی تولید مثل زنبورهای نر برجسته شده است که لازم است که توجه دقیق و تحقیقات بیشتری برای پر کردن این شکاف‌ها

انجام شود. عوامل زیادی مانند قطعه قطعه شدن DNA، ناهنجاری‌های ژنتیکی، جهش‌های DNA میتوکندریایی، عفونت‌ها، و مکانیسم‌های سیگنال دهی درگیر در تحرک اسپرم که تصور می‌شود بر کیفیت اسپرم انسان تأثیر می‌گذارد نیز ممکن است نیاز باشد تا در تحقیقات آینده بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

منبع‌ها:

- Abdelkader, F.B., Kairo, G., Tchamitchian, S., Cousin, M., Senechal, J., Crauser, D., Vermandere, J.P., Alaux, C., Le Conte, Y., Belzunces, L.P. and Barbouche, N., 2014. Semen quality of honey bee drones maintained from emergence to sexual maturity under laboratory, semi-field and field conditions. *Apidologie*, 45(2): pp.215-223.
- Amin, M.R., Bussière, L.F. and Goulson, D., 2012. Effects of male age and size on mating success in the bumblebee *Bombus terrestris*. *Journal of insect behavior*, 25(4): pp.362-374.
- Amin, M.R., Than, K.K. and Kwon, Y.J., 2009. Copulation duration of bumblebee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae): Impacts on polyandry and colony parameters. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 12(3): pp.141-144.
- Baer, B., Eubel, H., Taylor, N.L., O'Toole, N. and Millar, A.H., 2009. Insights into female sperm storage from the spermathecal fluid proteome of the honeybee *Apis mellifera*. *Genome biology*, 10(6): pp.1-16.
- Belsky, J. and Joshi, N.K., 2020. Effects of fungicide and herbicide chemical exposure on *Apis* and non-*Apis* bees in agricultural landscape. *Frontiers in Environmental Science*, 8, p.81.
- Bieńkowska, M., Panasiuk, B., Węgrzynowicz, P. and Gerula, D., 2011. The effect of different thermal conditions on drone semen quality and number of spermatozoa entering the spermatheca of queen bee. *J. Apic. Sci*, 55(2): pp.161-168.
- Billiet, A., Meeus, I., Van Nieuwerburgh, F., Deforce, D., Wäckers, F. and Smagghe, G., 2016. Impact of sugar syrup and pollen diet on the bacterial diversity in the gut of indoor-reared bumblebees (*Bombus terrestris*). *Apidologie*, 47(4): pp.548-560.
- Boes, K.E., 2010. Honeybee colony drone production and maintenance in accordance with environmental factors: an interplay of queen and worker decisions. *Insectes sociaux*, 57(1): pp.1-9.
- Brutscher, L.M., Baer, B. and Niño, E.L., 2019. Putative drone copulation factors regulating honey bee (*Apis mellifera*) queen reproduction and health: A review. *Insects*, 10(1): p.8.
- Ciereszko, A., Wilde, J., Dietrich, G.J., Siuda, M., Bąk, B., Judycka, S. and Karol, H., 2017. Sperm parameters of honeybee drones exposed to imidacloprid. *Apidologie*, 48(2): pp.211-222.
- Couvillon, M.J., Hughes, W.O., Perez-Sato, J.A., Martin, S.J., Roy, G.G. and Ratnieks, F.L., 2010. Sexual selection in honey bees: colony variation and the importance of size in male mating success. *Behavioral Ecology*, 21(3): pp.520-525.
- Czekońska, K., Chuda-Mickiewicz, B., Samborski, J. Quality of honeybee drones reared in colonies with limited and unlimited access to pollen. *Apidologie* 2014, 46, 1–9.
- Czekońska, K., Szentgyörgyi, H. and Tofilski, A., 2019. Body mass but not wing size or symmetry corre-





lates with life span of honey bee drones. Bulletin of entomological research, 109(3); pp.383-389.

Czekońska, K., Chuda-Mickiewicz, B. and Chorbiński, P., 2013. The effect of brood incubation temperature on the reproductive value of honey bee (*Apis mellifera*) drones. Journal of Apicultural Research, 52(2): pp.96-105.

Den Boer, S.P., Boomsma, J.J. and Baer, B., 2009. Honey bee males and queens use glandular secretions to enhance sperm viability before and after storage. Journal of Insect Physiology, 55(6): pp.538-543.

Duchateau, M.J. and Marien, J., 1995. Sexual biology of haploid and diploid males in the bumble bee *Bombus terrestris*. Insectes Sociaux, 42(3): pp.255-266.

Duvoisin, N., baer, B. and schmid-hempel, P.A.U.L., 1999. Sperm transfer and male competition in a bumblebee. Animal Behaviour, 58(4); pp.743-749.

Fan, Y., Rafaeli, A., Gileadi, C., Kubli, E. and Applebaum, S.W., 1999. Drosophila melanogaster sex peptide stimulates juvenile hormone synthesis and depresses sex pheromone production in *Helicoverpa armigera*. Journal of Insect Physiology, 45(2); pp.127-133.

Flottum, K., 2018. The backyard beekeeper: An absolute beginner's guide to keeping bees in your yard and garden. Quarry Books.

Gençer, H.V. and Kahya, Y., 2020. Sperm competition in honey bees (*Apis mellifera* L.): the role of body size dimorphism in drones. Apidologie, 51(1): pp.1-17.

Gençer, H.V. and Kahya, Y., 2011. Are sperm traits of drones (*Apis mellifera* L.) from laying worker colonies noteworthy? Journal of Apicultural Research, 50(2): pp.130-137.

Gioti, A., Wigby, S., Wertheim, B., Schuster, E., Martinez, P., Pennington, C.J., Partridge, L. and Chapman, T., 2012. Sex peptide of *Drosophila melanogaster* males is a global regulator of reproductive processes in females. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 279(1746): pp.4423-4432.

Goulson, D., 2003. *Bumblebees: their behaviour and ecology*. Oxford University Press, USA.

Grassl, J., Peng, Y., Baer-Imhoof, B., Welch, M., Millar, A.H. and Baer, B., 2017. Infections with the sexually transmitted pathogen *Nosema apis* trigger an immune response in the seminal fluid of honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of proteome research*, 16(1): pp.319-334.

Heifetz, Y., Lung, O., Frongillo Jr, E.A. and Wolfner, M.F., 2000. The *Drosophila* seminal fluid protein Acp26Aa stimulates release of oocytes by the ovary. *Current Biology*, 10(2); pp.99-102.

Hezavehei, M., Sharafi, M., Kouchesfahani, H.M., Henkel, R., Agarwal, A., Esmacili, V. and Shahverdi, A., 2018. Sperm cryopreservation: A review on current molecular cryobiology and advanced approaches. *Reproductive biomedicine online*, 37(3): pp.327-339.

Inouri-Iskounen, A., Sadeddine-Zennouche, O., Nait Mouloud, M., Kebieche, M. and Iguer-Ouada, M., 2020. In vitro effects of imidacloprid on honey bee sperm: evaluation using computer-aided sperm analysis (CASA). *Journal of Apicultural Research*, 59(4): pp.343-349.

Jasper, W.C., Brutscher, L.M., Grozinger, C.M. and Niño, E.L., 2020. Injection of seminal fluid into the hemocoel of honey bee queens (*Apis mellifera*) can stimulate post-mating changes. *Scientific reports*, 10(1): pp.1-18.

Kurze, C., Dosselli, R., Grassl, J., Le Conte, Y., Kryger, P., Baer, B. and Moritz, R.F., 2016. Differential proteomics reveals novel insights into *Nosema-honey* bee interactions. *Insect biochemistry and molecular biology*, 79, pp.42-49.

Liberti, J., Görner, J., Welch, M., Dosselli, R., Schiøtt, M., Ogawa, Y., Castleden, I., Hemmi, J.M., Baer-Imhoof, B., Boomsma, J.J. and Baer, B., 2019. Seminal fluid compromises visual perception in honeybee queens reducing their survival during additional mating flights. *Elife*, 8, p.e45009.

Locke, S.J. and peng, Y.S., 1993. The effects of drone age, semen storage and contamination on semen





quality in the honey bee (*Apis mellifera*). *Physiological entomology*, 18(2): pp.144-148.

Lundin, O., Rundlöf, M., Smith, H.G., Fries, I. and Bommarco, R., 2015. Neonicotinoid insecticides and their impacts on bees: a systematic review of research approaches and identification of knowledge gaps. *PLoS one*, 10(8): p.e0136928.

Manfredini, F., Romero, A.E., Pedroso, I., Paccanaro, A., Sumner, S. and Brown, M.J., 2017. Neurogenomic signatures of successes and failures in life-history transitions in a key insect pollinator. *Genome biology and evolution*, 9(11): pp.3059-3072.

McAfee, A., Chapman, A., Higo, H., Underwood, R., Milone, J., Foster, L.J., Guarna, M.M., Tarpy, D.R. and Pettis, J.S., 2020. Vulnerability of honey bee queens to heat-induced loss of fertility. *Nature Sustainability*, 3(5): pp.367-376.

Metz, B.N. and Tarpy, D.R., 2019. Reproductive senescence in drones of the honey bee (*Apis mellifera*). *Insects*, 10(1), p.11.

Misra, S. and Wolfner, M.F., 2020. Drosophila seminal sex peptide associates with rival as well as own sperm, providing SP function in polyandrous females. *Elife*, 9, p.e58322.

Peng, Y., Grassl, J., Millar, A.H. and Baer, B., 2016. Seminal fluid of honeybees contains multiple mechanisms to combat infections of the sexually transmitted pathogen *Nosema apis*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1823): p.20151785.

Peso, M., Even, N., Søvik, E., Naeger, N.L., Robinson, G.E. and Barron, A.B., 2016. Physiology of reproductive worker honey bees (*Apis mellifera*): insights for the development of the worker caste. *Journal of Comparative Physiology A*, 202(2): pp.147-158.

Poland, V., Eubel, H., King, M., Solheim, C., Harvey Millar, A. and Baer, B., 2011. Stored sperm differs from ejaculated sperm by proteome alterations associated with energy metabolism in the honeybee *Apis mellifera*. *Molecular ecology*, 20(12), pp.2643-2654.

Rangel, J. and Fisher, A., 2019. Factors affecting the reproductive health of honey bee (*Apis mellifera*) drones—A review. *Apidologie*, 50(6), pp.759-778.

Rezende, E.L., Bozinovic, F., Szilágyi, A. and Santos, M., 2020. Predicting temperature mortality and selection in natural *Drosophila* populations. *Science*, 369 (6508), pp.1242-1245.

Rhodes, J., 2002. Drone honey bees: rearing and maintenance. *Agnote DAI*, 112.

Rhodes, J.W., Harden, S., Spooner-Hart, R., Anderson, D.L. and Wheen, G., 2011. Effects of age, season and genetics on semen and sperm production in *Apis mellifera* drones. *Apidologie*, 42(1): pp.29-38.

Rogers, D.W., Baldini, F., Battaglia, F., Panico, M., Dell, A., Morris, H.R. and Catteruccia, F., 2009. Transglutaminase-mediated semen coagulation controls sperm storage in the malaria mosquito. *PLoS biology*, 7(12): p.e1000272.

Rousseau, A. and Giovenazzo, P., 2016. Optimizing drone fertility with spring nutritional supplements to honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) colonies. *Journal of economic entomology*, 109(3): pp.1009-1014.

Rowland, C.M. and McLellan, A.R., 1987. Seasonal changes of drone numbers in a colony of the honeybee, *Apis mellifera*. *Ecological modelling*, 37(3-4), pp.155-166.

Ruttner, F. and Koeniger, G., 1971. Die füllung der spermatheka der bienenkönigin. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, 72(4): pp.411-422.

Stürup, M., Baer-Imhoof, B., Nash, D.R., Boomsma, J.J. and Baer, B., 2013. When every sperm counts: factors affecting male fertility in the honeybee *Apis mellifera*. *Behavioral Ecology*, 24(5): pp.1192-1198.

Tram, U. and Wolfner, M.F., 1999. Male seminal fluid proteins are essential for sperm storage in *Drosophila melanogaster*. *Genetics*, 153(2): pp.837-844.103. Wagner Jr, W.E., Kelley, R.J., Tucker, K.R. and Harper, C.J., 2001. Females receive a life-span benefit from male ejaculates in a field cricket. *Evolution*, 55(5):





pp.994-1001.

Utaipanon, P., Holmes, M.J. and Oldroyd, B.P., 2019. Queenless colonies contribute to the male breeding population at honey bee drone congregation areas. *Insectes Sociaux*, 66(4): pp.593-599.

Vanderplanck, M., Moerman, R., Rasmont, P., Lognay, G., Wathélet, B., Wattiez, R. and Michez, D., 2014. How does pollen chemistry impact development and feeding behaviour of polylectic bees?. *PloS one*, 9(1): p.e86209.

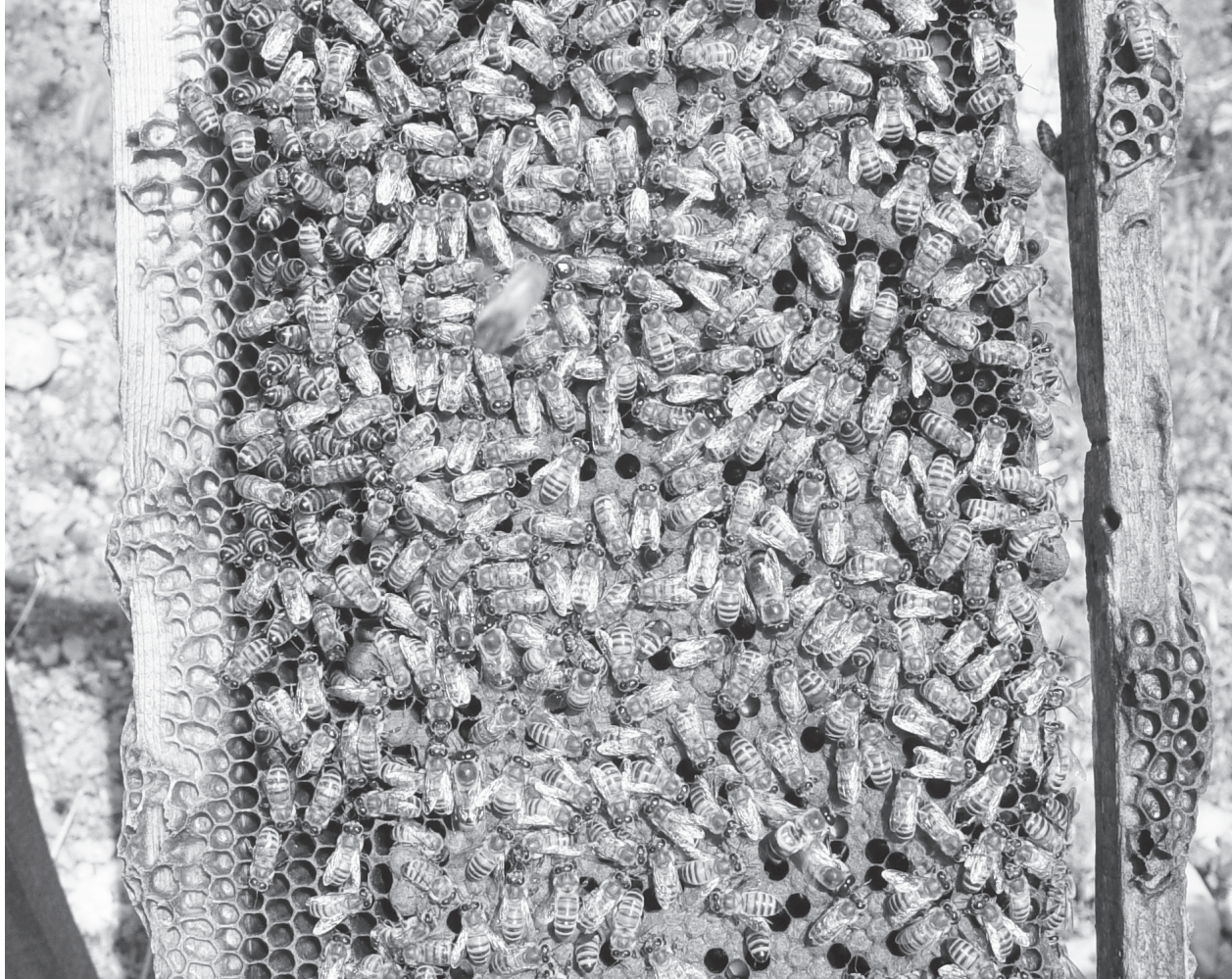
Vaudo, A.D., Tooker, J.F., Grozinger, C.M. and Patch, H.M., 2015. Bee nutrition and floral resource restoration. *Current opinion in insect science*, 10, pp.133-141.

Williams, P.H., 1985. A preliminary cladistic investigation of relationships among the bumble bees (Hymenoptera, Apidae). *Systematic Entomology*, 10(2): pp.239-255.

Xu, J. and Wang, Q., 2011. Seminal fluid reduces female longevity and stimulates egg production and sperm trigger oviposition in a moth. *Journal of insect physiology*, 57(3): pp.385-390.

Zhao, H., Mashilingi, S.K., Liu, Y. and An, J., 2021. Factors Influencing the Reproductive Ability of Male Bees: Current Knowledge and Further Directions. *Insects*, 12(6): p.529.





Factors Influencing the Reproductive Ability of Male Bees: Current Knowledge and Further Directions

۵۲

F. Sahebi ala¹, M. Sahebi ala²

1. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

2. Department of Animal Science, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia city, West Azerbaijan

DOI: 10.22092/hbsj.2021.125983

Abstract

Honeybees are very important pollinators and play a vital role in agricultural and natural ecosystems. The quality of their colonies is determined by the queens and the reproductive drones of mother colonies. Therefore, factors affecting drone fecundity will also directly affect progeny at the colony level. Here, we review environmental and bee-related factors that are closely related to drone reproductive ability. The environmental factors that mainly affect the sperm count and the viability of males include temperature, nutrients and pesticides. Based on the results of previous studies, we also suggest that the effects of somatotype dimorphism of males and queens on sperm quality and queen fecundity should be given more attention in further studies.

Key words: Honeybees, Environmental Factors, Internal Factors

Corresponding Autor: M. Sahebi ala²

Email: sahebi.maryam@gmail.com

