

برای دریافت منابع آموزشی بیشتر به پایگاه اینترنتی ما مراجعه بفرمایید.

www.hawramanhoney.ir

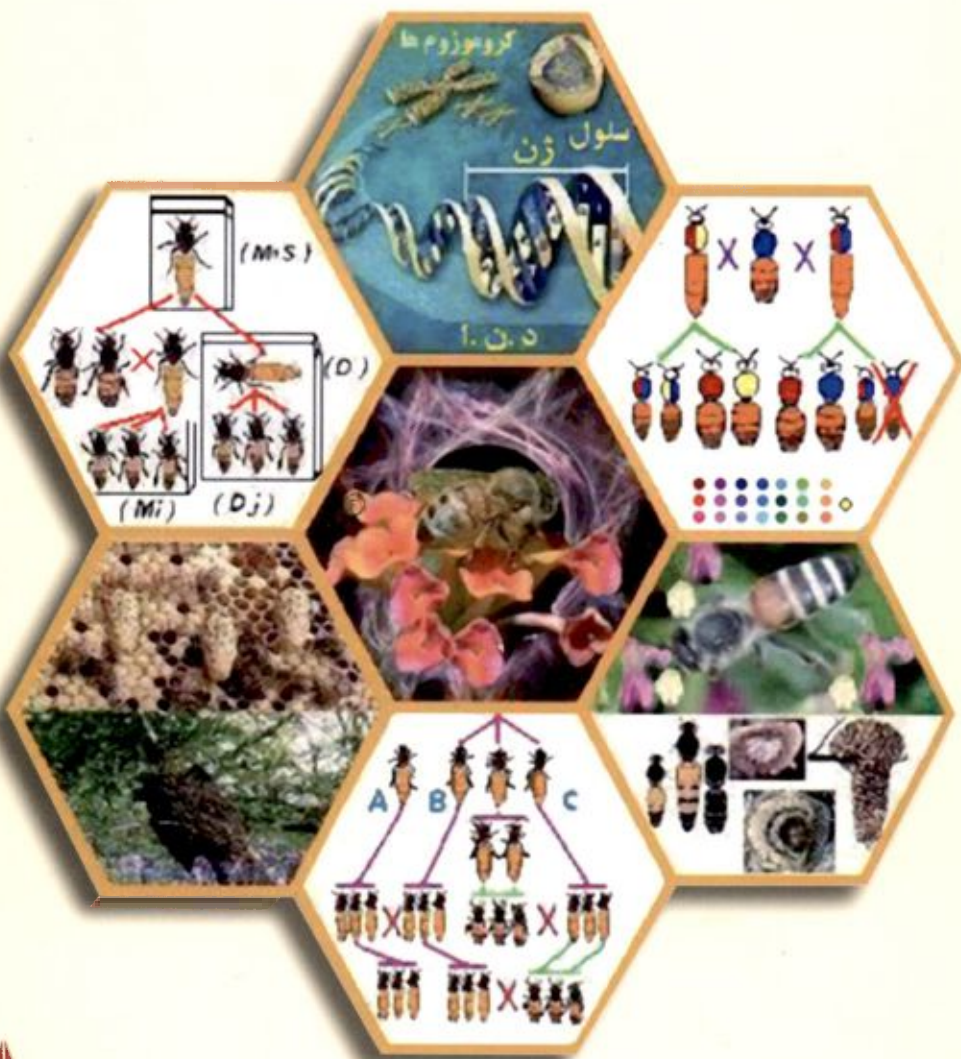
(بر روی آدرس بالا کلیک کنید)



این متن آموزشی با در نظر گرفتن چهارچوب کلی حق کپی‌رایت و آزاد شدن آن برای عموم، در وب‌سایت ما منتشر شده است. در صورت اطمینان از مغایرت انتشار الکترونیکی این متن با حق کپی‌رایت، لطفاً مجموعه ما را از طریق وب‌سایت هورامان‌هانی مطلع بفرمایید. از همراهی اتان سپاسگزاریم.



اصول اصلاح نژاد زنبور عسل



• محمد رضا بصیری



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بسمه تعالی
وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی

اصول اصلاح نژاد زنبور عسل

مؤلف:
محمد رضا بصیری

انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی

تهران: ۱۳۸۶

مورد تأیید دانشگاه جامع علمی و کاربردی

عنوان و پدیدآور	اصول اصلاح نژاد زنبور عسل / مولف محمدرضا بصیری.
مشخصات نشر	تهران: موسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی، ۱۳۸۵.
مشخصات ظاهری	۲۵۶ ص: مصور.
فروست	انتشارات موسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی؛ ۳۷. گروه علوم دامی؛ ۷.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۸۷۴۸-۰۸-۶ ریال ۵۰۰۰۰
یادداشت	فیبا
یادداشت	کتابنامه: ص. ۲۵۰-۲۵۶.
موضوع	زنبور عسل - ژنتیک.
موضوع	زنبور عسل - اصلاح نژاد.
شناسه افزوده	موسسه آموزش عالی علمی - کاربردی وزارت جهاد کشاورزی
رده‌بندی کنگره	ع ۵۶۸/۹ QL
رده‌بندی دیویی	۵۹۵/۷۹۹
شماره کتابخانه ملی	۳۷۵۵۳-۸۵

عنوان:	اصول اصلاح نژاد زنبور عسل
مؤلف:	محمدرضا بصیری
ناشر:	مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی
ویراستار ادبی:	نغمه امیری
ویراستار فنی:	ناصر امام جمعه کاشان
سر ویراستار:	ترانه امیرابراهیمی (به نگاران)
صفحه‌آرا:	رقیه شکری
حروف چین:	یاسمن قدیری
طراح جلد:	محمدرضا بصیری
چاپ و صحافی:	دفتر خدمات تکنولوژی آموزشی - نشر آموزش کشاورزی
نوبت چاپ:	اول
تاریخ نشر:	۱۳۸۶
شمارگان:	۱۵۰۰
قیمت:	۵۰۰۰۰ ریال
شابک:	۹۷۸-۹۶۴-۸۷۴۸-۰۸-۶

تمام حقوق برای مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی محفوظ است

تهران: صندوق پستی ۱۷۵۷-۱۳۱۴۵ تلفن: ۶۶۴۳۰۴۳۷

پست الکترونیک: pub@itveh.ac.ir

وب سایت: <http://www.itvhe.ac.ir>

پیش‌گفتار ناشر

کتاب و کتاب‌خوانی، یکی از معیارهای توسعه کشورهای و جوامع گوناگون است. به این سبب، هر سال سازمان‌های جهانی، مانند یونسکو و...، از آن به‌مثابه یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی استفاده می‌کنند و به بررسی میزان انتشار کتاب، نشریه و سایر منابع علمی و اطلاعاتی سازمان‌های آموزشی و پژوهشی می‌پردازند.

تولید منابع علمی و اطلاعاتی، چنان اهمیتی دارد که مهم‌ترین شاخص ارزشیابی کار اعضای هیئت‌های علمی سازمان‌های آموزشی و پژوهشی نیز به‌شمار می‌آید. اما در این زمینه، نیاز مؤسسه‌های آموزشی علمی - کاربردی به متون آموزشی، بیش از دیگر سازمان‌های فرهنگی است؛ زیرا این مؤسسه‌ها، باید از این متون برای تدریس به دانشجویانی استفاده کنند که علاوه بر آموزش‌های رسمی و کلاسیک، به آموزش جنبه‌های کاربردی محتوا و روش‌ها نیز نیازمندند.

مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی، با توجه به اهمیت تولید و انتشار منابع اطلاعاتی و به‌ویژه کتاب‌های آموزشی، این مهم را در رأس کارهای خود قرار داده است. شایان ذکر است که تألیف و چاپ بیش از ۱۰۰ عنوان کتاب مربوط به دروس دوره‌های علمی - کاربردی در بخش کشاورزی، در دستور کار این مؤسسه قرار دارد و مسئولان آن امیدوارند با همکاری مدرسان و اعضای هیئت‌های علمی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی، در راه افزایش کیفیت این کتاب‌ها گامی اساسی بردارند.

از آن‌جا که انتشار چنین مجموعه‌ای، کاری سترگ و نیازمند توجه و دقت بسیار است، امیدواریم استادان، صاحب‌نظران و مدرسان این کتاب‌ها، ما را در راه ارتقای کیفیت علمی آن‌ها یاری دهند و از ارسال انتقادات و پیشنهادهای خود دریغ نورزند. بدون شک، حمایت‌ها و هدایت‌های بی‌دریغ مسئولان آموزش و تحقیقات در سطح وزارت جهاد کشاورزی، اعضای محترم هیئت امنای مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی و به‌ویژه مدیران عالی سازمان و آموزش کشاورزی، در شکل‌گیری و ادامه چاپ این کتاب‌ها نقش اساسی دارد و امیدواریم نظارت عالی آنان، تضمین‌کننده کیفیت کار ما باشد.

مجتبی رجب بیگی

مدیرمسئول و رئیس مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی جهاد کشاورزی

پیش‌گفتار

«واوحی ربک الی النحل ان اتخذی من الجبال بیوتاً و من الشجر و ممّا یعرشون» (نحل - ۶۸)

زنبور عسل یکی از مخلوقات شگرف خداوند است که از دیرباز نحوه زندگی و تلاش مداوم آن در طبیعت، مورد توجه بوده است. بررسی منابع علمی موجود نشان می‌دهد که حدود ۳۳٪ تغذیه انسان به عمل گرده‌افشانی حشره‌ها بستگی دارد که در بین آنها زنبور عسل دارای رتبه اول است. شاید تصور شود که انسان بیشتر به محصولات دامی نیازمند است. ولی دام و طیور نیز به طور غیرمستقیم به زنبور عسل نیازمندند. زیرا گرده‌افشانی بسیاری از گیاهان، به حشره‌های گرده‌افشان، به‌خصوص زنبور عسل، بستگی دارد. زنبور عسل علاوه بر عمل گرده‌افشانی گیاهان، منافع دیگری نظیر تولید عسل، گرده، موم، بره‌موم، ژله سلطنتی و زهر دارد که دارای اهمیت اقتصادی فراوان است. این امتیازها بهترین دلایل برای حمایت دولت‌ها در کشورهای گوناگون از صنعت زنبورداری است.

برای رسیدن به هدف‌های پرورش زنبور عسل، در سطح آموزش عالی کشور برنامه‌های آموزشی علمی - کاربردی پرورش زنبور عسل در دوره‌های کاردانی، کارشناسی و... تصویب شده و در حال اجراست. این کتاب نیز برای کسب اطلاعات علمی مورد نیاز در زمینه ژنتیک و اصلاح نژاد زنبور عسل تدوین شده است. با آن‌که مخاطبان این کتاب، دانشجویان دوره‌های علمی - کاربردی‌اند، مطالب آن برای سایر دانشجویان، مدرسان و پژوهشگران نیز قابل استفاده است.

محمد رضا بصیری

۱۳۸۵

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
الف	پیش‌گفتار
د	مقدمه
۱	فصل اول: مبانی ژنتیک زنبور عسل
۴	اصطلاحات و مفاهیم اولیه ژنتیک
۷	مشخصات کروموزوم‌ها
۸	مشخصات ژن‌ها
۸	ساختمان بیوشیمیایی ژن و کروموزوم
۱۱	ژنتیک سلولی زنبور عسل
۱۴	تقسیم سلولی میوز
۱۶	لقاح یا بارور شدن تخم
۱۹	اهمیت تقسیم سلولی و بلوغ سلول‌های جنسی
۲۱	آلل‌های جنسی در زنبور عسل
۲۳	بعضی از اصول اساسی توارث صفات در زنبور عسل
۲۷	توارث رنگ چشم در زنبور عسل
۲۹	خودآزمایی
۳۱	فصل دوم: گونه‌ها و نژادهای زنبور عسل
۳۳	رده‌بندی زنبور عسل

۳۷	..... زنبورهای عسل بدون نیش
۳۸	..... گونه‌های متفاوت زنبور عسل
۴۲	..... زنبور عسل کوچک
۴۳	..... زنبور عسل هندی
۴۵	..... زنبور عسل بزرگ
۴۵	..... زنبور عسل اروپایی
۴۵	..... شناسایی و مقایسه نژادهای زنبور عسل
۴۸	..... ۱. رنگ اسکلت خارجی بدن
۴۸	..... ۲. اندازه جثه و قسمت‌های گوناگون بدن
۵۰	..... - اندازه طول زبان یا خرطوم
۵۲	..... ۳. مشخصات موهای سطح بدن
۵۴	..... ۴. مشخصات رگ‌بال‌ها
۵۶	..... نژادهای مهم زنبور عسل
۵۶	..... زنبور عسل نژاد سیاه اروپایی
۵۹	..... زنبور عسل نژاد ایتالیایی
۶۱	..... زنبور عسل نژاد کارنیولان (بالکانی یا کارنیکا)
۶۴	..... زنبور عسل نژاد قفقازی
۶۵	..... زنبور عسل نژاد ایرانی
۶۸	..... زنبور عسل نژاد جنوب آفریقا، نژاد کاپنسیس
۶۹	..... انواع زنبور عسل دو رگ
۷۳	..... خودآزمایی
۷۵	..... فصل سوم: روش‌های اندازه‌گیری صفات زنبور عسل
۷۹	..... صفات ظاهری
۸۶	..... تولید عسل
۸۷	..... مقدار تخم‌گذاری، نوزادان و جمعیت
۸۹	..... تمایل کلنی به بچه دادن
۹۱	..... رفتار دفاعی

۹۲	..... روش‌های اندازه‌گیری رفتار دفاعی
۹۷	..... عملکرد کوتاه مدت
۹۸	..... فعالیت صحراگردی
۹۹	..... جمع‌آوری گرده
۱۰۰	..... تولید موم و شان‌سازی
۱۰۱	..... زمستان‌گذرانی
۱۰۲	..... صفات ملکه
۱۰۴	..... صفات آزمایشگاهی
۱۰۷	..... مقاومت به بیماری‌ها و آفت‌ها
۱۱۴	..... خودآزمایی
۱۱۵	..... فصل چهارم: برآورد روابط خویشاوندی در کلنی‌های زنبور عسل
۱۱۷	..... رابطه خویشاوندی در کلنی‌های زنبور عسل
۱۱۹	..... تعیین تعداد آمیزش ملکه
۱۲۰	..... زیرجمعیت‌های یک کلنی
۱۲۱	..... برآورد میانگین رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده هر کلنی
۱۲۷	..... برآورد میانگین رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده کلنی‌های گوناگون (هر نسل)
۱۲۹	..... برآورد میانگین رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده کلنی‌های دختری و مادری
۱۳۳	..... استفاده از پدرملکه‌ها و پدرزنبورهای کارگر در آمیزش‌های کنترل‌شده
۱۳۴	..... برآورد ضریب هم‌خونی
۱۳۷	..... برآورد ضریب خویشاوندی
۱۴۰	..... خودآزمایی
۱۴۱	..... فصل پنجم: برآورد وراثت‌پذیری صفات زنبور عسل
۱۴۳	..... ضریب وراثت‌پذیری
۱۴۳	..... ۱. وراثت‌پذیری به مفهوم عام
۱۴۴	..... ۲. وراثت‌پذیری به مفهوم خاص
۱۴۴	..... عوامل مؤثر بر وراثت‌پذیری
۱۴۶	..... روش‌های برآورد ضریب وراثت‌پذیری

۱۴۶	..... برآورد ضریب وراثت‌پذیری در زنبور عسل
۱۴۷	..... روش رگرسیون نتاج بر والد (میانگین والدین)
۱۴۹	..... روش برآورد مؤلفه‌های واریانس
۱۴۹	..... مدل‌های آماری
۱۵۰	..... نوع رابطه‌ها در برآورد مؤلفه‌های واریانس
۱۵۰	..... روش سوم هندرسون
۱۵۱	..... روش برآورد حداکثر درست‌نمایی محدودشده
۱۵۲	..... مؤلفه‌های واریانس صفات زیست‌رفتاری
۱۵۳	..... مؤلفه‌های واریانس صفات ظاهری
۱۵۴	..... روش برآورد ضریب وراثت‌پذیری مربوط به ملکه و زنبورهای کارگر
۱۵۵	..... دقت برآورد ضریب وراثت‌پذیری
۱۵۵	..... مؤلفه‌های واریانس
۱۵۷	..... رگرسیون نتاج بر والد(ین)
۱۵۸	..... برآورد ضریب وراثت‌پذیری صفات زیست‌رفتاری
۱۶۰	..... برآورد ضریب وراثت‌پذیری صفات ظاهری
۱۶۲	..... خودآزمایی
۱۶۳	..... فصل ششم: برآورد ضریب هم‌بستگی بین صفات زنبور عسل
۱۶۵	..... هم‌بستگی بین صفات
۱۶۷	..... برآورد ضریب هم‌بستگی
۱۷۱	..... هم‌بستگی بین صفات با اثر ملکه و زنبورهای کارگر
۱۷۲	..... ضریب هم‌بستگی بین برخی صفات زنبور عسل
۱۷۳	..... هم‌بستگی تولید عسل با میزان نوزاد و جمعیت
۱۷۷	..... ضریب هم‌بستگی بین برخی صفات ظاهری
۱۸۱	..... خودآزمایی
۱۸۳	..... فصل هفتم: روش‌های انتخاب برای اصلاح نژاد زنبور عسل
۱۸۵	..... انتخاب
۱۸۶	..... پاسخ انتخاب

۱۸۸	پیش‌بینی پاسخ انتخاب
۱۸۹	تفاوت انتخاب و شدت انتخاب
۱۹۱	افزایش پاسخ انتخاب
۱۹۴	روش‌های انتخاب
۱۹۴	روش‌های ساده
۱۹۴	انتخاب فردی
۱۹۴	انتخاب خانواده
۱۹۵	انتخات داخل خانواده
۱۹۵	استفاده از شاخص
۱۹۷	پاسخ انتخاب شاخص
۱۹۷	انتخاب صفات هم‌بسته
۱۹۹	روش‌های انتخاب برای چند صفت
۱۹۹	روش سطوح حذفی مستقل
۲۰۰	روش تاندم
۲۰۰	روش شاخص انتخاب
۲۰۱	پاسخ انتخاب برای چند صفت
۲۰۱	انتخاب برای حالت‌های گوناگون
۲۰۲	انتخاب برای صفات کلنی
۲۰۴	خودآزمایی
۲۰۵	فصل هشتم: روش‌های تلاقی در اصلاح نژاد زنبور عسل
۲۰۷	ایستگاه‌های آمیزش زنبور عسل
۲۰۸	فاصله ایستگاه آمیزش تا زنبورستان‌های مجاور
۲۰۹	کنترل آمیزش‌ها در ایستگاه
۲۱۳	آثار هم‌خونی در زنبور عسل
۲۱۴	آثار هم‌خونی بر زنبورهای نر
۲۱۴	آثار هم‌خونی بر زنبورهای ماده
۲۱۷	روش‌های تلاقی برای اصلاح نژاد

۲۱۸	..... آثار ژنتیک تلاقی‌های خویشاوندی
۲۱۹	..... آثار ژنتیک آمیخته کردن
۲۲۱	..... عوامل مؤثر بر میزان هتروزیس
۲۲۳	..... هدف‌ها و مواد استفاده از آمیخته کردن
۲۲۳	..... انتخاب برای قابلیت ترکیب
۲۲۳	..... اهمیت نسبی قابلیت ترکیب عمومی و خاص
۲۲۴	..... جمعیت‌های ترکیبی (ستتیک)
۲۲۵	..... ترکیب‌های سه و چهار لاینی
۲۲۵	..... روش‌های تلاقی
۲۲۵	..... تلاقی دو لاینی
۲۲۵	..... ۱. تلاقی پایانه‌ای دو لاین
۲۲۶	..... ۲. تلاقی متناوب دو لاین
۲۲۷	..... ۳. تلاقی ترفیعی
۲۲۹	..... تلاقی سه لاینی و چهار لاینی
۲۳۲	..... تلاقی دوطرفه
۲۳۳	..... اثر نژادها
۲۳۳	..... اثر مادری و اثر تلاقی معکوس
۲۳۵	..... برآورد اثر هتروزیس
۲۳۶	..... برآورد اثر هم‌خونی
۲۳۷	..... قدرت ترکیب عمومی
۲۳۸	..... قدرت ترکیب خاص
۲۴۰	..... تولید لاین در زنبور عسل
۲۴۶	..... خودآزمایی
۲۴۷	..... ضمیمه
۲۴۸	..... فهرست منابع

مقدمه

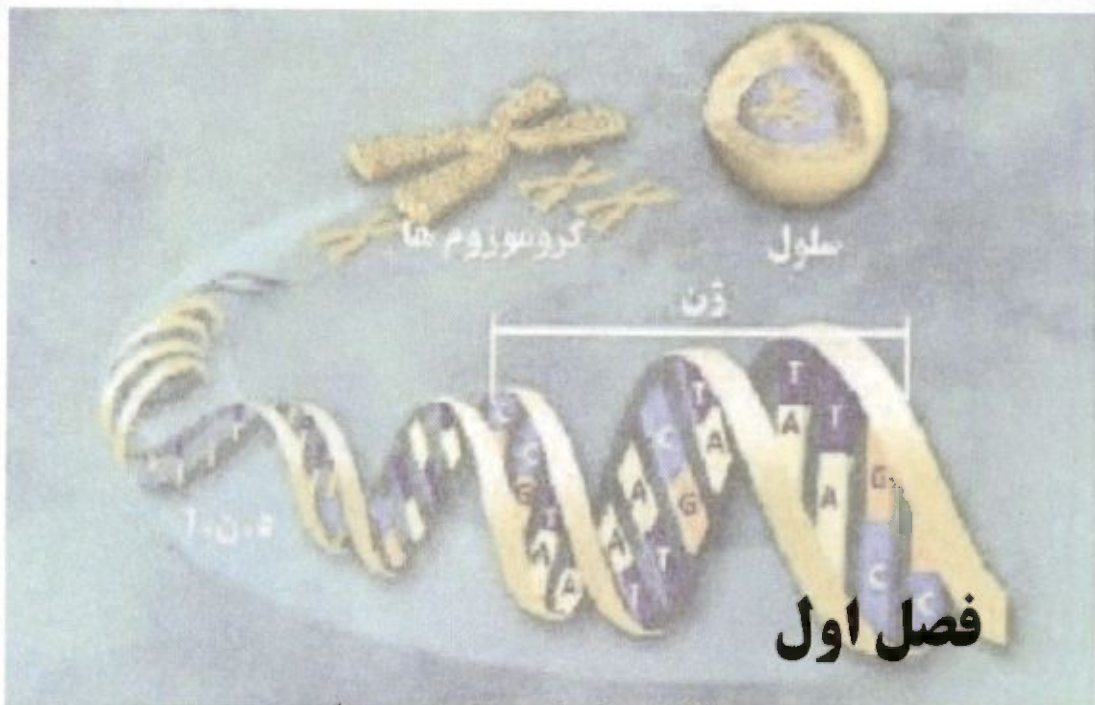
معمولاً هدف اصلی اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد زنبور عسل، افزایش تولید محصولاتی مانند عسل، گرده، ژله سلطنتی، زهر، موم و برهموم است. در ضمن، آرام بودن و تمایل کمتر به بچه دادن، از ویژگی‌های یک کلنی زنبور عسل است. مقدار تولید عسل به جمعیت و فعالیت کلنی بستگی دارد. جمعیت کلنی نیز به ظرفیت تخم‌گذاری ملکه، قابلیت زنده ماندن نوزادان و طول عمر زنبورهای کارگر وابسته است. با اجرای برنامه‌های خاص اصلاح نژادی، تمایل به بچه دادن و رفتار تهاجمی زنبورهای کلنی‌ها کاهش و تولید محصولات به مقدار زیادی افزایش می‌یابد. برای نیل به چنین هدفی، باید با آگاهی از نحوه توارث صفات، وراثت‌پذیری و هم‌بستگی ژنوتیپی و فنوتیپی بین آنها، برای انتخاب و آمیزش برنامه‌ریزی شود.

اغلب صفات اقتصادی در زنبور عسل با چند ژن کنترل می‌شود و چون تغییرات ژنتیک یک صفت کمی در جامعه، به تعداد ژن‌های مؤثر بر آن بستگی دارد، برآورد پارامترهای ژنتیک برای صفات گوناگون، دارای اهمیت بسیار است.

در زمینه اصلاح نژاد زنبور عسل، نکته مهم این است که این حشره از نظر خصوصیات زیست‌شناختی، با سایر حیوانات دیپلوئید تفاوت دارد. زیست زنبور عسل به صورت اجتماعی است و باعث افزایش کواریانس محیطی مشترک می‌شود. دیگر آن‌که تغییرات تظاهر صفات کمی در زنبور عسل به شدت تحت تأثیر محیط قرار دارد. به علاوه، صفات مهمی نظیر تولید عسل نتیجه عملکرد مجموع زنبورهای کارگر و ملکه موجود در یک کلنی است و نمی‌توان آن‌را برای یک زنبور کارگر اندازه گرفت.

یکی از تفاوت‌های دیگر در زنبور عسل، وجود سیستم هاپلوئید - دیپلوئیدی است. به دلیل هاپلوئید بودن زنبور نر، استفاده از اصول و قوانین ژنتیک در مورد این حشره، با سایر موجودات تفاوت دارد. اگر تخمی که ملکه گذاشته است، بارور شود (دیپلوئید) بر حسب موقعیت و تغذیه لارو، به زنبور کارگر یا به ملکه تبدیل می‌شود. با توجه به این موارد، روش اندازه‌گیری صفات، برآورد روابط خویشاوندی و پارامترهای ژنتیک و روش‌های انتخاب در زنبور عسل، ویژگی‌های خاصی دارد. بنابراین، در خصوص به‌نژادی زنبور عسل، علاوه بر این موارد خاص، باید معادله‌های آماری و اصلاح نژادی رایج برای سایر موجودات را نیز تغییر داد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تاکنون در ایران، فعالیت زیادی در مورد اصلاح نژاد زنبور عسل صورت نگرفته است. اما به سبب وارد کردن ملکه‌های خارجی بدون کنترل صحیح، برنامه‌ریزی برای اصلاح نژاد زنبور عسل بسیار ضروری است.



مبانی ژنتیک زنبور عسل

هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل، از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

- ۱- اصول عمومی توارث صفات را بشناسند و درباره آن توضیح دهند.
- ۲- با مشخصات کروموزوم‌ها و ژن‌ها آشنا شوند و آنها را توصیف کنند.
- ۳- تفاوت صفات کمی و صفات کیفی را شرح دهند.
- ۴- از ژنتیک سلولی زنبور عسل آگاه باشند و عبارتهای تخصصی آن را تعریف کنند.
- ۵- چگونگی عمل آلل‌های جنسی را در زنبور عسل توضیح دهند.

مبانی ژنتیک

ژنتیک علمی است که در آن، از نحوه انتقال عوامل توارث از یک سلول به سلول دیگر، از والدین به نتاج یا از نسلی به نسل دیگر بحث می‌شود. انتقال صفات از یک نسل به نسل دیگر، اساس تمایزها یا شباهت‌های افراد گوناگون است. مهم‌ترین موارد طبقه‌بندی علم ژنتیک عبارت از:

۱- ژنتیک کلاسیک (کیفی یا مندلی)

نحوه توارث صفات کیفی نظیر رنگ چشم، که به دو (یا چند) شکل متفاوت و قابل تشخیص (مقایسه) است و از طریق شمارش و نسبت افراد مطالعه می‌شود.

۲- ژنتیک سلولی^۱

مربوط به مطالعه عوامل توارث صفات در سطح سلول است.

۳- ژنتیک بیوشیمی

نحوه فعالیت ژن‌ها و نقش آنها را از نظر بیوشیمیایی (نظیر ساخته شدن پروتئین و...) مورد مطالعه قرار می‌دهد.

۴- ژنتیک کمی

نحوه توارث صفات کمی نظیر تولید عسل را، که قابل اندازه‌گیری است و با پارامترهای آماری مطالعه می‌شود، مد نظر قرار می‌دهد.

۵- ژنتیک جامعه

در این بخش، فراوانی ژن‌ها و ژنوتیپ‌ها و چگونگی تغییرات آنها در جامعه مطالعه می‌شود.

اصطلاحات و مفاهیم اولیه ژنتیک

۱- صفت

صفت عبارت از یک خصوصیت قابل مشاهده و قابل توارث نظیر رنگ چشم زنبور، رنگ نوارهای شکمی زنبور نر، شکل گل یا نوع گروه خونی است. بعضی صفات با شدت‌های متفاوت و مقابل هم، نظیر بلندی و کوتاهی یا سیاهی و سفیدی (رنگ چشم زنبور) بروز می‌کنند که مربوط به یک ویژگی ظاهری^۱ (ریخت‌شناختی) است. ولی صفاتی نظیر رفتار تهاجمی و میزان تخم‌گذاری ملکه، فیزیولوژیک است و به صورت پیوسته (از کم به زیاد) بروز می‌کند.

۲- کروموزوم^۲

کروموزوم در داخل هسته سلولی قرار دارد و حاوی مواد وراثتی است که اطلاعات ژنتیک تنظیم‌کننده تمام پدیده‌های سلولی موجودات زنده و عامل وراثت را شامل می‌شود. معمولاً تعداد و شکل آنها در هر یک از گونه‌های موجودات زنده ثابت و هنگام تقسیمات سلولی، میله‌ای (رشته‌ای) یا نخ‌ای است و با میکروسکوپ‌های نوری قابل مشاهده است.

۳- کروماتید^۳

کروماتید دو رشته یکسان هر کروموزوم است که در اثر همانندسازی دی. ان. ا (D.N.A) به وجود می‌آیند.

۴- ژن^۴

ژن قسمتی از کروموزوم (تعداد باز آلی با ترتیب معین در زنجیره اسید نوکلئیک) است که اطلاعات معین ژنتیک را برای یک وظیفه مشخص (در موجود زنده) در خود ضبط و نگهداری می‌کند و آنها را به صورت حروف لاتین W یا A و ... نشان می‌دهند و با میکروسکوپ‌های نوری قابل مشاهده نیستند.

۵- آلل^۵

فرم‌ها یا اشکال متفاوت یک ژن نظیر W و w یا A_۱ و A_۲ است که به یک مکان ژنی در کروموزوم‌های مشابه تعلق دارد و ویژگی خاصی نظیر رنگ چشم زنبور را کنترل می‌کند.

1- Morphology

2- Chromosome

3- Chromatide

4- Gene

5- Allele

۶- آلل غالب^۱ و مغلوب^۲

معمولاً اثر یکی از دو آلل روی صفت مربوط، بیشتر از آلل دیگر است. آلل با اثر بیشتر را آلل غالب می‌نامند و با حضور آلل غالب، فنوتیپ مغلوب ظاهر نمی‌شود. نظیر Ww که W (رنگ سیاهی چشم زنبور) غالب است و ظاهر می‌شود؛ ولی w (رنگ سفیدی چشم زنبور) ظاهر نمی‌شود و اگر زنبور دارای دو آلل W باشد، رنگ چشمش سفید می‌شود.

۷- مکان یا جایگاه ژنی^۳

محل قرار گرفتن یک ژن روی کروموزوم است.

۸- سانترومر^۴

قسمتی از کروموزوم‌ها که در آن، دو کروماتید به هم متصل‌اند.

۹- خالص^۵

موجود زنده‌ای که آلل‌های مکان‌های ژنی آن نظیر WW یا ww مشابه باشند (هموزیگوت).

۱۰- ناخالص^۶

موجود زنده‌ای که آلل‌های مکان‌های ژنی آن نظیر Ww یا A_1A_2 غیرمشابه باشد

(هتروزیگوت).

۱۱- ژنوتیپ^۷

فرم یا ریخت ارثی یا وضع ژنتیک موجود زنده است.

۱۲- فنوتیپ^۸

وضع یا شکل ظاهری یک موجود است.

۱۳- کاریوتیپ^۹

اگر جفت کروموزوم‌های مشابه در یک موجود زنده، به ترتیب اندازه در کنار هم قرار داده

شود، کاریوتیپ نام دارد.

1- Dominant

2- Recessive

3- Locus

4- Centromeres

5- Homozygote

6- Heterozygote

7- Genotype

8- Phenotype

9- Karyotype

۱۴- صفات کیفی یا مندلی

صفاتی که بروز آنها نظیر رنگ یا شکل گل، کاملاً مشخص و قابل تفکیک است و معمولاً یک یا تعداد کمی ژن آنها را کنترل می‌کنند و عوامل محیطی بر تظاهر آنها کمتر اثر دارند.

۱۵- صفات کمی

صفاتی که بروز آنها نظیر تولید شیر یا عسل، کمی و به راحتی قابل اندازه‌گیری است. در عین حال، نمی‌توان افراد را به گروه‌های فنوتیپی طبقه‌بندی کرد و معمولاً تعداد زیادی ژن آنها را کنترل می‌کنند که بروز آنها تحت تأثیر عوامل محیطی است. وجوه تمایز صفات کیفی و کمی به شرح جدول ۱-۱ است:

جدول ۱-۱- مقایسه صفات کیفی و کمی

صفات کمی	صفات کیفی
۱- توارث آنها به وسیله ژن‌های زیادی کنترل می‌شود و اثر هر ژن بسیار کم است و معمولاً قابل تشخیص نیست.	۱- توارث آنها به وسیله یک یا تعداد کمی ژن کنترل می‌شود و اثر یک ژن منفرد، قابل تشخیص است.
۲- تنوع تظاهر این صفات، توزیع پیوسته دارد و معمولاً نرمال است.	۲- گروه‌های فنوتیپی مشخص و متمایز و توزیع آنها ناپیوسته است.
۳- واحد مطالعه، جامعه است.	۳- واحد مطالعه، افراد هستند.
۴- عوامل محیطی بر تظاهر آنها مؤثر است.	۴- عوامل محیطی، بر تظاهر آنها اثر زیادی ندارد.
۵- با استفاده از پارامترهای آماری جامعه (میانگین و انحراف معیار) مطالعه می‌شوند.	۵- نحوه توارث با استفاده از شمارش و محاسبه نسبت‌ها بررسی می‌شود.

مشخصات کروموزوم‌ها

کروموزوم‌ها در هسته سلولی، که در حال تقسیم نیست، به صورت رشته‌های نامشخص‌اند و به آنها، شبکه کروماتینی^۱ می‌گویند. در حقیقت، هر یک از رشته‌های شبکه کروماتینی یک کروموزوم است. در طی مرحله تقسیم سلولی، این رشته‌های کروماتینی متراکم و ضخیم می‌شوند و در زیر میکروسکوپ قابل مشاهده‌اند. در این هنگام، هر کروموزوم به صورت دو رشته مجاور هم (کروماتید) ظاهر می‌شوند که در قسمتی به نام سانترومر متصل هستند (تصویر ۱-۱).

اندازه کروموزوم‌ها متفاوت و از 0.2 میکرون (در قارچ‌ها) تا 35 میکرون در موجودات دیگر است. ولی معمولاً اندازه آنها بین 1 تا 10 میکرون است. کاریوتیپ یا شکل و تعداد کروموزوم‌ها به گونه‌های موجودات زنده بستگی دارد و معمولاً در یک گونه ثابت است (تصویر ۱-۳).

نصف کروموزوم‌ها در هسته سلول بدنی موجودات عالی از پدر و نصف دیگر از مادر به ارث می‌رسد. این موجودات را اصطلاحاً $2n$ کروموزومی (دیپلوئید) می‌نامند (مانند جنس ماده زنبور عسل). به عبارت دیگر، در هر هسته سلول این موجودات، n کروموزوم از پدر و n کروموزوم از مادر به ارث می‌رسد (تصویر ۱-۲).

در هسته سلول بدنی موجودات دیگر نیز n کروموزوم وجود دارد (مانند جنس نر زنبور عسل) که به آنها هاپلوئید یا n کروموزومی گویند. در هسته سلول‌های جنسی (گامت‌های نر و ماده) نیز n کروموزوم وجود دارد (تصویر ۱-۲).

تعداد کروموزوم بعضی موجودات هاپلوئیدی و دیپلوئیدی به صورت زیر است:

باسیل اکولای: $n = 1$

مگس سرکه: $2n = 8$

انسان: $2n = 46$

جنس نر زنبور عسل: $n = 16$

جنس ماده زنبور عسل: $2n = 32$

مشخصات ژن‌ها

ژن‌ها باعث بروز حالات متفاوت یک صفت می‌شوند و دو یا چند ترکیب گوناگون (آلل) دارند. اثر ژن‌ها بر صفات کیفی (مثل رنگ) به صورت گسسته است. برای مثال، در نخود فرنگی یک ژن عامل توارث رنگ است که به دو صورت قرمز یا سفید بروز می‌کند. در صورتی که صفات کمی (مانند تولید عسل)، به وسیله تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و تغییرات بروز صفت در جامعه، پیوسته است. تغییرات پیوسته صفات کمی در جامعه، در اثر دو عامل صورت می‌گیرد:

۱- تفرق تعداد زیادی ژن که یک صفت کمی را کنترل می‌کنند و هر ژن اثر بسیار اندکی بر کنترل آن صفت دارد.

۲- تغییر پیوسته‌ای که مربوط به عوامل محیطی است.

اثر ژن‌ها معمولاً در صفات کیفی به صورت غلبه و در صفات کمی به صورت افزایشی (غالب نبودن) ظاهر می‌شود. اثر غالب بودن نیز با توجه به میزان شایستگی، به صورت‌های متفاوت زیر ظاهر می‌شود:

A ۱ A ۱	-----	A ۱ A ۲	-----	A ۲ A ۲	غالب نبودن:
A ۱ A ۱	-----	A ۱ A ۲	-----	A ۲ A ۲	غالب بودن ناقص:
A ۱ A ۱	-----			A ۱ A ۲	غالب بودن کامل:
				A ۲ A ۲	
A ۱ A ۱	-----	A ۲ A ۲	-----	A ۱ A ۲	فوق غالب بودن:

----- → میزان شایستگی :

ساختمان بیوشیمیایی ژن و کروموزوم

کروموزوم‌های موجودات عالی حاوی نوکلئوپروتئین است و ساختمان شیمیایی نوکلئوپروتئین‌ها از اسید نوکلئیک و پروتئین‌ها (مثل هیستون‌ها^۱) تشکیل شده است. ساختار شیمیایی کروموزوم‌ها از اجزای زیر تشکیل شده است:

۱- اسید دی‌اکسی ریبونوکلئیک^۱ (DNA).

۲- اسید ریبونوکلیتیک^۲ (RNA).

۳- هیستون‌ها: پروتئین‌های دارای مقدار زیادی اسید آمینه لیزین و آرژنین.

۴- سایر پروتئین‌ها.

۵- منیزیم و کلسیم.

در تمام موجودات زنده، به غیر از برخی ویروس‌ها، اسید نوکلئیک دی. ان. اِ حاوی اطلاعات ژنتیک و خود شامل اجزای زیر است:

(الف) قند دی‌اکسی ریبوز^۳: قند ریبوز که در کربن دوم اکسیژن ندارد.

(ب) بازها: دو دسته باز پورین^۴ و پیریمیدین^۵ وجود دارند که عبارت‌اند از:

✓ پورین‌ها: شامل آدنین^۶ (A) و گوانین^۷ (G).

✓ پیریمیدین: شامل سیتوزین^۸ (C) و تیمین^۹ (T).

(پ) اسید فسفریک: (H_۳PO_۴).

به این صورت که از مجموع یک باز و قند دی‌اکسی ریبوز، نوکلئوزید^{۱۰} و از یک نوکلئوزید و اسید فسفریک، نوکلئوتید^{۱۱} ایجاد می‌شود؛

(مولکول آب) + نوکلئوزید → قند(دی‌اکسی) ریبوز + باز

نوکلئوتید → اسید فسفریک + نوکلئوزید

آدنوزین → قند + آدنین

برای مثال:

(A.M.P) آدنوزین منوفسفات → اسید فسفریک + قند + آدنوزین

کوچک‌ترین واحد وراثت، نوکلئوتید است و نوکلئیدهای متفاوت، بازهای گوناگونی دارند و به عبارتی، انواع بازها، نوکلئیدهای متفاوت ایجاد می‌کنند. هر نوکلئوتید باعث ساختن یک اسید آمینه می‌شود. با توجه به این که چهار نوع باز وجود دارد، چهار نوع نوکلئوتید ایجاد می‌شود. اگر یک عدد باز (نوکلئوتید) به‌مثابه کد یا رمز، باعث تولید اسید آمینه شود، چهار نوع

1- Deoxyribonucleic Acid

4- Purine

7- Guanine

10- Nucleoside

2- Ribonucleic Acid

5- Pyrimidine

8- Cytosine

11- Nucleotide

3- Deoxyribose

6- Adenine

9- Thymine

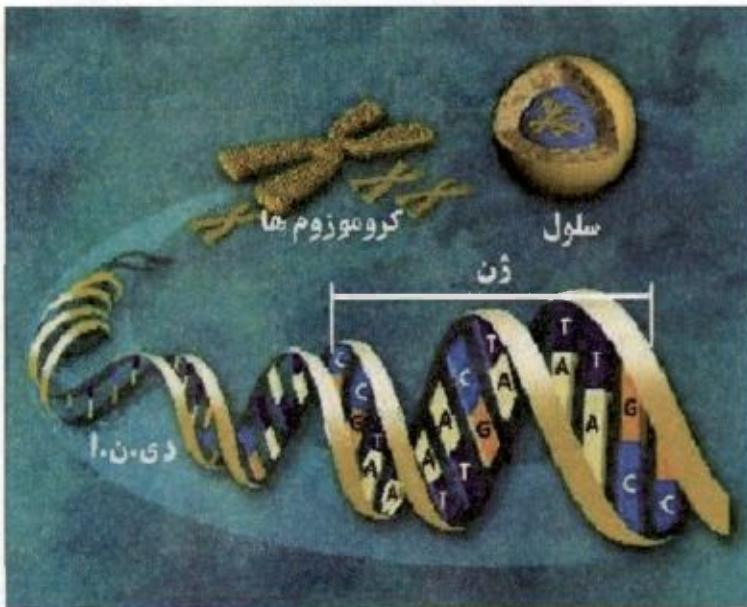
اسید آمینه تولید می‌گردد و اگر ترکیب دوعدد باز، باعث تولید اسید آمینه شود، ۱۶ نوع رمز تولید می‌شود. از آن‌جا که بیش از ۲۰ نوع اسید آمینه وجود دارد، حداقل ترکیب ۳ نوع باز باعث تولید اسیدهای آمینه می‌شود و معادل یک کد یا رمز است. در نتیجه، حدود ۶۰ نوع کد به‌وجود خواهد آمد که چند کد، معادل یک اسید آمینه خواهد بود. اسیدهای آمینه گوناگون نیز پروتئین‌های متفاوتی تولید می‌کنند. چند کد (رمز) ایجاد ژن می‌کند (تصویر ۱-۱).

ساختمان آر. ان. ا شبیه دی. ان. ا است؛ ولی با آن سه تفاوت دارد:

۱- آر. ان. ا به جای باز تیمین، دارای باز یوراسیل^۱ است.

۲- آر. ان. ا تک‌رشته‌ای است (دی. ان. ا دو رشته‌ای است).

۳- آر. ان. ا به جای قند دی‌اکسی ریبوز، قند ریبوز دارد.



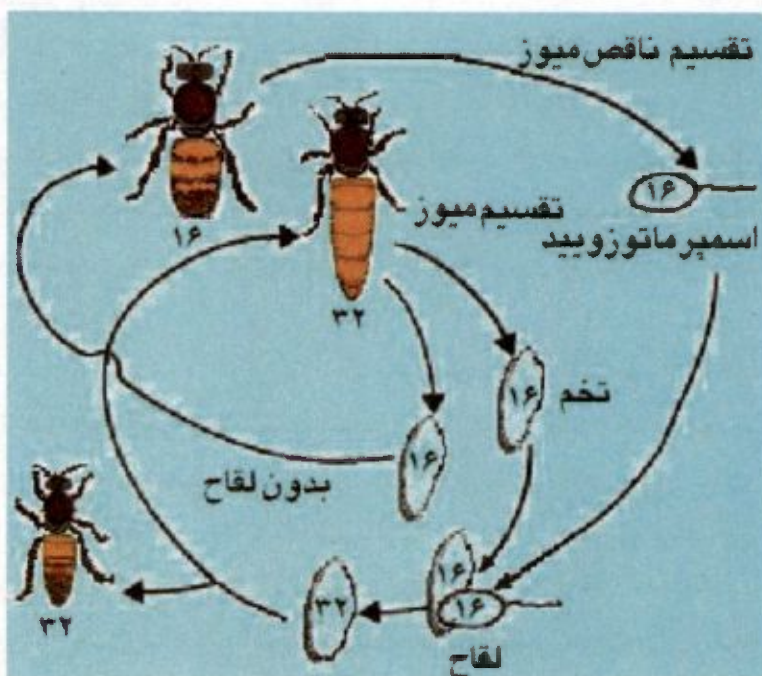
▲ شکل ۱-۱- ساختمان سلول، کروموزوم، دی. ان. ا و ژن

ژنتیک سلولی زنبور عسل

بدن زنبور عسل از تعداد بسیار زیادی سلول و مواد محتوی آنها تشکیل شده است. این سلول‌ها، شکل‌ها و وظایف متفاوتی دارند و هر یک از آنها دارای دیواره سلولی و حاوی مایع غلیظی به نام پروتوپلاسم^۱ است. پروتوپلاسم، سیتوپلاسم^۲ دارد و در وسط آن یک هسته^۳ کروی دیده می‌شود. هسته سلول، حاوی ماده‌ای است که بیشتر از سایر قسمت‌های سلول خاصیت رنگ‌پذیری دارد و به صورت شبکه کروماتین و حاوی عوامل ارثی (ژن‌ها) است (تصویر ۱-۱).

رشد یک موجود زنده در اثرافزایش تعداد سلول‌های بدن آن است. هر سلول کامل دارای ژن‌هایی است که سایر سلول‌ها دارند. بنابراین، برای رشد و نمو یک موجود زنده، به سازوکاری نیاز است که سبب افزایش تعداد سلول‌ها و تولید شبکه کروماتین کاملاً یکسانی در آنها شود. این سازوکار با یک نوع تقسیم سلولی به نام میتوز^۴ انجام می‌شود که طی آن، یک سلول به دو سلول مشابه تقسیم می‌گردد. این فرآیند تا بلوغ کامل موجود ادامه دارد. سلول‌های اندام تولید مثل جنسی ملکه زنبور عسل (تخم‌دان^۵)، سلول جنسی ماده (اوول^۶) و اندام تولید مثل زنبور نر (بیضه^۷)، سلول جنسی نر (اسپرماتوزئید^۸) تولید می‌کند که به طور کلی، به این سلول‌های جنسی گامت^۹ می‌گویند. یک ملکه در طول زندگی خود هزاران تخم و زنبور نر نیز حدود ۱۰ میلیون اسپرماتوزئید تولید می‌کند (۱۸). تعداد سلول‌های جنسی از طریق تقسیم میوز^{۱۰} افزایش می‌یابد (تصویر ۱-۴). اما قبل از تبدیل به گامت فعال، مرحله بلوغ را طی می‌کند. نصف کروموزوم‌های موجود در تخم بارور (یا زنبور ماده) از ملکه (مادر) و نصف دیگر کروموزوم‌ها از اسپرماتوزئید زنبور نر (پدر) منتقل می‌شود. همان‌طور که پیش از این توضیح داده شد، در سلول‌های بدنی زنبورهای ماده ۱۶ جفت کروموزوم وجود دارد، به آنها دیپلوئید^{۱۱} می‌گویند. تخم غیربارور (یا زنبور نر)، که فقط یک مجموعه کروموزومی (۱۶ عدد) از ملکه (مادر) دریافت کرده است، هاپلوئید^{۱۲} نام دارد (تصویر ۱-۲).

- | | | | | |
|---------------|--------------|----------------|------------|-------------|
| 1- Protoplasm | 2- Cytoplasm | 3- Nucleus | 4- Mitosis | 5- Quarry |
| 6- Ovum | 7- Testis | 8- Spermatozoa | 9- Gametes | 10- Meiosis |
| 11- Diploid | 12- Haploid | | | |



▲ شکل ۱-۲- تعداد کروموزوم در سلول‌های بدنی، گامت‌ها و تخم بارور زنبور عسل

سلول‌های تناسلی ماده (اوول) در هنگام بلوغ (کامل شدن) فقط یک دسته کروموزوم (۱۶ عدد) دارند که در اثر تقسیم سلولی با کاهش کروموزوم یا تقسیم میوزی به وجود می‌آید. هر کروموزوم زنبور عسل وظایفی دارد که برخی از آنها شناسایی شده است (۲۳).
 به صورتی که کروموزوم‌های شماره ۲، ۵ و ۱۰، رفتار صحراگردی و کروموزوم‌های شماره ۳، ۴ و ۶ رفتار دفاعی (نیش زدن) را کنترل می‌کنند.
 کروموزوم‌های شماره ۳ و ۱۰، علاوه بر وظایف پیش گفته، به ترتیب تعیین جنسیت و یادگیری را نیز کنترل می‌کنند. کروموزوم شماره ۱۱ اندازه بدن و تولید فرمون(های) خطر را کنترل می‌کند (تصویر ۱-۳).



▲ شکل ۱-۳- وظایف و کاربوتیب برخی کروموزوم های زنبور عسل (۲۳)

تقسیم سلولی میوز

تقسیم میوز در سلول‌های تناسلی زنبور ماده در دو مرحله متوالی صورت می‌گیرد که مرحله دوم شبیه تقسیم میتوز است. در مرحله اول تقسیم میوزی، کروموزوم‌هایی با منشأ مادری و پدری جفت می‌شوند و به صورت ۱۶ جفت کروموزوم (مشابه)^۱ در اطراف محور تقسیم قرار می‌گیرند. جفت شدن کروموزوم‌های مشابه را سیناپس^۲ می‌نامند. هنگام سیناپس یا قبل از آن، کروموزوم‌های مشابه دوبرابر (تکثیر) می‌شوند و به جای یک جفت کروموزوم، یک گروه چهار کروموزومی یا تتراد^۳ ایجاد می‌شود. امکان دارد در حالت تتراد، قسمت‌هایی از کروموزوم‌ها با هم مبادله شوند؛ یعنی قسمتی از یک کروموزوم مادری با قسمت مشابه آن از کروموزوم پدری تعویض شود. تعویض قسمت‌های کروموزومی را کراسینگ‌آور^۴ می‌نامند. در اثر این عمل، گروهی از ژن‌ها، که روی یک کروموزوم هستند، با گروه دیگری از ژن‌ها، که روی کروموزوم مشابه آن قرار دارند، تعویض می‌شوند (تصویر ۱-۴).

دو کروموزوم یک تتراد به یک قطب انتقال می‌یابند و دو کروموزوم مشابه دیگر به قطب دیگر منتقل می‌شوند و دو سلول هاپلوئید تولید می‌کنند.

در مرحله دوم تقسیم، در هر قطب مجدداً تقسیم دومی انجام می‌شود. به این صورت که در محل تجمع کروموزوم‌ها در هر قطب، یک محور تقسیم ایجاد می‌شود. کروموزوم‌هایی که در تقسیم اول به یک قطب رفته‌اند، از هم جدا و هریک به قطب تقسیم دوم منتقل می‌شوند. بنابراین، در هر سلول، کروموزوم‌ها روی محور تقسیم قرار می‌گیرند و رشته‌های یکسان کروموزوم‌ها از هم جدا می‌شوند. در نتیجه، چهار هسته جدید در تخم به وجود می‌آید که در هر کدام از آنها، تعداد کروموزوم‌ها نصف تعداد قبل در هسته تخم است. البته فقط یکی از این چهار هسته جدید باقی می‌ماند که به آن هسته اولیه تخم^۵ می‌گویند. سه هسته دیگر، که اجسام قطبی^۶ نام دارند، تجزیه می‌شوند و از بین می‌روند. هسته اسپرماتوزئید با هسته (باقی‌مانده) تخم ترکیب و تخم تلقیح یا بارور می‌شود (تصویر ۱-۵).

1- Homologus

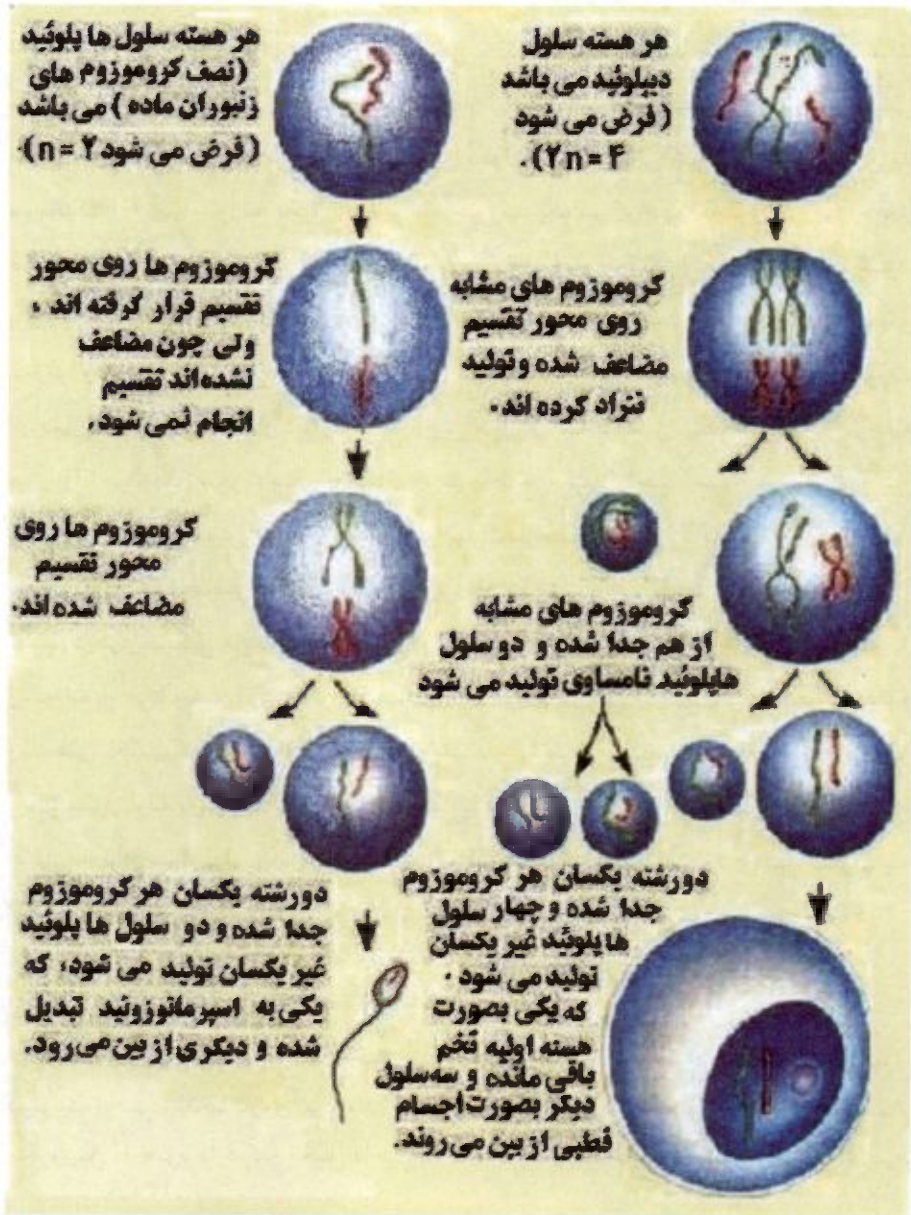
2- Synapsis

3- Tetrad

4- Crossing over

5- Pronucleus of the egg

6- Polar bodies



▲ شکل ۱-۴- تقسیم میوز برای تولید گامت ماده (در ملکه) و اسپرمانتوزوئید (در زنبور نر)

اگر تخم بارور نشود، رشد و نمو می‌کند و از سلول تخم غیربارور، زنبور نر و از تخم بارور، زنبور ماده به وجود می‌آید. در هر دو حالت (تخم بارور یا تخم غیربارور)، تقسیمات میتوزی انجام و لارو زنبور تولید می‌شود. پیش از این که یک سلول جنسی نر، سلول جنسی ماده را بارور کند، باید در طی مراحل از شکل سلول جنسی ابتدایی (شبه سلول‌های بدنی یا سوماتیک^۱) به اسپرماتوزئید تغییر یابد. هر اسپرماتوزئید یک سر کوچک (محتوی کروموزوم‌های فشرده) و یک دم بلند و نازک دارد. حرکات موجی دم باعث حرکت اسپرماتوزئید می‌شود. برای تشکیل اسپرماتوزئید، ابتدا یک تقسیم میوز ناقص انجام می‌شود (تصویر ۱-۴). یعنی کروموزوم‌ها بعد از تشکیل محور تقسیم روی آنها ردیف و سپس بدون این که تقسیم صورت گیرد، از هم جدا می‌شوند و دیواره هسته از بین می‌رود. البته براساس یک نظریه، در مرحله میوز اول جوانه‌های سیتوپلاسمی از سلول جنسی خارج و سپس اجسام مدور از جنس پروتئین وارد این جوانه‌های سیتوپلاسمی می‌شود و در نهایت، از سلول جدا می‌گردد. پس از این مرحله، هسته دارای همان مجموعه ۱۶ کروموزومی اول است. پس از این تقسیم ناقص میوزی، محور تقسیم دیگری تشکیل می‌شود که با محور اول زاویه دارد و هر یک از کروموزوم‌ها نیز به دو رشته تبدیل می‌شوند و روی محور تقسیم قرار می‌گیرند. در این مرحله، غشای هسته ناپدید و رشته‌های یکسان کروموزوم‌ها از هم جدا می‌شوند و به طرف قطب‌های مخالف می‌روند. در پایان، سلول اولیه به دو سلول جدید تقسیم می‌شود که هر یک ۱۶ کروموزوم دارد. بخش اصلی پروتوپلاسم سلول والد وارد یکی از سلول‌های جدید می‌شود و این سلول، به اسپرماتوزئید کامل و سلول دیگر به یک اسپرماتوزئید ناقص تبدیل می‌شود و از بین می‌رود.

لقاح یا بارور شدن تخم

اتحاد سلول جنسی نر با سلول جنسی ماده را عمل لقاح^۲ یا بارور شدن تخم و سلول دیپلوئید حاصل را تخم بارور^۳ می‌نامند. در قسمت بالایی تخم ملکه، سوراخ کوچکی به نام میکروپیل^۴ وجود دارد که محل داخل شدن اسپرماتوزئیدهاست. پس از تلقیح ملکه،

1- Somatic

2- Fertility

3- Zygote

4- Micropill

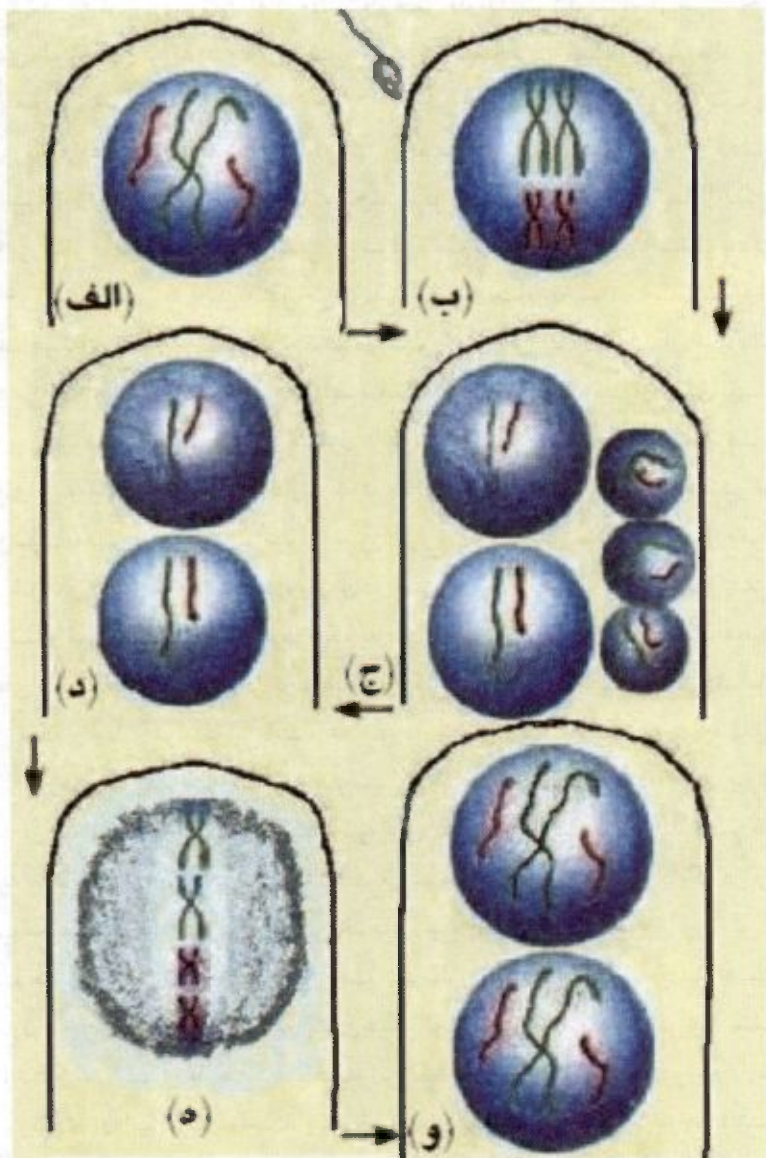
اسپرمتوزئیدها در کیسه ذخیره اسپرم یا اسپرم دان^۱ آن ذخیره می‌شوند. از کیسه ذخیره اسپرم با عمل پرتابی چند اسپرمتوزئید به درون لوله رحمی (اویداکت^۲) فرستاده می‌شود. تخم ملکه از انتهای لوله رحمی می‌گذرد و وارد مهبل^۳ می‌شود. این تخم در مهبل باقی می‌ماند و در این قسمت، منفذ آن (میکروپیل) در مقابل مجرای خروجی اسپرم دان قرار می‌گیرد و یک یا چند اسپرمتوزئید وارد آن می‌شود. سپس ملکه آنها را در سلول‌های شان کلنی قرار می‌دهد. بعد از این که اسپرمتوزئید(ها) وارد تخم شدند و تغییر شکل یافتند و زاییده(دم) آنها از بین رفت، سر(ها) بزرگ‌تر و مجدداً به هسته تبدیل می‌شوند (تصویر ۱-۵). سپس در قسمت بالایی تخم و در داخل سیتوپلاسم، به پایین منتقل می‌شوند. در این هنگام، تخم در حال بلوغ است و تقسیمات هسته‌ای تمام می‌شود. هسته تخم در سیتوپلاسم حرکت و با یکی از اسپرمتوزئیدها برخورد می‌کند. هسته تخم و اسپرمتوزئید به هم نزدیک می‌شوند، دیواره‌های آنها از بین می‌رود و روی محور تقسیم منتقل و سلول دیپلوئید ایجاد می‌شود. بنابراین، هر یک از گامت‌های نر و ماده ۱۶ کروموزوم دارند که در اثر اتحاد آنها، تعداد کروموزوم‌ها در تخم ۳۲ عدد می‌شود. بعد از آن تقسیمات سلولی میتوز شروع و رشته‌های مشابه کروموزومی از هم جدا می‌شوند و به طرف قطب‌ها می‌روند و دو هسته جدید دیپلوئید به وجود می‌آید. از این زمان، رشد و نمو تخم شروع می‌شود. ملکه به طور اختیاری و بر مبنای وضعیت محیطی، در سلول‌های مخصوص زنبورهای نر تخم غیربارور می‌گذارد. وضعیت محیطی شامل فصل پرورش ملکه و مقدار مواد غذایی است؛ به صورتی که در فصل مناسب و با غذای کافی، معمولاً زنبورهای کارگر، سلول‌های مخصوص زنبورهای نر را تمیز و آماده تخم‌ریزی ملکه می‌کنند. در غیر این صورت، این فعالیت زنبورهای کارگر و به دنبال آن، تولید تخم غیربارور به وسیله ملکه، کاهش می‌یابد یا حتی متوقف می‌شود. گاهی نیز زنبورهای کارگر در وضعیت نامناسب محیطی، به صورت هم‌خواری، تخم‌های غیربارور (نر) را می‌خورند و از بین می‌برند. در محیط مناسب، ملکه تخم را بدون دریافت اسپرمتوزئید از مهبل عبور می‌دهد. هسته اولیه تخم بدون برخورد با اسپرمتوزئید به انتهای دیگر تخم منتقل می‌شود و سپس با تقسیم‌های میتوز، رشد و نمو زنبور آغاز می‌گردد. هسته این نوع تخم بالغ فقط ۱۶ کروموزوم دارد و چون اسپرمتوزئید به آن اضافه نشده است، زنبور نر حاصل فقط ۱۶ کروموزوم خواهد داشت. این روش تولیدمثل را بکرزایی^۴ می‌نامند (۱۳).

1- Spermatheca

2- Oviduct

3- Vulva

4- Parthenogenesis



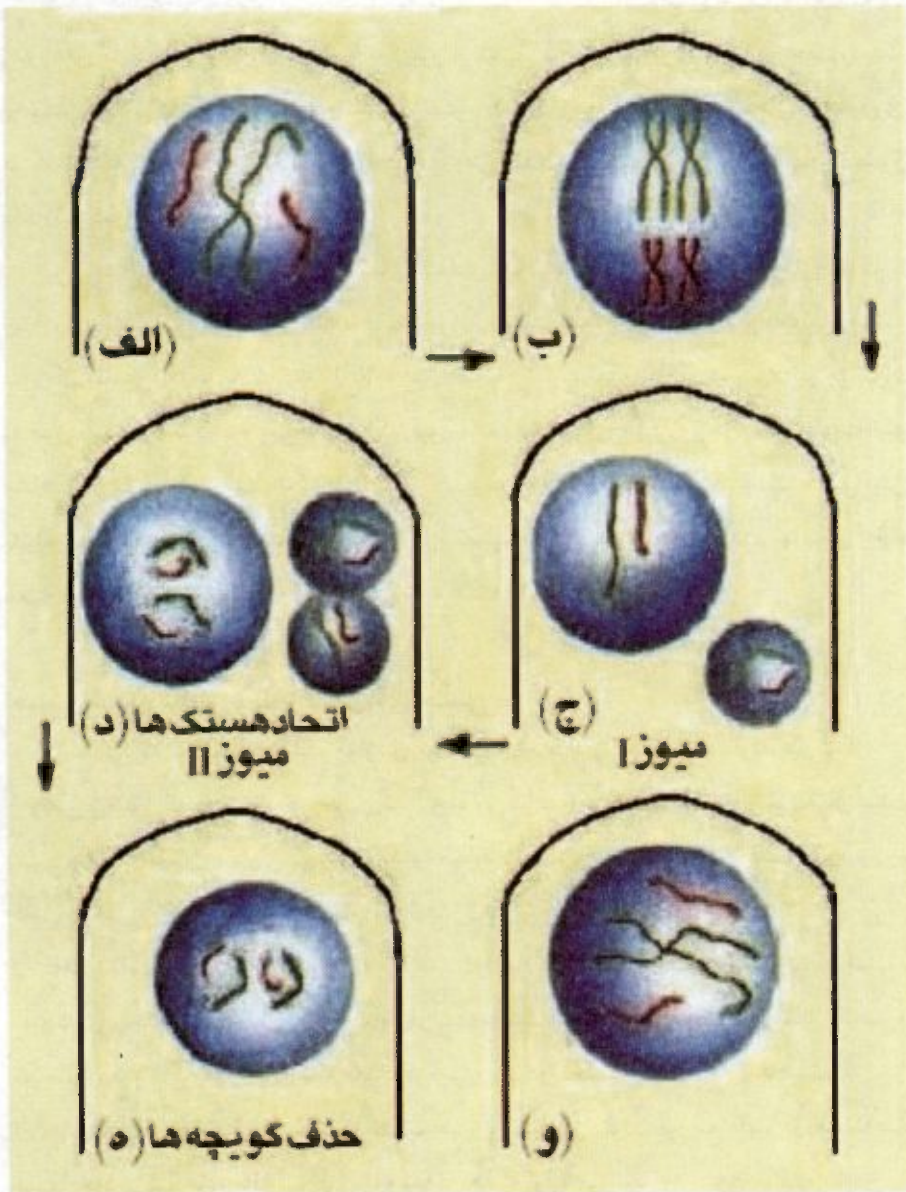
▲ شكل ١-٥- لقاح تخم زنبور عسل به وسيلة اسپرماتوزويد

پدیده جالب توجه دیگر این است که در بیشتر نژادها، تخم‌های غیربارور ملکه یا زنبورهای کارگر (در وضعیت خاص) به زنبور نر تبدیل می‌شوند. زنبور کارگر در حضور ملکه تخم‌گذاری نمی‌کند؛ ولی در نژاد کاپنسیس^۱ (تصویر ۲-۲۱) زنبورهای کارگر تخم‌های غیرباروری می‌گذارند که اکثر آنها به زنبور ماده (۲n کروموزومی) تبدیل می‌شود و حتی در زمان حضور ملکه نیز کمی تخم‌گذاری می‌کنند.

این نژاد زنبور عسل قادر است ماه‌های متمادی بدون ملکه باقی بماند و زنبورهای کارگر با این روش تولید مثل می‌کنند و بدون آن‌که زنبور نر تولید کنند، به زندگی خود ادامه می‌دهند تا در زمان مناسبی، ملکه تولید کنند. از لاروهای حاصل از زنبورهای کارگر این نژاد نیز می‌توان به طور مصنوعی ملکه پرورش داد. تولید زنبور ماده از تخم‌های غیربارور در دیگر نژادها نیز مشاهده می‌شود؛ ولی نسبت تولید آنها بسیار کم و در حدود ۱ تا ۲ درصد است. دلیل این پدیده، به وجود آمدن دو هستک در مرحله دوم تقسیم میوز و سپس متحد شدن آنها برای ایجاد هسته اصلی سلول (تصویر ۱-۶) گزارش شده است (۱).

اهمیت تقسیم سلولی و بلوغ سلول‌های جنسی

- از مطالبی که توضیح داده شد، مواردی که در اصلاح نژاد زنبور اهمیت دارد، عبارت از:
- ۱- تقسیم میتوز که در زنبور در حال رشد انجام می‌گیرد، باعث می‌شود تمام سلول‌های بدن زنبور به تعداد مساوی، دارای کروموزوم‌های مشابه باشند. از آنجا که هر جفت کروموزوم حامل ژن‌های به‌خصوصی است، تمام سلول‌ها ژن‌های یکسانی دارند.
 - ۲- کاهش تعداد کروموزوم‌ها از ۳۲ به ۱۶ عدد در زمان بلوغ و تولید سلول‌های جنس ماده، سازوکاری ایجاد می‌کند که با آن، تخم بارور شده همیشه دارای ۳۲ کروموزوم باشد. (تخم و اسپرماتوزئید ۱۶ کروموزوم دارند). تعداد کروموزوم‌ها در تخم بارور نیز ۳۲ عدد است.
 - ۳- جدا شدن دو کروموزوم مشابه در تقسیم میوز و تصادفی بودن توزیع آنها در هسته‌ها، سبب ایجاد ترکیب‌های متفاوت کروموزوم‌ها در هسته اولیه می‌شود.



▲ شکل ۱-۶- ایجاد هسته دیپلوئید در تخم غیر بارور زنبور عسل

- ۴- چون زنبور نر از تخم تلقیح نشده یا گامت ماده به وجود می آید، از نظر اصول ژنتیک معادل گامت است و نسل جدید منظور نمی شود.
- ۵- هنگام تولید و تکثیر سلول های جنسی نر، کاهش کروموزومی صورت نمی گیرد و تمام اسپرماتوزئیدها ژن های کاملاً یکسان بدنی دارند. بنابراین، اسپرماتوزئید در زنبور نر معادل گامت مادری است که میلیون ها برابر تکثیر شده است.
- ۶- بعد از آمیزش ملکه با یک زنبور نر، تمام اسپرماتوزئیدهای موجود در کیسه ذخیره اسپرم ملکه یکسان است و تفاوت های ژنتیک، که در زنبورهای کارگر نتاج آنها دیده می شود، به دلیل تفاوت در گامت هایی است که خود ملکه تولید می کند.
- ۷- تفاوت های ژنتیک بین زنبورهای نر به سبب تفاوت موجود در گامت های ملکه است.

آلل های جنسی^۱ در زنبور عسل

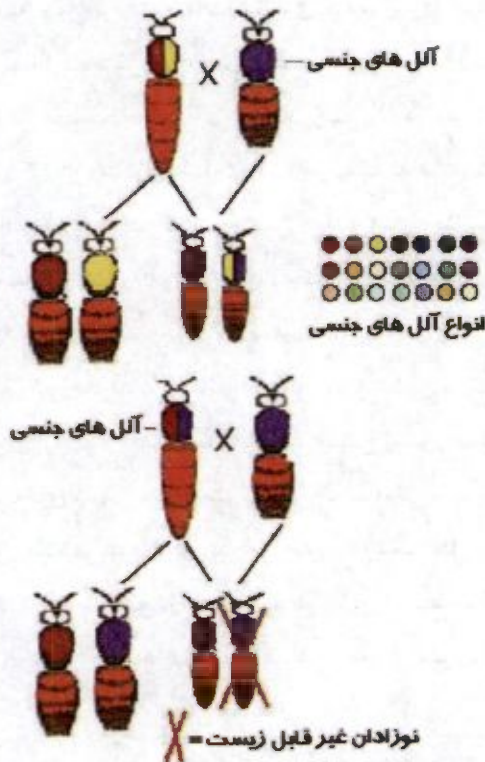
همان گونه که توضیح داده شد، ژن ها، که عامل توارث صفات اند، روی کروموزوم ها قرار دارند. نوع جنس (نر و ماده) در موجودات گوناگون، با کروموزوم های جنسی (XY, XX) یا (XZ, XX) تعیین می شود؛ ولی در زنبور عسل فقط یک مکان ژنی (مکان ژنی X) در تعیین جنس نقش دارد. در این جایگاه ژنی، حدود ۲۲ آلل متفاوت شناخته شده است که به صورت a_1, a_2, a_3 تا a_{22} نشان داده می شوند. این آلل های تعیین کننده جنس را آلل های جنسی می نامند. اگر در یک زنبور دو آلل جنسی متفاوت (مثلاً a_7 و a_3) باشد، جنس آن ماده است. اگر در سلول های زنبور فقط یک آلل جنسی موجود باشد، جنس آن نر است (۶، ۷۶).

در راسته بال غشاییان^۲ (راسته مربوط به زنبورهای عسل)، تأثیر این آلل ها افزایشی است؛ به این صورت که اگر یک آلل باشد، جنس زنبور نر و اگر بیشتر باشد، جنس زنبور ماده خواهد شد. ولی به طور اختصاصی، در گونه های زنبور عسل معمولی، این اثر افزایشی وجود ندارد. اگر آلل ها متفاوت باشند، جنس زنبور ماده می شود و در غیر این صورت (یک آلل یا آلل های یکسان) جنس زنبور نر خواهد شد. از آن جا که در هر تخم غیربارور، فقط یک کروموزوم (یا یک آلل جنسی) وجود دارد، جنس زنبور حاصل نر می شود. در بعضی موارد و

در هنگام آمیزش‌های طبیعی و به‌خصوص آمیزش‌های خویشاوندی، که دو آلل جنسی مشابه (نظیر a_1 و a_2) در یک تخم بارور قرار می‌گیرند، جنس زنبور حاصل نر دیپلوئید است. در حالت طبیعی، زنبورهای کارگر لاروهای حاصل از این تخم‌ها را لحظه‌ای پس از تفریح می‌کشند و به بیرون کندو منتقل می‌کنند (تصویر ۱-۷).

ممکن است این پدیده به دلیل نبود فرمون مناسب در این نوع لارو باشد (۶). بنابراین، این نوع لارو زنبور نر داخل سلول زنبورهای کارگر است؛ ولی فرمون مخصوص لارو زنبور کارگر تولید نمی‌کند. از آن‌جا که دو آلل جنسی در کروموزوم‌های ملکه متفاوت است، از هر ملکه دو نوع زنبور نر تولید می‌شود. به‌علاوه، ممکن است در کیسه ذخیره اسپرم ملکه، تا ۲۲ نوع آلل جنسی متفاوت (اسپرماتوزئیدهای گوناگون)، که حاصل آمیزش با زنبورهای نر متفاوت است، موجود باشد. در مواردی که مجموع کروموزوم‌های ملکه و کروموزوم‌های اسپرماتوزئیدهای

موجود در کیسه ذخیره اسپرم او، دارای حداقل ۶ آلل جنسی متفاوت باشد، در بخش زیادی از سلول‌های (مخصوص زنبورهای کارگر) شان‌ها تخم‌گذاری می‌کند. در غیر این صورت، سلول‌ها خالی می‌مانند یا زنبور نر (به‌خصوص دیپلوئید) تولید می‌شود. بنابراین، در آمیزش طبیعی ملکه استفاده از زنبورهای نر حاصل از چند ملکه متفاوت توصیه می‌شود (۷۶).



► شکل ۱-۷- آلل‌های جنسی

در زنبور عسل

بعضی از اصول اساسی توارث صفات در زنبور عسل

معمولاً در نژادهای زنبور عسل، شباهت‌های ویژه‌ای مشاهده می‌شود. برای مثال، زنبورهای نژاد ایتالیایی^۱، شباهت زیادی به هم دارند. تمام زنبورهای این نژاد، یک لکه شکمی زردرنگ دارند. زنبورهای ایتالیایی نه فقط با زنبورهای نژادهای دیگر در لکه‌های بدنی تفاوت دارند، بلکه در رنگ نیز با هم متفاوت‌اند. عامل تشابه نسل‌های متوالی یک نژاد به هم، وراثت^۲ است. ولی گاه بین زنبورهای یک نژاد نیز تفاوت وجود دارد که در اثر تنوع اتفاق می‌افتد. مطالعه وراثت صفات در زنبور عسل، به سبب تغییرات گسترده در ظاهر (در اثر عوامل محیطی) و مشکل بودن تشخیص یک صفت در ملکه، زنبورهای کارگر و نر، پیچیده است. برای مثال، رنگ معمول چشم زنبور، سیاه است. ولی گاه در یک کلنی، از زنبورهای چشم سیاه، زنبورهای نری پدید می‌آیند که رنگ چشم آنها سفید است (تصویر ۱-۸).

به‌علاوه، لکه‌های شکمی زنبورهای نر نیز متغیر است و امکان دارد تغییرات ظاهری دیگری نیز در آن بروز کند. امکان دارد ژن‌هایی که بر یک صفت اثر می‌گذارند، آلل نباشند. در نتیجه، چند ژن بر یک صفت تأثیر می‌گذارند. برای مثال، چهار ژن متفاوت در مکان‌های ژنی گوناگون وجود دارند که رنگ سفید چشم را تولید می‌کنند و آلل یک‌دیگر نیستند.

اگر زنبور ماده‌ای در یک صفت خالص باشد، نتاج آن زنبور همیشه باید این صفت را داشته باشد؛ زیرا تمام سلول‌های تناسلی تولید شده مربوط به این صفت، ژن‌های یکسان دارند. اما اگر آلل‌های آن صفت غیریکسان باشند، نتاج زنبورها همیشه همان صفت را بروز نمی‌دهند؛ زیرا نصف گامت‌ها یک نوع آلل و نصف دیگر، نوع دیگری آلل دریافت می‌دارند.

از آن‌جا که زنبورهای نر یک مجموعه کروموزومی دارند، فقط حامل یک عدد از هر جفت آلل هستند و در هر مکان ژنی به‌خصوص، آلل سیاهی چشم یا آلل سفیدی چشم (و نه هر دو) موجود است. در این صورت، فقط یک آلل صفت را کنترل می‌کند و در نتیجه، زنبور نر برای ژن‌ها خالص (هموزیگوس) است و گامت‌های تولید شده، آلل‌های یکسانی دارند. ژن‌های زنبور نر را می‌توان کاملاً وابسته به جنس فرض کرد.

1- *Apis mellifera linguistica*

2- Heredity



▲ شکل ۱-۸ - زنبورهای عسل با چشمان سفید

ژن‌ها بر هم نیز تأثیر می‌گذارند و به این عمل اپیستازی^۱ می‌گویند. یعنی یک ژن اثر ژن دیگر را خنثی می‌کند. همچنین در صفات کمی، آلل‌های یک ژن بر هم اثر تکمیلی یا افزایشی دارند. به این ترتیب، با افزایش تعداد آلل‌های مورد نظر، تأثیر ژن بر آن صفت بیشتر می‌شود و میزان (مقدار) آن صفت افزایش می‌یابد. با توجه به این‌که اغلب صفات کمی (تولیدی و اقتصادی) تحت تأثیر ژن‌هایی با اثر افزایشی قرار دارند و اثر این ژن‌ها قابلیت توارث دارد (برعکس اثر ژن‌ها با اثر غلبه و اپیستازی که قابلیت توارث ندارد)، اهمیت آنها در اصلاح نژاد بسیار زیاد است. شایان ذکر است که این صفات، تحت تأثیر وضعیت محیطی نیز قرار دارند.

1- Epistasis

همان‌طور که می‌دانید، رنگ طبیعی چشم زنبور سیاه است؛ اما گاه زنبورهای نری با رنگ چشم سفید یا سبز - زرد یا قرمز یا فاقد رنگ پیدا می‌شوند. این انحرافات از حالت طبیعی در اثر تغییر ساختمان آلل‌های آن است و عامل یک ژن تغییر یافته را جهش (موتاسیون) می‌نامند. معمولاً ژن‌های جهش یافته، در مقایسه با ژن‌های طبیعی، حالت مغلوب دارند (۲۳).

هرگاه در نتیجه جهش در یک مکان ژنی، بیش از یک نوع آلل به وجود آید و با وجود این‌که سلول بیش از دو آلل در هر مکان ژنی ندارد، در مجموع، ژن مورد نظر بیش از دو آلل دارد. از دو آلل تولید شده در مکان ژنی جهش یافته در یک زنبور ماده، دو عدد و در یک زنبور نر فقط یک عدد موجود است. در این موارد، ژن اصلی (ژن‌های وحشی) یک سری آلل تولید می‌کنند که به آن آلل‌های چندگانه می‌گویند. این موضوع را می‌توان در مورد یک سری آلل در یک مکان ژنی (ch) مربوط به رنگ چشم زنبور بررسی کرد که به صورت $(ch)_b$ (سیاه طبیعی)، $(ch)_r$ (سبز - زرد)، $(ch)_c$ (سبز - زرد)، $(ch)_y$ (آلبالویی)، $(ch)_p$ (قرمز)، نشان داده می‌شود. در صورتی‌که اگر در سلول‌های یک ملکه دو آلل، یکی طبیعی مربوط به سیاهی رنگ چشم و دیگری جهش یافته مربوط به سفیدی رنگ چشم وجود داشته باشد، ملکه برای هر دو آلل ناخالص است. آلل سیاهی بر آلل سفیدی چشم غالب می‌شود و ملکه سیاه چشم خواهد شد. در حالاتی که آلل غالب (طبیعی) وجود نداشته باشد، حالت‌های دیگری نظیر رنگ‌های سبز - زرد و... بروز می‌کند.

در دوره بلوغ تخم، زمانی که در تقسیم میوز آلل‌های مربوط به رنگ چشم از هم جدا می‌شوند، یکی از آنها در هسته اولیه تخم باقی می‌ماند و دیگری در اجسام قطبی حذف می‌شود. این‌که کدام آلل در هسته اولیه تخم باقی می‌ماند، تصادفی است و به طور متوسط هر آلل ۵۰ درصد احتمال باقی ماندن دارد. بنابراین، تقریباً نصف تخم‌ها دارای آلل سیاه رنگ چشم و نصف دیگر دارای آلل سفیدی رنگ چشم است. اگر این تخم‌ها بارور نشوند، با نسبت یک به یک، به زنبور نر سیاه چشم و سفید چشم تبدیل خواهند شد.

جدا شدن آلل‌ها در تقسیم میوز و توزیع آنها در گامت‌های متفاوت (که امکان بروز مجدد اثر هریک از آنها بر صفات خاصی است)، تفرق^۱ صفات نامیده می‌شود. تفرق، ویژگی ثابت توارث صفات در تمام موجودات دیپلوئید است. ژن‌های (روی) کروموزوم‌های مشابه (همولوگ) مستقل از ژن‌های سایر کروموزوم‌ها تفرق می‌یابند و در سلول‌های جنسی توزیع می‌شوند. برای مثال، اگر فرض شود آلل‌های W و w ، که بر رنگ چشم اثر دارند، روی یک جفت کروموزوم همولوگ و آلل‌های B و b ، که بر رنگ نوارهای پشتی شکمی اثر دارند، روی یک جفت کروموزوم همولوگ دیگر قرار گرفته‌اند، ژن‌های W و w مستقل از ژن‌های B و b خواهند بود. نصف گامت‌ها W و نصف دیگر w و نصف آنها B و نصف دیگر b دریافت خواهند داشت. اما یک احتمال یکسان وجود دارد که W و B یا w و b وارد یک گامت شوند. در نتیجه، چهار نوع گامت با فراوانی‌های مساوی WB و wB و wB و wb تشکیل می‌شود (جدول ۱-۲). تفرق و توزیع مستقل ژن‌ها را در این ترکیبات، دسته‌بندی مستقل ژن‌ها گویند که از اصول اساسی توارث صفات (صفات کیفی) است (۱۸، ۲۳).

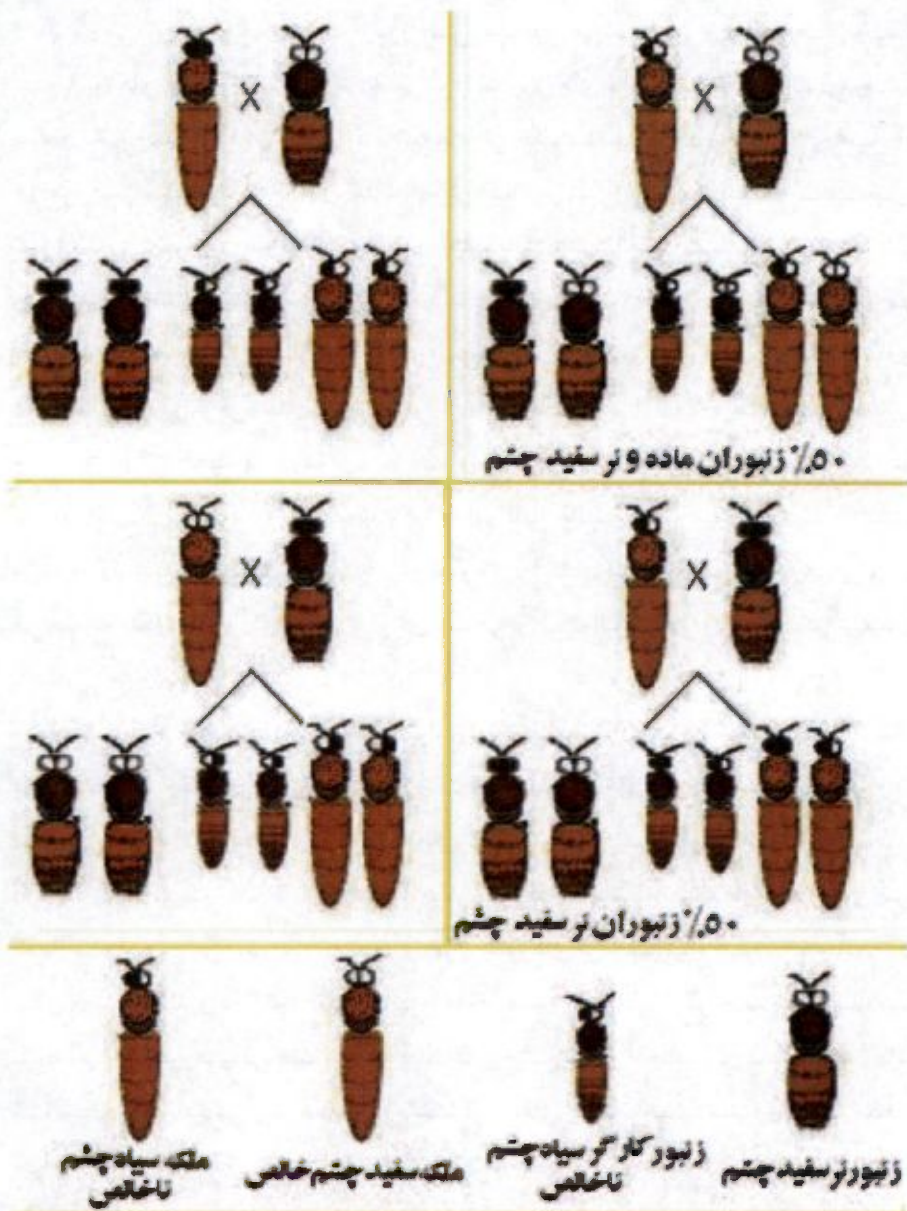
امکان دارد ژن سیاهی رنگ چشم، روی کروموزومی باشد که ژن غالب دیگری مربوط به یک صفت مستقل دیگر قرار دارد. از آن‌جا که هر دو روی یک کروموزوم قرار دارند، هنگام تشکیل گامت‌ها از یکدیگر جدا نمی‌شوند و هم‌زمان وارد یک گامت می‌شوند. این ژن‌ها را ژن‌های پیوسته^۲ می‌نامند. در تقسیم میوز، زمانی که کروموزوم‌های مشابه جفت می‌شوند، قسمت‌های معینی در نقطه تلاقی به صورت کراسینگ‌آور با هم معاوضه می‌شوند. در نتیجه، ممکن است این دو ژن از هم جدا و در گامت‌های متفاوتی وارد شوند و در آن‌جا با ژن‌های دیگری پیوند یابند. این پیوستگی، تا کراسینگ‌آور بعدی برقرار خواهد ماند. معمولاً متخصصان ژنتیک در یک زمان تعداد کمی از ژن‌ها را بررسی می‌کنند.

W	B	B	b
w	B	wB	wb
W	w	WB	Wb
w	w	wB	wb

توارث رنگ چشم در زنبور عسل

با بررسی تواریخ رنگ چشم در زنبور عسل، مشخص می‌شود از برخی ملکه‌های چشم سیاه، زنبورهای کارگر چشم سیاه تولید می‌شود؛ اما زنبورهای نر حاصل از آنها نیمی چشم سیاه و نیمی چشم سفید می‌شوند. اگر زنبورهای نر چشم سفید با زنبورهای نر حاصل از خواهر چشم سیاه خود (ملکه‌های جدید) آمیزش کنند، در نیمی از آمیزش‌ها با نسبت‌های تقریباً مساوی زنبورهای کارگر چشم سیاه و چشم سفید و نیز با همان نسبت‌ها، زنبورهای نر چشم سیاه و چشم سفید حاصل می‌شود. در نیم دیگر آمیزش‌ها، فقط زنبورهای کارگر و نر چشم سیاه تولید خواهد شد. از آن‌جا که در نسل اول از ملکه، هم زنبورهای نر چشم سیاه و هم چشم سفید تولید می‌شود، باید برای عوامل تولید رنگ چشم (ژن) ناخالص (هتروزیگوس) باشد. این عوامل اغلب با حروف اول نام ژن‌های جهش یافته مشخص می‌شوند. بنابراین در این مورد، ژن (آلل) مغلوب رنگ سفیدی را با w و آلل غالب رنگ سیاهی را با W نشان می‌دهند. ژنوتیپ و فنوتیپ ملکه و نتایج در تصویر ۱-۹ نشان داده شده است. این تصویر نشان می‌دهد که ملکه (مادر) حامل یک آلل برای سیاهی و یک آلل برای رنگ چشم سفید و ناخالص (هتروزیگوس) است.

ملکه دو نوع تخم و به تعداد مساوی تولید می‌کند که می‌توان آنها را با مضرب‌های ۲ نشان داد. در تصویر، چهار تخم نشان داده شده است که دو عدد از آنها بارور نشده‌اند و به زنبور نر تبدیل می‌شوند و دو عدد بارور و به زنبورهای کارگر تبدیل می‌شوند. از هر گروه، یک تخم، آلل رنگ سیاه و یک تخم آلل رنگ سفید چشم را دارد. تمام اسپرماتوزیدهای زنبورهای نر، که با ملکه آمیزش می‌کنند، یکسان است و چون زنبورهای نر چشم سیاه هستند، تمام آنها ژن سیاهی چشم دارند و در نتیجه آمیزش آنها با ملکه، همه زنبورهای کارگر چشم سیاه شده‌اند. نتیجه آمیزش زنبورهای نر چشم سفید با ملکه‌های چشم سیاه و ناخالص در شکل نشان داده شده است. نتایج آمیزش زنبورهای نر و ماده با نسبت‌های یکسان چشم سیاه و چشم سفید خواهند بود (۱۸، ۲۳).

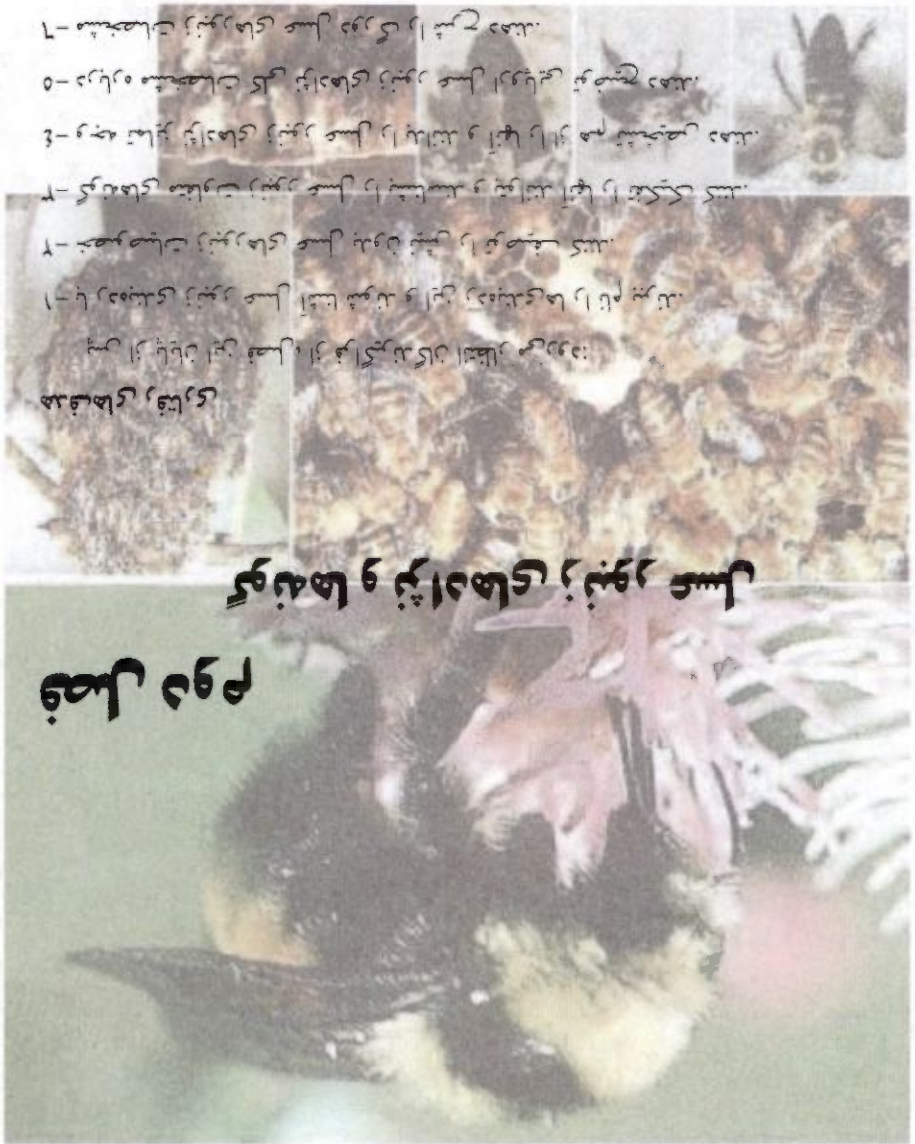


▲ شکل ۱-۹- نحوه توارث رنگ چشم در زنبور عسل

خودآزمایی

- ۱- تفاوت ساختمانی آر.ان.ا با دی.ان.ا در چیست؟
- ۲- اغلب صفات اقتصادی هستند و محیط بر آنها..... تأثیر دارد.
- الف) کیفی - زیاد ب) کیفی - کم ج) کمی - زیاد د) کمی - کم
- ۳- تفاوت تقسیم میوز در زنبور نر و زنبور ماده را توضیح دهید.
- ۴- نحوه تعیین جنس در زنبور عسل را توضیح دهید.
- ۵- نحوه توارث رنگ چشم را در زنبور عسل رسم کنید.

- ۱- پاره‌های زنبور عسل در باغچه
- ۲- زنبور عسل در حال پرواز
- ۳- زنبور عسل در حال تغذیه از گل
- ۴- زنبور عسل در حال پرواز
- ۵- زنبور عسل در حال پرواز
- ۶- زنبور عسل در حال پرواز
- ۷- زنبور عسل در حال پرواز



زنبور عسل و پاره‌های زنبور عسل

فصل دوم

هدیه‌های رفتاری

رده‌بندی زنبور عسل

زنبور عسل از شاخه^۱ بندپایان^۲ (دارای اتصال پاها) و رده^۳ حشرات^۴ (دارای سه قسمت سر، سینه و شکم) است. رده حشرات یا شش‌پایان^۵ از ۳۱ رسته^۶ تشکیل شده است. یکی از این رسته‌ها، بال‌غشاییان (دارای بال‌های غشایی) است. در این رسته، ۱۵ بالاخانواده^۷ قرار دارد که یکی از آنها بالاخانواده آپوئیده^۸ یا زنبورهاست.

بالاخانواده آپوئیده خود از ۸ خانواده^۹ تشکیل شده که یکی از آنها خانواده آپیده^{۱۰} است. خانواده آپیده نیز به سه زیرخانواده^{۱۱} بومبینه^{۱۲} (زنبورهای بامبل^{۱۳})، ملیپونینه^{۱۴} (زنبورهای بدون نیش) و آپینه^{۱۵} (زنبورهای عسل دارای رقص جهت‌یابی نعل اسبی شکل) تقسیم می‌شود. زیرخانواده بومبینه هم بدون نیش‌اند و جنس^{۱۶} بامبوس^{۱۷} (نظیر آتراتوس^{۱۸}) را شامل می‌شوند. زیرخانواده ملیپونینه سه جنس زنبورهای بدون نیش به نام‌های اسکاپتری‌گونا^{۱۹} (نظیر پوستیکا^{۲۰})، تری‌گونا (لانه موریان‌های) و ملیپونا^{۲۱} (نظیر کوادریفاسیاتا^{۲۲}) هستند. تمام گونه‌های^{۲۳} (معمولی) زنبور عسل در زیرخانواده آپینه دارای زندگی اجتماعی پایدار و از جنس آپیس^{۲۴} هستند (تصویر ۲-۱).

1- Phylum	2- Athropoda	3- Class	4- Insecta
5- Hexapoda	6- Order	7- Super family	8- Apoidea
9- Family	10- Apidae	11- Sub family	12- Bombinae
13- Bumble bees	14- Meliponinae	15- Apinae	16- Genus
17- Bambus	18- <i>Bambus atratus</i>	19- <i>Scaptotrigon</i>	20- <i>Scaptotrigona postica</i>
21- Melipona	22- <i>Melipona quadrifascitata</i>		
24- Apis	۲۳- گونه (Species) : مجموع افراد مشابهی که با هم آمیزش و نتاج بارور تولید کنند.		

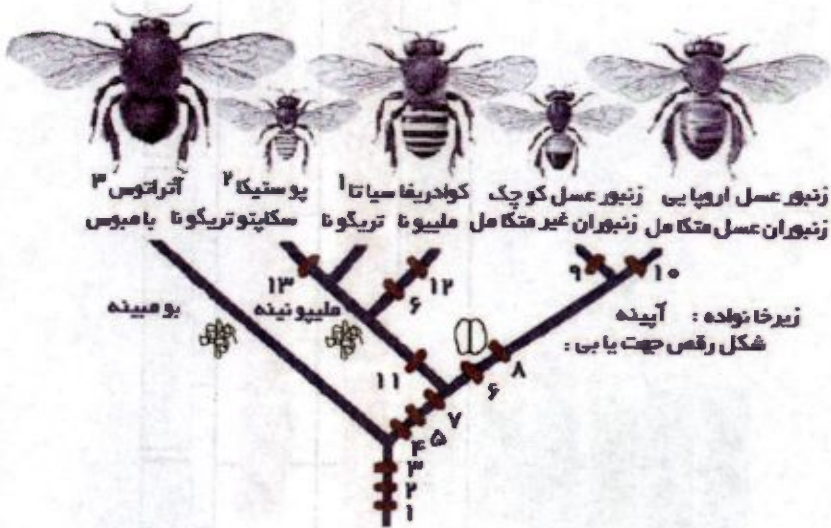
تاکنون در دنیا ۹ گونه زنبور عسل شناخته شده است که یک گونه آن، زنبور عسل غربی^۱، منشأ اروپایی دارد و گونه‌های زنبور عسل قرمز^۲، زنبور عسل هندی^۳، زنبور عسل بزرگ^۴، زنبور عسل هیمالیایی^۵، زنبور عسل کوچک^۶، زنبور عسل ریز^۷، زنبور عسل نولنسیس^۸ و نیگروسینکتا^۹، با منشأ آسیایی هستند. پنج گونه اول در داخل کندو یا محوطه محصور، روی شان‌های متعددی که درست می‌کنند، به زندگی می‌پردازند و نحوه مکالمه و ارتباط بین آنها بیشتر تکامل یافته است، رقص‌های جهت‌یابی روی شان‌های عمودی صورت می‌گیرد و از نظر اقتصادی (به‌خصوص گونه غربی) اهمیت زیادی دارند. ولی گونه‌های دیگر به‌صورت آزاد زندگی می‌کنند، رقص‌های جهت‌یابی روی سطح افقی صورت می‌گیرد و در داخل محیط بسته (کندو) زندگی نمی‌کنند. گونه‌های زنبور عسل بزرگ و هیمالیایی یک شان بزرگ تولید می‌کنند که معمولاً به شاخه اصلی درختان یا صخره‌ها آویزان است. گونه‌های زنبور عسل کوچک و ریز یک قطعه شان تولید می‌کنند که به شاخه‌ها آویزان است یا روی شاخه درختان قرار می‌گیرد (۴۶).

از گونه‌های زنبور عسل موجود در دنیا، زنبور عسل غربی در اغلب نقاط دنیا و ایران (به‌جز مناطق کویری) وجود دارد که رایج‌ترین گونه و دارای ارزش اقتصادی بسیار است. گونه زنبور عسل کوچک فقط در قسمت جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی ایران وجود دارد (۱). گونه زنبور عسل غربی شامل بیش از ۲۴ نژاد^{۱۱} است که مهم‌ترین آنها زنبور عسل تیره اروپا^{۱۱}، ایتالیایی^{۱۲}، کارنیولان^{۱۳} و قفقازی^{۱۴} و در ایران، نژاد ایرانی^{۱۵} است. تصویر ۱-۲ و چارت پایین رده‌بندی زنبور عسل را نشان می‌دهد.

- | | | |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1- <i>Apis mellifera</i> L | 2- <i>Apis koschevnikovi</i> | 3- <i>Apis cerana</i> F |
| 4- <i>Apis dorsata</i> F | 5- <i>Apis laboriosa</i> | 6- <i>Apis forea</i> |
| 7- <i>Apis andreniformis</i> | 8- <i>Apis nuluensis</i> | 9- <i>Apis nigrosinecta</i> |

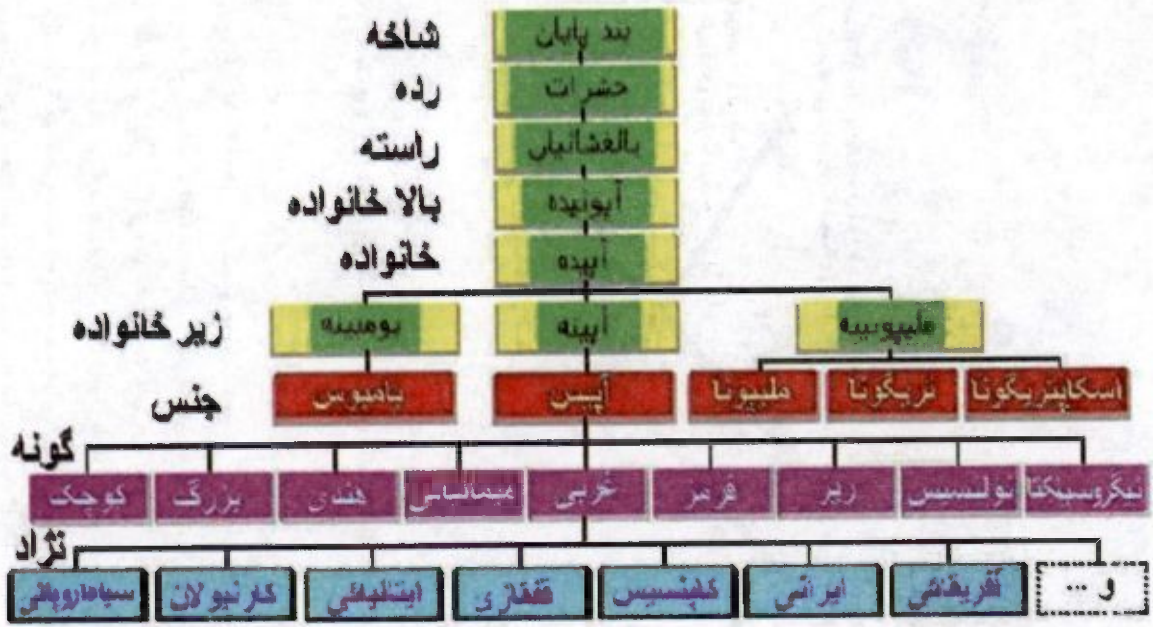
۱۰- نژاد بخشی از جمعیت یک گونه است که در موقعیت جغرافیایی و اقلیمی یک منطقه، در مقایسه با بقیه جمعیت همان گونه، خصوصیات ظاهری و رفتاری متفاوتی دارد.

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 11- <i>Apis mellifera mellifera</i> L | 12- <i>A. m. linguistica</i> spin |
| 13- <i>A. m. carnica</i> pollmann | 14- <i>A. m. caucasica</i> |
| 15- <i>A. m. meda</i> | |



▲ شکل ۲-۱- رده‌بندی و مشخصات زیست‌رفتاری خانواده آئیده (۴۶)

- ۱- زنبورها از محل زندگی (کلنی) خارج می‌شوند؛ ۲- زنبورهای کارگر شهید را کنترل می‌کنند و به داخل کلنی می‌آورند؛ ۳- محل منبع غذایی را به زنبورهای کلنی نشان می‌دهند؛ ۴- منابع غذایی را در دستگاه گوارش (عسلدان) تغییر شیمیایی و فیزیکی می‌دهند و در داخل کلنی ذخیره می‌کنند؛
- ۵- زنبورهای کارگر برگشتی به کلنی، حرکات و صداهای گوناگونی تولید می‌کنند؛ ۶- شدت صدای تولید شده با نوع منبع غذایی ارتباط دارد؛ ۷- چند زنبور کارگر رقص جهت‌یابی انجام می‌دهند؛ ۸-
- شکل رقص جهت‌یابی، نعل اسبی است؛ ۹- رقص جهت‌یابی روی شان‌های عمودی صورت می‌گیرد؛
- ۱۰- رقص جهت‌یابی روی سطح افقی انجام می‌شود؛ ۱۱- زنبورهای دیگر را هدایت می‌کنند؛ ۱۲-
- پروازهای زیگزاگ انجام می‌دهند؛ ۱۳- با ترشح فرمون ردپا می‌گذارند (مانند مورچه‌ها).



زنبورهای عسل بدون نیش

زیرخانواده‌هایی از زنبور عسل به صورت اجتماعی زندگی می‌کنند که برخلاف زیرخانواده آپینه (زنبور عسل معمولی)، نیش ندارند. جنس‌ها و گونه‌های متفاوت این نوع زنبورها به صورت بومی در مناطق استوایی آسیا، آفریقا، استرالیا و آمریکا زندگی می‌کنند. معمولاً این نوع زنبورها از نظر شکل ظاهری و اندازه بدن تفاوت دارند (تصویر ۲-۱).

ملکه سر بزرگ‌تری دارد و بدنش با موی زیاد پوشیده شده است. کلنی آنها دارای میانگین تولید عسل ۴ کیلوگرم در سال است که ارزش غذایی آن بیشتر و در نتیجه، گران‌تر است. اما کنترل و نگهداری کلنی این زنبورها راحت‌تر است. با آن‌که این نوع زنبورها نیش ندارند، دارای خصوصیتی هستند که می‌توانند در هنگام خطر، از خود دفاع کنند و این خصوصیات ممکن است حتی برای انسان نیز نامطلوب باشد. سازوکار دفاعی آنها در برابر انسان، گاز گرفتن، به سوزش آوردن چشم یا خزیدن روی چشم، گوش و ... است که با ترشح مایعات سوزاننده یا بوی نامطبوع همراه می‌شود. بیش از ۱۲۰ گونه و نژاد آن شناسایی و نام‌گذاری شده‌است که زنبور عسل بامبوس از زیرخانواده بامبینه (تصویرهای ۲-۱ و ۲-۲) نیز از جمله آنهاست.

بعضی از انواع آن آب و هوای سرد را نیز تحمل می‌کنند. ولی تجمع آنها در فصل زمستان به صورت خوشه نیست. بسیاری از زنبورهای بدون نیش گرده‌افشان بسیار خوبی برای بعضی از محصولات کشاورزی به‌شمار می‌روند. آشیانه آنها حفره‌هایی است که ممکن است در داخل درخت و در یک فضای بسته یا در زیر زمین (مانند موریانه) باشد. انواع متفاوت آنها را می‌توان در آفریقا، آسیا و آمریکا، در کندوهای معمولی پرورش داد.

گونه ملیونا آکسس^۱ مربوط به زیرخانواده ملیپونینه را زنبور عسل بدون نیش تنه درختی می‌نامند و می‌توان آن‌را در کندوهای معمولی پرورش داد (۴۶).



▲ شکل ۲-۲- زنبور عسل بدون نیش بامبوس

گونه‌های متفاوت زنبور عسل

اندازه و شکل قسمت‌های بدن در گونه‌های زنبور عسل، تفاوت دارد (تصویر ۲-۳)؛ مشخص‌ترین وجه تمایز ظاهری در بین گونه‌های زنبور عسل (معمولی)، شکل و اندازه دستگام تناسلی زنبورهای نر است. این عامل در جلوگیری از آمیزش بین ملکه و زنبورهای نر گونه‌های متفاوت، اهمیت بسیار دارد. تمام گونه‌ها رقص جهت‌یابی دارند؛ ولی باید توجه داشت که شکل رقص و جهت سطح رقص در این گونه‌ها تفاوت دارد. همان گونه که توضیح داده شد، در گونه‌هایی که داخل محوطه محصور زندگی می‌کنند، رقص جهت‌یابی، روی شان‌های عمودی انجام می‌شود؛ در صورتی که در گونه‌های دیگر، این رقص روی سطح افقی صورت می‌گیرد و فقط یک شان یا یک قطعه شان تولید می‌کنند.

گونه‌های هندی و غربی برای تهویه یا جلب سایر زنبورها، در مدخل کلنی پر می‌زنند و فرمون مخصوصی نیز از آنها به اطراف متصاعد می‌شود. در این حالت، سر زنبورهای گونه هندی به طرف بیرون کندوست؛ ولی سر زنبورهای گونه غربی به طرف درون کندو قرار دارد. عسل‌هایی که گونه‌های متفاوت تولید می‌کنند، از نظر مقدار قند و آنزیم با هم تفاوت دارد. تمام گونه‌های زنبور عسل از کلنی خود دفاع می‌کنند. برای گونه زنبور عسل کوچک، نیش زدن به پوست انسان مشکل است. با وجود این، به شدت به انسان حمله می‌کنند. زنبورهای گونه بزرگ از نظر شدت نیش زدن معروف هستند و با مقدار کمی از فرمون ترشح شده در فضا، تحریک می‌شوند. مقدار فرمون ایزوپنتیل استات^۱ در زنبورهای گونه بزرگ ۴۰، در گونه غربی ۲، در گونه هندی ۱ و در گونه کوچک ۰/۲ میکروگرم است. مقدار سمی بودن زهر زنبور گونه هندی در حدود دو برابر گونه‌های بزرگ و غربی است و زهر زنبور عسل گونه کوچک، کمتر از همه سمی است. معمولاً اگر در یک منطقه انواع گونه‌های زنبور عسل زندگی کنند، بر فعالیت هم اثر می‌گذارند؛ به صورتی که امکان دارد زنبورهای کارگر گونه‌های متفاوت، به کلنی‌های یک‌دیگر حمله و آنرا غارت کنند یا برای جمع‌آوری مواد غذایی به رقابت با هم بپردازند یا بیماری‌ها و آفت‌ها را به هم انتقال دهند. زنبورهای نر نیز ممکن است در طول مدت پرواز آمیزش مزاحمت‌هایی ایجاد کنند یا آنها نیز بیماری‌ها و آفت‌های گوناگون را به یک‌دیگر انتقال دهند (۷). گونه زنبور عسل غربی زیستگاه طبیعی اروپایی دارد و بقیه گونه‌ها دارای زیستگاه طبیعی آسیایی هستند که در تصویر ۲-۴ نشان داده شده است. چهارگونه زنبور عسل کوچک، هندی، بزرگ و غربی اهمیت بیشتری دارند؛ به همین سبب، در مورد آنها توضیح داده می‌شود.



زنبور عسل قرمز



زنبور کارگر



زنبور نر

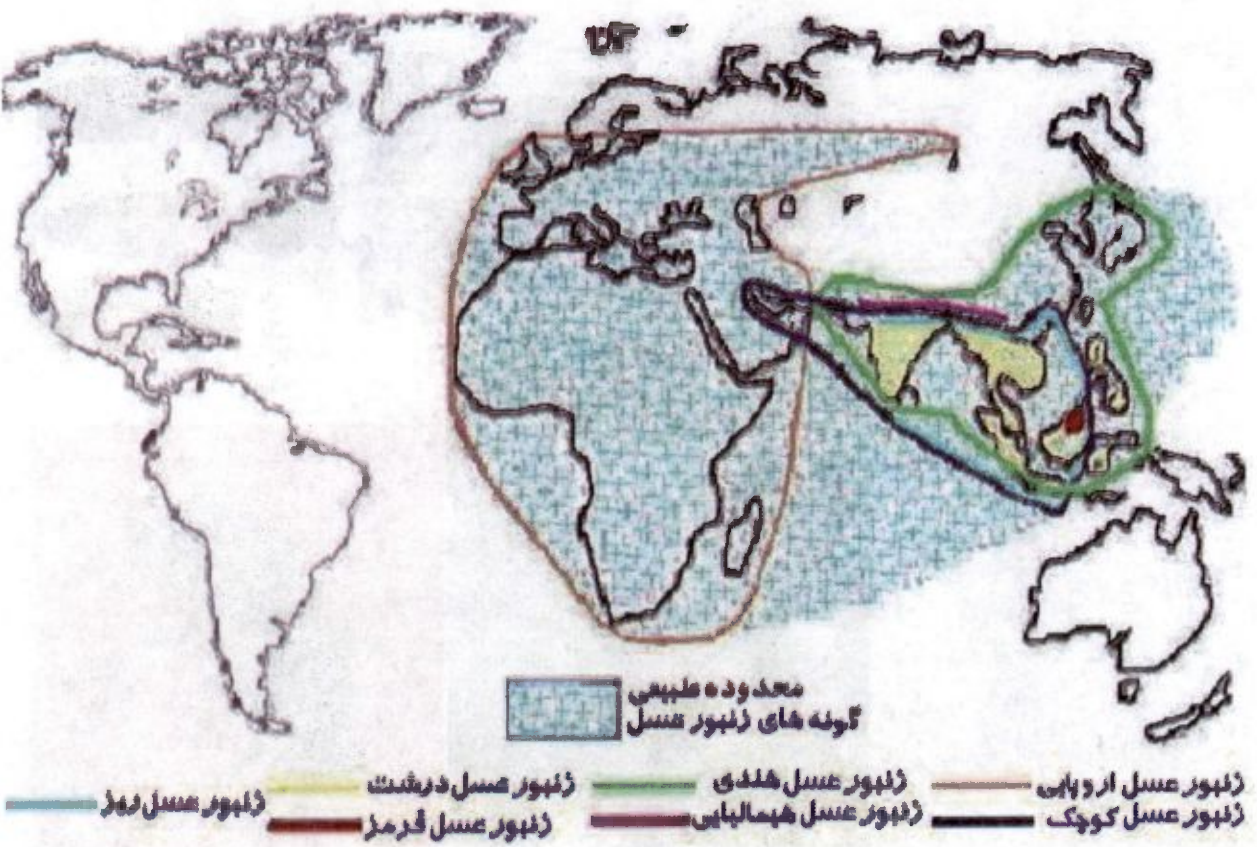


زنبور عسل هیمالیایی: گلش



زنبور عسل ریز

▲ شکل ۲-۳- برخی گونه‌های زنبور عسل



زنبور عسل کوچک

مناطق انتشار این گونه از کشور عمان و جنوب ایران شروع می‌شود و تا شرق کره زمین، اندونزی، ادامه دارد (تصویر ۲-۴). معمولاً در مناطق کم‌ارتفاع زندگی و گاه به مناطق مرتفع‌تر مهاجرت می‌کنند. زنبور عسل کوچک (مانند گونه ریز) فقط یک قطعه شان می‌سازد که ابعاد آن ۲۵ تا ۳۰ در ۱۵ تا ۱۷ سانتی‌متر است و آن‌را در محوطه باز (تصویر ۲-۵) و بیشتر در میان درختان گرمسیری (کنار، لیمو، نخل، انار، یاس و ...) زیر سقف ایوان، داخل شکاف‌های باز کوه‌ها و دیوار داخلی چاه آب (در عمق ۴ تا ۶ متری) مستقر می‌کند.



▲ شکل ۲-۵- گونه زنبور عسل کوچک

رقص جهت‌یابی روی سطح افقی، در روز و بدون تولید صدا صورت می‌گیرد. مقدار متوسط تولید عسل آن زیاد نیست و در ایران ۱ تا ۳ کیلوگرم در هر فصل پرورش است. عسل این گونه زنبور معمولاً متبلور نمی‌شود و از نظر مواد تشکیل‌دهنده، با سایر گونه‌های زنبور عسل تفاوت زیادی ندارد. از آن‌جا که جثه این زنبور کوچک و کلنی آن نیز در محیط باز است و امکان دارد مورد حمله دشمنان طبیعی قرار گیرد، حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد از جمعیت، به طور دائم از کلنی محافظت می‌کنند (۱).

زنبور عسل هندی

این گونه مانند زنبور عسل غربی، در محوطه بسته زندگی می‌کند و از نظر جثه کمی از گونه غربی کوچک‌تر است. در بعضی نقاط آسیا (شمال چین، ژاپن تا سبیری شرقی و به‌خصوص در هندوستان)، برای تولید عسل پرورش داده می‌شود (تصویرهای ۲-۴ و ۲-۶). رقص جهت‌یابی این گونه شبیه گونه غربی در سطح شان‌ها و نعل اسبی شکل همراه با ارتعاش‌های شکمی (صدا) است. کلنی زنبور عسل هندی در سال به‌طور متوسط ۵ تا ۸ کیلوگرم عسل ذخیره می‌کند. این گونه به آفت واروآ مقاوم است و اگر محیط پرورش آن نزدیک به محیط پرورش زنبور عسل گونه غربی باشد، باعث انتقال این آفت به گونه اروپایی می‌شود. دلیل مقاوم بودن این گونه، کوتاه‌تر بودن طول مدت شفیرگی (در مرحله بسته بودن سلول‌ها) است. تشخیص این آفت در سلول‌ها و خروج شفیره آلوده به آفت از سلول‌ها (رفتار بهداشتی) و مبارزه فیزیکی با آن است (۶) که می‌توان از آن به صورت معیارهایی برای ایجاد مقاومت در گونه زنبور عسل غربی استفاده کرد (توضیح بیشتر در فصل سوم).



▲ شکل ۲-۶- گونه زنبور عسل هندی

زنبور عسل بزرگ

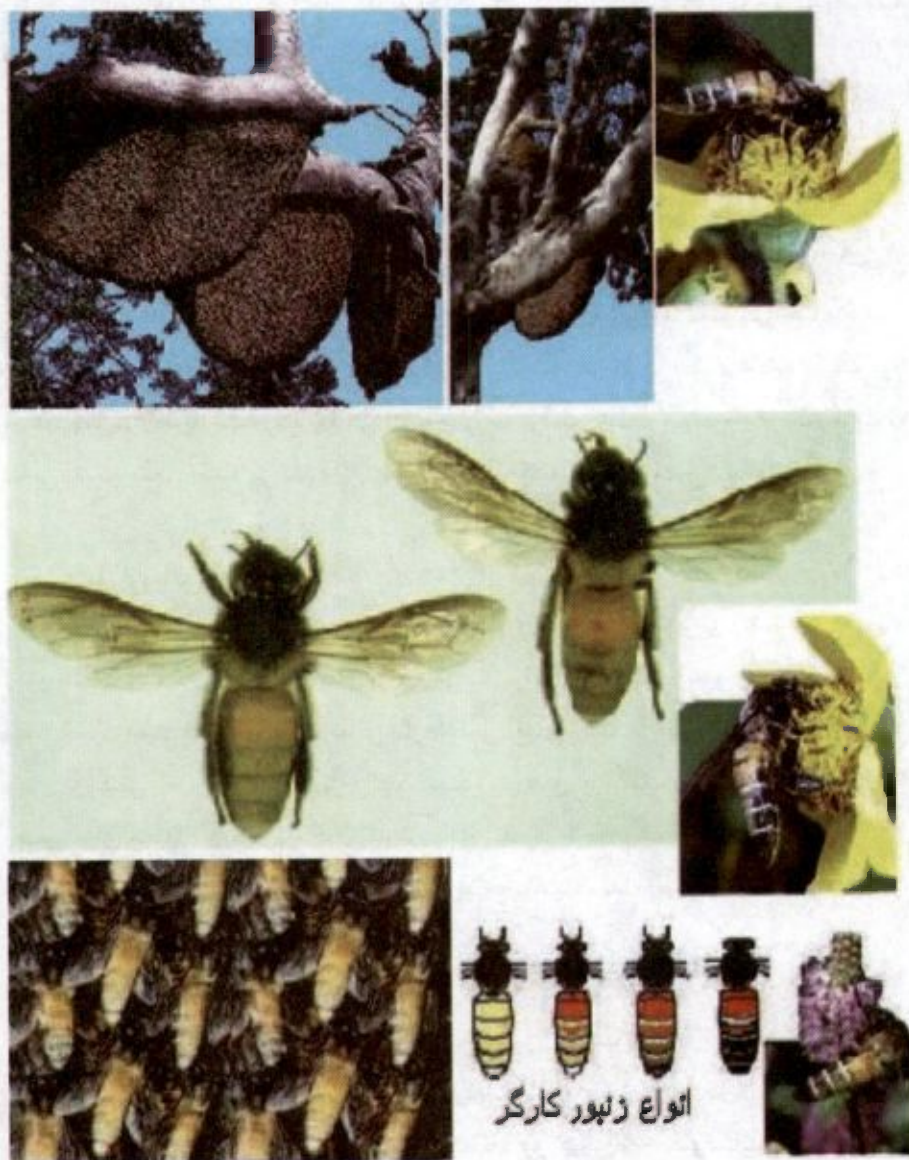
در بین گونه‌های زنبور عسل، این گونه جثه بزرگ‌تری دارد و در ارتفاعات منطقه جنوب غربی هند تا غرب چین گسترش یافته است (تصویر ۲-۴). این گونه در محوطه باز زندگی می‌کند. رقص جهت‌یابی در سطح افقی و همراه با صداست و گاه در شب نیز صورت می‌گیرد. امکان دارد جمعیت یک کلنی آن، تا ۸۰ هزار زنبور داشته باشد. این گونه، مانند گونه هیمالیایی، فقط یک شان بزرگ می‌سازد که ارتفاع آن به ۱۷۰ سانتی‌متر می‌رسد. اندازه سلول‌های زنبورهای کارگر و نر یکسان است. زنبورهای این گونه در ارتفاعات بیشتر از ۲ هزار متر زندگی می‌کنند و شان خود را به شاخه‌های ضخیم درختان، زیر سقف ایوان‌ها و دامنه صخره‌ها متصل می‌سازند (تصویر ۲-۷). میانگین تولید عسل هر کلنی، حدود ۵ تا ۱۰ کیلوگرم در هر فصل پرورش است. رفتار دفاعی آن به صورت توده‌ای است و پس از ترشح فرمون دفاعی، دسته‌جمعی حمله می‌کنند. این زنبور نیز مانند گونه کوچک، مهاجرت می‌کند.

زنبور عسل اروپایی

همان‌طور که توضیح داده شد، این گونه از نظر پرورش، گسترده‌ترین و رایج‌ترین گونه زنبور عسل است که در محوطه بسته زندگی می‌کند. رقص جهت‌یابی نعل اسبی شکل، در سطح عمودی شان‌ها و همراه با ارتعاش‌های شکمی (صدا) است. از نظر جثه، کمی از گونه هندی بزرگ‌تر و از گونه بزرگ، کوچک‌تر است. زنبورهای این گونه، سال‌های طولانی با وضعیت‌های محیطی مناطق گوناگون سازش یافته (تصویر ۲-۴) و به تدریج دارای نژادهای متفاوتی شده‌اند و تغییرات جزئی در رنگ و سایر خصوصیات بدن آنها به‌وجود آمده است.

شناسایی و مقایسه نژادهای زنبور عسل

نژادهای زنبور عسل با بعضی از خصوصیات ظاهری و زیست‌رفتاری قابل تشخیص‌اند. بعضی از این خصوصیات ظاهری (مانند رنگ قسمت‌های متفاوت بدن)، کاملاً مشخص است و با چشم غیرمسلح دیده می‌شود. در صورتی که تعدادی دیگر از خصوصیات به آسانی با چشم غیرمسلح قابل تشخیص نیست و باید آنها را به روش اندازه‌گیری در یک نمونه از جمعیت زنبور عسل (روش بیومتری) مشخص کرد.



▲ شکل ۲-۷- گونه زنبور عسل بزرگ

در میان این دسته از خصوصیات، اندازه قسمت‌های بدن مانند زبان، حلقه‌های سینه و شکم، طول و عرض بندهای پاها، طول و عرض بال‌های عقب و جلو، رگ‌بال‌ها، نسبت رگ‌بال‌ها به هم و زاویه‌های رگ‌بال‌ها و ... اهمیت ویژه‌ای دارد. در میان خصوصیات زیست‌رفتاری، رشد کلنی، فعالیت صحراگردی، موم‌بافی، دفاع از کلنی، تمایل به جمع‌آوری بره‌موم^۱، مقاومت در برابر بیماری‌ها و آفت‌ها، تولید عسل، تولید بچه کندو و نحوه زمستان‌گذرانی نیز حایز اهمیت است. در سال‌های ۱۹۲۵ تا ۱۹۴۰، آلپاتوف^۲ و گوتسه^۳ اصول تشخیص و توصیف نژادهای زنبور عسل در جهان را براساس اندازه‌گیری دقیق خصوصیات ظاهری ارائه دادند. معمولاً برای اندازه‌گیری خصوصیات ظاهری از هر کلنی حداقل ۲۰ زنبور کارگر نمونه‌گیری می‌شود؛ ولی تعداد نمونه کمتر (حداقل ۱۲ زنبور) نیز مورد قبول است. در صورتی که هدف از اندازه‌گیری خصوصیات ظاهری، شناسایی و مقایسه نژادها به روش‌های گوناگون باشد، نمونه بیشتری مورد نیاز است. برای مثال، در روش شناسایی نژادهای زنبورهای آفریقایی، بهتر است ۵۰ زنبور کارگر از هر کلنی نمونه‌گیری شود. در یک بررسی برای مقایسه خصوصیات ظاهری زنبورهای اروپا، آسیا و آفریقا، از هر زنبورستان ۳ کلنی و از هر کلنی ۱۲ زنبور کارگر نمونه‌گیری و مشخص شد که اگر تعداد نمونه از هر کلنی بیشتر از ۱۲ زنبور کارگر باشد، تأثیری بر دقت آزمایش و نتایج آن ندارد (۱۱).

نمونه‌های هر کلنی (زنبور کارگر یا نر) باید در یک محلول خاص نگه‌داری شود تا هنگامی که در آزمایشگاه، عملیات اندازه‌گیری صورت می‌گیرد، خصوصیات ریخت‌شناسی زنبورها ثابت بماند و تغییری در رنگ و اندازه آنها ایجاد نشود. برای این کار، محلول‌های متفاوتی پیشنهاد شد که رایج‌ترین آنها محلول پامپل^۴ است. این محلول از ۳۰ قسمت آب مقطر، ۱۵ قسمت الکل اتیلیک ۹۵ درصد، ۶ قسمت فرمالدئید ۳۸ تا ۴۰ درصد و ۲ قسمت اسید استیک تشکیل شده است. برای مقایسه نژادها و توده‌های زنبور عسل، از صفات متفاوتی استفاده می‌شود که بالغ بر ۳۹ صفت است. بعضی از خصوصیات ظاهری نژادهای زنبور عسل، که در تفکیک و تشخیص آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد و اهمیت بیشتری دارد عبارت‌اند از (۱، ۱۶):

1- Propolis

2- Alpatov

3- Goetze

4- Pampole

۱- رنگ اسکلت خارجی بدن

هر یک از نژادهای زنبور عسل دارای رنگ مخصوص به خود است که در طول تاریخ و تحت تأثیر وضعیت محیطی و انتخاب طبیعی حاصل شده است. رنگ بدن برای مقایسه نژادها اهمیت زیادی دارد. تشخیص رنگ بدن نسبتاً ساده است و در شناسایی صحیح، حفظ و نگهداری نژادها یا لاین‌های خالص، نقش مهمی دارد. باید توجه داشت که رنگ بدن، در اثر ژن‌های مربوط به آن است. تاکنون تأثیر ۶ مکان ژنی برای رنگ بدن تشخیص داده شده که ۳ ژن آن شناسایی شده است. از جمله یک ژن به نام کوردوان^۱ (cdg) که آلل مغلوب آن در نژاد زنبور عسل ایتالیایی، سبب بروز رنگ قهوه‌ای در انتهای شکم می‌شود و رنگ طبیعی آن سیاه است (تصویر ۲-۸). ژن‌های دیگر، ژن قهوه‌ای^۲ (brg) و ژن بازدارنده^۳ (ing) است که آلل مغلوب آنها به ترتیب، سبب بروز رنگ قهوه‌ای و مانع بروز رنگ زرد (باعث بروز رنگ سیاهی) می‌شود و در نتیجه، این سه صفت در زنبورهای نر دارای یک آلل مغلوب و زنبورهای ماده دارای دو آلل مغلوب (هتروزیگوت برای هر یک از ژن‌ها) است (۲۳). به‌طور کلی، در نژادهای گوناگون، رنگ اولین حلقه شکم از زرد تا سیاه متفاوت است و لکه یا نوارهایی روی حلقه‌های پشتی شکم مشاهده می‌شود (تصویر ۲-۹). با آن‌که امکان دارد بتوان از روی رنگ و لکه‌های روی بدن، نوع نژاد را تشخیص داد، رنگ بدن نباید اساس اصلی تشخیص نژادها قرار گیرد؛ زیرا حتی در یک نژاد نیز ممکن است بروز آن متغیر باشد. به این سبب، صفاتی که مربوط به ساختمان بدن و به راحتی قابل اندازه‌گیری و مقایسه باشند، اهمیت بیشتری دارند.

۲- اندازه جثه و قسمت‌های گوناگون بدن

اندازه جثه نژادهای گوناگون، با هم تفاوت دارد و اندازه قسمت‌های بدن آنها (مانند طول و عرض بدن، پاها، بال‌ها، خرطوم و ...) نیز متفاوت و در تشخیص و شناسایی نژادها، حایز اهمیت بسیار است. اندازه سلول‌های شان زنبور عسل نیز متناسب با کوچکی و بزرگی جثه نژاد، ممکن است کوچک‌تر یا بزرگ‌تر باشد. به‌طور کلی، در جریان تکامل این حشره، تغییرات بدن به‌صورتی است که امکان بهره‌برداری هرچه بیشتر از گل‌های منطقه جغرافیایی فراهم آید. به این سبب، به نظر می‌آید نژادهای بهتر، به‌طور نسبی جثه کوچک‌تر و پاها، بال‌ها و خرطوم بلندتری دارند (جدول ۲-۱).

1- Cordovan

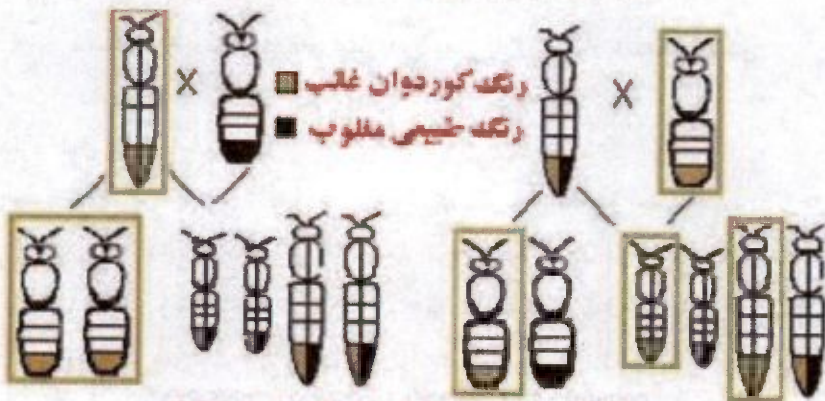
2- Brown gene

3- Inhibiting gene



نژاد ایتالیایی رنگ کوردوان

نژاد ایتالیایی طبیعی

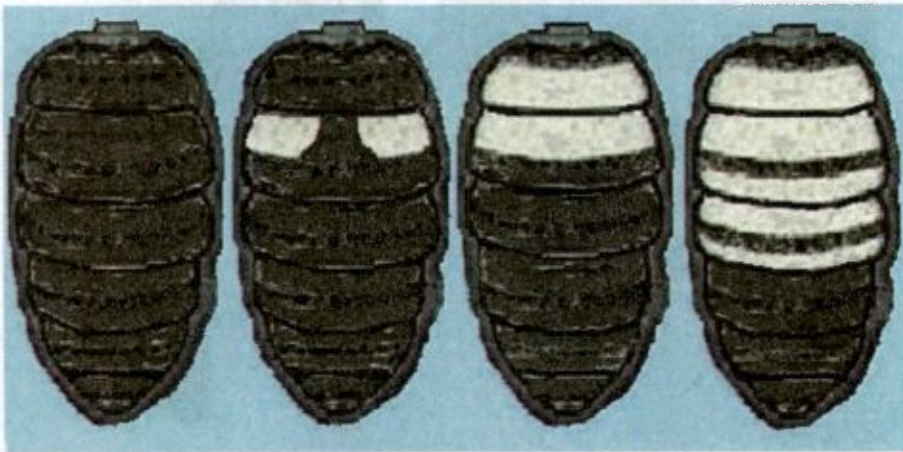


زنبوران داخل مستطیل رنگ کوردوان دارند.

▲ شکل ۲-۸- نحوه بروز رنگ کوردوان و رنگ طبیعی در زنبور عسل ایتالیایی

جدول ۲-۱- اندازه قسمت‌های متفاوت بدن نژادهای زنبور عسل غربی (۱۶)

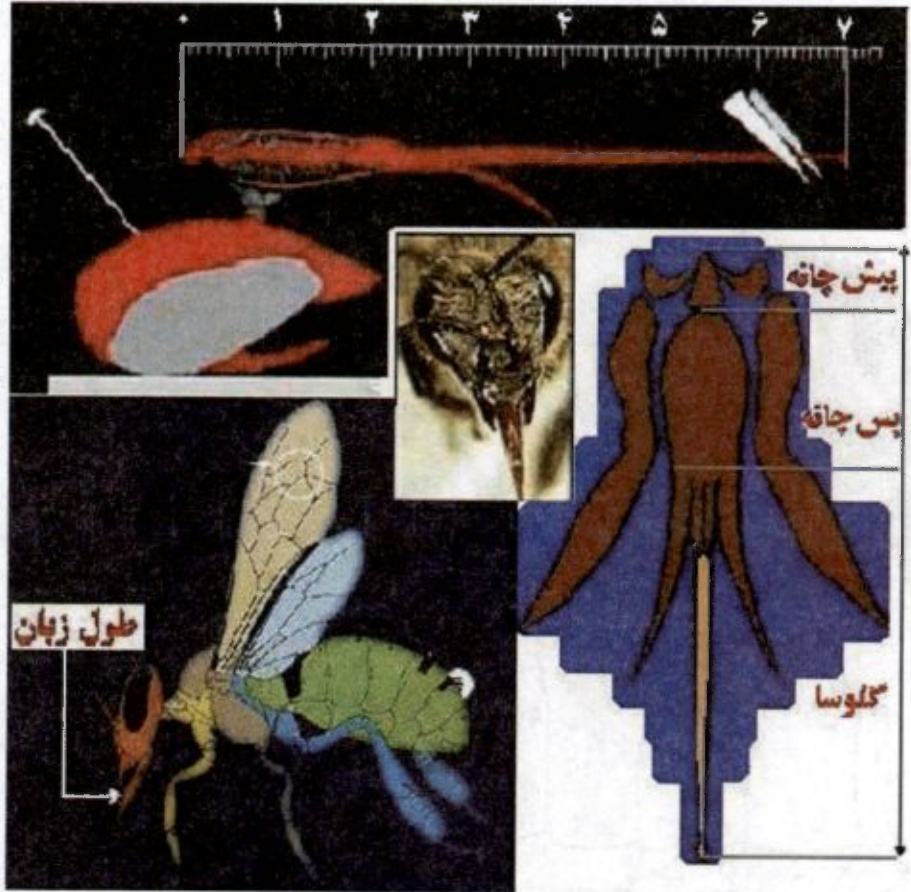
شاخص	طول پای	عرض بال	طول بال	طول	صفت / مقدار
کویتال	عقبی	جلو	جلو	خرطوم	
۳/۶	۸/۶۱	۳/۳۱	۹/۷۵	۷/۲۶	حداکثر
۱/۵۳	۶۶	۲/۶۴	۷/۶۴	۵/۰۲	حداقل



▲ شکل ۲-۹- رنگ حلقه‌های شکم زنبور عسل کارگر (با نوار یا لکه‌های روشن)

- اندازه طول زبان یا خرطوم

طول زبان یا خرطوم زنبور عسل در نژادهای گوناگون، متفاوت است (تصویر ۲-۱۰) و یکی از معیارهای اصلی تشخیص نژادها به‌شمار می‌رود. طول زبان در نژادهای زنبور عسل بر عملکرد آنها از نظر تولید عسل تأثیر می‌گذارد. زیرا نژادهایی که طول زبان آنها بیشتر است، امکان استفاده از گل‌های متنوع را دارند؛ ولی نژادهایی با زبان کوتاه‌تر، از نظر استفاده از شهد گل‌های متنوع، محدودیت دارند. به این سبب، طویل بودن زبان یکی از خصوصیات برتر نژادی محسوب می‌شود.



▲ شکل ۲-۱- طول زبان زنبور عسل کارگر

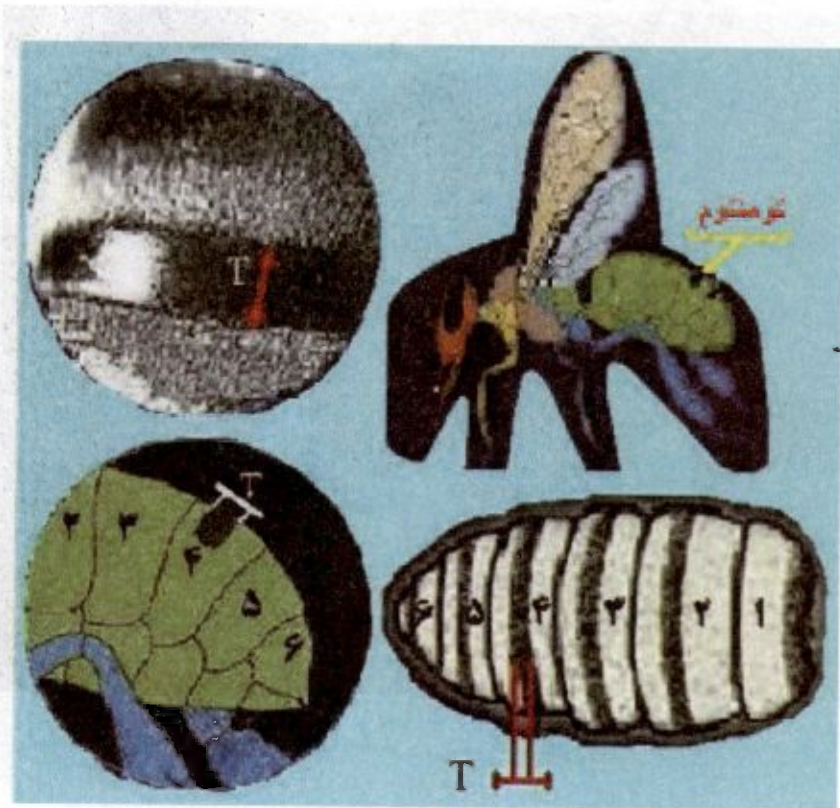
۳- مشخصات موهای سطح بدن

اندازه و رنگ موهای حلقه‌های پشتی شکم در تشخیص نژادها اهمیت دارد (تصویر ۲-۱۱). اندازه طول موهای پشت حلقه پنجم شکم^۱ زنبورهای کارگر در نژادهای گوناگون، از ۰/۳ تا ۰/۷ میلی‌متر متغیر است.



▲ شکل ۲-۱۱- وضعیت موهای پشت حلقه پنجم شکم

همچنین شاخص تومنتم^۱ که نسبت عرض نوار موهای پشت حلقه چهارم شکم (T) به عرض نوار فاقد مو در همان حلقه و حلقه بعدی (R) است، در تشخیص و مقایسه نژادها ارزش زیادی دارد (تصویر ۲-۱۲).



▲ شکل ۲-۱۲- وضعیت موهای پشت حلقه‌های شکم

زنبور عسل کارگر و شاخص تومنتم (T/R)

در بعضی از نژادها (نظیر نژادهای کارنیولان و قفقازی) نوار موهای پشت حلقه چهارم شکم (T) پهن و مترکم و در بعضی دیگر (مانند نژاد سیاه اروپا) نوار باریک و متفرق است. در بعضی نژادهای آفریقایی نیز این نوار وجود ندارد. رنگ موهای بدن زنبورهای نر نیز در نژادهای گوناگون متفاوت و یکی از معیارهای تشخیص نژادهاست. برای مثال، موی بدن نژاد ایتالیایی به رنگ زرد، قفقازی سیاه، کارنیولان خاکستری و نژاد تیره اروپا به رنگ قهوه‌ای تیره تا سیاه است (تصویر ۲-۱۳).

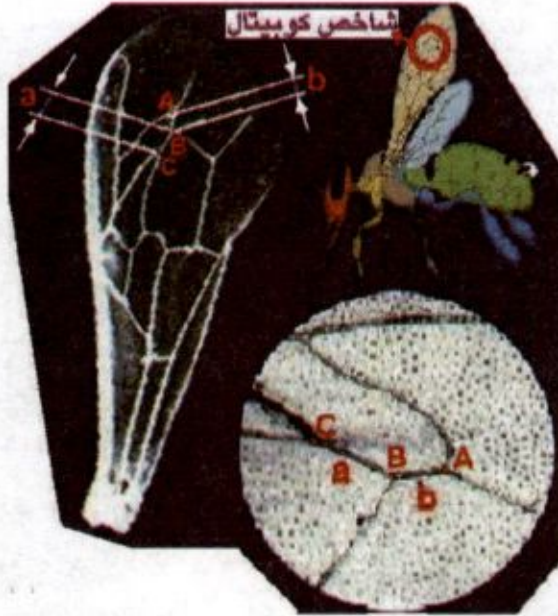


▲ شکل ۲-۱۳- رنگ سیاه و زرد موهای بدن زنبورها نر

۴- مشخصات رگبال‌ها

اندازه، شکل و نسبت بعضی رگبال‌ها به هم و زاویه بین آنها در تشخیص و شناسایی نژادهای زنبور عسل اهمیت دارد. شاخص کوییتال، که نسبت طول خط a به b است، رواج و اهمیت بسیار دارد (تصویر ۲-۱۴). برای تشخیص و طبقه‌بندی نژادهای زنبور عسل، علاوه‌بر

خصوصیات ارائه شده، از روش‌ها و معیارهای دیگری نیز استفاده می‌شود که در فصل مربوط به اندازه‌گیری صفات (ظاهری) توضیح داده می‌شود. بعضی از خصوصیات ظاهری چند نژاد اروپایی زنبور عسل، به طور خلاصه در جدول ۲-۲ ارائه شده است.



▲ شکل ۲-۱۴- رگ‌بال‌های بال جلو زنبور عسل کارگر و نسبت a:b یا شاخص کوپیتال

جدول ۲-۲- خصوصیات ظاهری چند نژاد زنبور عسل غربی (۱)

زنبور نر	زنبور کارگر					نژاد
	شاخص کوپیتال	طول خرطوم	طول موهای پشت حلقه پنجم شکم	شاخص تومتم	شاخص کوپیتال	
رنگ موها قهوه‌ای - مایل به سیاه	۱/۵	۶/۳ میلی‌متر	۰/۵ میلی‌متر	۱	۱/۸	سیاه اروپایی
	(۱-۱/۷)	(۶-۶/۴)	(۰/۴-۰/۷)	(۰/۵-۱/۸)	(۱/۵-۲/۱)	
خاکستری	۲	۶/۷ میلی‌متر	۰/۳ میلی‌متر	۲/۷	۲/۷	کارنیولان
	(۱/۲-۲/۵)	(۶/۲-۶/۸)	(۰/۲-۰/۴)	(۲-۲/۲)	(۱/۸-۳/۵)	
زرد	۱/۸	۶/۵ میلی‌متر	۰/۳ میلی‌متر	۲/۳	۲/۳	ایتالیایی
	(۱/۵-۲)	(۶/۳-۶/۶)	(۰/۲-۰/۴)	(۱/۵-۲/۸)	(۲-۲/۷)	

نژادهای مهم زنبور عسل

- نژادهای مربوط به زنبور عسل اروپایی (غربی) بر حسب گسترش جغرافیایی و بر مبنای سیستم طبقه‌بندی (داپرا^۱) به چهار گروه به شرح زیر تقسیم بندی می‌شود (تصویر ۲-۱۵):
- ۱- نژادهای شمال غربی اروپا (نژاد سیاه اروپایی)؛
 - ۲- نژادهای جنوب شرقی اروپا (نژادهای کارنیولان و ایتالیایی)؛
 - ۳- نژادهای خاورمیانه (نژادهای قفقازی و ایرانی)؛
 - ۴- نژادهای آفریقای (جنوب آفریقا).

زنبور عسل نژاد سیاه اروپایی

گسترش اولیه: این نژاد در تمام قسمت‌های شمال اروپا و غرب کوه‌های آلپ تا روسیه مرکزی مشاهده می‌شود. امروزه این نژاد در بعضی از کشورها نظیر اسپانیا، فرانسه، لهستان و روسیه نگه‌داری می‌شود. در بعضی از کشورها مانند سوئیس و کشورهای اسکاندیناوی نیز سویه‌های^۲ به‌گزیده شده این نژاد را پرورش می‌دهند (تصویر ۲-۱۵).

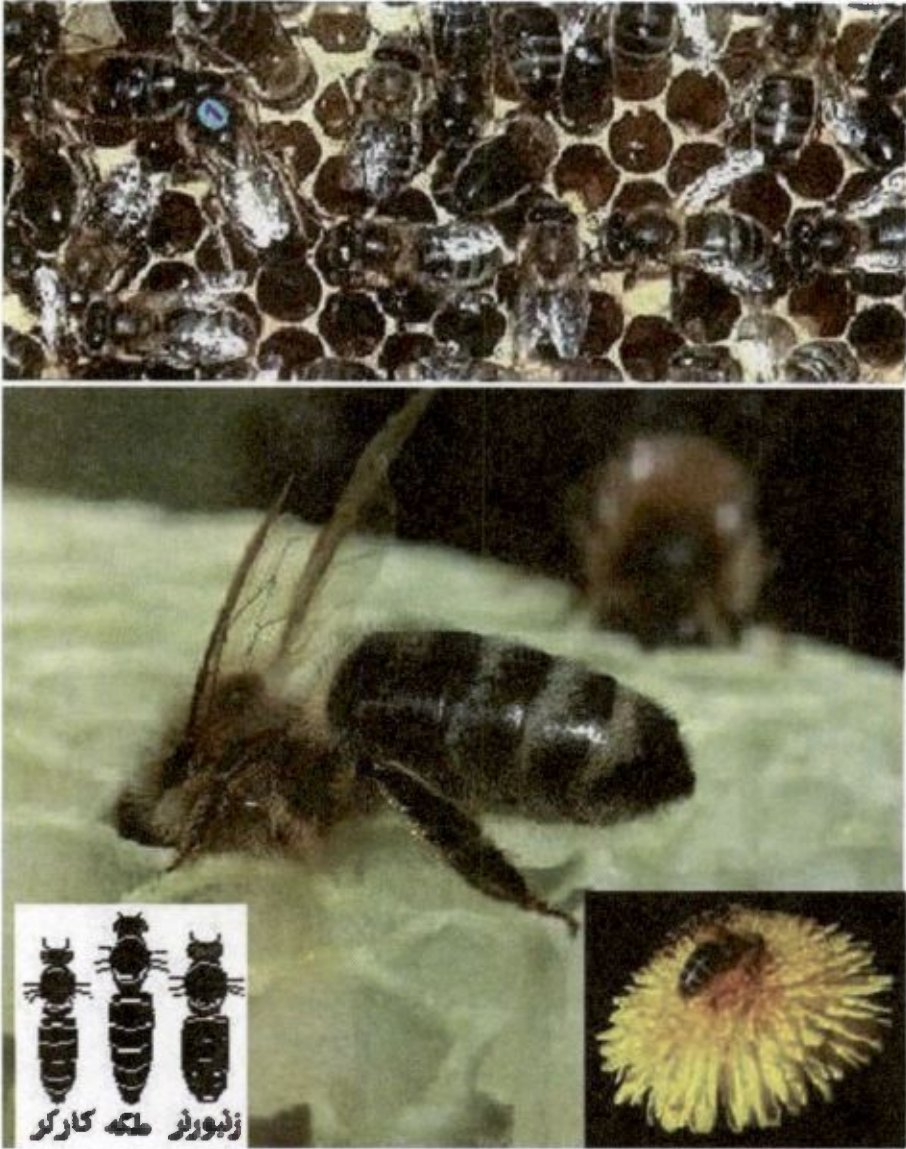
مشخصات ظاهری: جثه این نژاد بزرگ‌تر و خرطوم آن از سه نژاد دیگر اروپایی، کوچک‌تر است. طول خرطوم یا زبان آن $6/4 - 5/7$ میلی‌متر و مقدار کیتین شکم پهن این زنبورها بسیار کم و سیاه تا قهوه‌ای تیره با موهای بلند و سیاه است. در نیم‌حلقه‌های دوم و سوم پشتی شکم، خال‌های زرد کوچکی وجود دارد. موی سینه نرهای این نژاد قهوه‌ای تیره یا سیاه است (تصویر ۲-۱۶). شاخص کوبیتال این نژاد کمتر از ۲ و از نژادهای دیگر متمایز است (جدول‌های ۲-۲ و ۲-۳).

1- Dupraw

۲- سویه (strain) زیرجمعیت یا تیپ‌های یک نژاد است که در وضعیت‌های محیطی متفاوت به‌وجود می‌آیند.



تصویر ۲-۱۵: انتشار جغرافیایی اولیه نژادهای مهم زنبور عسل شرقی



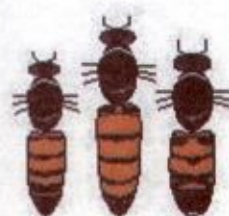
▲ شکل ۲-۱۶- زنبور عسل نژاد تیره اروپایی

مشخصات رفتاری: در اغلب موارد، زنبورها عصبانی و مهاجم‌اند و پس از بیرون آوردن شان، کندو را ترک می‌کنند. رشد کلنی در بهار به کندی صورت می‌گیرد؛ ولی زمستان‌گذرانی خوبی دارد. تمایل به جمع‌آوری بره‌موم و تولید بچه‌کندو در آن کم است. ولی سویه‌ای از این نژاد به نام زنبور آلمانی وجود دارد که تمایل آن به تولید بچه‌کندو زیاد است. زنبورهای این نژاد، به سبب داشتن خرطوم کوتاه، قادر به استفاده از گل‌های شبدر قرمز نیستند و به‌طور کلی، تولید عسل آنها متوسط است. به بیماری‌های نوزادان و پروانه موم‌خوار^۱ نیز حساس‌اند (جدول ۲-۴). سازگاری این نژاد از نظر وضعیت محیطی، مناسب مناطق سردسیر است. تمایل زیاد به نیش زدن، عیب بزرگ این نژاد محسوب می‌شود و از این نظر، پرورش آن در زنبورداری‌های مدرن توسعه زیادی نیافته است (۸۵، ۱).

زنبور عسل نژاد ایتالیایی

گسترش اولیه: این نژاد قبل از سال ۱۸۵۳ میلادی فقط در ایتالیا پرورش می‌یافت. ولی از این سال به بعد، به آلمان و در سال ۱۸۵۹ به آمریکا برده شد. اکنون پرورش این نژاد در تمام دنیا، به خصوص در ایتالیا و آمریکا به سرعت در حال گسترش است (تصویر ۲-۱۵).

مشخصات ظاهری: جثه زنبور ایتالیایی از زنبور سیاه اروپایی کمی کوچک‌تر است. شکم این زنبورها باریک و خرطوم آنها نسبتاً طولی (۶/۳-۶/۶ میلی‌متر) است. رنگ کیتین و نیم‌حلقه زیر شکم این زنبورها زرد روشن است. البته رنگ‌های لیمویی و زرد تیره نیز وجود دارد که از نظر برخی صاحب‌نظران، زنبورهای دارای رنگ زرد تیره از بقیه بهترند. شاخص کوییتال آن بیش از ۲/۳ (جدول‌های ۲-۲ و ۲-۳). روی نیم‌حلقه‌های پشتی شکم یک نوار زرد باریک (حلقه) وجود دارد. موی بدن این زنبورها، به‌خصوص در زنبورهای نر، کاملاً زرد رنگ و پرز آنها کوتاه است. نوارهای زرد روی شکم آنها نیز بسیار متغیر و گاه باریک و زمانی پهن‌تر است (تصویر ۲-۱۷).



زنبور نر ملکه زنبور کارگر



▲ شکل ۲-۱۷- زنبور عسل نژاد ایتالیایی

مشخصات رفتاری: این نژاد تاحدودی آرام است، معمولاً شان‌خارج کلنی را ترک نمی‌کند و تمایل آن به تخم‌گذاری زیاد است. رشد بهاری کلنی به‌هنگام و با سرعت بسیار انجام می‌گیرد و اغلب تا اواخر پاییز نیز، بدون این‌که زنبورها به‌گرده و شهد خارج از کلنی توجهی داشته باشند، در کلنی تخم وجود دارد. از این نظر، جمعیت کلنی‌های این نژاد همیشه زیاد است و با وجود قوی بودن کلنی، تمایل به تولید بچه‌کنندو بسیار کم است. زمستانی‌گذرانی آن خوب است؛ ولی باید کلنی‌های قوی را، که غذای کافی دارند، نگاهداشت. از نظر تولید عسل نیز بسیارخوب است.

آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای (زمستان کوتاه، مرطوب و ملایم و تابستان پر از گل)، مناسب پرورش این نژاد است. در مناطقی که زمستان طولانی است و فصل بهار نیز دیرتر از فعالیت طبیعی کلنی ظاهر می‌شود، به کلنی‌های این نژاد خسارت زیادی وارد می‌شود. در این نژاد، خاصیت جمع‌آوری برهموم و گرده ذخیره‌ای زیاد نیست (جدول ۲-۴).

جهت‌یابی این نژاد در مقایسه با سایر نژادهای اروپایی، چندان خوب نیست و در زنبورستان‌هایی که کلنی‌ها نزدیک به هم قرار دارند، زنبورها به اشتباه از یک کلنی به کلنی‌های دیگر پرواز می‌کنند. اما به دلیل تمایل به غارت، باید فاصله مناسب بین کلنی‌ها رعایت شود. به‌طور کلی، این نژاد به دلیل سازش و مقاومت زیاد در مناطق نسبتاً گرم و مقاومت در برابر بیماری لوک اروپایی و پروانه موم‌خوار، بیشتر از نژادهای سیاه اروپایی پرورش داده می‌شود. زنبورهای آمریکایی سوبه‌های به‌گزین شده نژاد ایتالیایی هستند. نتایج حاصل از آمیزش این نژاد با کارنیولان، به رفتار تهاجمی و عملکرد تولید عسل متوسط منجر شده است (۱، ۸۵).

زنبور عسل نژاد کارنیولان (بالکانی یا کارنیکا)

گسترش اولیه: در مناطق کوهستانی اروپا، به‌خصوص در منطقه جنوبی کوه‌های آلپ اتریش و شمال بالکان (یوگسلاوی) و شمال یونان و تمام مسیر رودخانه دونا (مجارستان، رومانی، بلغارستان) مشاهده می‌شود. شبه‌جزیره بالکان دارای زمستان‌های سرد، بهار کوتاه و تابستان گرم است. این نژاد از نظر درآمد اقتصادی مورد توجه زنبورداران دنیاست. امروزه

سویه‌های انتخاب شده این نژاد در اکثر نقاط دنیا (به‌خصوص در اتریش و آلمان) پرورش داده می‌شود (تصویر ۲-۱۵).

مشخصات ظاهری: مشخصات ظاهری آن شبیه نژاد ایتالیایی است و بدن باریک و خرطوم بلند (به طول ۶۸ - ۷۴ میلی‌متر) دارد. رنگ کیتین این نژاد خاکستری تیره تا قهوه‌ای است که از موهای کوتاه و انبوه خاکستری مایل به قهوه‌ای، پوشیده است. اغلب روی نیم‌حلقه‌های دوم و سوم پشتی شکم، خال‌های کوچک قهوه‌ای دیده می‌شود (تصویر ۲-۱۸). شاخص کوییتال آن بزرگ‌تر از نژادهای دیگر (حدود ۲/۷) است (جدول‌های ۲-۲ و ۳-۲).

مشخصات رفتاری: نژاد کارنیولان از نظر آرامش روی شان، آرام‌ترین نژاد است و زنبورهای این نژاد در خارج کندو، شان خود را هرگز ترک نمی‌کنند. از نظر رفتار دفاعی نیز چندان تهاجمی نیستند. وضعیت تخم‌ریزی ملکه آنها در کلنی‌ها متغیر است و به مقدار شهد و وضعیت آب و هوا بستگی دارد. زمستان‌گذرانی آن خوب و معمولاً دارای ذخیره غذایی کافی است. ذخیره‌سازی بره‌موم و گرده در این نژاد (نظیر نژاد ایتالیایی) کم است (جدول ۲-۴).

تخم‌گذاری ملکه در فصل بهار با جریان شهد شروع می‌شود و به سرعت افزایش می‌یابد. در فصل تابستان، هنگام کاهش شهد گل یا نبود آن، تخم‌ریزی ملکه محدود می‌شود و در اواسط پاییز، به سرعت قطع می‌گردد. تولید عسل آن نیز خوب است.

از معایب این نژاد، کاهش جمعیت در زمستان، قدرت کم ساختن شان و حساس بودن در برابر بیماری‌های نوزما، آکارین و فلجی است. تمایل به تولید بچه‌کندو در این نژاد زیاد است؛ ولی امروزه با اصلاح نژاد و انتخاب در برخی سویه‌های به‌گزین شده، این معایب برطرف شده است. جهت‌یابی این زنبورها خوب است. تمایل به غارت ندارند و خیلی کم بره‌موم مصرف می‌کنند. تخم و لاروهای زنبورهای این نژاد در برابر اغلب بیماری‌ها (به‌جز بیماری‌هایی که نام برده شد)، بسیار مقاوم‌اند.



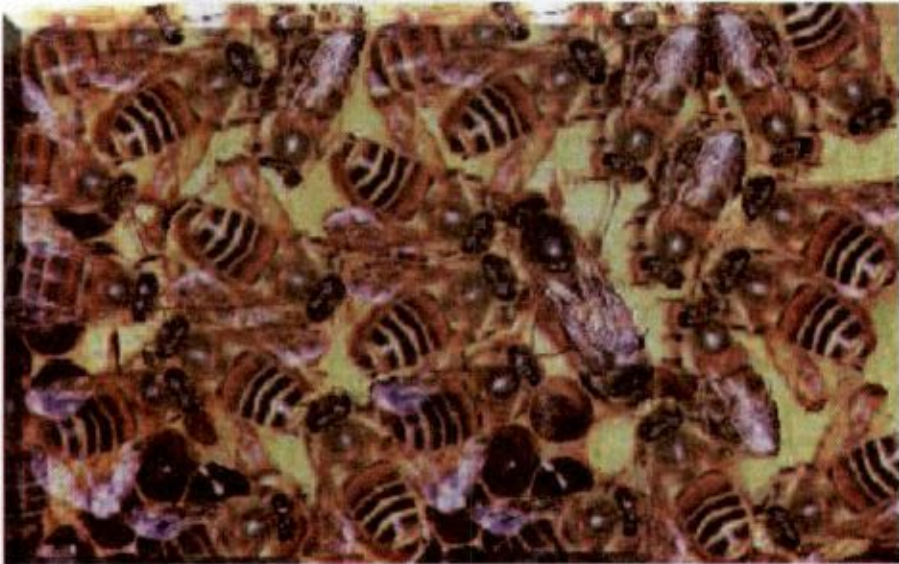
▲ شکل ۲-۱۸- زنبور عسل نژاد کارنیولان

آمیزش بین سویه‌های این نژاد، بدون آن‌که سبب بروز صفات نامطلوب (نظیر رفتار تهاجمی) شود، نتایج خوبی داشته است. بیشترین آزمایش‌ها برای ایجاد هیبرید از این نژاد صورت گرفته که در برخی موارد، نتایج خوبی داشته است.

زنبور عسل نژاد قفقازی

گسترش اولیه: در دره‌های مرکزی قفقاز مشاهده می‌شود (تصویر ۲-۱۵).

مشخصات ظاهری: جثه زنبورهای این نژاد، شبیه نژاد کارنیولان است. رنگ کیتین آن نسبتاً خاکستری است و در اولین نیم‌حلقه‌های پشتی شکم، تعدادی خال قهوه‌ای رنگ وجود دارد. رنگ موی زنبورهای کارگر خاکستری سربی است. موی سینه زنبورهای این نژاد سیاه است. این زنبورها طویل‌ترین خرطوم را دارند که طول آن به $7/2$ میلی‌متر می‌رسد. شاخص کویتال آن متوسط (حدود $2/2$) است (جدول ۲-۳). سویه‌های زیادی از این نژاد در منطقه قفقاز وجود دارد که رنگ بعضی از آنها زرد تیره است و رمیپز^۱ نامیده می‌شوند.



▲ شکل ۲-۱۹- زنبور عسل نژاد قفقازی

1- *Apis mellifera remipes*

مشخصات رفتاری: به‌طور کلی، زنبورهای این نژاد، از نظر رفتار دفاعی آرام‌ترین نژادند و مانند نژاد کارنیولان، شان خود را در خارج از کندو ترک نمی‌کنند. رشد بهاره کلنی کند است؛ ولی رشد کامل آن در اواسط تابستان صورت می‌گیرد. تمایل این نژاد به تولید بچه‌کندو کم است و بره‌موم زیادی جمع‌آوری می‌کنند. تولید عسل آنها نیز خوب است. زمستان‌گذرانی زنبورهای این نژاد خوب نیست و ذخیره غذایی کمی دارند. در پاییز، سوراخ پرواز کندو به اندازه‌ای کوچک می‌شود که فقط دو تا سه زنبور می‌توانند از میان آن عبور کنند. در مناطق شمال اروپا، این زنبورها به بیماری نوزما مبتلا می‌شوند (جدول ۲-۴). در روسیه، از نظر تولید عسل، بر نژاد سیاه برتری دارند. تمایل آنها به غارت کم است و جهت‌یابی مناسبی ندارند. نتایج حاصل از دورگ‌گیری آنها با سایر نژادها، رضایت‌بخش نبوده است (۱، ۸۵).

زنبور عسل نژاد ایرانی^۱

نام مدا در دانشگاه بن (آلمان) بر زنبورهای نژاد ایرانی گذاشته شده و از سلسله پادشاهان ماد گرفته شده است. بعضی از محققان، این نژاد را پرسیکا^۲ و ایرانیکا^۳ نیز می‌نامند. گسترش اولیه: در کوه‌های البرز و ایران مرکزی گسترش یافته است. در یک بررسی، سویه‌های متفاوت زنبور عسل نژاد ایرانی مشخص شد (تصویر ۲-۲۰). در بررسی دیگری نیز با اندازه‌گیری صفات ظاهری و روش بیوشیمیایی، زنبور عسل ایرانی به یک جمعیت در ناحیه شمال و یک جمعیت در غرب و ناحیه مرکزی تقسیم شد (۱۱).

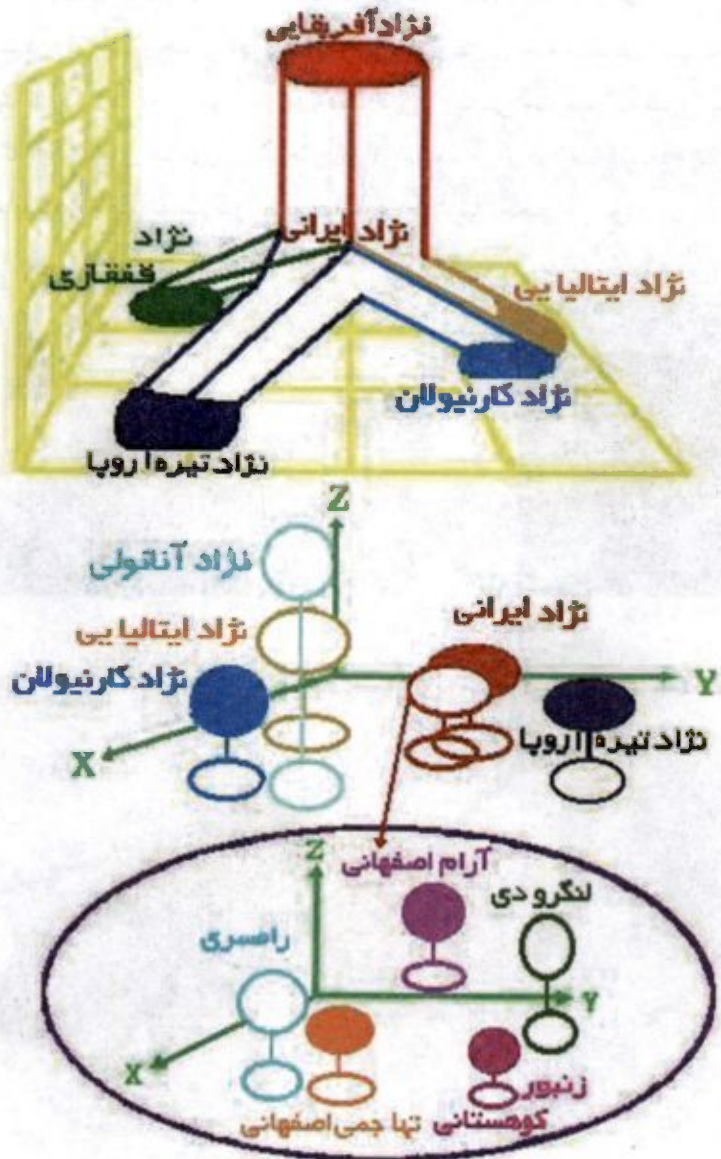
مشخصات ظاهری: اندازه اعضای بدن زنبورهای این نژاد، شبیه نژادهای اروپایی (به‌خصوص کارنیولان و ایتالیایی) است. در این نژاد، رنگ بدن در قسمت شکم، زرد مایل به قهوه‌ای تیره و در حلقه‌های اول شکم، روشن‌تر است. تفاوت وضعیت زیستی سبب شده است زنبورهای شمال کشور، جثه بزرگ‌تر و رنگ تیره‌تری داشته باشند. شاخص کویتال در آنها متوسط به بالا، بیش از ۲ (حدود ۲/۵) است. خصوصیات برخی از صفات ظاهری زنبور عسل (کارگر) نژاد ایرانی در مقایسه با بعضی نژادهای زنبور عسل غربی، در جدول ۲-۳ ارائه شده است.

1- *Apis mellifera meda*2- *A.m. persica*3- *A.m. iranica*

مشخصات رفتاری: تمایل به نیش زدن و بچه دادن و جمع آوری بره موم در آنها زیاد است. البته تولید بره موم در این نژاد، کمتر از نژاد قفقازی است. مقدار غذای مورد نیاز این نژاد برای مصرف زمستانی از سایر نژادها کمتر است. از نظر رشد بهاره، خوب هستند و در اردیبهشت و اوایل خرداد ماه به حداکثر رشد سالانه خود می‌رسند. در این نژاد، تمایل به غارت وجود دارد و زمستان‌های سرد را به خوبی تحمل می‌کنند (جدول ۲-۴). در سال‌های گذشته، تعداد زیادی ملکه زنبور عسل نژادهای دیگر و دورگ وارد کشور شد که سبب اختلاط دو یا چند نژاد شده است. ادامه ورود ملکه‌های خارجی و آمیخته بدون کنترل به ایران، یک خطر جدی برای زنبور عسل نژاد ایرانی است و سبب انحطاط آن می‌شود (۱،۱۱).

جدول ۲-۳- مقایسه برخی صفات ظاهری نژادهای زنبور عسل (کارگر) در جهان

منبع	رنگ نیر حلقه سوم پشته شکمی	طول خرطوم (میلی‌متر)	طول پای عقب (میلی‌متر)	شاخص کویستال	طول بال جلو (میلی‌متر)	صفت نژاد
طهماسبی	۷/۰۴	۶/۲۸	۷/۷۱	۲/۴۸	۹/۰۷	ایرانی
رونترو و پورا صفر	۸/۳۲	۶/۴۴	۷/۸۲	۲/۵۶	۸/۹۷	ایرانی
فتایا	۸/۳۲	۶/۴۱	۷/۸۲	۲/۴۵	۸/۵	ایرانی (شمال سوریه)
رونترو	۲/۳۵	۶/۴	۱/۸	۲/۵۲	۹/۴	کارنیولان
رونترو	۷/۱	۶/۴	۸	۲/۵۵	۹/۲	ایتالیایی
رونترو	۴/۶	۷/۰۴	۸/۲۹	۲/۱۶	۹/۳۲	قفقازی
رونترو	۳/۴۵	۶/۰۵	۸/۱	۱/۸۴	۹/۳۳	تیره اروپا



▲ شکل ۲-۲-۲- مقایسه مشخصات ظاهری برخی نژادهای زنبور عسل اروپایی (۶) و سویه‌های زنبور عسل ایرانی (روتنر ۱۹۹۵)

زنبور عسل نژاد جنوب آفریقا، نژاد کاپنسیس^۱

نژادهای جنوب آفریقا، کلنی نسبتاً کوچکی دارند و معمولاً بچه‌ده و مهاجم‌اند. زنبور عسل نژاد کاپنسیس، در منطقه جنوبی آفریقا زندگی می‌کند و دارای جثه متوسط، رنگ شکم تیره و کلنی نسبتاً کوچک است؛ این نژاد دارای خصوصیات زیستی منحصر به فرد است. بدین صورت که از تخم‌های غیربارور زنبورهای کارگر نیز ملکه به‌وجود می‌آید (در اثر ادغام دو هستک هاپلوئید در طی تقسیم میوز تخم غیربارور، دیپلوئید حاصل می‌شود).



▲ شکل ۲-۲۱- زنبور عسل آفریقایی نژاد کاپنسیس

1- *Apis mellifera capensis*

زنبورهای کارگر این نژاد فرمون جلب‌کننده جنس نر (۹ آکسوستوئیک^۱)، تعداد زیادی تخمدان (۱۵ تا ۲۰ عدد) و یک اسپرم‌دان (نصف اسپرم‌دان ملکه) دارند و هنگام نبودن ملکه و حتی در حضور آن، تخم‌های دیپلوئید تولید می‌کنند. مدت رشد و تکامل زنبورهای کارگر در این نژاد، کوتاه و حدود ۹/۶ روز بعد از بسته شدن در سلول‌هاست و به این سبب، آفت واروآ به زحمت در نوزادان زنبورهای کارگر تولیدمثل و تکثیر می‌کند (تصویر ۲-۲۱). این خصوصیت (کاهش طول شفیرگی در زمان بسته بودن سلول) روشی برای ایجاد مقاومت به آفت واروآ در سایر نژادهاست (۱، ۶).

دورگ‌های زنبور عسل

هر یک از نژادهای زنبور عسل در طول زمان در یک منطقه جغرافیایی، در وضعیت محیطی و اقلیمی آن پرورش و تکامل یافته‌اند. به این سبب، خصوصیات ظاهری و رفتاری خاصی دارند. بعضی از این خصوصیات از نظر اقتصادی مفید و بعضی دیگر زیان‌آور است. از نظر یک زنبوردار، نژادی مناسب و مورد علاقه است که به طور نسبی، از لحاظ خصوصیات گوناگون، در حد مطلوب باشد. برای مثال، آرام باشد، رشد بهاره خوب و جمعیت مناسب داشته باشد، قدرت جمع‌آوری شهد و تولید عسل آن زیاد باشد، زمستان‌گذرانی خوبی انجام دهد، در برابر بیماری‌ها و آفت‌ها مقاوم باشد، کمترین بره‌موم را مصرف کند، غارت و بچه‌دهی نداشته باشد و بتواند خود را با وضعیت‌های آب و هوایی گوناگون، تطبیق دهد. بدیهی است در شرایط عادی، نمی‌توان انتظار داشت که بر اثر انتخاب طبیعی، تمام خصوصیات مطلوب در یک نژاد به‌خصوص وجود داشته باشد. ولی بررسی‌ها نشان می‌دهند که در حال حاضر، بعضی از صفات هر یک از نژادها برای بهره‌برداری از پدیده برتری دورگ (هتروزیس)، در حد مطلوب است. می‌توان با استفاده از تلقیح مصنوعی یا آمیزش در مناطق ایزوله و به‌گزینی نژادهای خالص و لاین‌های گوناگون آن، تلاقی‌های مناسبی انجام داد و خصوصیات مطلوب به هیبریدها یا نوزادان منتقل کرد. مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده و هیبریدهایی تولید

شده که بعضی از آنها از نظر اقتصادی اهمیت دارند. نام تجاری و خصوصیات تولیدی تعدادی از این زنبورهای دورگ به شرح زیر است:

۱- زنبور عسل دورگ استارلاین^۱: این زنبور را کال^۲ از تلاقی لاین‌های انتخابی از زنبور عسل نژاد ایتالیایی (در آمریکای شمالی) به دست آورد. خصوصیات مهم این دورگ، یکنواختی رنگ بدن (رنگ زرد)، تولید عسل خوب، رشد بهاره سریع کلنی، بیشتر بودن قدرت ادامه حیات نوزادان در مقایسه با والدین، آرام بودن، مصرف بره‌موم، رفتار بچه‌دهی متوسط و زمستان‌گذرانی خوب است (جدول ۲-۴) فعالیت آن در آب و هوای گرم و دارای پوشش گیاهی مناسب، خوب است.

۲- زنبور عسل دورگ میدنایت^۳: این دورگ را آدام در اثر تلاقی بین سویه‌ها یا لاین‌های نژاد زنبور عسل قفقازی به دست آورده است. از خصوصیات این دورگ، رنگ بدن، تولید جمعیت خیلی زیاد، رفتار بچه‌دهی کم، آرام بودن، مقاومت در برابر جرب واروآ و جرب تراش‌های^۴ و فعالیت خوب در آب و هوای سرد کوهستانی است. تولید عسل آن نسبتاً خوب و عیب آن مصرف زیاد بره‌موم است (جدول ۲-۴).

علاوه بر این هیبریدها، تلاش زیادی برای تولید هیبریدهای گوناگون با صفات یا خصوصیات مطلوب انجام شده است. از جمله این خصوصیات، مقاوم بودن در برابر بیماری‌ها و آفت‌ها، تولید عسل بیشتر، گرده‌افشانی بهتر و بیشتر و به‌خصوص گرده‌افشانی روی یک محصول معین مانند یونجه است. گاه با تلاقی دورگ استارلاین و میدنایت، دورگ دوتایی^۵ تولید می‌شود که هم دارای تولید عسل خوب و هم نسبت به آفت واروآ مقاوم و رنگ آن زرد تیره است. آدام، نژاد نوترکیبی به نام زنبور بوک‌فست^۶ ساخته است. ابتدا این زنبور عسل از تلاقی زنبور عسل ایتالیایی و زنبور عسل سیاه (قدیمی) انگلستان تولید شد و سپس نژادهای سیاه

1- Starline
3- Midnite
5- Double hybrid

2- G.H.Cale
4- Tracheal mite
6- Bukfast

فرانسه و سایر نژادها^۱ از جمله نژاد آناتولی با آن ترکیب شده‌اند (تصویرهای ۲-۲۰ و ۲-۲۲). این زنبور از نظر بچه‌دهی کم، رفتار نه چندان آرام، مصرف بره‌موم کم، تولید عسل خوب، رشد بهاره کند، زمستان‌گذرانی خوب و نسبت به برخی بیماری‌ها مقاوم (جدول ۲-۴) و به طور کلی مناسب مناطقی با زمستان‌های سرد و طولانی است.



▲ شکل ۲-۲۲- زنبور عسل نوترکیب بوکفست

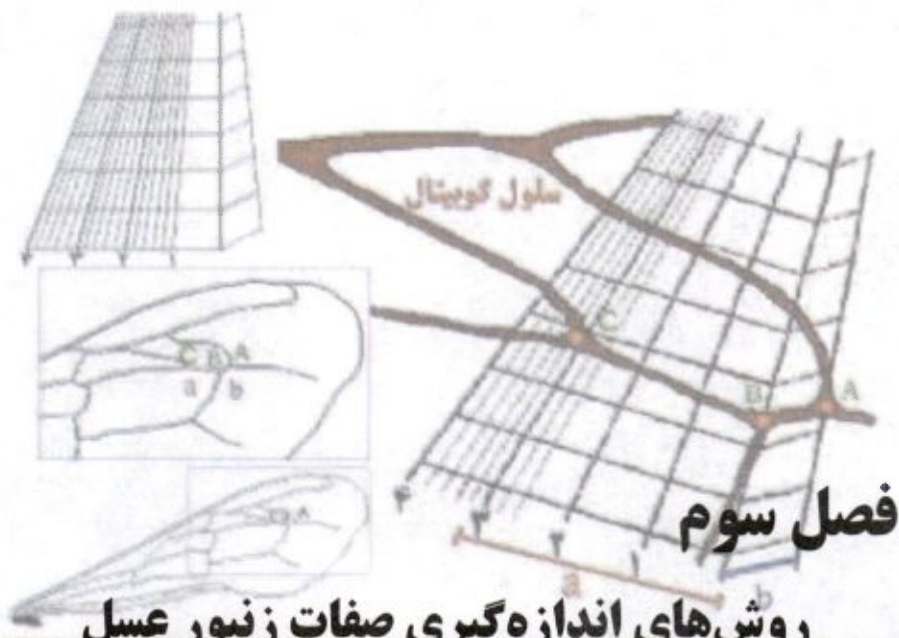
۱- سایر نژادها به ترتیب *Cecropia* از یونان، *Anatolica* از مرکز آناتولی، *Macedonica* از شمال یونان، *Sahariensis* از مراکش و *Monticola* از شرق آفریقا هستند که از سال ۱۹۲۰ تا ۱۹۹۰ ترکیب شده‌اند.

جدول ۲-۴- خصوصیات رفتاری نژادها و دورگ‌های مهم گونه زنبور عسل غربی (۱۴، ۸۵)

نژادهای معروف رفتار	سیاه اروپایی	ایتالیایی	کارنیولان	قفقازی
رفتار بچه‌دهی	کم	متوسط	زیاد	کم
رفتار دفاعی و آرامش روی شان	تهاجمی و شان را رها می‌کنند.	خیلی آرام نیست؛ ولی شان را ترک نمی‌کند.	تا حدودی آرام، ولی هرگز شان را ترک نمی‌کند.	آرام‌ترین و شان را ترک نمی‌کند.
جمع‌آوری بره‌موم	کم	متوسط	کم	خیلی زیاد
تولید عسل	متوسط	متوسط	کم	خیلی زیاد
رشد بهاره	کند	بهترین (نژادها)	خوب	خوب
زمستان‌گذرانی	خوب	نسبتاً سریع	سریع	کند
مقاومت در برابر بیماریها	حساس به بیماری نوزادان و پروانه موم‌خوار	خوب مقاوم به لوک اروپایی و پروانه موم‌خوار	خوب و ذخیره غذایی خوب حساس به نوزما، آکارین و فلجی	ذخیره غذایی کم حساس به بیماری نوزما
نژاد و دورگ رفتار	ایرانی	میدنایت	بوک فست	استارلین
رفتار بچه‌دهی	زیاد	کم	کم	متوسط
رفتار دفاعی و آرامش روی شان	آرام نیست.	آرام	خیلی آرام نیست.	آرام
جمع‌آوری بره‌موم	زیاد	زیاد	کم	متوسط
تولید عسل	متوسط	خوب	خوب	خوب
رشد بهاره	سریع	کند	کند	سریع
زمستان‌گذرانی	خوب	نسبتاً خوب	خوب	خیلی خوب
مقاومت در برابر بیماریها	مقاوم به برخی بیماریها	مقاوم به جریبهای واروا و تراشهای	مقاوم به برخی بیماریها	نسبتاً مقاوم به برخی بیماریها

خودآزمایی

- ۱- نام علمی گونه‌هایی از زنبور عسل که در محوطه محصور یا داخل کندو زندگی می‌کنند، چیست؟
- ۲- کدام یک از زنبورهای عسل بدون نیش را می‌توان در کندو پرورش داد؟
- ۳- معیارهای تشخیص و مقایسه نژادهای زنبور عسل را توضیح دهید.
- ۴- خصوصیات ظاهری و رفتاری نژاد زنبور عسل ایرانی را شرح دهید.
- ۵- خصوصیات زنبور عسل دورگ‌استارلاین را شرح دهید.



فصل سوم

روش‌های اندازه‌گیری صفات زنبور عسل



هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل، از فراگیرندگان انتظار می‌رود:



- ۱- صفات ظاهری را اندازه بگیرند.
- ۲- تولید عسل را اندازه بگیرند.
- ۳- مقدار (تعداد) نوزادان و جمعیت کلنی زنبور عسل را اندازه بگیرند.
- ۴- روش‌های تعیین بچه‌دادن کلنی زنبور عسل را بدانند.
- ۵- رفتار دفاعی را اندازه بگیرند.
- ۶- صفات مزرعه‌ای زنبور عسل را اندازه بگیرند.
- ۷- صفات آزمایشگاهی زنبور عسل را اندازه بگیرند.
- ۸- مقاومت زنبور عسل را در برابر بیماری‌های گوناگون اندازه بگیرند.

اندازه‌گیری صفات زنبور عسل

برای اندازه‌گیری صفات زنبور عسل، باید شناسنامه کلنی را برای ثبت مشخصات صفات و روابط خویشاوندی تهیه کرد (تصویر ۳-۱). به علاوه، خصوصیات (صفات) کلنی‌ها باید بر اساس میانگین زنبورستان (مانند میانگین جمعیت کلنی‌ها) همگن (یکسان) شود. به این صورت که بر اساس میانگین زنبورستان، جمعیت (عسل یا...) از کلنی‌های قوی به کلنی‌های ضعیف انتقال داده شود. البته با توجه به پای‌بندی زنبورهای کارگر به کلنی قبلی، باید زنبورها را ۴۸ ساعت در یک اتاقک تاریک (و وضعیت محیطی مناسب) محبوس کرد و سپس به کلنی‌های ضعیف انتقال داد. معمولاً صفات کمی، توزیع پیوسته و نرمالی دارند و برای مقایسه کلنی‌ها باید به سه نکته توجه داشت:


۱- تعیین یک روش مشخص برای اندازه‌گیری صفت

۲- استفاده از یک مقیاس مشخص برای تعیین تفاوت‌های صفت بین کلنی‌ها (ملکه‌ها)

۳- بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها یا تبدیل داده‌ها در صورت نیاز (توضیح در فصل هفتم) خصوصیات ظاهری زنبور عسل هر کلنی (یا ملکه) به راحتی قابل سنجش است. ولی برای اندازه‌گیری خصوصیات زیست‌رفتاری (تولیدی - رفتاری) کلنی‌ها به روش‌ها و امکانات خاصی نیاز است تا بتوان نحوه رفتار را به اجزای کوچک‌تر آن نشان داد (۷۳).

برخی صفات زیست‌رفتاری (نظیر ظرفیت تخم‌گذاری و تولید فرمون) مربوط به ملکه و صفاتی مانند جمع‌آوری شهد، طول عمر زنبورها و پرورش نوزادان مربوط به زنبورهای کارگر است. ولی صفاتی نظیر تولید عسل، رفتار دفاعی و رفتار بچه‌دهی مربوط به چگونگی عملکرد ملکه و زنبورهای کارگر و به عبارتی، صفات کلنی است (تصویر ۳-۲). برای سنجش این

صفات، می‌توان آنها را برای زنبورهای کارگر در نظر گرفت و برای آثار مادری (ملکه) تصحیح کرد (۶، ۲۵). در این صورت، به آمیزش‌های کنترل شده و نیز برنامه‌های آماری و اصلاح نژادی نیاز است (در فصل‌های بعد، توضیح بیشتری داده می‌شود).



فنا و ناه گنده

شماره منگه طفره و پوره: **لا راه منگه** :
شماره منگه به گندو: **شماره گندو** :

ملاحظات	عسل	صوم	غذای مصرفی	شماره قالب	مشارکت کلی	مشارکت در تولید	تاریخ زایش
	برداشت شده	موجودی راه تولیدی شده	شیر گند گند (بهره آزم)	گروه تاریخ زایش شماره	کل نسیم گروه تاریخ زایش	ملکه دهی	ملکه پارید

تصویر ۱-۳. شناسنامه کلیمه برای ثبت رکوردها



▲ شکل ۳-۲- صفات مربوط به ملکه، زنبورهای کارگر و کلنی زنبور عسل (۶)

صفات ظاهری

معمولاً اندازه‌گیری صفات ظاهری، به روش روترن صورت می‌گیرد. برای اندازه‌گیری این صفات، به نمونه‌هایی از زنبور عسل نیاز است. در زمان نمونه‌برداری، بیهوش کردن یا کشتن زنبورهای مورد آزمایش در اتر یا کلروفورم یا آب داغ، باعث کشیده و صاف شدن خرطوم آنها و آسان شدن اندازه‌گیری در آزمایشگاه می‌شود.

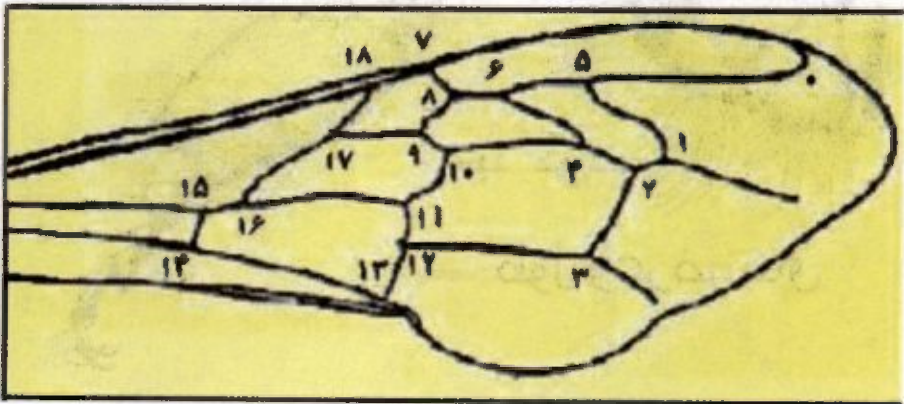
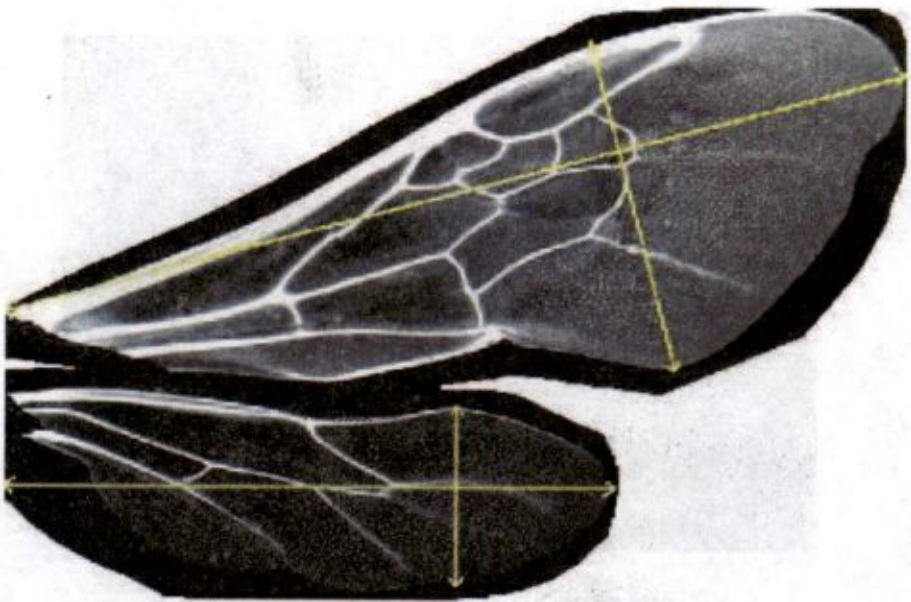
برای اندازه‌گیری بعضی صفات ظاهری نظیر بعضی از قطعات بدن، اسلاید میکروسکوپی (تثبیت بین لام و لامل) تهیه و سپس اندازه‌گیری زیر میکروسکوپ یا زیر استریومیکروسکوپ

دارای عدسی چشمی مدرج، انجام می‌شود. برای اندازه‌گیری زاویه‌ها و طول رگ‌بال‌ها، طول و عرض بال‌ها (تصویر ۳-۳) و شاخص کوبیتال نیز اسلاید پروژکتور تهیه می‌شود. برای این کار، بال‌ها بین دو طلق شفاف اسلاید تثبیت و سپس با پروژکتور روی تابلو نمایش داده می‌شوند. اندازه‌گیری این بال‌ها به راحتی با نقاله و خط‌کش صورت می‌گیرد. نسبت طول بال جلو به عرض آن، نسبت طول بال عقب به عرض آن و سطح سبد گرده از صفاتی هستند که مستقیماً اندازه‌گیری نمی‌شوند؛ بلکه با صفات دیگری نظیر طول بال جلو، عرض بال جلو و... محاسبه می‌شوند. طول خرطوم در مقدار جمع‌آوری شهد، طول بال جلو در قدرت پرواز و رفتار صحراگردی مؤثر و تفاوت آنها در نژادهای گوناگون، بر عملکرد آنها مؤثر است. اندازه زاویه‌ها و طول رگ‌بال‌های بال جلو نیز از خصوصیات ظاهری مهم زنبور عسل است (تصویر ۳-۴).

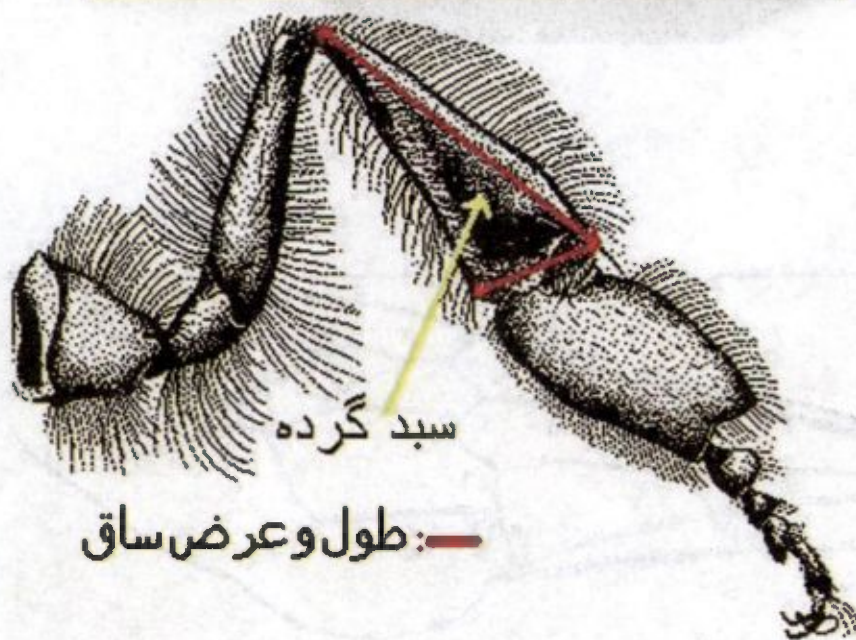
همان‌طور که توضیح داده شد، اندازه‌گیری بعضی از قطعات بدن نظیر طول خرطوم (تصویر ۲-۷)، عرض و طول ساق پای عقب (تصویر ۳-۵) و سطح سبد گرده (نصف حاصل ضرب طول در عرض ساق پای عقب) با اسلاید میکروسکوپی در زیر استریو میکروسکوپ اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری صفات کیفی، رنگ نیم‌حلقه سوم پشتی شکمی (تصویر ۳-۶) و رنگ سپرچه^۲ (تصویر ۳-۷) از روش رتبه‌بندی ۱ تا ۹ استفاده می‌شود (۱۷).

برای تعیین شاخص کوبیتال، نسبت اندازه رگ‌بال‌های **a** به **b** در بال جلو محاسبه می‌شود (تصویر ۲-۱۴) که برای ساده شدن اندازه‌گیری این صفت، می‌توان از چارت شاخص کوبیتال (تصویر ۳-۸) استفاده کرد. این چارت بر اساس مقیاس یک (خطوط اریب) برای طول رگ‌بال **b** و مقیاس ۱ تا ۴ (خطوط افقی) برای طول رگ‌بال **a** است. با استفاده از این چارت روی پرده پروژکتور و تغییر آن تا جفت شدن رگ‌بال **b** روی یکی از خطوط اریب و اندازه‌گیری رگ‌بال **a** ضریب کوبیتال به راحتی اندازه‌گیری می‌شود. برای مثال، در تصویر ۳-۸ ضریب کوبیتال ۳/۲ محاسبه شده است.

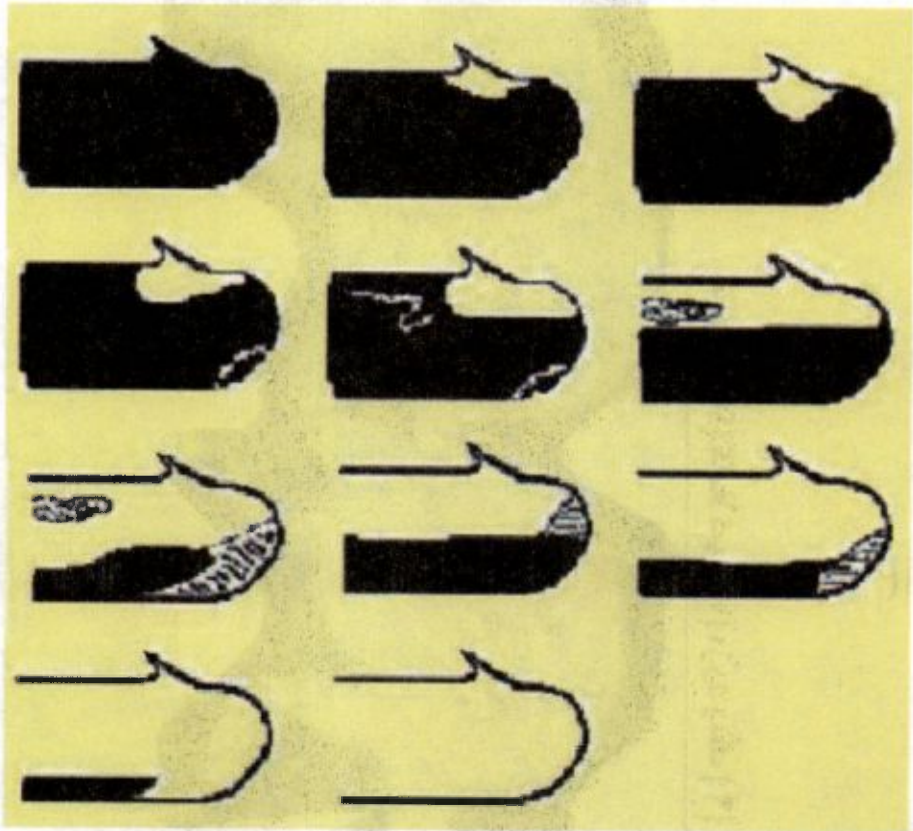
-
- 1- Tergite
 - 2- Scutellum



▲ شکل ۳-۴- اندازه زاویه‌ها و طول رگ‌بال‌های بال جلو



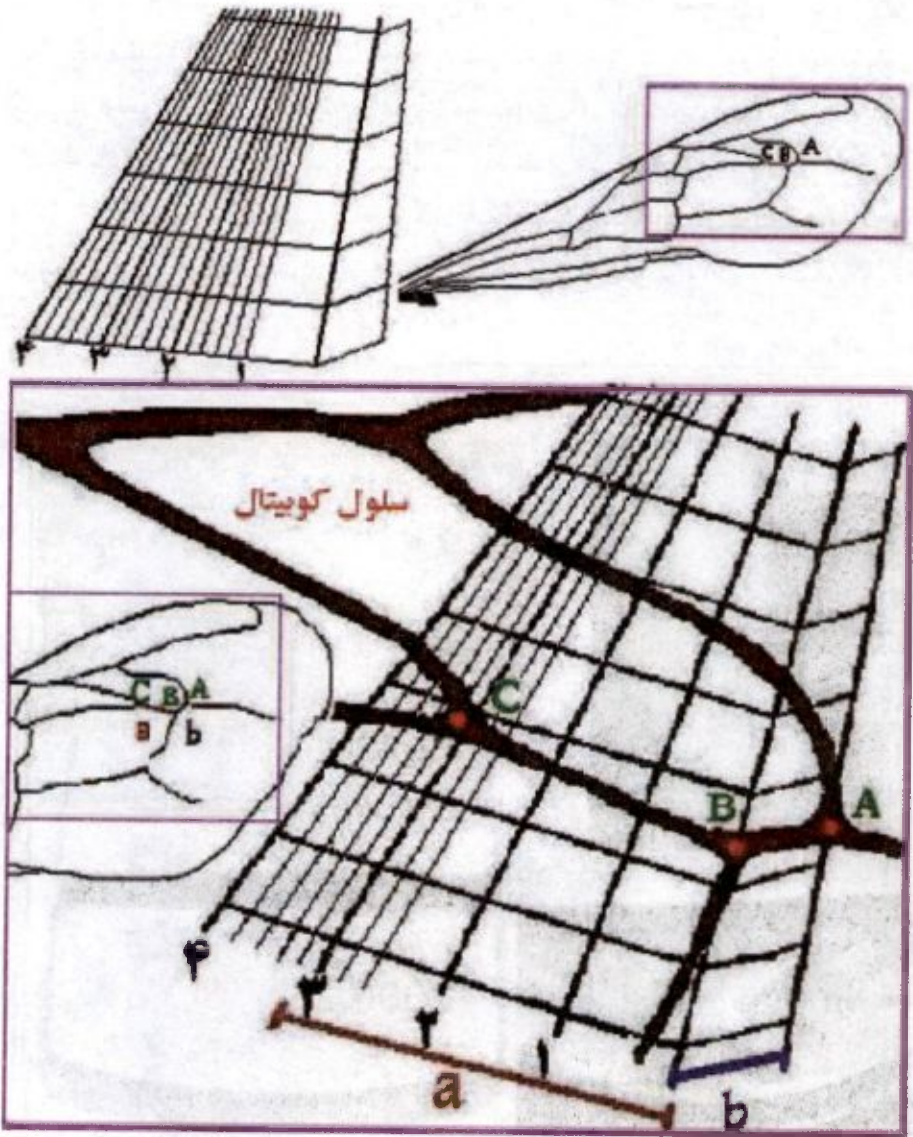
▲ شکل ۳-۵- طول و عرض ساق پای عقب و سبب گرده



▲ شکل ۳-۶- مقیاس امتیازبندی صفت رنگ نیم‌حلقه‌های دوم تا چهارم پشتی شکمی



▲ شکل ۳-۷- نحوه دسته‌بندی رنگ سپرچه (Sc) قفسه سینه بر اساس صفر (کاملاً تیره) تا ۹ (زرد)



▲ شکل ۳-۸- نحوه اندازه‌گیری شاخص کویتال (شاخص کویتال: $a:b = ۳/۲$)

تولید عسل

رایج‌ترین روش اندازه‌گیری تولید عسل، محاسبه تفاوت وزن شان‌های یک کلنی قبل و بعد از استخراج عسل پس از فصل تولید عسل است (تصویر ۳-۹). همچنین می‌توان در اوایل بهار، یک طبقه را وزن کرد و روی بدنه اصلی کندو قرار داد. پس از پایان دوره ذخیره‌سازی عسل (در اواخر تابستان)، باید طبقه هر کلنی را مجدداً وزن کرد. تفاوت این دو وزن، مقدار تولید عسل قابل استخراج هر کلنی را نشان می‌دهد. مقدار عسل باقی‌مانده در هر کلنی بر اساس $0/33$ کیلوگرم در هر دسی‌متر مربع شان عسل‌دار سرپوشیده (در دو طرف شان) محاسبه می‌شود. برای اندازه‌گیری ظرفیت تولید عسل لازم است که با کوچ کلنی به مناطق مناسب، جریان شهد طبیعی در طول آزمایش برقرار باشد (۴، ۲۵، ۸۱).



▲ شکل ۳-۹- شان عسل برای وزن کردن و استخراج عسل

مقدار تخم‌گذاری^۱، نوزادان^۲ و جمعیت^۳

مقدار تخم‌گذاری و تعداد نوزادان بر اساس کل سطح شان حاوی تخم و نوزاد (لارو و شفیره) زنبور کارگر یا زنبور نر تعیین می‌شود. معیار اندازه‌گیری سطح شان (بر اساس مقیاس بین‌المللی) ۱۰ سانتی‌متر مربع است و برای اندازه‌گیری آن، از یک قطعه شیشه مستطیل شکل با سطح ۱۰ سانتی‌متر مربع استفاده می‌شود. با قرار دادن قطعه شیشه روی سلول‌های حاوی تخم و نوزاد و یادداشت کردن تعداد دفعات قرار دادن قطعه شیشه روی سطح حاوی تخم و نوزاد در هر کلنی، مقدار کل آن محاسبه می‌شود (۸۱). در یک روش ساده‌تر، یک قاب، که با سیم به صورت شطرنجی تقسیم شده است، روی شان‌ها قرار می‌دهند و مقدار تخم‌گذاری و نوزادان را محاسبه می‌کنند (تصویر ۳-۱۰). همچنین براساس نمودارهای مخصوص درج شده روی قاب شیشه‌ای، مقدار تخم و نوزاد برآورد می‌شود. فاصله تکرار اندازه‌گیری هر ۲۱ روز (متوسط سن بلوغ زنبورهای کارگر) است. البته بهتر است این اندازه‌گیری هر ۷ تا ۱۰ روز یک بار انجام شود. در ضمن باتوجه به این که در هر دسی‌متر مربع سطح شان ۴۱۲ سلول وجود دارد، می‌توان تعداد سلول حاوی تخم و نوزاد را تعیین کرد (۴).

نحوه تخم‌گذاری و وضعیت ظاهری نوزادان نیز براساس تعداد سلول‌های خالی رتبه‌بندی می‌شود. به این ترتیب، اگر از هر صد سلول شان تعداد صفر تا ۳، ۴ تا ۷، ۸ تا ۱۱ و ۱۲ تا ۲۰ و بیش از ۲۰ سلول خالی باشد، به ترتیب امتیاز ۵، ۴، ۳، ۲ و ۱ داده می‌شود (۱۳). جمعیت هر کلنی نیز براساس تعداد کل شان‌های پوشیده از زنبور عسل برآورد می‌شود. طبق تعریف، یک شان جمعیت عبارت از شانی است که در هر دو طرف آن، یک لایه کامل جمعیت باشد. در روشی دیگر، زنبورهای بالغ موجود در کلنی را در یک جعبه می‌ریزند و وزن می‌کنند (تصویر ۳-۱۱). میانگین وزن تعداد ۱۰۰۰ زنبور بالغ معادل ۱۱۳/۸ گرم در نظر گرفته شده است و به این ترتیب، تعداد زنبورهای هر کلنی محاسبه می‌شود (۴).

1- Oviposition

2- Brood

3- Population



▲ شکل ۳-۱۱- جمع آوری زنبورهای کلنی با جاروبرقی برای وزن کردن

تمایل کلنی به بچه دادن^۱

معمولاً زمانی که کلنی آماده بچه دادن می‌شود، زنبورهای کارگر در قسمت پایین و کناره شان‌ها شروع به ساختن شاخون می‌کنند. هنگامی که در کلنی فعالیت به منظور بچه دادن زیاد می‌شود، ملکه داخل بعضی شاخون‌ها تخم‌ریزی می‌کند و زنبورهای کارگر، روی سلول‌هایی که دارای تخم و لارو زنبور کارگراست، شاخون می‌سازند. البته در این مرحله، در داخل کلنی تعدادی شاخون در مراحل متفاوت رشد دیده می‌شود که شامل شاخون‌های کامل و شاخون‌های در حال تشکیل است. تعداد شاخون به تمایل کلنی برای بچه دادن بستگی دارد (تصویر ۳-۱۲). البته تمایل به تولید شاخون در بین نژادها متفاوت است. برای مثال، تمایل به تولید شاخون در زنبورهای نژاد کارنیولان از زنبورهای نژاد ایتالیایی و قفقازی بیشتر است.



۲

۲

▲ شکل ۳-۱۲- مراحل بچه‌دهی؛ ساخت شاخون ملکه، خروج زنبورها از کلنی و یک بچه‌کلنی

پس از خروج بچه کلنی و ملکه از کندو (تصویر ۳-۱۲) یک ملکه جدید پرورش داده می‌شود که در حدود ۱۰ روز بعد، کلنی دارای ملکه می‌شود. بچه‌کندو را به یک کندوی خالی منتقل می‌کنند و به صورت یک کلنی جدید نگاه‌داری می‌شود. معمولاً بچه‌کلنی جدید در همان فصل نمی‌تواند بچه‌کندو تولید کند. قبل از بچه دادن، رفتار صحراگردی زنبورهای کارگر کلنی کمتر است. به این سبب، اگر در فصل فعالیت زنبورها، رفتار صحراگردی یک کلنی (سالم) در مقایسه با کلنی‌های دیگر کمتر باشد، می‌توان پیش‌بینی کرد که کلنی در حال تولید بچه است. تشکیل سلول‌های ملکه سه روز قبل از بچه‌دهی طراحی می‌شود و از صبح روز تولد ملکه، زنبورهای کارگر در اطراف کندو حرکت و پرواز می‌کنند. ولی بچه دادن زمانی مشخص می‌شود که در فاصله ۱۰ تا ۱۴ سانتی‌متری دریچه پرواز، یک تا سه زنبور کارگر پرواز کنند و زنبورها، روی سطح شان‌ها یا اطراف دریچه پرواز کنند و در حال رقص نعل اسبی شکل (حرکت به سمت چپ و راست) باشند. معمولاً مهاجرت (بچه‌دهی) در دو مرحله صورت می‌گیرد:

در مرحله اول، زنبورها یک محل مناسب (نظیر شاخه درخت) را به صورت موقت انتخاب می‌کنند و در آن‌جا مستقر می‌شوند.

در مرحله دوم، روزنه‌ای در تنه درخت یا چوب مناسب پیدا و به آن‌جا حرکت می‌کنند و گاه نیز به کندوی قبل برمی‌گردند.

تولید بچه‌کندو تابع وضعیت منطقه، شرایط پرورش ملکه و ژنوتیپ زنبورهاست. به این سبب، در فصل زمستان، که شرایط پرورش ملکه جدید فراهم نیست، کلنی بچه تولید نمی‌کند. برای بررسی و تعیین رفتار بچه دادن در فصل پرورش ملکه از چهار روش استفاده می‌شود که سه روش اول بر اساس تعداد شاخون‌های موجود است و روش چهارم، تمایل کلنی به ساختن شاخون را مشخص می‌کند:

- ۱- تعیین درصد کلنی‌های دارای شاخون ملکه؛
- ۲- تعیین درصد کلنی‌های دارای شاخون‌های ملکه و با تعداد مشخص شاخون؛
- ۳- تعیین تعداد شاخون‌های ملکه در هر کلنی و تعیین میانگین کلنی‌ها؛
- ۴- انتقال شاخون‌های مصنوعی یا طبیعی به کلنی‌های مورد آزمایش و مشاهده عملکرد کلنی، به این صورت که کلنی، شاخون‌ها را پرورش می‌دهد، تغییر نمی‌دهد یا از بین می‌برد.

در سه مورد اول، کلنی‌ها در فاصله ۷ تا ۱۰ روز بازرسی می‌شوند. ولی در مورد آخر، بازرسی کلنی‌ها در ۲۴، ۷۲ و ۱۲۰ ساعت بعد از انتقال شاخون‌های ملکه انجام می‌گیرد. در تمام روش‌ها، پس از یادداشت کردن شاخون‌های ملکه، باید آنها را تخریب کرد. باید توجه داشت که رفتار بچه‌دهی در اثر کمبود فضای کلنی و کاهش شهد افزایش می‌یابد؛ بنابراین، باید برای اندازه‌گیری این صفت، به نحو صحیح عمل کرد.

رفتار دفاعی^۱

بعد از تولید عسل، رفتار دفاعی، به‌خصوص برای زنبورداران، اهمیت زیادی دارد؛ بسیاری از اعمال و رفتارهای زنبور عسل تحت کنترل فرمون‌هاست. فرمون‌های هشدار خطر^۲، که از غدد نیش و غدد آرواره بالا ترشح می‌شوند، رفتار دفاعی را کنترل می‌کنند. از فرمون‌های غدد نیش برای علامت‌گذاری دشمن‌ها نیز استفاده می‌شود. در ترشحات غدد آرواره‌ای، هپتانون^۳ و استات ایزوپنتیل^۴ وجود دارد که محرک حمله به دشمنان است. هپتانون دو در علامت‌گذاری گل‌های بدون شهد و احتمالاً افزایش ذخیره شهد در کندو نقش مهمی دارد. در ترشحات اندام نیش زنبور عسل، الکل‌ها، استرها، اسیدها و ترکیبات معطر (آروماتیک) وجود دارند. استات ایزوپنتیل، ان استات بوتیل^۵ و نونانیل^۶ از مهم‌ترین ترشحات غدد نیش و محرک نیش زدن و رفتار دفاعی هستند.

زنبور کارگر در زمان وفور شهد، به‌طور طبیعی در قسمت دریاچه پرواز کندوست و در حالت دفاع قرار ندارد یا کمتر حمله می‌کند. ولی در زمان کاهش جریان شهد، که رفتار دفاعی و تهاجمی شدید می‌شود، زنبورهای نگهبان ابتدا دشمن (های) خود را شناسایی و سپس فرمون دفاعی ترشح می‌کنند. فرمون دفاعی، زنبورهای کارگر را هوشیار و برای نیش زدن آماده می‌کند. ولی زنبورها برای حمله به محرک‌های دیگری نیز نیاز دارند. برخی خصوصیات دشمنان (نظیر بوی بدن، حرکات نامنظم، پوشش موهای حسی سطح بدن و رنگ تیره)، به زنبورهای کارگر برای شناسایی کمک می‌کند و باعث رفتار دفاعی می‌شود. نیش زنبور در

1- Colony temper (defensive behavior)
4- Isoptile acetate

2- Alarm fremone
5- N-butyl acetate

3- 2-Hetanone
6- 2-Nonanil

حالت عادی در محفظه نیش قرار دارد؛ ولی در زمان حمله بیرون می‌آید و آماده فرورفتن در بدن دشمن می‌شود. سطح نیش خاردار است و زنبور کارگر نمی‌تواند آن را از درون پوست جانوران مهره‌دار (و انسان) خارج کند. بنابراین، در حالتی که تلاش می‌کند دشمن را ترک کند، اندام نیش و غدد ضمیمه آن در بدن میزبان باقی می‌ماند. در این زمان، اندام نیش، زهر را به داخل بدن دشمن پمپ می‌کند و فرمون هشداردهنده نیز از قسمت سطح زیرین بدنه نیش در محیط اطراف پراکنده می‌شود.

زنبورهای نگهبان، که در قسمت دریاچه پرواز آماده هستند، در وضعیت تهدید، آرواره‌های خود را باز و بسته می‌کنند و فرمون دفاعی آزاد می‌شود. مشخص شده است که با افزایش سن زنبورهای کارگر، علائم هشداردهنده اندام نیش از نظر کیفی و کمی پیچیده‌تر می‌شود. زمانی که زنبورهای کارگر نگهبان کندو یا صحراگرد می‌شوند، ساختن مواد استری در بدن آنها به حداکثر می‌رسد. رفتار دفاعی دارای چهار مرحله هوشیاری، فعال شدن، شناسایی محرک‌ها و قدرت‌نمایی (حمله) است. دمیدن دود به داخل کندو، رفتار دفاعی را کاهش می‌دهد. زیرا ذرات دود بوی فرمون‌های دفاعی را خنثی یا از تحریک شاخک‌ها به این مواد شیمیایی فرمون‌ها) جلوگیری می‌کند. به علاوه، امکان دارد در اثر وجود دود، تعداد زیادی از زنبورهای کارگر شهد بیشتری مصرف کنند و در نتیجه، احتمال نیش زدن آنها کاهش یابد. با اجرای برنامه‌های اصلاح نژاد می‌توان این صفت را در جامعه تغییر داد و تعدیل کرد (۴).

روش‌های اندازه‌گیری رفتار دفاعی

عموماً رفتار دفاعی به صورت یک صفت مرکب و کمی و با روش‌های مشخص به شرح زیر اندازه‌گیری می‌شود (۴):

۱- در یک بررسی، از اجسامی با رنگ‌های متفاوت، در حالت‌های سکون یا تحرک در مقابل دریاچه پرواز به صورت هدف وارد کردن نیش زنبورها استفاده شد. رنگ تیره و حرکات سریع و نامنظم آنها برای رفتار نیش زدن زنبورهای کارگر مناسب نبود؛ در نتیجه، استفاده از گلوله چرمی سیاه پیشنهاد شد.

۲- روش گلوله چرمی سیاه با افزودن عامل زمان به صورت‌های متفاوتی پیشرفت کرد و معیارهای جدیدی حاصل شد که عبارت از زمان لازم برای تحریک زنبورهای کارگر یک کلنی برای پرواز در اطراف گلوله چرمی سیاه، تعیین زمان لازم اولین نیش به گلوله چرمی سیاه، شمارش تعداد نیش‌ها به گلوله در ۶۰ ثانیه، تعیین مسافت پرواز زنبورهای کارگر یک کلنی به دنبال گلوله چرمی سیاه پس از تحریک به مدت ۶۰ ثانیه بود.

۳- روش گلوله چرمی به این صورت تکمیل شد: یک گلوله چرمی سیاه رنگ به قطر ۳ سانتی‌متر به یک طناب سفید رنگ به طول یک متر آویزان شد. این گلوله را در اطراف دریچه پرواز کندو به مدت ۶۰ ثانیه حرکت دادند. سپس گلوله را در یک پاکت نایلونی گذاشتند و به آزمایشگاه انتقال دادند تا تعداد نیش‌های موجود در گلوله شمارش شود. آزمایش در روزهای آفتابی و آرام بین ساعات ۱۱ تا ۱۵ و در فصل برقراری جریان شهد طبیعی صورت گرفت (تصویر ۳-۱۳). این روش رایج‌ترین روش تعیین رفتار دفاعی است (۸۱).



▲ شکل ۳-۱۳- استفاده از گلوله چرمی برای اندازه‌گیری رفتار دفاعی

۴- در روش‌های دیگر، از یک هدف ثابت برای نیش زدن و مواد شیمیایی محرک رفتار دفاعی استفاده شد. یک گلوله پنبه‌ای را به فرمون دفاعی هپتانون دو آغشته کردند و نزدیک دریچه پرواز کندو قرار دادند. سپس تعداد زنبورهایی که برای رسیدن به گلوله پنبه‌ای کلنی را ترک کردند، شمارش شد.

۵- در یک روش دیگر، یک قطعه چرم سیاه (به ابعاد 10×10 سانتی‌متر) و ماده شیمیایی ایزوآمیل استات (یکی از فرمون‌های دفاعی) را به منظور تحریک زنبورهای کارگر به کار بردند. برای تعیین رفتار دفاعی، قطعه چرم در فاصله ۳۰ سانتی‌متری دریچه پرواز کندو به صورت عمودی و افقی حرکت داده شد. بعد از ۳۰ ثانیه، تعداد نیش‌های زنبورها را روی قطعه چرم شمردند.

۶- در روش‌های دیگر، از مجموع فرمون‌های دفاعی با مقادیر متفاوت استفاده و مقدار مصرف فرمون‌ها تا حدی تحریک رفتار دفاعی زنبورهای کارگر اندازه‌گیری شد.

۷- در یک روش، با دمیدن دود به در ورودی کندو به مدت ۳ دقیقه، تعداد زنبورهای خارج شده از کلنی شمارش شد (آزمون تنفسی). آزمون با باز کردن در کندو و مشاهده عملکرد زنبورهای کلنی ادامه یافت. در این آزمایش، در کندو به مدت ۳ دقیقه باز شد و تعداد زنبورهایی که به اطراف پرواز کردند، براساس سنجش چهارگانه (خیلی آرام با امتیاز یک و پرواز سریع به بیرون با امتیاز چهار) ثبت شد.

۸- در روش تشخیص هم‌کلنی بودن زنبورهای کارگر به وسیله زنبورهای کارگر کلنی‌های دیگر، زنبور کارگر کلنی در محل دریچه پرواز کندو قرار داده شد. زنبورهای کارگر کلنی‌های دیگر برای نیش زدن به زنبور کارگر مورد نظر تحریک شدند. اگر زنبورهای کارگر کلنی رفتار دفاعی نشان دهند، نشانه هم‌کلنی بودن آنهاست.

۹- یکی دیگر از روش‌های اندازه‌گیری رفتار دفاعی، مشاهده رفتار زنبورهای کارگر و رتبه‌بندی آنهاست. به این ترتیب، کلنی‌ها به گروه‌های زنبور آرام (۴)، متوسط (۳)، تهاجمی (۲) و بسیار تهاجمی (۱) تقسیم شدند. با آن‌که دقت این روش به اندازه روش گلوله چرمی نیست، مزیت آن مشاهده رفتار دفاعی طبیعی زنبورها در برابر زنبوردار است.

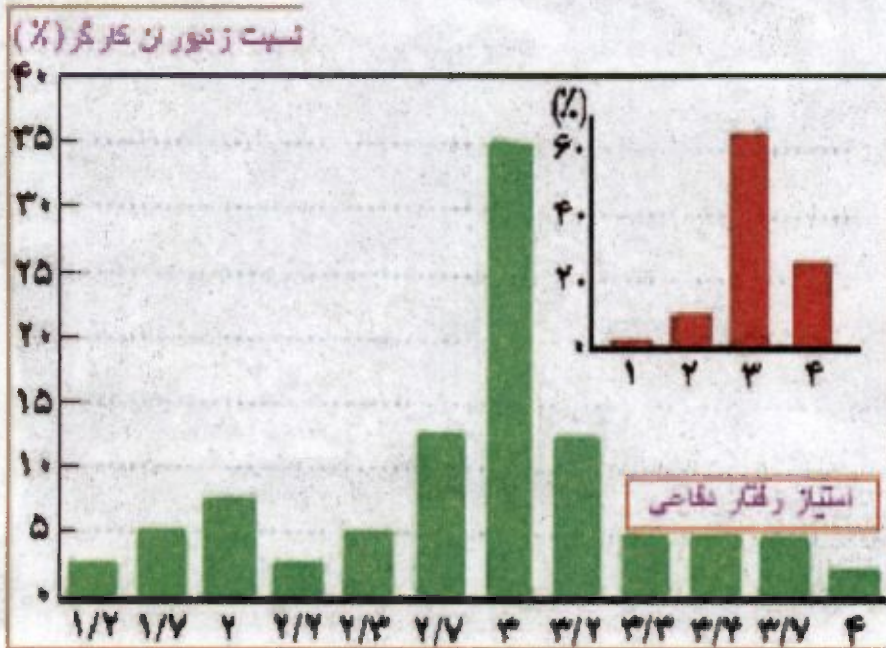
این صفت با صفت آرامش روی شان^۱ نیز به این صورت اندازه‌گیری می‌شود که یک شان حاوی زنبور را مدت ۵ دقیقه از کلنی خارج و میزان پرواز کردن زنبورها را از روی شان، از صفر تا ۱۰ رتبه‌بندی می‌کنند. اگر در این مدت هیچ یک از زنبورها پرواز نکنند، رتبه ۱۰ و اگر همه آنها پرواز کنند، رتبه صفر و به بقیه رتبه‌هایی بین صفر تا ۱۰ داده می‌شود (تصویر ۳-۱۴).



▲ شکل ۳-۱۴- اندازه‌گیری رفتار آرامش روی شان

1- Quietness of bees on the comb (Calm behavior)

بهتر است در روش‌های رتبه‌بندی، اندازه‌گیری‌ها چند بار تکرار شود و براساس اعداد حقیقی (و نه اعداد طبیعی) باشد (۲، ۱/۷، ۱/۳، ۱/۱، ۱) تا توزیع رکوردها به نمودار نرمال نزدیک‌تر شود و سنجش آماری صحیح‌تر باشد (تصویر ۳-۱۵).



▲ شکل ۳-۱۵- نمودارهای رتبه‌بندی رفتار دفاعی زنبورهای عسل

عملکرد کوتاه‌مدت^۱

ضریب وراثت‌پذیری و همبستگی ژنتیک این صفت با کل تولید کلنی زیاد است و هر کلنی را می‌توان در ابتدای سال بررسی کرد. در حقیقت، این صفت بسیار قابل توجه است (۳، ۶۷).

برای تعیین این صفت، وزن کلنی در صبح روزهای ۱، ۲، ۷، ۱۴ و ۲۱ فصل وفور جریان شهد طبیعی اندازه‌گیری می‌شود (تصویر ۳-۱۶).



▲ شکل ۳-۱۶- وزن کردن کلنی برای بررسی عملکرد کوتاه‌مدت

فعالیت صحراگردی^۱

عموماً تولید کلنی زنبور عسل تابعی از فعالیت صحراگردی و تعداد زنبورهای کارگر موجود در آن است. البته تأثیر فعالیت صحراگردی در مقایسه با تعداد زنبورهای کلنی بیشتر و هم‌بستگی آن با کل تولید کلنی زیاد است. به این سبب، انتخاب این صفت برای افزایش تولید بسیار مفید و مؤثر است. برای سنجش کلنی، در فصل برقراری جریان شهد (گرده) و در یک روز آفتابی مناسب در بین ساعات ۱۱/۵ تا ۱۳، دریچه پرواز کلنی را ۶۰ ثانیه مسدود می‌کنند. پس از این مدت، با دوربین مجهز به ماکرولنز (۵۵ میلی‌متری) و در فاصله مناسب و یکسان برای تمام کلنی‌ها، از دریچه پرواز هر کلنی عکس برداری می‌کنند. پس از ظهور عکس‌ها، زنبورهای در حال برگشت از صحراگردی شمارش می‌شود (تصویر ۳-۱۷).



▲ شکل ۳-۱۷- شمارش زنبورهای کارگر صحراگرد در عکس (تعیین رفتار صحراگردی)

جمع‌آوری گرده^۱

دانه گرده ماده غذایی مناسبی برای رشد زنبورها و تکثیر کلنی و تولید ژله سلطنتی است. در ضمن، به دلیل مصارف بسیار مفید دیگر در تغذیه انسان، داروسازی و ... هم از تولیدهای باارزش زنبور عسل است. برای تعیین مقدار آن از دو روش زیر استفاده می‌شود (تصویر ۳-۱۸):

۱- برآورد مقدار گرده جمع‌آوری شده در هر سانی مترمربع سطح شان‌های هر کلنی بعد از فصل

تولید؛

۲- نصب تله گرده‌گیر و وزن کردن (گرم) مقدار گرده جمع‌آوری شده در تله گرده‌گیر هر کلنی

به مدت ۳ روز در خلال جریان شهد یا بعد و قبل از جریان شهد و حداقل در ۳ نوبت (۱۴).



▲ شکل ۳-۱۸- اندازه‌گیری مقدار گرده ذخیره شده

تولید موم و شان‌سازی

صفت تولید موم علاوه بر تأمین موم مورد نیاز زنبوردار، با تولید عسل رابطه مثبت و با بچه‌دهی رابطه منفی دارد. البته باید با تأمین برگه‌های آج‌دار، کلنی را برای تولید سلول‌های کارگر تحریک کرد. مقدار تولید موم در زمان جریان شهد طبیعی، به این صورت اندازه‌گیری می‌شود که یک شان حاوی برگه موم در داخل کلنی قرار می‌دهند و پس از ۴ روز، تفاوت وزن آن‌را با وزن اولیه (بدون ذخیره‌سازی عسل یا گرده) اندازه‌گیری می‌کنند. البته براساس رتبه‌بندی نیز می‌توان این صفت را برای هر کلنی تعیین کرد (۱۳). به این ترتیب، اگر یک برگه موم در مدت ۱، ۲، ۳، ۴ و بیش از ۴ روز بافته شود، به ترتیب رتبه‌های ۵، ۴، ۳، ۲ و ۱ به کلنی داده می‌شود (تصویر ۳-۱۹).



▲ شکل ۳-۱۹- بررسی صفت شان‌سازی زنبورهای کارگر

زمستان‌گذرانی

این صفت قدرت زنده ماندن کلنی به مدت طولانی (پاییز و زمستان) با داشتن ذخیره غذایی محدود، بدون پرواز زنبورها (در حال استراحت) را نشان می‌دهد (تصویر ۳-۲۰). در حقیقت، در اوایل فصل تولید (بهار)، تمام کلنی‌ها بازدید می‌شود. کلنی‌هایی که حاوی مقدار کافی تخم، نوزاد (حداقل ۶ شان کامل با تخم، لارو و شفیره) و جمعیت کافی باشند، برای تقسیم و تولید بچه‌کندو آمادگی داشته باشند، پایدار و موفق محسوب می‌شوند (۱۴). برای سنجش این صفت، از مقدار غذای مصرفی در زمستان نیز استفاده می‌شود. بدین منظور، در فصل پاییز کلنی‌ها را در داخل پوشش نایلونی ضخیم می‌پیچند و دریچه‌های پرواز را تنگ می‌کنند و کلنی‌های آماده برای زمستان‌گذرانی، وزن می‌شوند. در اوایل فصل بهار، تمام کلنی‌ها وزن می‌شوند و تفاوت وزن آنها با وزن قبلی، مقدار غذای زمستانی مصرفی هر کلنی را مشخص می‌کند (تصویر ۳-۲۰).



▲ شکل ۳-۲۰- کلنی‌ها در پوشش نایلونی و آماده زمستان‌گذرانی

صفات ملکه

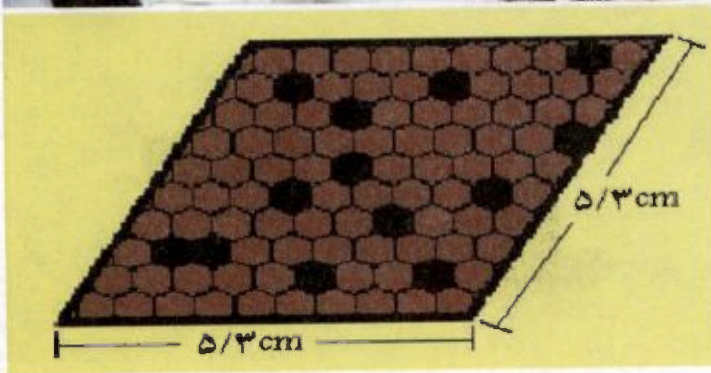
علاوه بر میزان تخم‌گذاری ملکه (که توضیح داده شد)، میزان تخم‌گذاری روزانه ملکه، درصد پذیرش و درصد جای‌گزینی ملکه از صفات مهم (مزرعه‌ای) مربوط به ملکه است که برای تعیین هر یک از آنها، از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

۱- تخم‌گذاری روزانه ملکه: عموماً در هر اینچ مربع (۶/۵ سانتی‌متر مربع) ۲۶ سلول زنبور کارگر وجود دارد (تصویر ۳-۲۱). به این سبب، سطح تخم‌گذاری ملکه، حداقل در دو نوبت اندازه‌گیری و به تعداد سلول آن تبدیل می‌شود. با توجه به این‌که طول شفیرگی زنبور کارگر ۱۲ روز و اندازه‌گیری تعداد شفیره‌ها ساده است، تعداد شفیره‌ها حداقل در دو نوبت بر اساس

$$X = \frac{a}{12} - \frac{a-b}{c}$$

معادله زیر اندازه‌گیری می‌شود:

در این معادله x تعداد تخم‌گذاری روزانه ملکه، a و b به ترتیب تعداد نوزدان در رکوردگیری اول و دوم و c فاصله رکوردگیری برحسب روز است (۱۳).



▲ شکل ۳-۲۱- تعیین تخم‌گذاری روزانه ملکه بر اساس شمارش نوزدان

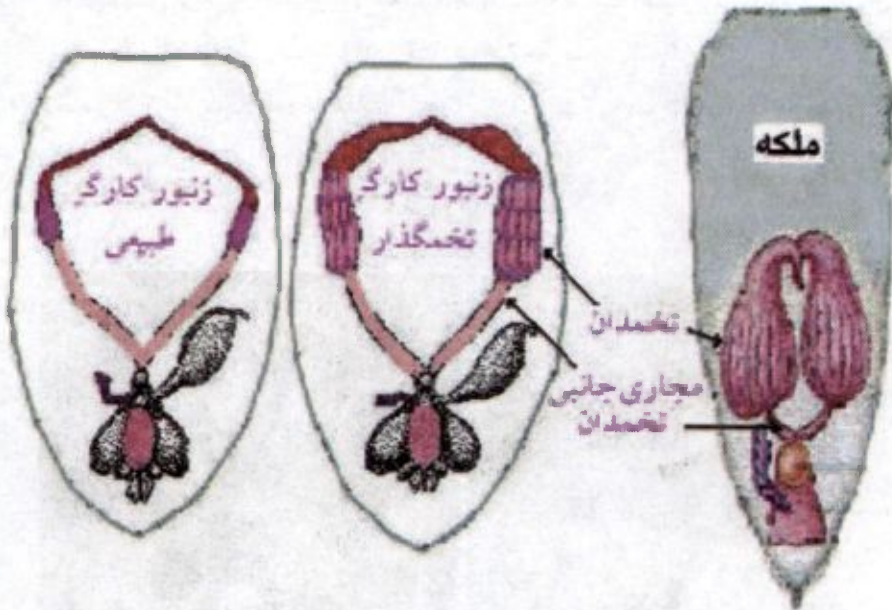
۱- درصد پذیرش ملکه‌ها: یک هفته پس از معرفی ملکه به کلنی، عملیات بازدید انجام و با مشاهده وجود تخم در شان‌ها، پذیرش ملکه مشخص می‌شود (۱۴). عموماً میانگین پذیرش ملکه حدود ۷۵ درصد است.

۲- درصد جای‌گزینی ملکه‌ها: با توجه به آن‌که اگر ملکه معرفی شده به کلنی از بین برود، عموماً حدود یک ماه بعد کلنی، ملکه جای‌گزین تولید می‌کند، کلنی‌ها در حدود یک ماه پس از معرفی ملکه‌ها بازدید می‌شوند و با مشاهده ملکه‌های دارای شماره (خال‌دار) و بال کوتاه، مشخص می‌گردد که جای‌گزینی ملکه انجام نشده است (تصویر ۳-۲۲). می‌توان جای‌گزینی ملکه را به این صورت رتبه‌بندی کرد که چنانچه بعد از ۱۲، ۲۴، ۶ تا ۱۲، ۳ تا ۶ ماه و کمتر از ۳ ماه پس از معرفی ملکه، جای‌گزینی صورت گیرد، به ترتیب رتبه‌های ۵، ۴، ۳، ۲ و ۱ داده می‌شود (۱۳).



▲ شکل ۳-۲۲- مشاهده ملکه شماره‌دار (یک ماه پس از معرفی به کلنی)

در حقیقت، ملکه‌های خوب گاهی عقیم می‌مانند یا پذیرفته نمی‌شوند یا از بین می‌روند و جای‌گزینی صورت می‌گیرد. مرگ و میر ملکه گاهی پس از تلقیح مصنوعی (نامناسب) اتفاق می‌افتد. اگر کلنی مدتی طولانی بدون ملکه بماند، زنبورهای کارگر شروع به تخم‌گذاری می‌کنند. به این صورت که تخمدان‌های این زنبورها رشد می‌کند و قابلیت تخم‌گذاری (تخم‌های نر) را دارد (تصویر ۳-۲۳). همچنین زنبورهای کارگر را می‌توان با گاز CO_2 به تخم‌گذاری تحریک کرد که برای انتخاب صفات کلنی قابل استفاده است (توضیح در فصل بعد).



▲ شکل ۳-۲۳- مقایسه تخمدان‌های زنبور کارگر تخم‌گذار با زنبور کارگر معمولی و ملکه

صفات آزمایشگاهی

اگر صفات آزمایشگاهی همراه با صفات مزرعه‌ای اندازه‌گیری شود، در برنامه‌های به‌نژادی بسیار مفید و مؤثر خواهد بود. از صفات آزمایشگاهی مهم می‌توان وزن ملکه پس از تلقیح و غلظت اسپرم زنبورهای نر را نام برد. این دو صفت در شروع تخم‌گذاری ملکه، تعداد تخم و نوزاد و توسعه کلنی مؤثرند.

صفت وزن ملکه از راه وزن کردن آن، قبل و بعد از تلقیح (در زمان تخم‌گذاری)، تعیین می‌شود. غلظت اسپرم زنبورهای نر نیز از طریق سانتریفوژ مشخص می‌شود.

از صفات مهم آزمایشگاهی دیگر می‌توان رفتار شربت‌برداستی^۱، طول عمر زنبورهای کارگر^۲، وزن شفیره‌ها^۳ و مساحت سبد گرده^۴ را نام برد. ضریب هم‌بستگی سه صفت آخر با تولید عسل، معنی‌دار است. ولی در اغلب موارد، ضریب هم‌بستگی رفتار شربت‌برداستی با تولید عسل معنی‌دار نیست. در حقیقت، این صفت را نمی‌توان جای‌گزین صفت تولید عسل یا رفتار صحراگردی کرد.

✓ رفتار شربت‌برداستی: برای تعیین این صفت در انکوباتور یا کندوچه‌های آزمایشگاهی، ۵۰ زنبور کارگر و مقدار معینی شربت (۵۰ سی‌سی) قرار داده می‌شود. سپس مدت مصرف آن (تغذیه و ذخیره کردن)، یادداشت می‌شود (۳۴). البته روش صحیح‌تر آن است که به جای استفاده از شربت، در زمان معینی میزان ذخیره‌سازی شهد اندازه‌گیری شود (تصویر ۳-۲۴).

✓ صفت طول عمر: صفت طول عمر زنبورهای کارگر هر کلنی، در محیط مناسبی نظیر انکوباتور تعیین می‌شود. به این صورت که یک شان مناسب را در زمان معینی، در قاب حبس ملکه قرار می‌دهند تا ملکه روی آن تخم‌گذاری کند و شفیره‌های هم‌سن تولید شوند. سپس تاریخ و ساعت تخم‌گذاری روی شان ثبت می‌شود و دو روز قبل از خروج شفیره‌ها، شان را به انکوباتور منتقل می‌کنند. هر یک از شان‌ها در یک قفس دارای توری و حاوی عسل قرار دارد و پس از تولد هر زنبور کارگر، به آن شماره می‌زنند و ساعت تولد را یادداشت می‌کنند. پس از مرگ هر زنبور، این تاریخ نیز ثبت می‌شود (تصویر ۳-۲۵). به این ترتیب، میانگین طول عمر زنبورهای کارگر هر شان مربوط به هر کلنی اندازه‌گیری می‌شود. این صفت عامل مهم و مؤثری در مورد تعداد زنبورهای کارگر هر کلنی در وضعیت مناسب محیطی است. میانگین طول عمر زنبورهای کارگر هر کلنی حداقل ۲۷ روز و عموماً بین ۳۰/۵ تا ۴۵/۵ روز متغیر است. در ضمن، ضریب وراثت‌پذیری این صفت کم است (۰/۱۸)؛ ولی با ایجاد زنبورهای دورگ (در اثر هتروزیس) می‌توان آن‌را افزایش داد (۳۴).



▲ شکل ۳-۲۵- زنبورهای کارگر شماره‌دار برای محاسبه میانگین طول عمر

✓ **وزن شفیره‌ها:** برای تعیین این صفت، تفاوت وزن شان‌های حاوی شفیره‌های هم‌سن (با استفاده از قاب حبس ملکه شبیه صفت طول عمر)، با وزن شان‌ها پس از تولد زنبورها اندازه‌گیری می‌شود. هم‌بستگی این صفت با تولیدات زنبور و طول عمر، مثبت است (۳۴).

✓ **مساحت سبید گرده:** برای تعیین این صفت، در آزمایشگاه طول و عرض ساق پای عقب (تصویر ۳-۵) اندازه‌گیری می‌شود. سپس (همان‌طور که در فصل دوم توضیح داده شد) از روی نصف حاصل ضرب این طول و عرض، مساحت سبید گرده را تعیین می‌کنند.

مقاومت در برابر بیماری‌های و آفت‌ها

بین نژادها و لاین‌های متفاوت زنبور عسل در برابر مقاومت به بیماری‌ها و آفت‌ها، تفاوت‌هایی وجود دارد که منشأ ژنتیک دارند. معمولاً مصونیت طبیعی، که در حیوانات مشاهده می‌شود، در زنبور عسل وجود ندارد. البته در برخی نژادها از نظر مقاومت به بیماری لارو کیسه‌ای^۱ تنوع زیاد و تا حدی مصونیت وجود دارد (تصویر ۳-۲۶). عموماً زیاد بودن هم‌خونی، مقاومت کلنی‌ها را در برابر بیماری‌ها و آفت‌ها کاهش می‌دهد و هتروزیگوسیتی باعث افزایش مقاومت در نتاج دورگ نسل اول می‌شود (۶، ۷۶).

البته یک روش مناسب، به خصوص در مورد زنبور عسل، انتخاب نژادها و لاین‌های مقاوم است که با اندازه‌گیری و شناسایی مقاومت زنبورهای عسل در مقابل بیماری‌ها یا آفت‌ها، می‌توان توده یا لاین‌های مقاوم ایجاد کرد. برای شناسایی این لاین‌ها و نژادها، یکی از روش‌ها، انتقال عامل بیماری و آفت‌ها به نمونه‌هایی از کلنی و بررسی میزان مقاومت کلنی است.

ممکن است عامل بیماری یا آفت، در کلنی موجود باشد؛ ولی عوارض ناشی از وجود آن ظاهر نشود (نظیر بیماری نوزما، فلجی و آفت واروا)؛ اما در مواردی که زنبور عسل از نظر ژنتیک مقاوم نباشد، اثر وجود بیماری یا آفت ظاهر می‌شود. برخی بیماری‌ها (نظیر نوزما) دارای علائم صحرائی و آزمایشگاهی است. در برنامه‌های شناسایی مقاومت به این بیماری‌ها حتماً باید بررسی‌های آزمایشگاهی نیز انجام گیرد تا اطمینان کافی حاصل شود. برای برآورد میزان مقاومت در برابر عامل بیماری، عوارض آن بر کلنی مشاهده و ثبت می‌شود.



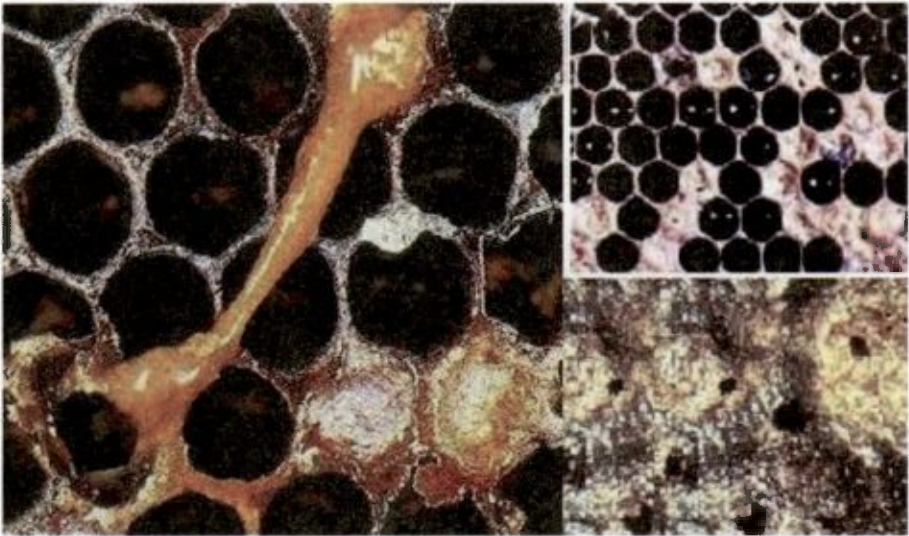
▲ شکل ۳-۲۶- مشاهده بیماری لارو کیسه‌ای

برای مثال، در بیماری‌های لوک^۱ (نظیر لوک آمریکایی^۲) درصد نوزادان مرده (تصویر ۳-۲۷) و برای بیماری نوزما تعداد هاگ (اسپور) زنبور کارگر در نمونه آزمایشگاهی و در مورد آفت واروآ تعداد آنها در کلنی، به خصوص آفت‌های آسیب دیده در کف کندو ثبت می‌شود (تصویر ۳-۲۸).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقاومت در برابر بیماری لوک آمریکایی، آفت واروآ و تراشه‌ای، منشأ ژنتیک دارد و با اجرای برنامه‌های انتخاب می‌توان مقاومت را افزایش داد (۶،۷۴).

1- Foul brood

2- American foul brood



▲ شکل ۳-۲۷- نوزادان مرده در بیماری لوک آمریکایی



▲ شکل ۳-۲۸- مشاهده آفت واروآی آسیب دیده در کف کندو

مقاومت به آفت واروآ

مبارزه زنبور عسل با آفت واروآ به صورت فیزیکی و رفتار بهداشتی^۱ و مبارزه فیزیکی شامل زخمی کردن و کشتن آفت‌هاست. رفتار بهداشتی زنبور عسل برای مبارزه با آفت واروآ شامل باز کردن در سلول‌ها^۲ (حاوی شفیره‌های آلوده)، خارج کردن شفیره و آفت موجود روی آن^۳، زخمی کردن و کشتن آفت با آرواره‌ها و ضخیم کردن پوشش سلول‌های آلوده برای ممانعت از تولید شفیره‌های آلوده است. در گونه زنبور عسل هندی، علاوه بر مبارزه فیزیکی و رفتار بهداشتی، کوتاه بودن طول دوره شفیرگی نیز در کاهش شدت آلودگی به آفت واروآ مؤثر است. به این سبب، در زنبور عسل غربی نیز می‌توان برای کاهش طول شفیرگی، مطالعاتی انجام و مقاومت را افزایش داد (تصویر ۳-۲۹).



▲ شکل ۳-۲۹- مقاومت به آفت واروآ با کاهش طول شفیرگی (مرحله بسته بودن سلول)

البته چون کاهش طول سفیرگی سبب ضعیف شدن جمعیت کلنی و کاهش تولید عسل می‌شود، روش مناسبی نیست و روش‌های فیزیکی و بهداشتی مفیدتر است. یکی از روش‌های مناسب، آلوده کردن کلنی‌های مورد آزمایش و شمارش آفت‌های زخمی یا کشته شده (تصویر ۳-۲۸) یا آلوده کردن یک شان در انکوباتور و مشاهده رفتار بهداشتی آن است. بررسی‌ها نشان می‌دهد خصوصیات برداشت سرسلول و خارج کردن لاروها تحت تأثیر دو آلل مغلوب یک ژن است (تصویر ۳-۳۰).

برای ایجاد مقاومت در برابر این بیماری، باید در زنبورهای نر یک آلل و در ملکه دو آلل مغلوب از این ژن وجود داشته باشد (۶).

مقاومت در برابر بیماری لوک آمریکایی (AFB)

مقاومت کلنی زنبور عسل در برابر این بیماری به دو صورت رفتار بهداشتی زنبورهای کارگر و مقاومت لاروها^۱ به عامل بیماری است.

رفتار بهداشتی زنبورهای کارگر به این صورت است که لاشه لاروهای مرده یا بیمار را به سرعت از کلنی خارج^۲ و محل را نظافت می‌کنند که به رفتار بهداشتی در مقابل آفت واروآ شباهت دارد (تصویر ۳-۳۰).

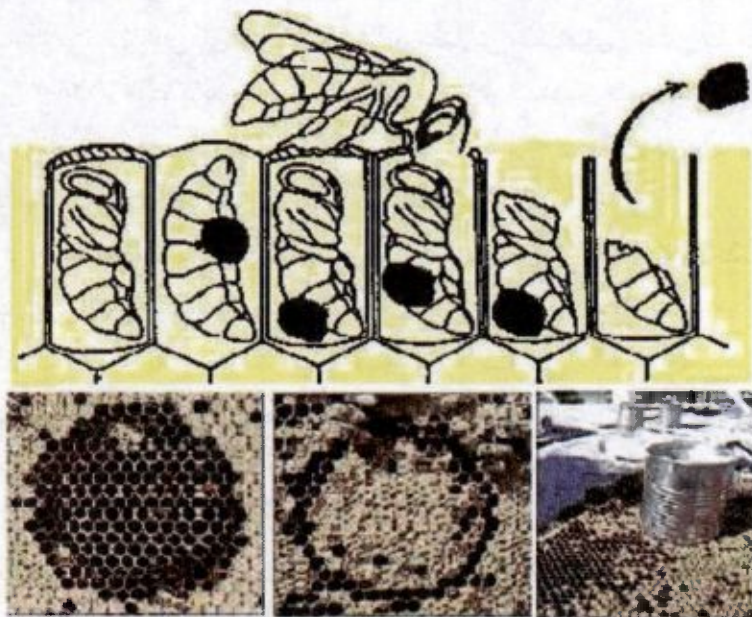
حتی ممکن است زنبورهای کارگر لاروهای آلوده را بخورند و در دستگاه گوارش خود هضم کنند.

مقاومت لاروها: مشاهده شده است که هاگ‌های عامل بیماری لوک آمریکایی در داخل دستگاه گوارش بعضی از لاروها جوانه تولید نمی‌کنند و به مرحله رویشی نمی‌رسند. از طرفی ممکن است این هاگ‌ها در قسمت عسلدان، متلاشی شود و به معده وارد نشود. همچنین در ژله سلطنتی تولیدی آنها غلظت ۱۰- هیدروکسی اینوئیک اسید^۳ بیشتر باشد که مانع جوانه‌زدن هاگ‌ها شود (۲۳).

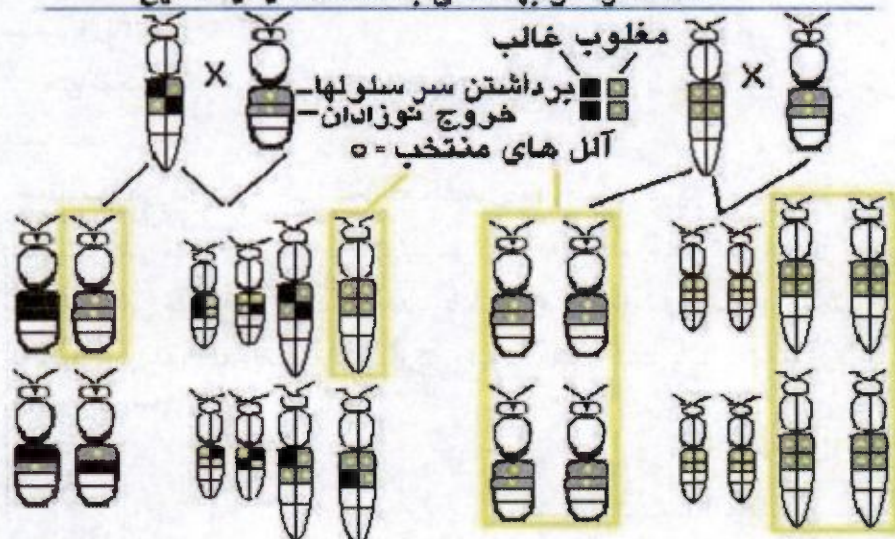
1- Larval resistance

2- Removing

3- 10-hydroxy-trans-2-enoic acid



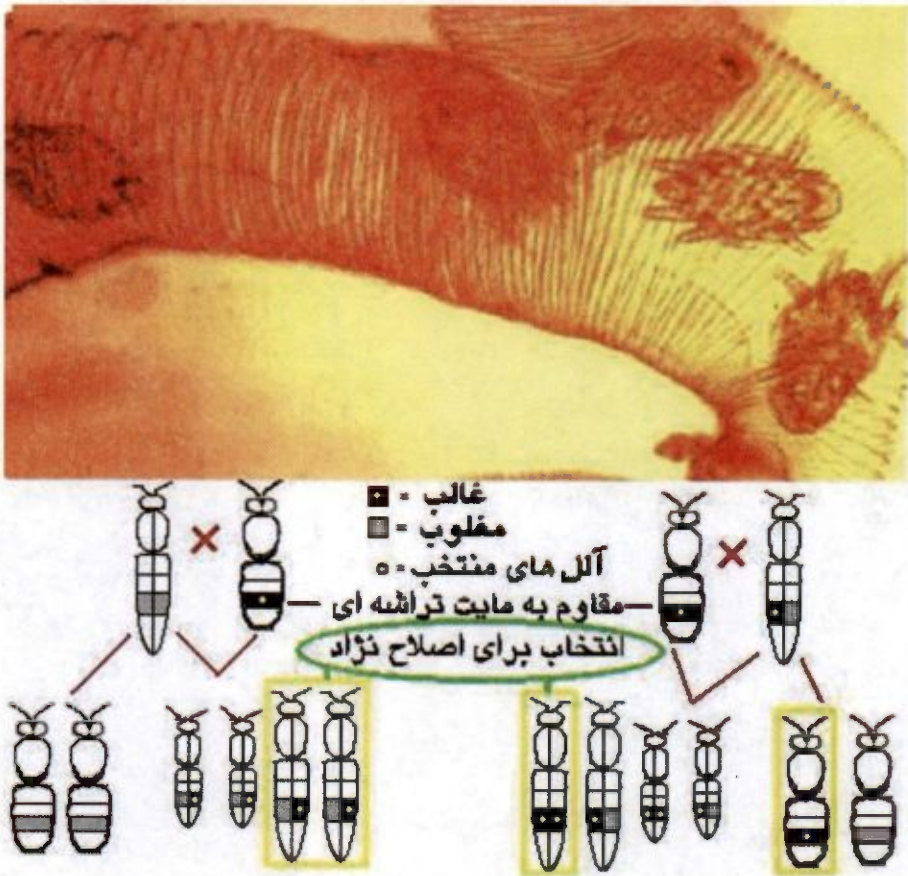
مشاهده رفتار بهداشتی با استفاده از ازت مایع



▲ شکل ۳-۳- تأثیر دو آلل مغلوب بر رفتار بهداشتی

مقاومت در برابر جرب تراشه‌ای^۱

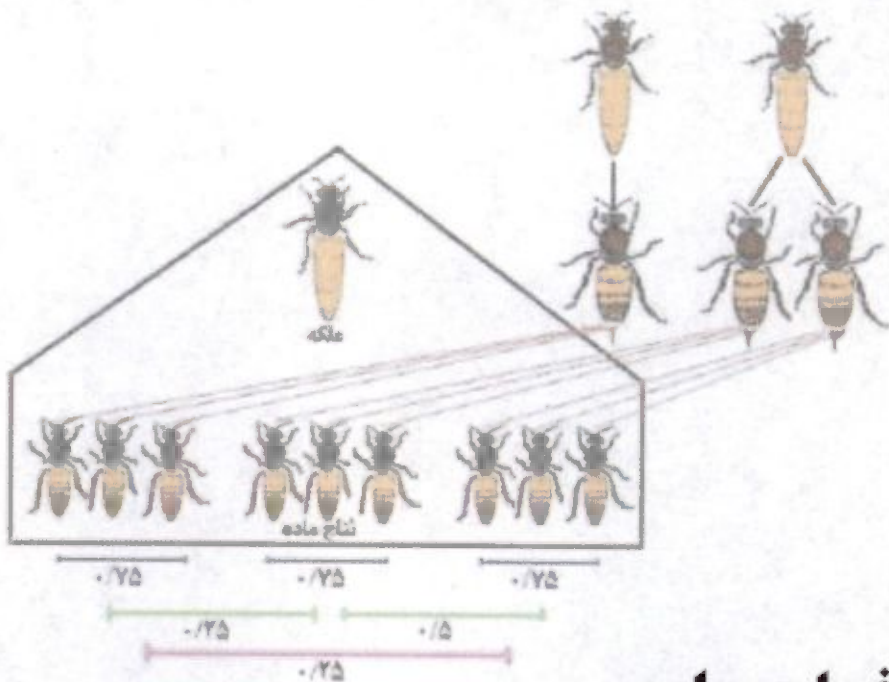
مقاومت به این آفت لوله‌های تنفسی زنبور عسل، با یک ژن کنترل می‌شود و زنبورهای مقاوم، آلل غالب این ژن را دارند (تصویر ۳-۳۱). به این سبب، با شناسایی و انتخاب زنبورهای نر و ملکه مقاوم در برابر این آفت (دارای آلل غالب) و آمیزش بین آنها، مقاومت به نتاج منتقل می‌شود.



▲ شکل ۳-۳۱ - مقاومت به جرب تراشه‌ای

خودآزمایی

- ۱- سطح سبد گرده و رنگ سپرچه چگونه اندازه گیری می شود؟
- ۲- روش رایج اندازه گیری تولید عسل چگونه است؟
- ۳- روش اندازه گیری جمعیت را توضیح دهید.
- ۴- روش اندازه گیری ظرفیت بچه دادن را شرح دهید.
- ۵- روش معمول برای اندازه گیری رفتار دفاعی را توضیح دهید.
- ۶- روش اندازه گیری دو صفت آزمایشگاهی را توضیح دهید.
- ۷- عملکرد کوتاه مدت را شرح و روش اندازه گیری آنرا توضیح دهید.
- ۸- برخی صفات مربوط به ملکه را نام ببرید و روش تعیین آنرا توضیح دهید.



فصل چهارم

بر آورد روابط خویشاوندی در زنبور عسل



هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل، از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

- ۱- رابطه خویشاوندی را در کلنی‌های زنبور عسل برآورد کنند.
- ۲- عوامل مؤثر بر رابطه خویشاوندی کلنی‌های زنبور عسل را تعریف کنند.
- ۳- تعداد آمیزش‌های ملکه را تعیین کنند.
- ۴- میانگین رابطه خویشاوندی را بین دو زنبور ماده هر کلنی برآورد کنند.
- ۵- ضریب هم‌خونی و ضریب خویشاوندی را در زنبور عسل برآورد کنند.

رابطه خویشاوندی در کلنی‌های زنبور عسل

رابطه (ضریب) خویشاوندی^۱ احتمال تشابه ژن‌های دو موجود به سبب وجود والد (والدین) مشترک است. روش بررسی ژنتیکی راسته بال غشاییان (راسته مربوط به زنبور عسل) به دلیل آن‌که جنس نر دارای یک دسته کروموزوم (هاپلوئید) است، با سایر موجودات (دیپلوئید) تفاوت دارد. عموماً ۷۵ درصد از ژن‌های هر دو زنبور ماده (زنبور کارگر یا ملکه) حاصل آمیزش یک ملکه با یک زنبور نر (از راه تلقیح مصنوعی)، با هم مشابه است. از آن‌جا که نیمی از ژن‌های این فرزندان از ملکه دیپلوئید (مادر) و نیمی از ژن‌ها از زنبور نر هاپلوئید به ارث می‌رسد، احتمال تشابه ژن‌های دو زنبور ماده برابر با $0.75 = (\frac{1}{2} \times 1) + (\frac{1}{2} \times \frac{1}{2})$ است و رابطه خویشاوندی زنبورهای ماده حاصل از یک ملکه و یک زنبور نر را اصطلاحاً فوق خواهری^۲ می‌نامند. رابطه خویشاوندی بین زنبورهای موجود در یک کلنی تحت تأثیر عوامل متفاوت، به شرح زیر است (۴)

۱- نحوه ذخیره شدن اسپرم‌ها در کیسه ذخیره اسپرم

در بررسی‌های انجام شده مشخص شد که اسپرم ماتوزوئیدهای اولین و آخرین زنبور نری که با ملکه آمیزش می‌کند، در کیسه ذخیره اسپرم کاملاً مخلوط نمی‌شود. به عبارت دیگر، اسپرماتوزوئیدها در کیسه ذخیره اسپرم ملکه به طور کامل مخلوط نمی‌شوند.

1- Relationship coefficient

2- Super sister

۲- تعداد زنبورهای نر مورد آمیزش با ملکه

در حالت طبیعی، ملکه زنبور عسل با چند زنبور نر آمیزش می‌کند. به این سبب، تعیین رابطه خویشاوندی زنبورهای داخل کلنی مشکل است. زیرا ساختار ژنتیک زنبورهای موجود در داخل کلنی بسیار متفاوت است. از طرفی آمیزش ملکه با چند زنبور نر سبب کاهش سهم اثر تأثیر مکان ژنی جنسی مربوط به هر زنبور موگلد و در نتیجه سبب کاهش شیوع بیماری‌ها و مقاومت بیشتر در برابر وضعیت نامساعد محیطی می‌شود.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که بین رابطه خویشاوندی زنبورهای کارگر داخل یک کلنی و صفات اقتصادی مهم (نظیر ذخیره‌سازی شهد، تعداد نوزاد و تولید فصلی^۱)، اثر متقابل وجود دارد. بنابراین، ساختار ژنتیک زنبورهای داخل یک کلنی به نوع رابطه خویشاوندی بین آنها (نحوه آمیزش) و قدرت زیستی جمعیت بستگی دارد. اگر تعداد آمیزش‌ها در ملکه‌های گوناگون، متفاوت باشد، رابطه خویشاوندی زنبورهای داخل کلنی‌های گوناگون نیز متفاوت خواهد بود. یعنی رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده برخی کلنی‌ها بیشتر از کلنی‌های دیگر است. همچنین اگر تعداد آمیزش‌ها در حد مناسب نباشد، به دلیل کافی نبودن میزان اسپرماتوزئید موجود در کیسه ذخیره اسپرم ملکه، کلنی اقدام به تولید ملکه جانشین می‌کند. به این ترتیب، زنبورهای کارگر شاخون ملکه تولید می‌کنند و پس از تولد ملکه دختری^۲، ملکه اصلی را از بین می‌برند.

۳- متفاوت بودن میزان تولید و انزال اسپرم در زنبورهای نر

میزان تولید و انزال اسپرم زنبورهای نر در اثر نوع نژاد، سن، نحوه پرورش و سایر عوامل محیطی و در زنبورهای نر گوناگون، متفاوت است.

۴- رابطه خویشاوندی زنبورهای نر مورد آمیزش با ملکه

اگر زنبورهای نر شرکت‌کننده در آمیزش‌ها با هم خویشاوند یا حاصل یک ملکه باشند، میانگین رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده داخل هر کلنی افزایش می‌یابد.

1- Seasonal gain

2- Daughter queen

۵- رقابت اسپرماتوزئیدها برای رسیدن به تخمک

نحوه رقابت بین اسپرماتوزئیدها در رسیدن به تخمک، میانگین هم‌بستگی ژنتیک بین زنبورهای داخل یک کلنی را تغییر می‌دهد.

تعیین تعداد آمیزش ملکه

تعداد آمیزش ملکه با روش‌های متفاوتی تعیین می‌شود که دو روش مهم آن عبارت از تعیین حداقل تعداد زنبورهای نر مورد آمیزش با ملکه و تعیین تعداد مؤثر^۱ آمیزش هر ملکه است. حداقل تعداد زنبورهای نر در آمیزش با یک ملکه از راه نمونه‌گیری تصادفی ملکه‌ها و تقسیم کردن حجم اسپرم موجود در کیسه ذخیره اسپرم ملکه به میانگین حجم اسپرم تولیدی یک زنبور نر تعیین می‌شود.

تعداد مؤثر آمیزش هر ملکه از معکوس احتمال ایجاد دو زنبور ماده کلنی حاصل از یک زنبور نر (با استفاده از نشانه‌گذارهای بیوشیمیایی) محاسبه می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد تعداد مؤثر آمیزش هر ملکه در خلال زندگی ملکه به مرور کاهش می‌یابد. به این ترتیب، با مصرف اسپرماتوزئیدها در کیسه ذخیره اسپرم (و مسن شدن ملکه)، به‌خصوص در زمان بچه‌دهی، رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده کلنی تغییر می‌کند. این مطلب نشان می‌دهد که اسپرماتوزئیدها در کیسه ذخیره اسپرم کاملاً مخلوط نمی‌شود و یکی از عوامل بچه‌دهی، کاهش تعداد مؤثر آمیزش ملکه است. به این سبب، بررسی تعیین تعداد آمیزش‌های ملکه باید قبل از تولید بچه‌کندو صورت گیرد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در روش تلقیح مصنوعی و با مخلوط کردن اسپرماتوزئیدها، میزان مشارکت زنبورهای نر در رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده داخل کلنی یکسان است. میانگین تعداد زنبورهای نر شرکت‌کننده در آمیزش‌ها در مناطق معتدل ۷ تا ۸ عدد و در مناطق گرمسیر ۹/۸ تا ۱۷/۳ عدد گزارش شده است (۲۲، ۶۶).

زیرجمعیت‌های یک کلنی

در هر کلنی، جمعیت ماده (زنبورهای کارگر یا ملکه‌های دختری) زیرجمعیت‌هایی دارند. زنبورهای هر زیرجمعیت شامل فرزندان یک زنبور مولد نر (پدر) است. با توجه به این که زنبور نر هاپلوئید است، احتمال وجود ژن‌های یکسان بین دو فرزند مساوی با $0/75$ و رابطه ژنتیک آنها فوق‌خواه‌ری است.

$$0/75 = \frac{1}{2} + \frac{0/5}{2} = \frac{1}{2} + \frac{0/5}{2} \text{ (احتمال وجود ژن‌های پدری یکسان در دو زنبور ماده) + (احتمال وجود ژن‌های مادری یکسان در دو زنبور ماده)}$$

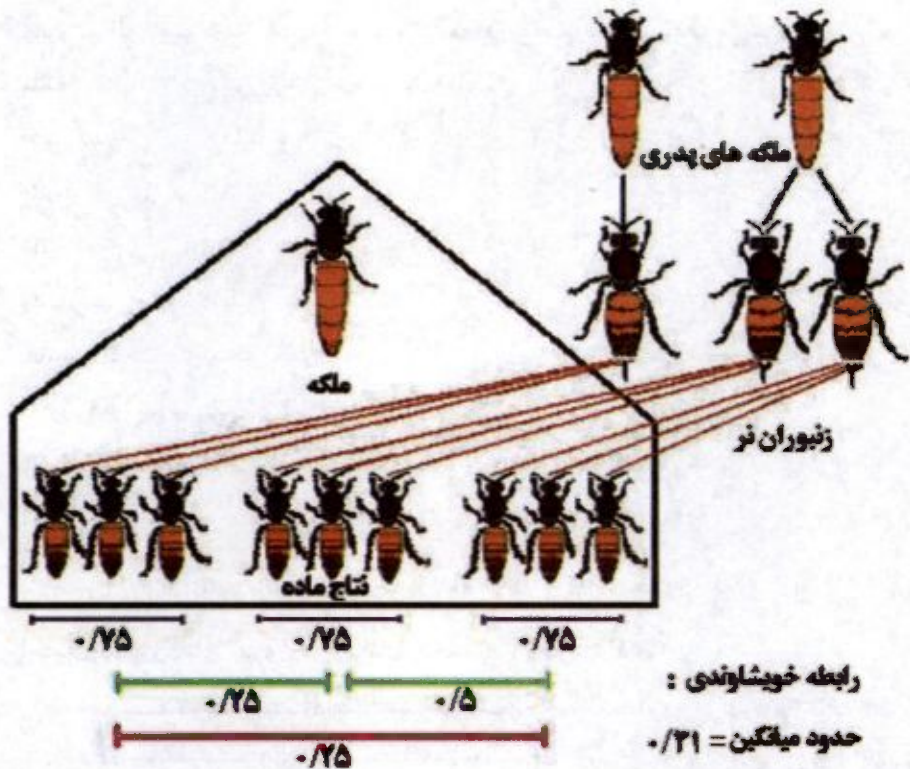
تعداد زیرجمعیت‌ها به نحوه آمیزش ملکه با زنبورهای نر بستگی دارد. این امکان وجود دارد که زنبورهای نر آمیزش‌کننده با یک ملکه، خود از یک ملکه حاصل شده باشند. در این حالت، این ملکه شبیه یک پدر دیپلوئید است که فرزندان نر او، گامت‌های n کروموزومی‌اش محسوب می‌شوند. در این صورت، رابطه خویشاوندی بین زیرجمعیت‌ها معادل خواهران تنی^۱ معادل $0/5$ است. اگر زنبورهای نر مولد حاصل ملکه‌های متفاوت باشند، رابطه ژنتیک بین زیرجمعیت‌ها خواهران ناتنی^۲ معادل $0/25$ است (تصویر ۴-۱). در این حالت، خصوصیات زیرجمعیت‌ها به دلیل متفاوت بودن زنبورهای نر، تفاوت دارد. همچنین ممکن است خصوصیات داخل یک زیرجمعیت نیز به دلیل تفرق ژنی در تخم‌های بارور (در مرحله میوز) تغییر کند.

در تصویر ۴-۱ رابطه خویشاوندی زنبورهای ماده داخل یک کلنی نشان داده شده است. فرض می‌شود ملکه‌های تولیدکننده زنبور نر متفاوت هستند و زنبور نر ۱ با زنبورهای نر ۲ و ۳ رابطه خویشاوندی ندارد و زنبورهای نر ۲ و ۳ فرزندان یک ملکه هستند. در این حالت، رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده داخل هر زیرجمعیت (a یا b یا c) معادل $0/$ (فوق‌خواه‌ری)، بین زیرجمعیت‌های b و c معادل $0/$ (خواهران تنی) و بین زیرجمعیت‌های a-b و a-c معادل $0/$ (خواهران ناتنی) است. رابطه خویشاوندی بین ملکه‌های پدری با زنبورهای ماده دختری معادل $0/$ است. رابطه خویشاوندی ملکه (مادری) با زنبورهای نتاج ماده و نر خود به ترتیب

1- Full sisters

2-Half sisters

معادل ۰/۱ و ۱ خواهد بود. به این ترتیب، رابطه خویشاوندی زنبورهای ماده با زنبورهای نر هر کلنی معادل $0/1 = (1 \times 0/5)$ است (۴، ۲۶).



▲ شکل ۴-۱- رابطه خویشاوندی زنبورهای ماده داخل یک کلنی

برآورد میانگین رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده هر کلنی
 الف) در صورت نامشخص بودن تعداد ملکه پدری
 میانگین رابطه خویشاوندی بین دو زنبور ماده هر کلنی به سه حالت مستقل زیر در نظر
 گرفته می شود (۶۶):

✓ دو زنبور ماده فرزندان یک ملکه و (حاصل اسپرماتوزئیدهای) یک زنبور نر باشند.

✓ دو زنبور ماده فرزندان یک ملکه و زنبورهای نر حاصل از یک ملکه پدری باشند.
 ✓ دو زنبور ماده فرزندان یک ملکه و زنبورهای نر حاصل از ملکه‌های نامشخص باشند.
 حالت اول: اگر یک ملکه با یک زنبور نر تلقیح مصنوعی شود یا از اسپرماتوزئیدهای یک زنبور نر (در کیسه ذخیره اسپرم) استفاده گردد، به این صورت نیشان داده می‌شود:

ملکه زنبور نر (والدین)
 (دیپلوئید) (هاپلوئید)

$a_1 \times a_2, a_2$

نتاج ماده $p_1 m_1 \quad p_2 m_2$

a_1 : گامت زنبور نر (پدر)

a_2, a_2 : گامت‌های ملکه (مادر)

P : ژن‌های پدری

m : ژن‌های مادری

احتمال تشابه ژن‌های مادری $\theta = \text{احتمال } (m_2 = m_1) = \frac{1}{2}$

یا احتمال $\frac{1}{2} = (m_2 = m_1 = a_2)$ و احتمال $\frac{1}{2} = (m_1 = m_2 = a_1)$ ؛ $\frac{1}{2} = (\frac{1}{2} + \frac{1}{2}) = \frac{1}{2}$

احتمال تشابه ژن‌های پدری: $\theta = \text{احتمال آن که } P_1(a_1) = P_2(a_1) = 1$

رابطه (ضریب) خویشاوندی R یا $\bar{\theta}$ بین دو زنبور ماده از معادله زیر برآورد می‌شود:

$$\bar{\theta} = \frac{\theta + \theta}{2} \quad (1-4)$$

$$\bar{\theta} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{2}\right) = \frac{3}{4} \quad (\text{رابطه خویشاوندی فوق‌خواهری})$$

حالت دوم: اگر ملکه با n زنبور نر حاصل از یک ملکه آمیزش کند، می‌توان نوشت:

ملکه زنبورهای نر (والدین)

$a_2, a_2 \quad (a_1, a_2 \text{ و } a_1, a_2 \dots)$

$P_1 m_2 \quad P_2 m_2$

چون زنبورهای نر از یک ملکه پدری^۱ حاصل شده‌اند، فقط دو نوع گامت a_1, a_2 تولید می‌کنند. از طرفی گامت‌های ملکه مادری^۲ (a_3, a_4) با گامت‌های زنبورهای نر تفاوت دارند. در این صورت برای آن‌که ژن‌های پدری در دو زنبور ماده، یکسان باشد، دو احتمال وجود دارد:

✓ هر دو گامت از اسپر ماتوزییدهای یک زنبور نر حاصل شود. با توجه به این‌که آمیزش با n زنبور نر انجام می‌شود، احتمال آن‌که ژن‌های پدری دو زنبور ماده P_1 و P_2 از یک زنبور نر باشد، برابر $\frac{1}{n}$ و احتمال یکسان شدن ژن‌های یک زنبور نر (هاپلوئید) برابر ۱ است. در نتیجه، احتمال یکسان شدن ژن‌های پدری برابر $1 \times \frac{1}{n}$ است.

✓ اگر دو گامت مربوط به زنبورهای نر حاصل از یک ملکه باشد، احتمال آن به صورت

زیر است:

$$1 - \frac{1}{n} = \frac{n-1}{n}$$

احتمال یکسان شدن ژن‌های پدری حاصل از زنبورهای نر برادر (حاصل از یک ملکه)

برابر $\frac{1}{4}$ است. بنابراین، احتمال یکسان شدن ژن‌های پدری برابر با $\frac{1}{4} \left(\frac{n-1}{n} \right)$ است و در

مجموع دو حالت وجود دارد:

و نظیر حالت قبل $\theta' = \frac{1}{4}$ بنابراین:

$$\theta = 1 \times \frac{1}{n} + \frac{1}{4} \left(\frac{n-1}{n} \right)$$

$$\bar{\theta} = \frac{1}{2n} + \frac{n-1}{4n} + \frac{1}{4} = \frac{n+1}{4n} + \frac{1}{4} \quad (2-4)$$

حالت سوم: ملکه با n زنبور نر حاصل از ملکه‌های گوناگون آمیزش کند؛ در آن صورت و با فرض این‌که سهم اسپرم هر زنبور نر در آمیزش مساوی باشد، می‌توان نوشت:

۱- ملکه پدری (Sire queen) ملکه‌ای است که با تخم‌گذاری در کلنی حاوی سلول‌های شان نر، زنبور نر پدری تولید کند.

۲- ملکه مادری (Mother queen) ملکه‌ای است که با تخم‌گذاری در کلنی (مادری)، ملکه‌های باکره دختری تولید می‌کند.

ملکه	زنبورهای نر	(والدین)
$a_{n+1}, a_n + 2$	a_1, a_2, \dots, a_n	
$p_2 m_2$	$p_1 m_1$	نتاج ماده

چون n زنبور نر از ملکه‌های متفاوت شرکت کرده‌اند، تعداد n نوع گامت پدری حاصل می‌شود و این گامت‌ها با گامت‌های مادری ($a_n + 1, a_n + 2$) متفاوت است.

$\theta = \text{احتمال} (P_1 = P_2) = \text{احتمال تشابه ژن‌های پدری}$: احتمال آن‌که ژن‌ها از یک زنبور نر باشند (نظیر احتمال اول حالت قبل) $= \frac{1}{n}$ و احتمال یکسان بودن ژن a_1 با a_2, a_1 با a_2 تا a_n با $a_n = a_n$ (هاپلوئید) $= 1$ ؛ بنابراین:

$$\theta = 1 \times \frac{1}{n}$$

$$\theta' = \frac{1}{4} \quad (3-4) \quad \text{(نظیر حالت قبل)}$$

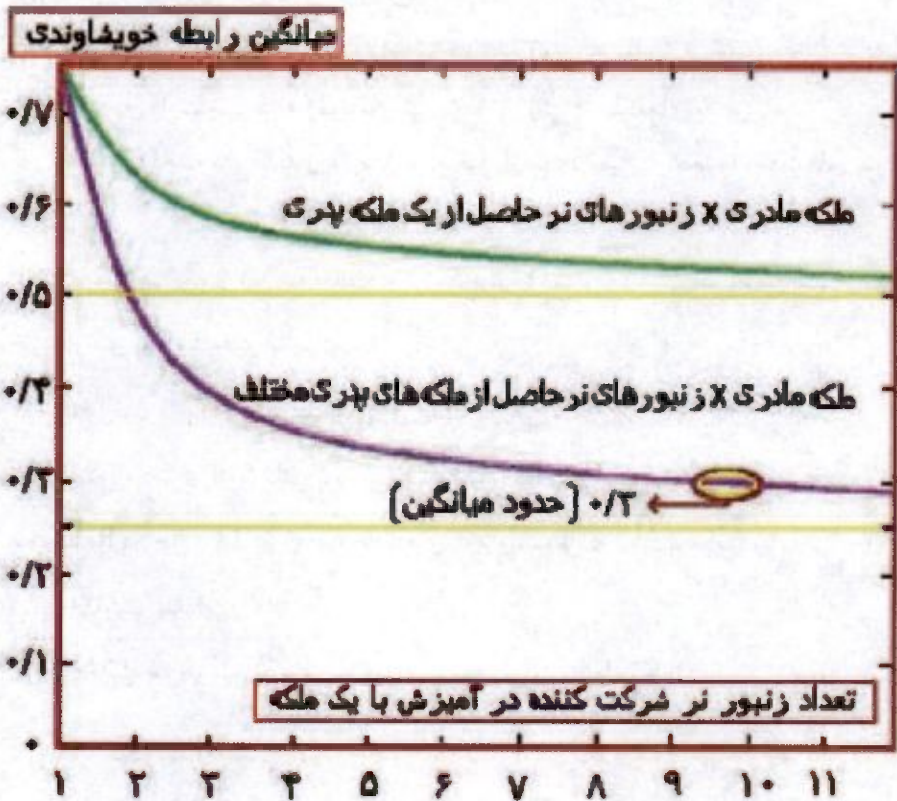
$$\bar{\theta} = \frac{1}{4} + \frac{1}{2n}$$

خلاصه نتایج این معادله‌ها در سه حالت مورد بحث، در جدول ۴ ارائه شده است:

جدول برآورد میانگین رابطه خویشاوندی بین دو زنبور ماده یک‌کلی در سه حالت متفاوت

حالت (نوع زنبور نر پدری)	θ'	θ	$\bar{\theta} = \frac{1}{4}(\theta + \theta')$
۱- زنبور نر پدری	$\frac{1}{4}$	۱	$\frac{3}{4}$
۲- زنبورهای نر یک ملکه پدری	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{n} + \frac{n-1}{2n}$	$\frac{n-1}{4n} + \frac{1}{4}$
۳- زنبورهای نر ملکه‌های نامشخص	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{n}$	$\frac{1}{2n} + \frac{1}{4}$

با افزایش تعداد زنبور نر شرکت‌کننده در آمیزش با یک ملکه، میانگین رابطه خویشاوندی بین دو زنبور ماده یک کلنی، در حالت دوم و سوم به ترتیب به سمت $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{4}$ میل می‌کند. به طور خلاصه، اگر آمیزش‌ها تصادفی باشد، رابطه خویشاوندی بین والدین وجود نداشته باشد و کلنی‌های پدري بدون انتخاب باشند، میانگین رابطه خویشاوندی بین دو زنبور ماده یک کلنی از معادله ۴-۳ برآورد یا حدود ۰/۳۳ در نظر گرفته می‌شود (تصویر ۲-۴).



▲ شکل ۴-۲- اثر تعداد زنبور نر شرکت‌کننده در آمیزش با یک ملکه (۶۶)

ب) در صورت معین بودن تعداد کلنی‌های پدری

میانگین رابطه خویشاوندی بین دو زنبور ماده هر کلنی با توجه به تصویر ۴-۱، از معادله

$$\bar{\theta} = \frac{\sum R_i \theta_i + \theta'}{2} \quad (4-4) \quad \text{زیر برآورد می‌شود (۴، ۲۶، ۴۲، ۷۱):}$$

این معادله، تکمیل شده معادله ۴-۱ است که در آن:

$$\theta' = \sum R_i \theta_i = \text{مجموع احتمال وجود ژن‌های پدری مشابه در دو زنبور ماده} = \theta$$

$$\theta = \text{احتمال وجود ژن‌های مادری مشابه در دو زنبور ماده}$$

$$\theta_i = \text{احتمال وجود ژن‌های پدری مشابه در دو زنبور ماده در هر یک از هر سه حالت زیر:}$$

$$R_i = \text{احتمال هر یک از سه حالت متفاوت زیر:}$$

✓ هر دو گامت از اسپرماتوزوئیدهای یکی از زنبورهای نر حاصل شود.

✓ هر دو گامت مربوط به زنبورهای نر حاصل از یکی از ملکه‌های پدری باشد.

✓ هر دو گامت مربوط به زنبورهای نر حاصل از تعداد معین (و محدود) ملکه‌های پدری

باشد.

θ_i ها در هر یک از این سه حالت به ترتیب برابر ۱، $\frac{1}{2}$ و $\frac{a_s}{2}$ است که میانگین رابطه خویشاوندی بین ملکه‌های پدری است.

$\theta' = \theta$ چون مربوط به یک ملکه مادری است، در هر یک از سه حالت برابر $\frac{1}{2}$ است.

اگر در آمیزش‌ها از S کلنی پرورش دهنده زنبور نر و n زنبور نر استفاده شود، در آن

صورت R_i در حالت اول $\frac{1}{n}$ و در حالت‌های دوم و سوم به ترتیب برابر $(\frac{1}{s})$ ، $(1 - \frac{1}{n})$ و $(1 - \frac{1}{n})$ است. بنابراین (۷۱):

۱- حالت غیرخویشاوند بودن ملکه‌های پدری در آمیزش‌ها $a_s = 0$:

$$\theta = \frac{1}{n} + \frac{1}{2s} (1 - \frac{1}{n}) \quad (5-4)$$

در نتیجه، در این حالت $\bar{\theta}$ برابر است با:

$$\bar{\theta} = \frac{2s+n-1}{2sn} + \frac{1}{4} \quad (6-4)$$

با استفاده از معادله‌های ۴-۵ و ۴-۶ سه حالت متفاوت جدول ۴-۱ نیز به دست می‌آید:

• با استفاده از یک زنبور نر پدری: $n=1$ و $s=1$ ؛ بنابراین، $\theta = 1$ و $(\theta = \frac{3}{4})$

• با استفاده از زنبورهای نر یک ملکه پدری: $s=1$ ؛ بنابراین، $\theta = \frac{1}{n} + \frac{n-1}{2n}$

• با استفاده از زنبورهای نر ملکه‌های نامشخص: $s = \infty$ و $\frac{1}{s} \approx 0$ ؛ بنابراین: $\theta = \frac{1}{n}$

۲- در حالت وجود رابطه خویشاوندی بین ملکه‌های پدری (a_s)

$$\theta = \sum R_i \theta_i = \frac{1}{n} + (1 - \frac{1}{n}) \left[\frac{1}{2} (\frac{1}{s}) + \frac{a_s}{2} (1 - \frac{1}{s}) \right] \quad (7-4)$$

و طبق معادله ۴-۱:

$$a_s = \frac{\theta_s + 0.5}{2}$$

با توجه به این که a_s میانگین رابطه خویشاوندی بین ملکه‌های پدری است و زنبورهای نر مورد آمیزش به صورت گامت‌های این ملکه‌ها هستند و نیمی از ژن‌های یکسان از پدر انتقال

می‌یابد ($\frac{a_s}{2}$)، می‌توان θ_s را معادل θ در نظر گرفت (۲۵):

$$a_s = \frac{\theta + 0.5}{2}$$

لذا: $\theta = \frac{1}{n} + \frac{1}{2} (1 - \frac{1}{n}) \frac{1}{s} + \frac{1}{2} \left[(1 - \frac{1}{n}) (1 - \frac{1}{s}) \right] + \frac{1}{2} \theta \left[(1 - \frac{1}{n}) (1 - \frac{1}{s}) \right]$

$$\theta = \frac{2s + 3n + ns - 3}{2(s + n + 3sn - 1)} \quad (8-4)$$

برآورد میانگین رابطه خویشاوندی زنبورهای ماده کلنی‌های گوناگون (هر نسل)

چون هر زنبور نر فقط یک بار با یک ملکه آمیزش می‌کند، هر زنبور نر بین زنبورهای ماده

کلنی‌های گوناگون، رابطه خویشاوندی ایجاد نمی‌کند و در این وضعیت، $\frac{1}{n} = 0$ است.

همچنین با فرض آن که بین ملکه‌های مادری رابطه خویشاوندی وجود ندارد؛ $\theta' = 0$

احتمال وجود ژن‌های پدری مشابه و میانگین رابطه خویشاوندی زنبورهای ماده کلنی‌های گوناگون را می‌توان به ترتیب با θ^* و $\bar{\theta}^*$ نشان داد و در نتیجه:

الف) در صورت مشخص نبودن کلنی‌های پدری (۲۵)

با توجه به آن‌که $\frac{1}{n} = 0$ ، $\theta' = 0$ و $\frac{1}{s} \approx 0$ است و با استفاده از معادله‌های (۴-۴) و (۴-۵)، می‌توان نوشت:

$$\theta^* = 0 \quad (۹-۴)$$

$$\bar{\theta}^* = 0 \quad (۱۰-۴)$$

ب) در صورت مشخص بودن کلنی‌های پدری

• در حالت غیرخویشاوند بودن ملکه‌های پدری

با توجه به آن‌که $\frac{1}{n} = 0$ و $\theta' = 0$ و با استفاده از معادله‌های ۴-۴ و ۴-۵ خواهیم داشت (۲۶، ۲۵):

$$\theta^* = \frac{1}{2s} \quad (۱۱-۴)$$

$$\theta^* = \frac{\theta^* + 0}{2} = \frac{1}{4s} \quad (۱۲-۴)$$

• در حالت وجود رابطه خویشاوندی (a_0) بین ملکه‌های پدری

مانند حالت قبل و با استفاده از معادله‌های ۴-۱ و ۴-۷ می‌توان نوشت:

$$\theta^* = \frac{1}{2s} + \left[\frac{a_0}{2} \left(1 - \frac{1}{s} \right) \right] = \frac{2s + 2n + ns - 2}{2(s + n + 3sn - 1)} \quad (۱۳-۴)$$

مثال: در صورت مشخص نبودن کلنی‌های پدری

با فرض تعداد ۸ زنبور نر در هر آمیزش: $\theta = 0.33$ ، $\bar{\theta} = 0.41$ ، $\theta^* = 0$ و $\bar{\theta}^* = 0$

مثال: در صورت مشخص بودن کلنی‌های پدری

با فرض تعداد ۸ زنبور نر در هر آمیزش و ۶ عدد کلنی پدری (ملکه‌های پدری)

در حالت اول: $\theta = 0.12$ و $\bar{\theta} = 0.335$ ، $\theta^* = 0.08$ و $\bar{\theta}^* = 0.104$

در حالت دوم: $\theta = 0.335$ و $\bar{\theta} = 0.42$ ، $\theta^* = 0.26$ و $\bar{\theta}^* = 0.13$

برآورد میانگین رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده کلنی‌های مادری و دختری

همان‌گونه که توضیح داده شد، با توجه به آنکه زنبورهای نر هاپلوئید نمونه تصادفی از گامت‌های ملکه والد (ملکه پدری) هستند، زنبورهای ماده (کارگر)، دختران بیولوژیک و ژنتیکی ملکه مادری و فقط دختران ژنتیکی ملکه پدری هستند (تصویر ۴-۳). به این سبب، بر حسب معین بودن ملکه پدری، اجرای دو برنامه تلاقی امکان‌پذیر است. روش اجرای این دو برنامه اصلاح نژاد در دو تصویر ۴-۴ و ۴-۵ ارائه شده است (۴).

در برنامه اول، ملکه مادری (m) کلنی مادری را ایجاد می‌کند (تصویر ۴-۴). ولی در برنامه دوم، ملکه پدری (به وسیله زنبورهای نر)، کلنی مادری را ایجاد می‌کند (تصویر ۴-۵). کلنی‌های مادری، زنبورهای کارگر m_i دارند؛ ملکه دختری (d) کلنی دختری را ایجاد می‌کند و کلنی‌های دختری (d) زنبورهای کارگر d_j دارند.

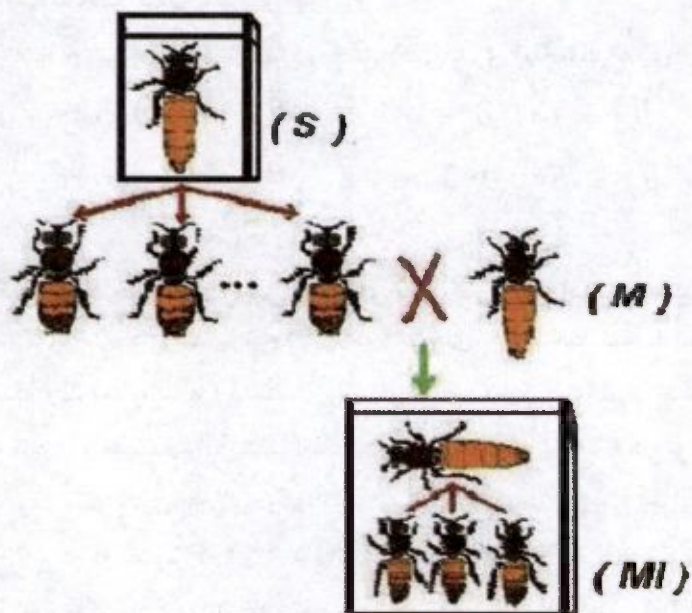
حال اگر فرض شود که p_{mi} عملکرد i امین زنبور کارگر یک کلنی مادری و p_{dj} عملکرد j امین زنبور کارگر یک کلنی دختری باشد، کواریانس بین دو عملکرد (p_{dj} , p_{mi}) از معادله زیر محاسبه می‌شود (۴۲):

$$(p_{mi}, p_{dj}) = 2\theta_{mi,dj} V_A \quad (4-14)$$

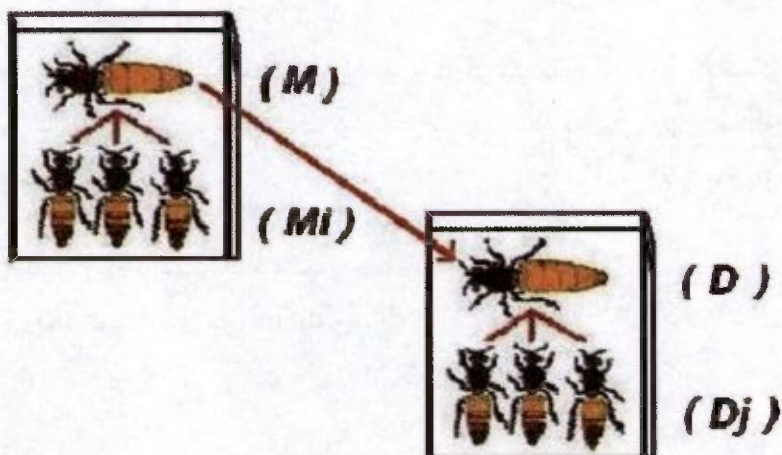
COV

$V_A =$ واریانس ژنی افزایشی یک صفت در جامعه

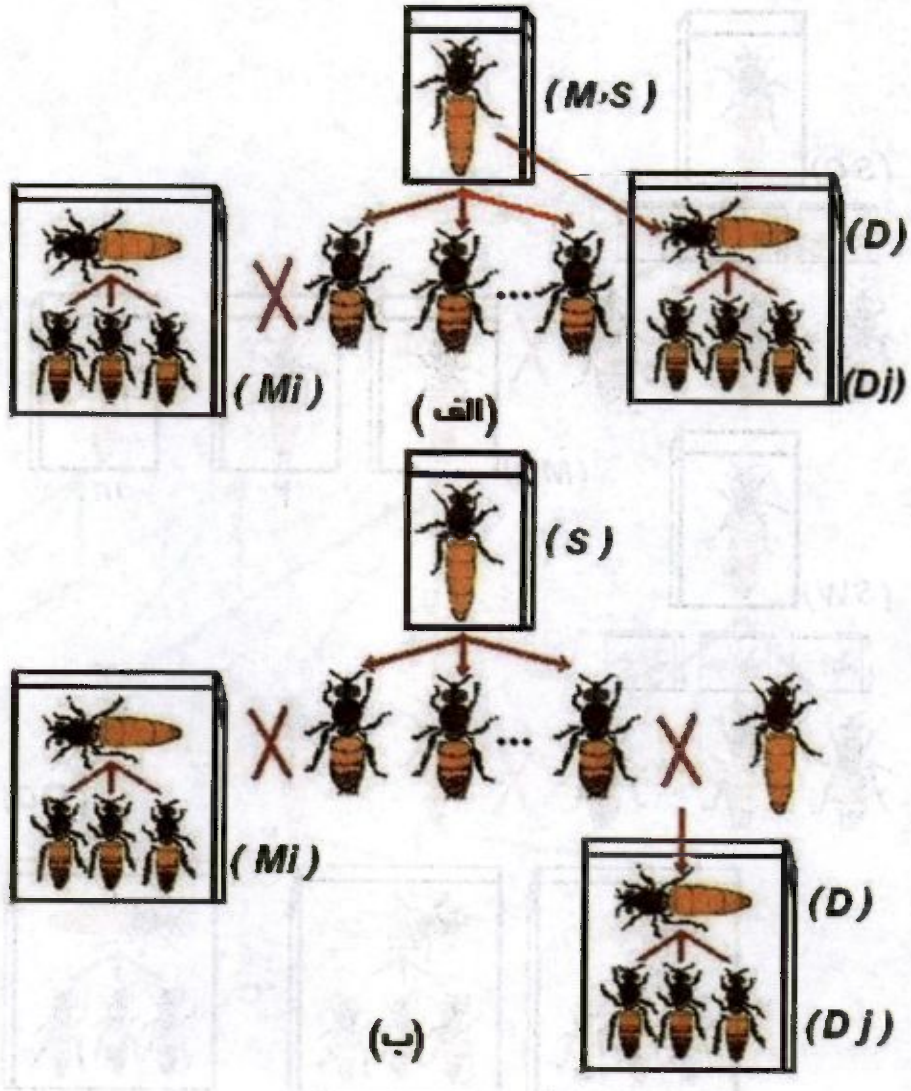
$\theta_{mi,dj} =$ رابطه خویشاوندی بین d_j , m_i



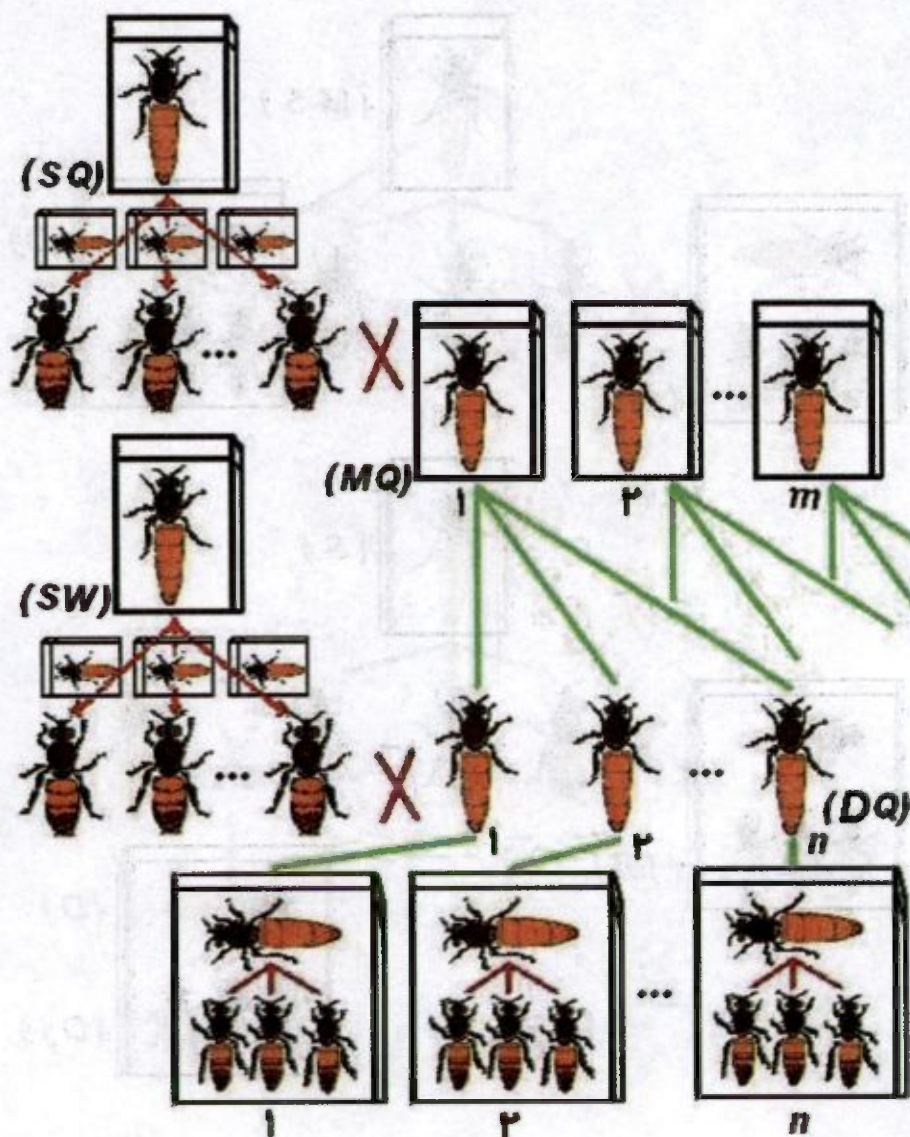
نران



▲ شکل ۴-۴- رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده کلنی‌های مادری و دختری با ملکه پدری نامعین: m : ملکه مادری، i : امین زنبور کارگر، d : ملکه دختری، d : ز امین زنبور کارگر



▲ شکل ۴-۵- رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده کلی‌های مادری و دختری با ملکه پدري معين؛
 (الف) استفاده از ملکه پدري در يك جهت: ملکه s, m ؛ پدر زنبورهای کارگر m_i و مادر ملکه دختری
 d است. (ب) استفاده از ملکه پدري در دو جهت: ملکه s پدر زنبورهای ماده m_i و d است.



▲ شکل ۴-۶- استفاده از پدر ملکه‌ها و پدر زنبورهای کارگر

در آمیزش‌های کنترل شده (۲۵،۶)

رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده کلنی‌های مادری و دختری با ملکه پدري نامعین به صورت زیر است:

$$\theta_{mi,dj} = (\theta) = \frac{1}{4} \bar{\theta}$$

که در آن $\bar{\theta}$ میانگین رابطه خویشاوندی بین زنبورهای کارگر (ماده) کلنی مادری است.

رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده کلنی‌های مادری و دختری با ملکه پدري معین به

$$\theta_{mi,dj} = (\theta) = \frac{1}{8} \quad (15-4) \quad \text{صورت زیر است:}$$

استفاده از پدرملکه‌ها و پدرزنبورهای کارگر در آمیزش‌های کنترل‌شده

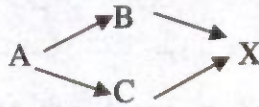
همان‌گونه که توضیح داده شد، یکی از روش‌های بررسی صفات کلنی، استفاده از آمیزش‌های کنترل شده است. در این روش، از یک ملکه پدر ملکه‌ها (SQ) و یک ملکه پدرزنبورهای کارگر (SW) استفاده می‌شود (تصویر ۴-۶). به‌علاوه، می‌توان به جای استفاده از یک ملکه پدري، که ممکن است با کمبود تعداد زنبور نر در آمیزش‌ها همراه باشد، از ملکه‌های استفاده کرد که با زنبورهای نر خود آمیزش و تولید زنبورهای ملکه پدري کنند. این زنبورهای ملکه پدري (S) از نظر خصوصیات ژنتیک شبیه مادر خود (SQ یا SW) هستند و لذا، می‌توانند با ملکه‌های مادری (MQ) یا ملکه‌های دختری (DQ) آمیزش کنند (۶).

با توجه به این موضوع که پدر ملکه‌ها، یک عدد است، طبق معادله‌های ۴-۲ و ۴-۶، میانگین رابطه خویشاوندی بین ملکه‌های دختری برابر با $\frac{n+1}{2n} + \frac{1}{4}$ و میانگین رابطه خویشاوندی بین زنبورهای کارگر کلنی‌های دختری نیز طبق معادله ۴-۱۲، برابر با $\frac{1}{4}$ است. با مشخص بودن میانگین این رابطه‌های خویشاوندی، می‌توان اثر ملکه و اثر زنبورهای کارگر را بر صفات کلنی تفکیک کرد (البته هر ملکه دختری با زنبورهای کارگر خود، یک رکورد مشابه دارد) و می‌توان ضریب هم‌بستگی بین این دو اثر (ملکه و زنبورهای کارگر) و نیز ضریب وراثت‌پذیری مربوط به ملکه و زنبورهای کارگر را به طور مجزا برآورد کرد. در نهایت، بر اساس این دو اثر، می‌توان صفات کلنی‌ها را انتخاب کرد که در این باره، در فصل‌های بعد توضیح داده می‌شود.

برآورد ضریب هم‌خونی^۱

تعیین ضریب هم‌خونی و ضریب خویشاوندی در زنبور عسل، مانند جانوران دیپلوئید، با استفاده از شجره‌نامه صورت می‌گیرد. طبق تعریف، ضریب هم‌خونی عبارت از احتمال یکسان بودن دو آلل یک مکان ژنی با منشأ مشترک (جد مشترک) در یک موجود است. برای مثال، اگر آلل A در نظر گرفته شود، که در دو موجود خویشاوند وجود دارد، ممکن است آن آلل از یک جد مشترک منتقل شده باشد. حال اگر این دو خویشاوند با هم آمیزش کنند، امکان دارد موجود هموزیگوت AA حاصل شود که هر دو آلل آن نسخه‌ای از آلل A موجود در جد مشترک است. این دو آلل، منشأ مشترکی دارند و به موجود حاصل، هم‌خون^۲ گفته می‌شود (تصویر ۴-۷).

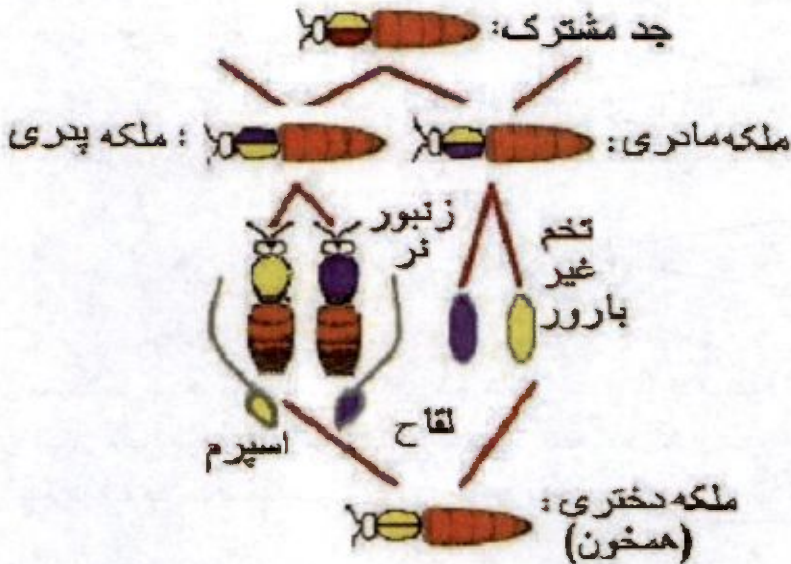
برای محاسبه ضریب هم‌خونی، ابتدا باید با مفهوم شجره‌نامه و جد مشترک آشنا شد. شجره‌نامه زیر را در نظر بگیرید:



این شجره‌نامه نشان می‌دهد که موجودات B و C فرزندان موجود A هستند و از آمیزش آنها موجود X حاصل شده است. بنابراین، شجره‌نامه رابطه بین والدین و فرزندان را طی نسل‌های متفاوت نشان می‌دهد. در این شجره‌نامه، موجود A را جد مشترک (یا سلف مشترک) می‌نامند. امکان دارد در یک شجره‌نامه، چند سلف مشترک وجود داشته باشد. به‌طور کلی، سلف مشترک حیوانی است که در شجره‌نامه پدری و مادری یک حیوان وجود دارد. در شجره‌نامه بالا، سلف مشترک برای حیوان X، حیوان A است که با پدر و مادر موجود X یعنی B و C خویشاوندی دارد. عموماً از سلف مشترک، بیش از یک بردار خارج می‌شود (۱۰، ۱۵).

1- Inbreeding coefficient

2- Inbred



▲ شکل ۴-۷- تأثیر جد مشترک در ایجاد هم‌خونی

برای محاسبه ضریب هم‌خونی در هر شجره‌نامه‌ای، از معادله زیر استفاده می‌شود:

$$F_x = \sum \left(\frac{1}{4}\right)^{n+1} (1 + F_x) \quad (4-16)$$

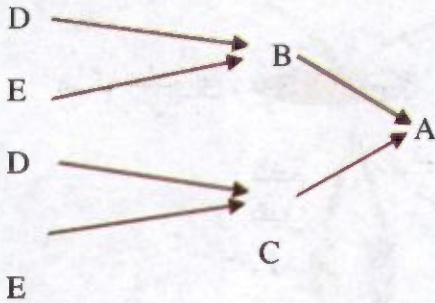
در این معادله، F_x ضریب هم‌خونی موجود x و F_A ضریب هم‌خونی سلف مشترک است و n تعداد والدین (غیر از جد مشترک) یا تعداد بردارهایی است که پدر و مادر موجود x را به سلف مشترک مربوط می‌کند. پس در این مثال، ضریب هم‌خونی فرد x به روش زیر محاسبه می‌شود:

چون A سلف مشترک است، در زیر آن یک خط گذاشته می‌شود: $C - \underline{A} - B$. در این مثال، n مساوی ۲ است؛ زیرا یک بردار A را به B و بردار دیگری A را به C وصل می‌کند. پس ضریب هم‌خونی فرد x به صورت زیر محاسبه می‌شود:

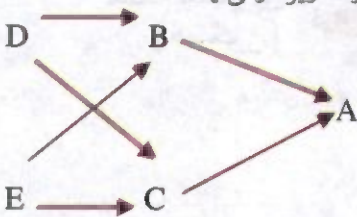
$$F_x = \left(\frac{1}{4}\right)^{2+1} + (1 + 0) = \frac{1}{8} = 12.5\%$$

پس انتظار می‌رود ۱۲/۵ درصد مکان‌های ژنی هموزیگوت فرد x منشأ مشترکی داشته باشند. در این شجره‌نامه، F_A صفر است؛ چون سلف مشترک هم‌خون نیست.

در شجره‌نامه زیر، ضریب هم‌خونی فرد A چه قدر است؟



برای محاسبه ضریب هم‌خونی A باید ابتدا این شجره‌نامه را استاندارد کرد. شجره‌نامه استاندارد (پیکانی) شجره‌نامه‌ای است که در آن، سلف مشترک فقط یک‌بار تکرار شده باشد. اگر این شجره‌نامه به صورت استاندارد رسم شود، به صورت زیر درمی‌آید:



این شجره‌نامه نشان می‌دهد که حیوانات والد D و E دارای فرزندان B و C هستند که با هم خواهر و برادر ناتنی‌اند و موجود A، حاصل آمیزش دو موجود D و E است. اگر به این شجره دقت شود، در آن دو سلف مشترک D و E مشاهده می‌گردد؛ زیرا از هر کدام دو بردار خارج شده است. پس روش محاسبه ضریب هم‌خونی A به صورت زیر است:

$$\text{C-E-B} \quad F_1 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 + (1+0) = \frac{1}{8} \quad \text{اگر E جد مشترک باشد:}$$

$$\text{C-D-B} \quad F_2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 + (1+0) = \frac{1}{8} \quad \text{اگر D جد مشترک باشد:}$$

$$F_A = \sum F = F_1 + F_2 = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4} \quad \text{یا } 25\%$$

برای بررسی شجره‌های بزرگ‌تر، باید به موارد زیر توجه کنید:

- ✓ همه جدهای مشترک در شجره‌نامه تعیین شود.
- ✓ بردارها از تمام والدین (و جد مشترک) به یک مسیر ختم شود.
- ✓ از ضریب هم‌خونی والدین، به جز در مورد جد مشترک، صرف‌نظر شود.

- معادله ۴-۱۴ و توضیحات آن برای حیوانات دیپلوئید ارائه شده است. برای تجزیه و تحلیل شجره‌های هاپلوئید - دیپلوئید (زنبور عسل) به موارد زیر توجه کنید:
- تمام زنبورهای ماده موجود در تمام مسیرها از یک والد (و خود والد) فرد مورد نظر تا جد مشترک (و خود جد مشترک) و برگشت تا والد دیگر، شمارش شوند.
 - اگر زنبور نر در مسیر جد مشترک باشد، بدون در نظر گرفتن آن، عبور کنید، مسیر را به صورت خط چین نشان دهید و شمارش کنید (تصویر ۴-۸).

برآورد ضریب خویشاوندی^۱

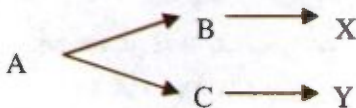
همان‌طور که توضیح داده شد، رابطه (ضریب) خویشاوندی احتمال تشابه ژن‌های دو موجود است و این دو موجودی را که یک یا چند سلف مشترک دارند، خویشاوند می‌نامند. در اصلاح نژاد، به دو موجود، که رابطه ژنتیک آنها بیش از میانگین جامعه باشد، خویشاوند می‌گویند. در یک تعریف دیگر، که عملی هم هست، دو موجود وقتی خویشاوندند که در شش نسل اول شجره‌نامه آنها سلف مشترک وجود داشته باشد.

برای تعیین میزان خویشاوندی بین دو موجود، ضریب خویشاوندی آنها را محاسبه می‌کنند. روش محاسبه ضریب خویشاوندی، تا حدودی شبیه محاسبه ضریب هم‌خونی و

$$R_{xy} = \frac{\sum \left(\frac{1}{r}\right)^n \times (1 + F_A)}{\sqrt{(1 + F_x)(1 + F_y)}} \quad (17-4) \quad \text{معادله آن به صورت زیر است:}$$

در این معادله، R_{xy} ضریب خویشاوندی دو موجود x و y ، F_A ضریب هم‌خونی سلف مشترک و F_x و F_y ضریب هم‌خونی موجودات x و y است. n تعداد بردارها از سلف مشترک تا دو موجود x و y است (مانند ضریب هم‌خونی). اگر زنبور نر در مسیر شجره‌نامه باشد، از آن عبور می‌کنند و آن را به حساب نمی‌آورند (تصویر ۴-۸).

مثال: در شجره‌نامه زیر، ضریب خویشاوندی X و Y را محاسبه کنید (۱۰، ۱۵):



در این شجره‌نامه، A سلف مشترک است که هم‌خون نیست و موجودات X و Y نیز هم‌خون نیستند؛ بنابراین، می‌توان نوشت:

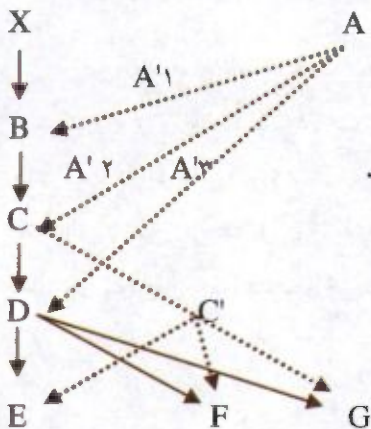
$$Y-C-A-B-X$$

$$R_{xy} = \frac{\sum \left(\frac{1}{2}\right)^i \times (1+0)}{\sqrt{(1+0)(1+0)}} = \frac{1}{16} \text{ یا } 6.25\%$$

این عدد به این معنی است که ۶/۲۵ درصد ژن‌های دو موجود X و Y مشابه است. ضریب خویشاوندی بین زنبورهای فوق خواهری ۰/۷۵، خواهران تنی ۰/۵، بین خواهران تنی ۰/۲۵، بین والد و نتاج ۰/۵ و بین پدربزرگ (یا مادربزرگ) و نوه ۰/۲۵ است. ضریب خویشاوندی

$$R_{ij} = \frac{2F_{ij}}{\sqrt{(1+F_i)(1+F_j)}} \quad (18-4) \quad \text{به صورت زیر نیز نشان داده می‌شود:}$$

در این معادله، F_{ij} برابر با ضریب هم‌خونی F_x (یک فرزند فرضی از دو فرد i و j) است. به عبارت دیگر، در صورت مشخص نبودن ضریب خویشاوندی، با دو برابر کردن ضریب هم‌خونی فرزند (فرضی) آنها، ضریب خویشاوندی به دست می‌آید. از ضریب هم‌خونی نتاج دو فرد خویشاوند، برای تعیین میانگین خویشاوندی بین افراد داخل یا بین کلنی‌ها نیز استفاده می‌شود. با استفاده از شجره‌نامه تصویر ۴-۸، ضریب هم‌خونی ملکه‌های C، D و E و رابطه خویشاوندی بین ملکه‌های E و G را محاسبه کنید.



◀ شکل ۴-۸- یک شجره‌نامه زنبور عسل
($A'1, A'2, A'3$ و C' زنبورهای نر هستند.)

۱- ضریب هم‌خونی از معادله ۴-۱۶ محاسبه می‌شود. در زیر حروف مربوط به جد‌های مشترک خط کشیده شده است. در مسیر شجره‌نامه، از زنبورهای نر عبور می‌کنند (و منظور نمی‌شوند):

اما ملکه مادر (پدر) آنها در نظر گرفته می‌شود.

$$\underline{CBA} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} = 0.25 \quad \text{ضریب هم‌خونی ملکه C:}$$

$$\underline{DCBA} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} = 0.125 \quad \text{ضریب هم‌خونی ملکه D:}$$

$$\underline{DCA} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} = 0.25$$

$$\Sigma = 0.375$$

$$\underline{EDABC} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} = 0.0625 \quad \text{ضریب هم‌خونی برای ملکه E:}$$

$$\underline{EDAC} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} = 0.125$$

$$\underline{EDC(C')} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} (1 + 0.25) = 0.3125$$

$$\Sigma = 0.5$$

۲- رابطه خویشاوندی بین ملکه‌های E و G از معادله ۴-۱۷ برآورد می‌شود (۷۳). اگر در شجره‌نامه، جد مشترک زنبور نر باشد (مانند مثال قبل)، منظور نمی‌شود. مسیرها از ملکه E به

$$\underline{E(C')G} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} = 0.25 \quad \text{G به صورت زیر است:}$$

$$\underline{EDG} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} (1/375) = 0.34375$$

$$\underline{EDCG} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} (1/25) = 0.15625$$

$$\underline{EDACG} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} = 0.0625$$

$$\underline{EDABCG} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\circ} = 0.03125$$

$$\underline{E(C')CDG} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} (1/25) = 0.15625$$

$$\underline{E(C')CADG} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\downarrow} = 0.0625$$

$$\underline{E(C')CBADG} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\circ} = 0.03125$$

$$\Sigma = 1/34375$$

$$R_{EG} = \frac{1/34375}{\sqrt{(1+0.5)(1+0.5)}} = \frac{1/34375}{1.5}$$

$$R_{EG} = 0.18958$$

خودآزمایی

- ۱- عوامل مؤثر بر رابطه خویشاوندی کلنی‌ها را نام ببرید.
- ۲- زیرجمعیت‌های کلنی‌های زنبور عسل کدام است؟
- ۳- یکی از روش‌های تعیین تعداد آمیزش‌های ملکه را توضیح دهید.
- ۴- میانگین رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده کلنی‌ها را در صورت مشخص نبودن کلنی‌های پدری و با میانگین ۱۰ زنبور در هر آمیزش برآورد کنید.
- ۵- میانگین رابطه خویشاوندی بین زنبورهای ماده کلنی‌ها را با تعداد ۷ کلنی پدری و میانگین ۸ زنبور نر در هر آمیزش، برآورد کنید.
- ۶- اگر برای سه نسل ملکه‌های خواهران نانتی را با هم آمیزش دهند و فرد حاصل X فرض شود، ضریب هم‌خونی X چه قدر است؟

$$\frac{5}{32} \text{ (د)}$$

$$\frac{7}{32} \text{ (ج)}$$

$$\frac{21}{32} \text{ (ب)}$$

$$\frac{21}{64} \text{ (الف)}$$

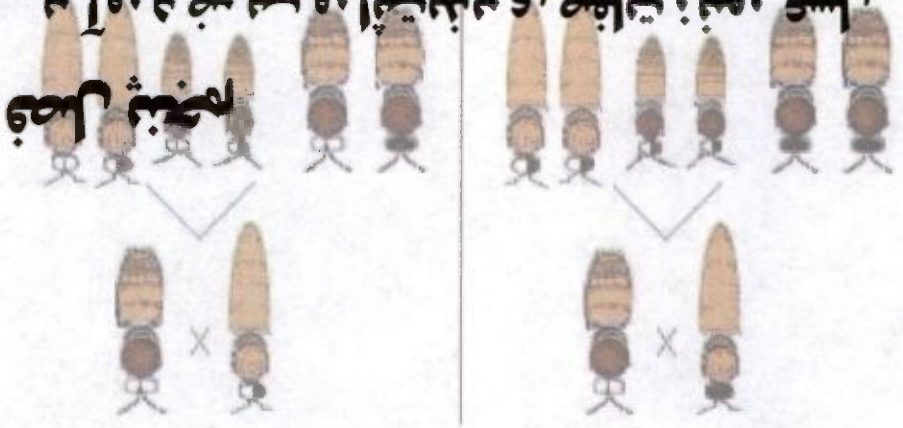
۷- ضریب خویشاوندی بین خواهرزاده‌ها را برآورد کنید.

۵- ضریب وراثت پدیزیری در گی سستون را والد بر نژاد نشان دادند
 ۴- ضریب وراثت پدیزیری در گی خربزه را والد بر نژاد نشان دادند
 ۳- انوار وراثت پدیزیری را والد بر نژاد نشان دادند
 ۲- انوار وراثت پدیزیری را والد بر نژاد نشان دادند
 ۱- درباره تفاوت ضریب وراثت پدیزیری خاص و عام توضیح دهند

پس از پایان فصل این اطلاعات می رود:
 هدف های رفتاری

نژاد بر نژاد وراثت پدیزیری صفات زنبور سل

فصل پنجم



ضریب وراثت‌پذیری

ضریب وراثت‌پذیری^۱ یک مؤلفه ژنتیک است که سهم تغییرات فنوتیپی یک صفت ناشی از تغییرات آثار ژنی افزایشی در جامعه را نشان می‌دهد. وراثت‌پذیری یک مؤلفه مهم در میزان پیشرفت ژنتیک مورد انتظار در اثر اجرای برنامه انتخاب در جامعه است. به این سبب، قبل از تصمیم‌گیری درباره روش‌های مناسب اصلاح نژاد در هر جامعه، باید این مؤلفه را برای صفات مورد نظر برآورد کنند.

ضریب وراثت‌پذیری به صورت h^2 نشان داده می‌شود. اگر این ضریب برای یک صفت زیاد باشد، پیش‌بینی می‌شود برتری والدین در مورد آن صفت، به نسل آینده منتقل شود. وراثت‌پذیری به دو صورت نشان داده می‌شود (۴):

۱- وراثت‌پذیری به مفهوم عام^۲

این وراثت‌پذیری نسبتی از تغییرات فنوتیپی صفت را در جامعه نشان می‌دهد که منشأ آن تفاوت‌های ژنتیک است. نماد آن را به صورت $h^2_{B.S}$ نشان می‌دهند و معادله آن به صورت زیر است:

$$h^2_{B.S} = \frac{V_G}{V_G + V_E} = \frac{V_G}{V_P} \quad (1-5)$$

1- Heritability

2- Broad sense heritability

در این معادله VG واریانس ژنتیک، VE واریانس محیطی و VP واریانس فنوتیپ است. هر چه واریانس محیطی بیشتر به سمت صفر میل کند، می‌توان ظرفیت ژنتیک موجود را در مورد آن صفت، با دقت زیاد و از روی فنوتیپ حیوان برآورد کرد.

۲- وراثت‌پذیری به مفهوم خاص^۱

نسبتی از تغییرات فنوتیپ صفت را در جامعه نشان می‌دهد که منشأ آن تفاوت‌های آثار ژنی افزایشی است. نماد آن به صورت $h^2_{N.S}$ نشان داده می‌شود و معادله آن به صورت زیر

$$h^2_{N.S} = \frac{V_A}{V_{G+V_E}} = \frac{V_A}{V_P} \quad (2-5) \quad \text{است:}$$

$$h^2_{N.S} = \frac{V_A}{V_A + V_I + D_D + V_E} = \frac{V_A}{V_P} \quad \text{یا:}$$

در این معادله VA واریانس ژنی افزایشی، VD واریانس غلبه ژنی و VI واریانس اپیستازی است. اهمیت وراثت‌پذیری به مفهوم خاص در اصلاح نژاد بیشتر است و در عمل نیز بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

طبق تعریف، مؤلفه واریانس محیطی، تمام تغییرات موجود در جامعه را شامل می‌شود که منشأ آن غیر ژنتیک است و ماهیت آن نیز تا حد زیادی به صفت و موجود مورد مطالعه بستگی دارد. به‌طورکلی، واریانس محیطی به صورت یکی منبع خطا، دقت مطالعات ژنتیک را کاهش می‌دهد. به این سبب، هدف این است که تا حد ممکن، با مدیریت دقیق یا طرح‌های مناسب آزمایشی، آثار آن کاهش یابد.

عوامل مؤثر بر وراثت‌پذیری

وراثت‌پذیری خصوصیتی ژنتیک مربوط به هر جامعه است و نمی‌توان مقدار آن را ثابت در نظر گرفت. دقیق‌ترین برآوردهای وراثت‌پذیری با تکرار و طی چند نسل به دست می‌آید؛ اما عوامل زیر در تغییرات مقدار آن مؤثر است (۳۳):

۱- عوامل ژنتیک

وراثت‌پذیری یک صفت، بر حسب میزان تاثیر عوامل ژنتیک افزایشی یا غیر افزایشی، متغیر است. اغلب صفات مرتبط با سازگاری یا تولید مثل، آثار ژنی غیر افزایشی در تغییرات آنها مؤثرتر و به این سبب، وراثت‌پذیری این صفات کم است. برای مثال، می‌توان از قدرت تخم‌گذاری ملکه نام برد که ضریب وراثت‌پذیری آن ۰/۱۶ گزارش شده است. ولی صفاتی که تاثیر آنها در میزان سازگاری طبیعی^۱ موجود کمتر است، آثار ژنی افزایشی، در تغییرات آنها مؤثرتر و در نتیجه، وراثت‌پذیری آنها زیاد است. برای مثال، ضریب وراثت‌پذیری صفات رنگ یا اندازه قسمت‌های متفاوت بدن، بین ۰/۹۲ تا ۰/۵۳ است.

۲- جامعه مورد مطالعه

نتایج اکثر بررسی‌ها نشان می‌دهد که وراثت‌پذیری یک صفت، در جوامع گوناگون، متفاوت است. به همین دلیل، با اجرای یک روش انتخاب مشابه در جوامع گوناگون، پاسخ انتخاب متفاوت است. به علاوه، اگر در یک جامعه انتخاب انجام شود، تنوع ژنتیک و در نتیجه، ضریب وراثت‌پذیری کاهش می‌یابد. در ضمن، در جوامع کوچک نیز ضریب وراثت‌پذیری صفت کمتر است.

۳- وضعیت محیطی آزمایش

عوامل محیطی در چگونگی تظاهر فنوتیپ یک صفت مؤثرند. اگر امکان کنترل وضعیت محیطی نباشد، بر مقدار ضریب وراثت‌پذیری اثر می‌گذارد. از جمله عوامل محیطی، آثار محیطی مشترک داخل کلنی بر میزان تولید است. با تصحیح این اثر، مقدار ضریب وراثت‌پذیری به وراثت‌پذیری به مفهوم خاص نزدیک‌تر می‌شود. بعضی از عوامل محیطی عبارت‌اند از (۴، ۱۷):
 ✓ عوامل تغذیه‌ای و اقلیمی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که می‌توان تا حدودی آنرا کنترل کرد. اما در مورد زنبور عسل، کنترل این عوامل بسیار مشکل و تا حدی غیرممکن است.

✓ آثار مادری شامل آثار قبل و بعد از تولد است که کمتر می‌توان آنرا کنترل کرد. در زنبور عسل، تأثیر ملکه در کنترل کلنی و اثر انواع فرمون‌های ملکه و ... از جمله آثار مادری است.

✓ اشتباه اندازه‌گیری: اگر صفت موردنظر با واحدهای طول یا وزن سنجیده شود، معمولاً دقت اندازه‌گیری زیاد و واریانس مربوط به آن در مقایسه با بقیه واریانس‌ها ناچیز است. ولی در صورتی که سنجش صفت با مشاهده ظاهری (قضاوت) انجام شود (مانند تغییرات رنگ صفت)، امکان دارد واریانس مربوط به اندازه‌گیری زیاد باشد.

۴- فراوانی ژن‌های مؤثر بر صفت در جامعه

فراوانی ژن‌های افزایشی مؤثر بر صفت در جامعه، باعث افزایش مقدار وراثت پذیری صفت می‌شود.

روش‌های برآورد ضریب وراثت‌پذیری

عموماً ضریب وراثت‌پذیری بر حسب نوع صفت و جامعه مورد مطالعه با استفاده از روشی‌هایی مانند برآورد مؤلفه‌های واریانس^۱، طرح‌های آمیزشی ترتیبی (انشعابی)^۲، طرح‌های آمیزشی فاکتوریل^۳ (در حالت خاص روش‌های تلاقی دی‌آلل^۴)، رگرسیون نتاج بر والد(ین)^۵ و مقدار پاسخ انتخاب^۶ (وراثت‌پذیری حقیقی یا مشاهده‌ای^۷) محاسبه می‌شود(۴).

برآورد ضریب وراثت‌پذیری در زنبور عسل

برای برآورد ضریب وراثت‌پذیری در زنبور عسل باید تفاوت‌های صفات ظاهری، فیزیولوژیک و رفتاری را بین زنبورهای یک کلنی مورد توجه قرار داد. صفات مهمی مانند جمع‌آوری شهد، مربوط به زنبورهای کارگر است که بارور نیستند. ولی صفاتی نظیر مقدار تخم‌گذاری، مربوط به ملکه است. امکان دارد صفاتی مانند مقاومت در برابر بیماری‌های زنبور

-
- 1- Variance component analysis
 - 3- Factorial mating designs
 - 5- Parent -offspring regression
 - 7- Realized heritability

- 2- Nested (hierachical) designs
- 4- Diallel crosses
- 6- Selection responses
- 8- Caste

عسل، مربوط به سه نوع^۱ زنبور موجود در کندو (ملکه، زنبورهای کارگر و زنبورهای نر) باشد. در نتیجه، برآورد وراثت پذیری از روش رگرسیون ملکه دختری بر ملکه مادری، نسبت به روش رگرسیون زنبورهای کارگر کلنی دختری^۲ بر زنبورهای کارگر کلنی مادری^۳، متفاوت است. طبق تعریف، کلنی های مادری کلنی های مولدی هستند که با ایجاد شاخون، در آنها ملکه باکره تولید می شود و به ملکه موجود در کلنی مادری، ملکه مادری و به ملکه تولید شده نیز ملکه دختری می گویند. از ملکه دختری پس از آمیزش، کلنی دختری ایجاد می شود. با توجه به این که زنبورهای کارگر فرزندان ملکه ها هستند، روش استفاده از تجزیه واریانس صفات ملکه نسبت به روش تجزیه واریانس صفات (ظاهری) زنبورهای کارگر متفاوت است (۴).

برآورد ضریب وراثت پذیری صفات زیست رفتاری (بیولوژیک) در زنبور عسل با استفاده از روش رگرسیون نتاج بر والد(ین)، در مقایسه با روش تجزیه واریانس، ارجح است. زیرا ممکن است برآورد ضریب وراثت پذیری صفات در زنبور عسل از روش تجزیه واریانس، بیشتر از حد واقعی^۴ باشد و آثار محیط مشترک کلنی، واریانس بینی رکورهای صفت مورد نظر را افزایش دهد. ولی برآورد حاصل از روش رگرسیون نتاج بر والد(ین) مستقل از اثر محیطی مشترک کلنی است. زیرا والدین و فرزندان در کلنی های متفاوتی قرار دارند (۶۶). روش برآورد وراثت پذیری با استفاده از مقدار پاسخ به انتخاب در فصل آخر توضیح داده می شود.

روش رگرسیون نتاج بر والد (میانگین والدین)

رگرسیون رکورد نتاج بر رکورد یک والد یا میانگین والدین (با تعداد آمیزش مشخص از راه تلقیح مصنوعی) روش ساده ای در برآورد وراثت پذیری است. روش رگرسیون نتاج بر والد برای برآورد ضریب وراثت پذیری صفات مربوط به ملکه مناسب است. هم بستگی ژنتیک یک ملکه دختری با ملکه مادری، شبیه هم بستگی ژنتیک مادر با دختر در حیوانات دیپلوئید است. به این سبب، در جوامعی با آمیزش تصادفی، ضریب رگرسیون رکورد ملکه های دختری بر رکورد والد مادری آنها برابر $0.5h^2$ است. در چنین حالتی، صفات مربوط به ملکه (مانند تخم گذاری) در کلنی های دختری و کلنی های مادری اندازه گرفته می شود. زنبورهای نر

1-Daughter colony

2-Mother colony

3-Overestimate

(هاپلوئید) را می‌توان به صورت یک نمونه تصادفی از گامت‌های ملکه والد در نظر گرفت. این ملکه را ملکهٔ پدری^۱ و به کلنی مربوط به آن، کلنی پدری^۲ می‌گویند. با استفاده از رکورد کلنی‌های پدری (در آمیزش کنترل شده یا تلقیح مصنوعی)، کلنی‌های مادری و کلنی‌های دختری (صفات مربوط به ملکه)، می‌توان رگرسیون نتاج بر میانگین والدین (میانگین کلنی‌های پدری و مادری) را نیز محاسبه کرد (۴).

اگر از مخلوط اسپرم تعداد زیادی زنبور نر (بیشتر از ۲۰ عدد) حاصل از یک ملکه برای تلقیح مصنوعی استفاده شود، می‌توان سیستم آمیزش را آمیزش بین دو موجود دیپلوئید-ملکه مادری و ملکه پدری - فرض کرد. شیب خط رگرسیون رکورد ملکه‌های دختری بر رکورد میانگین والدین (ملکه‌های مادری و پدری) یک برآورد مستقیم از ضریب وراثت‌پذیری صفات کمی و کیفی مربوط به ملکه است. برای صفات مربوط به زنبورهای کارگر و ملکه (مانند بیماری‌ها)، رگرسیون زنبورهای کارگر (دختری) بر ملکه نیز قابل استفاده است. این روش در مواردی مناسب است که بتوان در برنامه انتخاب ملکه، میزان پاسخ انتخاب را در زنبورهای کارگر (دختری) برآورد کرد. به‌علاوه، آثار محیطی، آثار ژنی غلبه و اپیستاتیک نیز نباید بین زنبورهای ماده وجود داشته باشد (۷۳).

همبستگی کلاسیک مادر-دختر برای صفات مربوط به زنبورهای کارگر قابل استفاده نیست؛ ولی به جای آن از همبستگی زنبورهای کارگر کلنی مادری با زنبورهای کارگر خواهرزاده (کلنی دختری) استفاده می‌شود. در روش رگرسیون نتاج بر والد(ین)، ضریب وراثت‌پذیری از معادله ۳-۵ و در صورت معین بودن ملکه پدری، از معادله ۴-۱۵ یا ۴-۵ برآورد می‌شود (۴۲):

$$h^r = \frac{1}{\theta} \cdot bdm \quad (3-5)$$

$$h^r = \lambda \cdot bdm \quad (4-5)$$

در این دو معادله، b_{dm} ضریب رگرسیون عملکرد زنبورهای کارگر کلنی‌های دختری بر عملکرد زنبورهای کارگر کلنی‌های مادری است. ارتباط کلاسیک بین ضریب وراثت‌پذیری و

-
- 1- Sire queen
 - 2- Sire colony

ضریب رگرسیون عملکرد نتاج (ملکه دختری) بر عملکرد والد (ملکه مادری) به صورت زیر است که برای صفات مربوط به ملکه قابل استفاده است (۴۷).

$$h^r = 2 b_{dm} \quad (5-5)$$

روش برآورد مؤلفه‌های واریانس (۱۷)

مدل‌های آماری

۱- مدل آماری صفات زیست‌رفتاری

صفات زیست‌رفتاری (بیولوژیک) اندازه‌گیری شده در هر کلنی دختری در اثر فعالیت گروهی زنبورهای کارگر همان کلنی است. پس کل جمعیت یک کلنی (زنبورهای کارگر) به صورت یک واحد انتخاب در نظر گرفته می‌شود که منابع ایجاد واریانس برای این صفات عبارت از: ملکه‌های مادری، ملکه‌های دختری (یا میانگین زنبورهای کارگر حاصل از ملکه‌های دختری) درون ملکه مادری (واریانس اشتباه یا باقی‌مانده) است. بنابراین، مدل آماری مورد استفاده در تجزیه و تحلیل‌ها به صورت زیر است:

$$Y_{ij} = \mu + M_i + D(i)j \quad (6-5)$$

اجزای این مدل عبارت اند از:

$$Y_{ij} = \text{رکورد ملکه دختری (j) ام از ملکه مادری (i) ام}$$

$$\mu = \text{میانگین جمعیت}$$

$$M_i = \text{اثر ملکه مادری (i) ام}$$

$$D(i)j = \text{اثر اشتباه یا باقی‌مانده مربوط به ملکه دختری (j) ام از ملکه مادری (i) ام.}$$

۲- مدل آماری صفات ظاهری

با توجه به این‌که رکورد صفات ظاهری هر کلنی (دختری) در نمونه زنبورهای کارگر (با انتخاب تصادفی) قابل اندازه‌گیری است، عوامل ایجاد واریانس برای این صفات عبارت از: ملکه‌های مادری، ملکه‌های دختری درون ملکه مادری و زنبورهای کارگر کلنی (واریانس اشتباه یا باقی‌مانده) است. بر این اساس، مدل آماری مورد استفاده در تجزیه و تحلیل و برآورد پارامترهای ژنتیک به صورت زیر است:

$$Y_{jik} = \mu + M_i + D(i)j + W(ij)k \quad (7-5)$$

اجزای این مدل عبارت اند از:

Y_{jik} = رکورد زنبور کارگر (k) ام از ملکه دختری (j) ام از ملکه مادری (i) ام.
 μ = میانگین جمعیت.

M_i = اثر ملکه مادری (i) ام.

$D(i)j$ = اثر ملکه دختری (j) ام از ملکه مادری (i) ام.

$W(ij)k$ = اثر اشتباه یا باقی مانده مربوط به زنبورهای کارگر (k) ام ملکه دختری (j) ام ملکه مادری (i) ام.

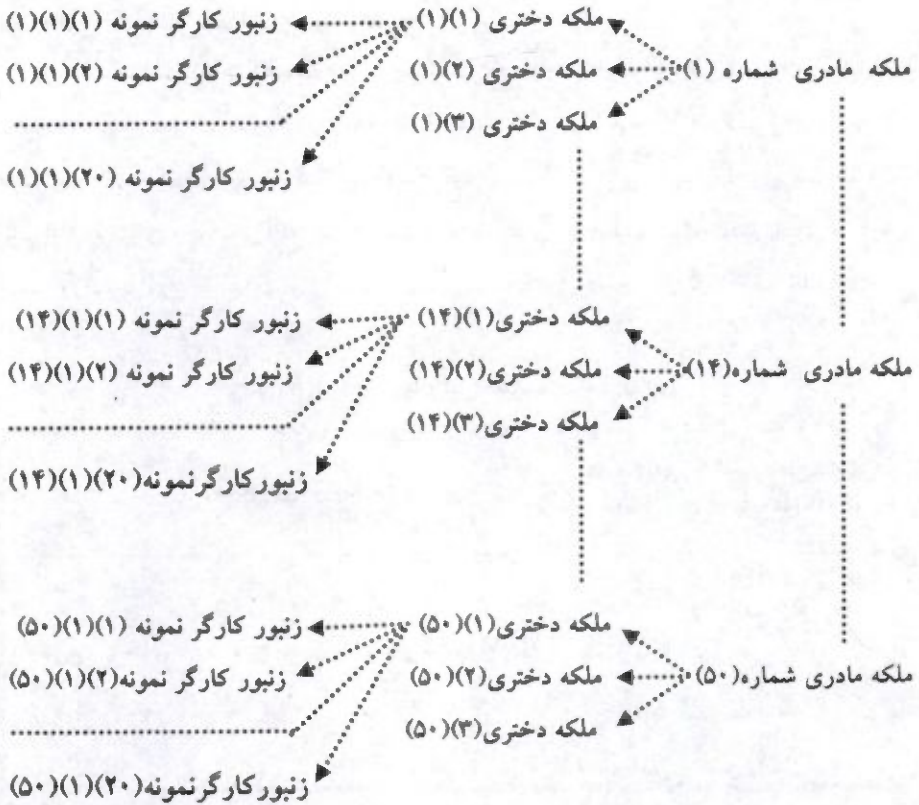
نوع رابطه‌ها در برآورد مؤلفه‌های واریانس

برای برآورد مؤلفه‌های واریانس و تشکیل جدول‌های واریانس، باید به نوع ارتباط ملکه‌ها و زنبورهای کارگر (نمودار ۵-۱) توجه کرد.

روش سوم هندرسون

هندرسون (۱۹۵۳) در مواردی که رکوردها (داده‌ها) در زیرگروه‌ها نامساوی بودند، روش‌هایی را برای برآورد اجزای واریانس و کوواریانس ارائه داد. یکی از این روش‌ها، روش سوم هندرسون نام دارد. در این روش، از تجزیه مجموع مربع‌های مدل‌های دارای آثار ثابت استفاده می‌شود. مجموع مربع‌های مورد استفاده در این روش عبارت از: کاهش مجموع مربع‌های متغیر مورد بررسی، بر اساس برازش یک مدل کامل و مدل‌های کاهش یافته از آن است.

کاهش‌های مورد نظر برای مجموع مربع‌ها به صورت مدل‌های درجه دوم از بردار مشاهدات محاسبه شده است و مؤلفه‌ها نیز با استفاده از این مدل و امیدهای ریاضی مربوط، برآورد می‌شود. امیدهای ریاضی یک ترکیب خطی از مؤلفه‌هاست و در این حالت، مهم‌ترین مورد، محاسبه ضریب این ترکیبات خطی (K_i) است. این ضرایب با معادله امیدهای ریاضی قابل محاسبه است.



▲ نمودار ۵-۱- نحوه ارتباط ملکه‌ها و زنبورهای کارگر

روش برآورد حداکثر درست‌نمایی محدود شده^۱ (REML)

در این روش، برای برآورد مؤلفه‌های واریانس (تجزیه واریانس) در مورد توزیع احتمالی مشاهدات، هیچ فرضی وجود ندارد. به عبارت دیگر، امکان دارد داده‌ها هر توزیع احتمالی داشته باشند و فقط باید انواع آثار ثابت و تصادفی را مشخص و مؤلفه‌های واریانس را برآورد کرد. در این جا فرض می‌شود که مشاهدات موجود، نمونه‌هایی از یک جامعه آماری با توزیع احتمالی مشخص است.

مؤلفه‌های واریانس صفات زیست‌رفتاری

از خصوصیات صفات زیست‌رفتاری این است که نتیجه فعالیت گروهی زنبورهای کارگر است. بعضی از صفات اندازه‌گیری شده (مانند مقدار تولید سالانه عسل هر کلنی) در کلنی‌های دختری را نمی‌توان در همان فصل پرورش تکرار کرد. بنابراین، اندازه‌گیری هر صفت کلنی‌های دختری (خواهری) به صورت تکرار اندازه‌گیری آن صفت برای کلنی‌های مادری است. روش برآورد مؤلفه‌های واریانس صفات زیست‌رفتاری در جدول ۵-۱ ارائه شده است.

جدول ۵-۱- تجزیه واریانس صفات زیست‌رفتاری

منابع واریانس (S)	درجه آزادی (df)	امید ریاضی میانگین مربع‌ها (EMS)
کلنی مادری (M)	M-1	$\hat{\sigma}_D^2 + K\hat{\sigma}_M^2$
کلنی‌های دختری درون کلنی مادری با اثر باقی‌مانده (D/M)	M(D-1)	$\hat{\sigma}_D^2$
کل کلنی‌ها (T)	MD-1	

M = تعداد کلنی‌ها

D = تعداد کلنی دختری برای هر کلنی مادری

$\hat{\sigma}_M^2$ = برآورد مؤلفه واریانس بین کلنی‌های مادری

$\hat{\sigma}_D^2$ = برآورد مؤلفه واریانس اشتباه نمونه‌برداری ($\hat{\sigma}_D^2 = \hat{\sigma}_e^2$)

K = تعداد مؤثر تکرار نمونه هر کلنی مادری

روش محاسبه ضریب ثابت K:

اگر تعداد کلنی دختری کلنی‌های مادری مساوی باشد، $K=D$ ؛ ولی اگر تعداد این کلنی‌ها مساوی نباشد، می‌توان K را حدود میانگین D فرض کرد.

به شرط آن‌که این نامساوی خیلی بزرگ نباشد. در غیر این صورت، مقدار دقیق آن از

معادله (K) ضمیمه محاسبه می‌شود (۱۵).

مؤلفه‌های واریانس صفات ظاهری

برای برآورد مؤلفه‌های واریانس صفات ظاهری، باید به نوع رکوردهای اندازه‌گیری شده در کلنی‌های دختری، منابع ایجاد واریانس و مدل آماری مورد استفاده توجه کرد. روش برآورد مؤلفه‌های واریانس صفات ظاهری، در جدول ۵-۲ آمده است.

جدول ۵-۲- تجزیه واریانس صفات ظاهری

امید ریاضی میانگین مربع‌ها (EMS)	درجه آزادی (df)	منابع واریانس (S)
$\hat{\sigma}^2_w + K_1 \hat{\sigma}^2_D + K_2 \hat{\sigma}^2_M$	M	ملکه‌های مادری (M)
$\hat{\sigma}^2_w + K_1 \hat{\sigma}^2_D$	M(D-1)	ملکه‌های دختری درون ملکه مادری (D/M)
$\hat{\sigma}^2_w$	MD(W-1)	زنبورهای کارگر ملکه‌های دختری (خواهری) یا اثر باقی‌مانده (W/D/M)
	MDW-1	کل (T)

$$\hat{\sigma}^2_M = \text{برآورد واریانس بین ملکه‌های مادری}$$

$$\hat{\sigma}^2_D = \text{برآورد واریانس بین ملکه‌های دختری (خواهری)}$$

$$\hat{\sigma}^2_w = \text{برآورد اشتباه نمونه‌برداری} (\hat{\sigma}^2_e = \hat{\sigma}^2_w)$$

$$K_1 = \text{تعداد مؤثر تکرار نمونه برای ملکه‌های دختری}$$

$$K_2 = \text{تعداد مؤثر تکرار نمونه برای ملکه‌های دختری (خواهری)}$$

$$K_3 = \text{تعداد مؤثر ملکه دختری (خواهری)}$$

روش محاسبه ضریب‌های ثابت K

اگر تعداد کلنی دختری هر کلنی مادری و تعداد زنبورهای کارگر هر ملکه دختری مساوی باشد، $K_3 = D \cdot W$ و $K_1 = K_2 = W$ ؛ ولی اگر مساوی نباشد، می‌توان K_1 و K_2 را حدود میانگین W و K_3 را حدود حاصل ضرب میانگین‌های W و D فرض کرد. به شرط آن‌که این نامساوی خیلی بزرگ نباشد. در غیر این صورت، مقدار دقیق ضریب K_3 مانند معادله K محاسبه می‌شود (می‌توان فرض کرد که $K_3 = D \cdot K_2$) و ضریب‌های K_1 و K_2 نیز از معادله‌های K_1 و K_2 ضمیمه به‌دست می‌آید (۱۵).

با اندازه‌گیری صفات تعدادی از نتاج ماده (ملکه‌های دختری) رکوردها (داده‌ها) به دست می‌آید. نتاجی که به این ترتیب اندازه‌گیری می‌شود، جمعیتی از فوق خواهری، خواهران تنی و ناتنی را تشکیل می‌دهد. سپس با روش تجزیه واریانس، واریانس فنوتیپی به اجزای مشاهده‌ای مربوط به اثر تفاوت بین ملکه‌های مادری (σ^2_M) و اثر بین ملکه‌های دخترهای خواهری (σ^2_D) و اثر تفاوت بین نتاج (زنبورهای کارگر) هر ملکه دختری (اثر داخل نتاج σ^2_W) تجزیه می‌شود.

برای برآورد مؤلفه‌های واریانس، از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه با مدل انشعابی (آشپانه‌ای^۱) نیز استفاده می‌شود. اگر σ^2_M ، σ^2_D و σ^2_W به ترتیب معادل مؤلفه‌های واریانس بین نرها، ماده‌ها و نتاج (در روش مؤلفه‌های واریانس) فرض شود، ضریب وراثت‌پذیری صفات زیست‌رفتاری و صفات ظاهری (یا صفات مربوط به زنبورهای کارگر) به ترتیب با معادله‌های زیر برآورد می‌شود:

$$h^y = \frac{1}{\theta} \cdot \frac{\sigma^2_M}{\sigma^2_M + \sigma^2_D} \quad (۸-۵)$$

$$h^y = \frac{1}{\theta} \cdot \frac{\sigma^2_M}{\sigma^2_M + \sigma^2_D + \sigma^2_W} \quad (۹-۵)$$

که در این معادله‌ها θ میانگین رابطه خویشاوندی بین ملکه‌های دختری (خواهری) در معادله ۸-۵ و بین زنبورهای کارگر هر کلنی دختری در معادله ۹-۵ است.

$$\sigma^2_M = \text{مؤلفه‌های واریانس بین ملکه‌های مادری}$$

$$\sigma^2_D = \text{مؤلفه‌های واریانس بین ملکه‌های دختری (خواهری)}$$

$$\sigma^2_W = \text{مؤلفه‌های واریانس بین زنبورهای کارگر هر کلنی دختری}$$

روش برآورد ضریب وراثت‌پذیری مربوط به ملکه و زنبورهای کارگر برای برآورد ضریب وراثت‌پذیری صفات زیست‌رفتاری مربوط به ملکه و زنبورهای کارگر، بر اساس آمیزش‌های کنترل شده (تصویر ۴-۶)، از مؤلفه‌های واریانس استفاده می‌شود.

در حقیقت، رابطه خویشاوندی زنبورهای ملکه دختری (Q) و زنبورهای کارگر (W) متفاوت، ولی رکورد آنها (مربوط به یک کلنی) یکسان است. به این سبب، معادله‌های ضریب وراثت‌پذیری به صورت زیر خواهد بود:

$$h^r_Q = \frac{\sigma_Q^2}{\sigma_P^2} \quad (10-5)$$

$$h^r_W = \frac{\sigma_W^2}{\sigma_P^2} \quad (11-5)$$

در این معادله‌ها h^r_Q و h^r_W به ترتیب مؤلفه‌های واریانس بین ملکه‌های دختری (خواهری) و بین زنبورهای کارگر و h^r_P واریانس فنوتیپ است.

دقت برآورد ضریب وراثت‌پذیری

دقت برآورد ضریب وراثت‌پذیری را از انحراف معیار (جذر واریانس) هم‌بستگی داخل گروهی (خانواده) یا ضریب رگرسیون (دو روش برای برآورد وراثت‌پذیری) محاسبه می‌کنند. برای مقدار معین دقت برآورد، باید تعداد مشاهده لازم را تعیین کرد. سپس برای یک برآورد دقیق و با در نظر گرفتن محدودیت امکانات، از بهترین روش و طرح آزمایشی بهره گرفت. طرح آزمایشی تابع تعداد افراد در هر خانواده است. تعداد کل افرادی که می‌توان رکوردگیری کرد، در اثر عواملی مانند فضا، کارگر یا هزینه، محدود است. با افزایش تعداد افراد در هر خانواده، تعداد خانواده‌ها کاهش می‌یابد. پس سؤال این است که تعداد افراد در هر خانواده و تعداد خانواده‌ها چه اندازه باشد تا واریانس (و انحراف معیار) نمونه‌گیری ضریب هم‌بستگی داخل گروهی یا ضریب رگرسیون حداقل باشد.

مؤلفه‌های واریانس

در ابتدا، برای سهولت فرض می‌شود در خانواده‌های دارای خواهران ناتنی پدری، فقط فرزند هر مادر اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین، واریانس داخل گروهی (خانواده) به صورت زیر

$$\sigma_{t_i}^2 = \frac{2[1+(n-1)t](1-t)^2}{n(n-1)(N-1)} \quad (12-5) \quad \text{محاسبه می‌شود (۴۷):}$$

در این معادله، N و n به ترتیب تعداد خانواده‌ها و تعداد افراد در هر خانواده (تعداد کل افراد اندازه‌گیری شده برابر $T = nN$) و t هم‌بستگی داخل گروهی (خانواده) است. هر گاه تعداد کل افراد مورد اندازه‌گیری (T) کم و $n = \frac{1}{f}$ باشد، واریانس هم‌بستگی داخل گروهی حداقل است (معادله ۵-۱۳). بنابراین، بهترین اندازه خانواده به میزان هم‌بستگی داخل گروهی و ضریب وراثت‌پذیری بستگی دارد. با توجه به تنوع جمعیت‌ها، اطلاع از مقدار ضریب وراثت‌پذیری در بهترین وضعیت نیز تقریبی است. به این سبب، نمی‌توان بهترین اندازه خانواده را از قبل به طور دقیق تعیین کرد. اگر اندازه خانواده کمتر از تعداد مورد نظر باشد، کاهش کارایی طرح بیشتر از حالتی است که اندازه خانواده بیشتر از بهترین تعداد باشد. بنابراین، بهتر است اندازه خانواده‌ها بیشتر از اندازه مورد نظر باشد. برآورد تقریبی واریانس نمونه‌گیری هم‌بستگی داخل گروهی در بهترین وضعیت آزمایشگاهی به صورت زیر است:

$$\sigma_{t_i}^2 = \frac{At}{T} \quad (13-5)$$

برای برآورد واریانس نمونه‌گیری وراثت‌پذیری، باید واریانس هم‌بستگی خواهران تنی را در عدد ۴ و واریانس هم‌بستگی ناتنی را در عدد ۱۶ ضرب کرد. سپس با منظور کردن $t = \frac{1}{4}h^2$ در معادله ۵-۱۳، واریانس نمونه‌گیری وراثت‌پذیری خواهران تنی به صورت زیر برآورد می‌شود:

$$\sigma_{h^2}^2 = 4\sigma_{t_i}^2 = \frac{16}{T}h^2 \quad (14-5)$$

با قرار دادن $t = \frac{1}{4}h^2$ در معادله ۵-۱۳ برآورد تقریبی واریانس نمونه‌گیری از خواهران ناتنی به صورت زیر خواهد بود:

$$\sigma_{h^2}^2 = 16\sigma_{t_i}^2 = \frac{32}{T}h^2 \quad (15-5)$$

بنابراین در وضعیت مساوی، برآورد حاصل از خواهران تنی دو برابر دقیق‌تر از برآورد حاصل از خواهران ناتنی است. با توجه به معادله‌های ۵-۸ و ۵-۹، اشتباه معیار تقریبی ضریب وراثت‌پذیری صفات مربوط به زنبور عسل به صورت زیر برآورد می‌شود:

$$\sigma_{h^2}^2 = \frac{8h^2}{\theta^2 T} \quad (16-5)$$

انحراف معیار ضریب وراثت‌پذیری از روش مؤلفه‌های واریانس جذر معادله‌های بالاست.

رگرسیون نتاج بر والد(ین)

معادله واریانس نمونه‌گیری ضریب رگرسیون به صورت زیر است:

$$\sigma_b^2 = \frac{1}{N-2} \left[\frac{\sigma_y^2}{\sigma_x^2} - b^2 \right] \quad (17-5)$$

در این معادله، σ_y^2 و σ_x^2 به ترتیب، واریانس‌های متغیر مستقل (والد) و متغیر وابسته (نتاج) و N نیز تعداد مشاهدات x و y است که به صورت جفت، مساوی تعداد خانواده‌های مورد آزمایش و b نیز ضریب رگرسیون y بر x است. اگر این معادله به صورت ساده شده و تقریبی نوشته شود، برای استفاده در یک طرح آزمایشی مناسب است. برآورد تقریبی واریانس نمونه‌گیری رگرسیون فرزند بر والد(ین) از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\sigma_b^2 = \frac{K[1+(n-1)t]}{nN} \quad (18-5)$$

در این معادله، K تعداد والد، n تعداد نتاج اندازه‌گیری شده در هر خانواده، t هم‌بستگی فنوتیپ بین افراد خانواده‌ها و N تعداد خانواده‌هاست. با توجه به این که nN تعداد کل نتاج اندازه‌گیری شده و محدودکننده مقیاس آزمایش است، هرگاه $n=1$ باشد، [یعنی $(n-1)t=0$] واریانس نمونه‌گیری حداقل است. بنابراین، مؤثرترین طرح آزمایشی در این وضعیت، داشتن بیشترین تعداد خانواده (در حد امکان) و اندازه‌گیری یک فرزند از هر خانواده است.

یک والد (ملکه مادری): $K=1$ و n (با شرایط مورد نظر) نیز مساوی ۱ است. بنابراین،

اشتباه معیار تقریبی ضریب وراثت‌پذیری به صورت زیر است:

$$S.e(h^2) = 2\sigma_b = \frac{2}{\sqrt{N}} \quad (19-5)$$

دو والد (ملکه‌های مادری و پدری): $K=2$ و n (با شرایط مورد نظر) نیز مساوی ۱ است. بنابراین، اشتباه معیار تقریبی ضریب وراثت‌پذیری میانگین والد(ین) از معادله زیر برآورد

$$S.e(h^2) = \sigma_b = \frac{1}{\sqrt{N}} \quad (20-5) \quad \text{می‌شود:}$$

بنابراین، در وضعیت مساوی، برآورد حاصل از میانگین والدین دقیق‌تر از برآورد حاصل از یک والد است. به علاوه، با توجه به معادله ۳-۵، اشتباه معیار تقریبی ضریب وراثت‌پذیری صفات مربوط به زنبورهای کارگر به صورت زیر برآورد می‌شود:

$$S.e(h^2) = \frac{1}{\theta} \sigma_b \quad (21-5)$$

برآورد ضریب وراثت‌پذیری زیست‌رفتاری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقدار ضریب وراثت‌پذیری صفات رفتاری بیشتر از صفات تولیدی است. به‌علاوه، ضریب وراثت‌پذیری صفات مربوط به تولیدمثل (میزان تخم‌گذاری ملکه) کم است (۴).

در برخی بررسی‌ها، مقدار ضریب وراثت‌پذیری تولید عسل متوسط (۴، ۱۹) و در یک بررسی دیگر، زیاد برآورد شده است (۷۹). مقدار ضریب وراثت‌پذیری رفتار دفاعی نیز زیاد برآورد شده است (۴). برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد که برآورد وراثت‌پذیری برای صفات تولید عسل و رفتار دفاعی، خیلی کم تا خیلی زیاد است. یک دلیل این تفاوت‌ها، روش‌های برآورد است. ضریب وراثت‌پذیری از روش تجزیه واریانس، در مقایسه با روش رگرسیون نتاج بر والد کمی بیشتر و احتمالاً به دلیل تأثیر واریانس مربوط به آثار مادری و آثار ژنتیک غیر افزایشی است. تفاوت دیگر در مقادیر برآورد ضریب وراثت‌پذیری تولید عسل را احتمالاً می‌توان ناشی از متفاوت بودن برآورد روابط خویشاوندی بین زنبورهای کارگر هر کلنی دانست. اکثر صفات تولیدی، مانند تولید عسل، از آثار محیطی (عام و آثار مادری مربوط به فرمون ملکه) تأثیر می‌پذیرد و بهتر است با انتخاب بر اساس رکورد هر کلنی، همراه با رکوردهای کلنی‌های خویشاوند، پیشرفت ژنتیک این صفت مهم و اقتصادی را افزایش داد (فصل هفتم). با توجه به آن‌که سهم واریانس ژنتیک (افزایشی) در واریانس فنوتیپ صفات رفتاری (رفتار دفاعی و رفتار بچه‌دهی) در مقایسه با سایر صفات تولیدی بیشتر است، مشخص می‌شود که عوامل محیطی و ملکه، بر صفات رفتار کمتر تأثیر می‌گذارند و با عمل انتخاب بر اساس رکورد هر کلنی، پیشرفت ژنتیک نسبتاً مطلوب خواهد بود. ضریب وراثت‌پذیری صفات زیست‌رفتاری زنبور عسل در جدول ۵-۳ آمده است. ضریب وراثت‌پذیری برخی صفات زیست‌رفتاری مربوط به ملکه (Q) و زنبورهای کارگر (W)، که از معادله‌های ۵-۱۳ و ۵-۱۴ برآورد شده، در جدول ۵-۴ ارائه شده است.

جدول ۵-۳- ضریب وراثت پذیری بعضی صفات زیست رفتاری زنبور عسل

منبع	h^2	صفت	روش
Babdy (1967)	۰/۹۵	پرورش نوزادان در فصل زمستان	رگرسیون نتاج بر مادر
همان	۰/۵۱	پرورش نوزادان در فصل مرکبات	رگرسیون نتاج بر مادر
همان	۰/۳۴	پرورش نوزادان در فصل شبدر	رگرسیون نتاج بر مادر
همان	۰/۲۸	پرورش نوزادان در فصل پنبه	رگرسیون نتاج بر مادر
همان	۰/۹	پرورش نوزادان در طول سال	رگرسیون نتاج بر مادر
Rinderer(1968)	۰/۱۶	مقدار تخم گذاری ملکه	رگرسیون نتاج بر مادر
Prichner(1962)	۰/۳۵	پرورش نوزادان	تجزیه واریانس
همان	۰/۲۳	تولید عسل	تجزیه واریانس
Soller(1967)	۰/۶	تولید عسل بهاره	تجزیه واریانس
همان	۰/۵۸	تولید عسل سالانه	تجزیه واریانس
Collins(1984)	۰/۵۷	تعداد نیش در گلوله چرمی	تجزیه واریانس
Milne(1984)	۰/۶۴	وزن شفیقه زنبورهای کارگر	تجزیه واریانس
Collins(1984)	۰/۲-۰/۹۲	مقدار تولید عسل در آزمایشگاه	تجزیه واریانس
پاسخ به یک فرمون هشداردهنده:			
همان	۰/۰۴-۰/۱۲	الف) برای واکنش اولیه زنبورها	تجزیه واریانس
همان	۰/۳۱-۱/۲۸	ب) برای سرعت واکنش	تجزیه واریانس
همان	۰/۱-۰/۹۳	رفتار دفاعی	تجزیه واریانس
همان	۰/۴۹-۱/۱۵	اندازه سلول شان	تجزیه واریانس
بصیری(۱۳۷۶)	۰/۲۶۹±۰/۰۴۷	مقدار تخم گذاری و نوزاد	رگرسیون نتاج بر مادر
همان	۰/۲۸۴±۰/۰۵۴	جمعیت کلنی	رگرسیون نتاج بر مادر
همان	۰/۴۰±۰/۰۵۴	مقدار عسل استخراجی	رگرسیون نتاج بر مادر
همان	۰/۴۳۵±۰/۰۴۵	کل تولید عسل	رگرسیون نتاج بر مادر
همان	۰/۶۳۸±۰/۰۵۹	تعداد نیش به گلوله چرمی	رگرسیون نتاج بر مادر
همان	۰/۵۹۱±۰/۰۲۹	تعداد شاخون ملکه	رگرسیون نتاج بر مادر

جدول ۵-۴- ضریب وراثت‌پذیری صفات زیست رفتاری ملکه و زنبورهای کارگر (۲۵، ۶)

صفت	h^2_Q	h^2_W
تولید عسل	۰/۱۵	۰/۲۶
تولید موم	۰/۴۵	۰/۳۹
رفتار دفاعی	۰/۴۰	۰/۴۱
آرامش روی شان	۰/۵۸	۰/۹۱
رشد بهاره	۰/۴۶	۰/۷۶

برآورد ضریب وراثت‌پذیری صفات ظاهری

صفات ظاهری زنبور عسل پایه و اساس شناسایی نژادهای گوناگون است که در سطح جهان گسترش یافته‌اند. تشخیص تعدادی از این خصوصیات بسیار بارز و مشخص و تشخیص تعدادی دیگر، بسیار مشکل و مستلزم دقت بسیار است. تأثیر صفات ظاهری بر سازگاری طبیعی زنبور کم است. بنابراین، تأثیر عوامل محیطی بر آنها کمتر و در نتیجه، وراثت‌پذیری آنها زیاد است. برای مثال، می‌توان صفات رنگ یا اندازه قسمت‌های متفاوت بدن را، که ضریب وراثت‌پذیری آنها ۰/۹۲-۰/۵۳ است، نام برد.

بررسی‌ها نشان می‌دهند که ضریب وراثت‌پذیری صفات ظاهری زنبورهای عسل اروپایی و آفریقایی مانند طول بال عقب، طول ساق و طول ران کم، طول پنجه اول و عرض غدد موم متوسط و طول بال جلو، عرض بال جلو، عرض بال عقب، طول غدد موم، فاصله غدد موم، تعداد قلاب‌های بال عقب و طول نیم‌حلقه سوم شکمی زیاد است (۶۸).

ضریب وراثت‌پذیری صفات طول بال جلو و طول ساق متوسط و طول خرطوم، عرض بال جلو و طول بال عقب زیاد برآورد شده است (۱۹). در بررسی دیگر ضریب وراثت‌پذیری طول بال عقب، عرض بال عقب و طول ساق پای سوم زیاد برآورد شد (۱۶).

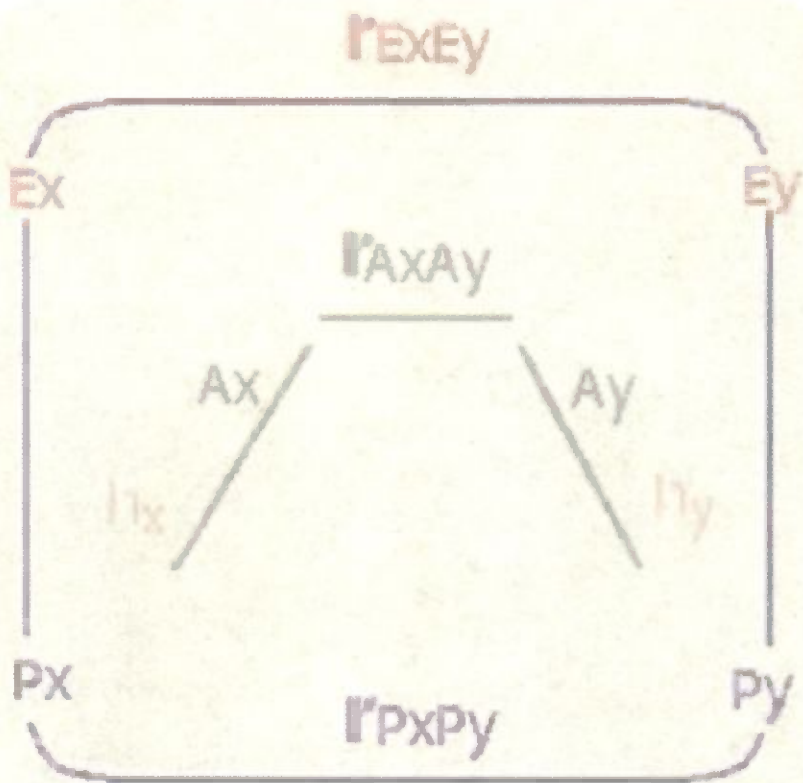
ضریب وراثت‌پذیری صفات ظاهری زیاد و برای استفاده در زمینه خلوص و تثبیت نژادی، بسیار مهم است. برآورد ضریب وراثت‌پذیری برخی از صفات ظاهری زنبور عسل در جدول ۵-۵ ارائه شده است.

جدول ۵-۵- ضریب وراثت پذیری بعضی از صفات ظاهری زنبور عسل

منبع	h^2	صفت
مستأجران (۱۳۷۵)	۰/۷۶	طول خرطوم
مستأجران (۱۳۷۵) قریشی (۱۳۷۹)	۰/۳۰±۰/۰۳ و ۰/۴۱	طول بال جلو
همان	۰/۳۹±۰/۰۶ و ۰/۸۷	عرض بال جلو
همان	۰/۶۱±۰/۰۸ و ۰/۹۶	طول بال عقب
قریشی (۱۳۷۵)	۰/۶۴±۰/۰۸	طول ساق پای سوم
همان	۰/۶۴±۰/۰۸	عرض بال عقب
Oldroyd(1991)	۰/۱۹	طول ران
همان	۰/۳۷	طول پنجه اول
همان	۱/۱۹	عرض پنجه اول
همان	۰/۶۹	طول نیم حلقه سوم شکمی
همان	۰/۴۸	طول غدد موم
همان	۰/۲۲	عرض غدد موم
همان	۰/۶۲	فاصله غدد موم
همان	۰/۶۶	تعداد قلاب های بال عقب
قریشی (۱۳۷۹)	۱/۱۲±۰/۱۱	سطح سبد گرده
همان	۰/۴۱±۰/۰۶	رنگ نیم حلقه سوم شکمی
همان	۰/۴۰±۰/۰۶	رنگ سپرچه (Sc)

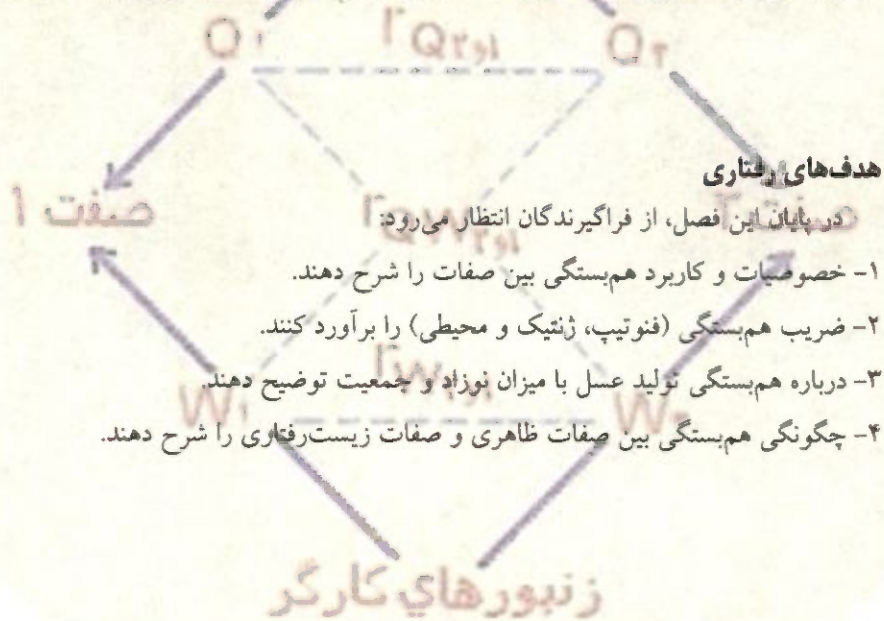
خودآزمایی

- ۱- اهمیت ضریب وراثت‌پذیری را در اصلاح نژاد شرح دهید.
 - ۲- عوامل مؤثر بر وراثت‌پذیری را نام ببرید.
 - ۳- اگر آثار افزایشی زن‌ها بر ظهور یک صفت زیاد باشد، وراثت‌پذیری صفت است:
- | | | | |
|----------|-------|----------|---------|
| الف) صفر | ب) کم | ج) متوسط | د) زیاد |
|----------|-------|----------|---------|
- ۴- بهترین روش برآورد ضریب وراثت‌پذیری را در زنبور عسل شرح دهید.
 - ۵- در یک زنبورستان، آمیزش‌ها به صورت آزاد و ضریب رگرسیون صفت شهدآوری بین کلنی‌های دختری و مادری ۰/۳۵ است. وراثت‌پذیری این صفت را برآورد کنید.
 - ۶- در کدام روش برآورد ضریب وراثت‌پذیری، دقت برآورد بیشتر است؟



فصل ششم

بر آورد ضریب همبستگی بین صفات زنبور عسل



هم‌بستگی بین صفات

ضریب هم‌بستگی معیاری است که ارتباط دو صفت مورد نظر را نشان می‌دهد. بسیاری از صفات زیست‌رفتاری و ظاهری موجودات با هم هم‌بستگی نشان می‌دهند. امکان دارد هم‌بستگی فنوتیپ بین دو صفت بر اثر هم‌بستگی ژنتیک و محیطی و به‌خصوص اثر متقابل آنها باشد. به این سبب، جمع هم‌بستگی‌های ژنتیک و محیطی دو صفت، با مقدار هم‌بستگی مشاهده شده (فنوتیپ) برابر نیست.

در بررسی ژنتیک صفات و برای سنجش عوامل مشترک مؤثر بر دو صفت، سه نوع هم‌بستگی ژنتیک^۱، فنوتیپ^۲ و محیطی^۳ محاسبه می‌شود. اهمیت هم‌بستگی ژنتیک در اصلاح نژاد، بیش از مقادیر هم‌بستگی فنوتیپ و محیطی است (۴۷). هم‌بستگی ژنتیک بین صفات در اثر موارد زیر است (۴، ۵۴):

✓ پلی‌تروپی^۴؛

✓ پیوستگی بین ژن‌ها (لینکاژ)^۵؛

✓ غیرمشابه بودن آلل‌ها و ژن‌ها^۶ (هتروزیگوسیتی).

پلی‌تروپی به این معناست که یک ژن در یک مکان ژنی، بیشتر از یک صفت را کنترل کند. به عبارت دیگر، یک ژن به تنهایی در بروز بیش از یک صفت مؤثر باشد.

1- Genetic correlation

2- Phenotypic correlation

3- Environment correlation

4- Pleiotropy

5- Linkage

6- Heterozygosity

پیوستگی بین ژن‌ها (لینکاژ) به صورتی است که مکان ژن‌های کنترل‌کننده دو صفت مورد مطالعه، روی یک کروموزوم و نزدیک به هم قرار گرفته باشند. پیوستگی بین ژن‌ها مانع از تفرق مستقل آنها در تقسیم میوز می‌شود و کروموزوم‌های حامل آلل‌های خاص در دو مکان ژنی به هم پیوسته، با آثار هم‌جهت یا غیر هم‌جهت، به یک گامت منتقل می‌شوند.

اگر در تقسیم میوز تبادل قطعات کروموزومی^۱ صورت گیرد، امکات دارد جهت اثر دو صفت مورد نظر تغییر کند. بنابراین، اگر لینکاژ سبب هم‌بستگی ژنتیک و آمیزش‌ها در چند نسل به صورت تصادفی باشد، ممکن است مقدار هم‌بستگی به مرور تغییر کند؛ زیرا تبادل قطعات کروموزومی باعث می‌شود این پیوستگی از بین برود و لینکاژ در جامعه به حالت تعادل برسد. غیرمشابه بودن آلل‌ها و ژن‌ها (هتروزیگوسیتی) در یک مکان ژنی باعث افزایش قدرت زیست‌جانداران و بهبود برخی صفات دیگر (مانند تولید نوزادان) می‌شود. اگر هم‌بستگی ژنتیک با روش صحیح برآورد شود، در برنامه‌های اصلاح نژاد اهمیت زیادی دارد. زیرا اگر بین دو صفت هم‌بستگی ژنتیک وجود داشته باشد، انتخاب برای یک صفت، سبب تغییر در صفت دیگر نیز می‌شود.

هم‌بستگی ژنتیک افزایشی^۲ بین دو صفت مشابه وراثت‌پذیری به مفهوم خاص است و چون فقط در اثر متوسط ژن‌ها حاصل می‌شود و آثار ژنی غلبه و ایستازی بر آن مؤثر نیست، به نتاج قابل انتقال است.

هم‌بستگی محیطی (re) بین دو صفت در صورتی زیاد است که یک محیط خاص هم‌زمان در هر دو صفت مؤثر باشد. مانند وضعیت محیطی که سبب افزایش تعداد نوزادان در کلنی و افزایش محصول عسل می‌شود. هم‌بستگی محیطی بر اثر هم‌بستگی ژنتیک غیر افزایشی (غلبه و ایستازی) به وجود می‌آید. البته تفکیک بخش هم‌بستگی ژنتیک غیر افزایشی از هم‌بستگی محیطی، تقریباً غیرممکن است (۴۷).

هم‌بستگی فنوتیپ از رکورهای مربوط به دو صفت، که با هم ارتباط دارند، محاسبه می‌شود. مقدار ضریب هم‌بستگی بین ۱ تا -۱ است (۲۶).

1- Crossing over

2- Additive genetic correlation

برآورد ضریب همبستگی

همبستگی فنوتیپ برابر با مجموع همبستگی ژنتیک افزایشی و همبستگی ژنتیک غیر افزایشی (عوامل محیطی و ژنتیک غیر افزایشی) یا اثر متقابل بین آنهاست. اگر فنوتیپ برای صفت X ، شامل اثر ژنتیک افزایشی (A_x)، اثر محیطی و ژنتیک غیر افزایشی (E_x) و A_x و E_x مستقل از هم باشد (فرض شود اثر متقابل وجود ندارد)، می توان نوشت:

$$P_x = A_x + E_x \quad (۱-۶)$$

$$V_{P_x} = V_{A_x} + V_{E_x} \quad (۲-۶)$$

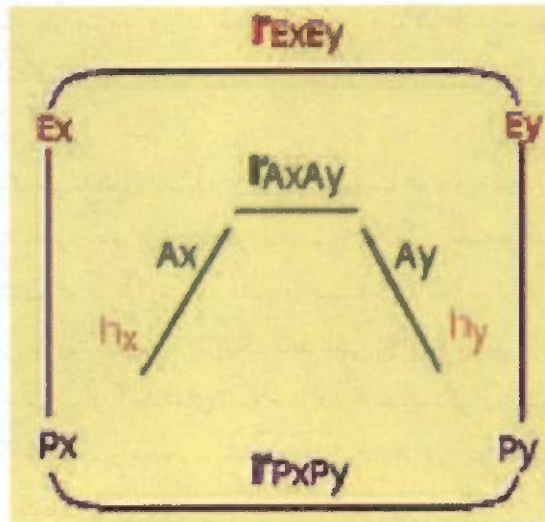
نسبت واریانس ژنتیک افزایشی به واریانس فنوتیپ، ضریب وراثت پذیری است و نسبت واریانس محیطی به واریانس فنوتیپ، e^2_x فرض می شود.

$$h^2_x = \frac{V_{A_x}}{V_{P_x}} \quad (۳-۶)$$

$$e^2_x = \frac{V_{E_x}}{V_{P_x}} \quad (۴-۶)$$

$$h^2_x + e^2_x = 1 \quad (۵-۶)$$

در تصویر ۱-۶، ارتباط همبستگی ژنتیک، فنوتیپ و محیطی نشان داده می شود.



▲ شکل ۱-۶- همبستگی فنوتیپ، ژنتیک و محیطی بین دو صفت x و y (۳۳)

با توجه به وجود رابطه $P=A+E$ رابطه زیر برای کوواریانس $P_x P_y$ برقرار خواهد بود:

$$CoV_{P_x P_y} = CoV_{A_x A_y} + CoV_{A_x E_y} + CoV_{E_x A_y} + CoV_{E_x E_y} \quad (6-6)$$

$$CoV_{A_x E_y} = CoV_{E_x A_y}$$

با فرض این که کوواریانس ژنتیک و محیطی برابر صفر باشد، یعنی تغییرات ژنتیک مستقل از تغییرات محیطی باشند، معادله ۶-۶ به صورت زیر تغییر می کند:

$$CoV_{P_x P_y} = CoV_{A_x A_y} + CoV_{E_x E_y} \quad (7-6)$$

بنابراین، کوواریانس فنوتیپ برابر با مجموع کوواریانس ژنتیک و کوواریانس محیطی است. متخصصان اصلاح نژاد به جای کوواریانس های بالا، از هم بستگی بین آنها استفاده می کنند. در نتیجه:

$$r_p = \frac{CoV_{P_x P_y}}{\sigma_{p_x} \sigma_{p_y}} = \frac{CoV_{A_x A_y}}{\sigma_{p_x} \sigma_{p_y}} + \frac{CoV_{E_x E_y}}{\sigma_{p_x} \sigma_{p_y}} \quad (8-6)$$

همچنین می توان نوشت:

$$r_p = r_A h_y + r_e e_x e_y \quad e_x e_y = \sqrt{(1-h_x^2)(1-h_y^2)} \quad (9-6)$$

بنابراین، عوامل محیطی در صورتی یکی از دلایل هم بستگی فنوتیپ است که هم زمان، بر دو صفت مؤثر باشد. اگر ضریب وراثت پذیری هر دو صفت کم باشد، سهم اصلی هم بستگی فنوتیپ بر اثر هم بستگی محیطی است و اگر ضریب وراثت پذیری زیاد باشد، هم بستگی ژنتیک بر هم بستگی فنوتیپ مؤثرتر است.

هم بستگی ژنتیک نیز مانند وراثت پذیری به دو صورت عام و خاص بیان می شود. در هم بستگی ژنتیک به مفهوم عام، علاوه بر اثر افزایشی ژن ها، اثر غلبه و اپیستازی نیز وجود دارد. باید توجه داشت که دو اثر ژنتیک غلبه و اپیستازی قابل توارث نیست و در پاسخ انتخاب، نقش مهمی ندارند. هم بستگی ژنتیک فقط ناشی از اثر افزایشی ژن ها است. عموماً از هم بستگی ژنتیک خاص برای برنامه های اصلاح نژاد و از هم بستگی ژنتیک بین صفات، برای تعیین اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط نیز استفاده می شود. اگر بین دو صفت هم بستگی ژنتیک وجود داشته باشد، انتخاب برای یکی از دو صفت سبب تغییر در صفت دیگر می شود که به آن پاسخ انتخاب غیر مستقیم می گویند. اگر هم بستگی ژنتیک بین دو صفت مثبت باشد، انتخاب

برای افزایش میانگین یک صفت، سبب افزایش میانگین صفت دیگر نیز می‌شود. اگر همبستگی ژنتیک بین دو صفت، به اندازه کافی زیاد باشد، می‌توان با رکوردگیری و انتخاب برای یک صفت، میانگین صفت دیگر را نیز تغییر داد (۴۷). از این پدیده در موارد زیر استفاده می‌شود:

۱- در صورتی که اندازه‌گیری یک صفت مشکل یا آن صفت غیر قابل اندازه‌گیری باشد.

۲- صفت مورد نظر در زمان انتخاب، قابل رکوردگیری نباشد.

۳- صفت فقط در یک جنس قابل رکوردگیری باشد (مانند تخم‌گذاری ملکه).

۴- برای رکوردگیری، در وقت، هزینه و وسایل صرفه‌جویی شود.

همبستگی محیطی بخشی از همبستگی فنوتیپ است که در اثر عوامل محیطی و عوامل ژنتیک غیر افزایشی (غلبه و ایستازی) در مکان‌های ژنی به‌وجود می‌آید. اگر بین دو صفت همبستگی محیطی وجود داشته باشد، با تغییر عوامل محیطی (خاص) مؤثر بر یکی از آنها، صفت دیگر نیز تغییر می‌کند.

برای برآورد همبستگی بین صفات از روش رگرسیون نتاج بر والد با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای مناسب یا از معادله‌های زیر استفاده می‌کنند (۴):

ضریب همبستگی فنوتیپ

$$r_p = \frac{\hat{\sigma}_{xy}}{\sqrt{(\hat{\sigma}_x^2 \cdot \hat{\sigma}_y^2)}} \quad (10-6)$$

در این معادله $\hat{\sigma}_{xy}$ برآورد کوواریانس دو صفت X و Y، $\hat{\sigma}_x^2$ و $\hat{\sigma}_y^2$ به ترتیب برآورد واریانس صفت X و واریانس صفت Y است.

ضریب همبستگی ژنتیک

$$r_g = \frac{\hat{\sigma}_{x_1y_2} + \hat{\sigma}_{x_2y_1}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{x_1y_1}^2 \cdot \hat{\sigma}_{x_2y_2}^2}} \quad (11-6)$$

در این معادله، رابطه‌های $\hat{\sigma}_{x_2y_1}$ و $\hat{\sigma}_{x_1y_2}$ به ترتیب، برآورد کوواریانس صفت X در نسل اول (والد) و صفت Y در نسل دوم (نتاج) و برآورد کوواریانس صفت X در نسل دوم و صفت Y در نسل اول است. $\hat{\sigma}_{x_2y_2}$ و $\hat{\sigma}_{x_1y_1}$ نیز برآورد کوواریانس صفات X و Y در نسل اول و برآورد صفات X و Y در نسل دوم است.

ضریب همبستگی محیطی

$$r_e = \frac{r_p - r_g h_1 h_2}{\sqrt{(1-h_1^2)(1-h_2^2)}} \quad (12-6)$$

در این معادله، r_p و r_g به ترتیب، ضریب همبستگی فنوتیپ و ژنتیک صفات است. h_1 و h_2 نیز جذر ضریب وراثت پذیری صفات ۱ و ۲ است. خطای معیار ضریب همبستگی ژنتیک، از معادله زیر برآورد می‌شود:

$$SE(r_g) = \frac{1-r_g^2}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{SE(h_1^2) \cdot SE(h_2^2)}{h_1^2 \cdot h_2^2}} \quad (13-6)$$

در این معادله، r_g^2 مربع ضریب همبستگی ژنتیک بین دو صفت ۱ و ۲، $SE(h_1^2)$ و $SE(h_2^2)$ به ترتیب، خطای معیار ضریب وراثت‌پذیری دو صفت ۱ و ۲ است. با تجزیه واریانس و کوواریانس، ضریب همبستگی ژنتیک، فنوتیپ و محیطی بین صفات مورد نظر با معادله‌های زیر برآورد می‌شود (۱۷):

ضریب همبستگی فنوتیپ

$$r_{p(xy)} = \frac{\hat{\sigma}_{e(xy)} + \hat{\sigma}_{s(xy)}}{\sqrt{(\hat{\sigma}_{e(x)}^2 + \hat{\sigma}_{s(x)}^2)(\hat{\sigma}_{e(y)}^2 + \hat{\sigma}_{s(y)}^2)}} \quad (14-6)$$

ضریب همبستگی ژنتیک

$$r_{G(xy)} = \frac{\hat{\sigma}_{s(xy)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{s(x)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{s(y)}^2}} \quad (15-6)$$

ضریب همبستگی محیطی

$$r_{E(xy)} = \frac{\hat{\sigma}_{e(xy)} + 2\hat{\sigma}_{s(xy)}}{\sqrt{(\hat{\sigma}_{e(x)}^2 + 2\hat{\sigma}_{s(x)}^2)(\hat{\sigma}_{e(y)}^2 + 2\hat{\sigma}_{s(y)}^2)}} \quad (17-6)$$

اجزای این معادله‌ها عبارت‌اند از:

$\hat{\sigma}_{s(xy)} =$ برآورد کوواریانس دو صفت X و Y در بین ملکه‌های مادری؛

$\hat{\sigma}_{e(xy)} =$ برآورد کوواریانس دو صفت X و Y در داخل ملکه‌های مادری؛

$$\hat{\sigma}_{s(x)}^2 = \text{برآورد واریانس صفت } X \text{ بین ملکه‌های مادری؛}$$

$$\hat{\sigma}_{s(y)}^2 = \text{برآورد واریانس صفت } Y \text{ بین ملکه‌های مادری؛}$$

$$\hat{\sigma}_{e(x)}^2 = \text{برآورد واریانس صفت } X \text{ داخل ملکه‌های مادری؛}$$

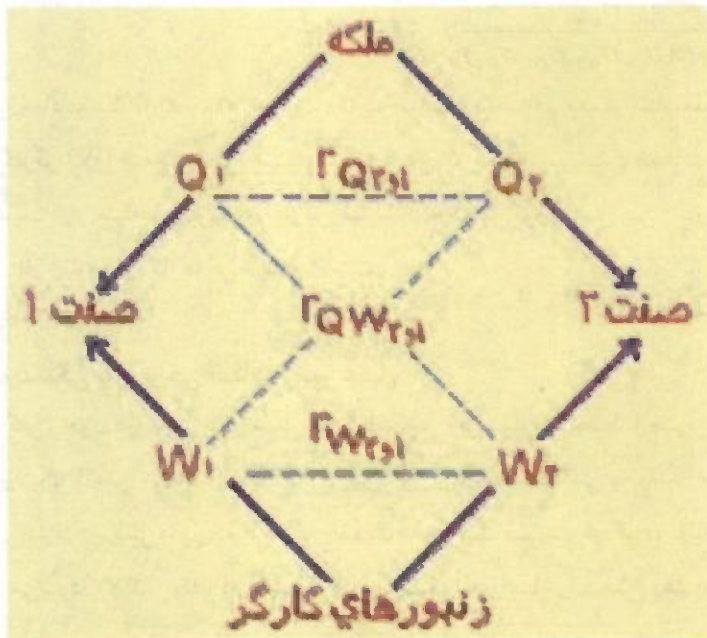
$$\hat{\sigma}_{e(y)}^2 = \text{برآورد واریانس صفت } Y \text{ در داخل ملکه‌های مادری.}$$

برای محاسبه مقادیر انحراف معیار ضریب هم‌بستگی، می‌توان از معادله‌های تعدیل شده تالیس^۱ استفاده کرد.

هم‌بستگی بین صفات با اثر ملکه و زنبورهای کارگر

اگر آثار ملکه و زنبورهای کارگر بر دو صفت مؤثر باشد، هم‌بستگی صفات ملکه و

زنبورهای کارگر با استفاده از روابط تصویر ۶-۴ برآورد می‌شود (۶، ۲۶):



▲ شکل ۶-۴- هم‌بستگی ژنتیک صفات با آثار ملکه و زنبورهای کارگر

در این همبستگی‌ها:

Q_1 و Q_2 به ترتیب آثار ملکه بر صفات ۱ و ۲؛

W_1 و W_2 به ترتیب آثار زنبورهای کارگر بر صفات ۱ و ۲؛

r_{Q_1, Q_2} همبستگی ژنتیک بین Q_1 و Q_2 ؛

r_{W_1, W_2} همبستگی ژنتیک بین W_1 و W_2 ؛

r_{QW_1, Q_2} همبستگی ژنتیک بین Q_1 و Q_2 یا W_1 و W_2 (همبستگی متقابل) و در نتیجه،

همبستگی ژنتیک مربوط، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$r_{Q_1, Q_2} = \frac{\sigma_{Q_1, 2}}{\sigma_{Q_1} \cdot \sigma_{Q_2}} \quad (16-6)$$

$$r_{W_1, W_2} = \frac{\sigma_{W_1, 2}}{\sigma_{W_1} \cdot \sigma_{W_2}} \quad (17-6)$$

$$r_{QW_1, Q_2} = \frac{\sigma_{QW_1, 2}}{0.5(\sigma_{Q_1} \cdot \sigma_{W_2} + \sigma_{Q_2} \cdot \sigma_{W_1})} \quad (18-6)$$

در این معادله‌ها؛ σ_{Q_1} ، σ_{Q_2} ، σ_{W_1} و σ_{W_2} به ترتیب انحراف معیار آثار ملکه (Q) و

زنبورهای کارگر (W) صفات ۱ و ۲ است. $\sigma_{Q_1, 2}$ و $\sigma_{W_1, 2}$ کوواریانس بین صفات ۱ و ۲ به

ترتیب به سبب آثار ملکه و زنبورهای کارگر است. $\sigma_{QW_1, 2}$ نیز کوواریانس بین آثار ملکه بر

صفت ۱ و آثار زنبورهای کارگر بر صفت ۲ است.

ضریب همبستگی بین برخی صفات زنبور عسل

به‌طور کلی، چون در کلنی زنبور عسل اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط وجود دارد (۲۴)،

همبستگی ژنتیک کاهش می‌یابد. ذخیره کردن عسل و رشد جمعیت کلنی به مقدار جمع‌آوری

شهد بستگی دارد. در کلنی‌هایی که افزایش جمعیت به سرعت صورت می‌گیرد، تولید بچه‌کنندو

بیشتر دیده می‌شود (۷۷) که امکان دارد عملکرد تولید عسل آخر فصل را کاهش دهد. همبستگی

ژنتیک صفات عملکرد کوتاه مدت و رفتار صحراگردی با مقدار تولید عسل، زیاد و معنی‌دار

است. همبستگی طول دوره شفیرگی با طول عمر زنبور کارگر مثبت، ولی با مقاومت در برابر

آفت واروآ منفی است.

بعضی زنبورداران بر این باورند که بین دو صفت رفتار دفاعی و تولید عسل، هم‌بستگی فنوتیپ مثبت وجود دارد (۸۲). ولی بررسی نشان می‌دهد که بین این دو صفت، هم‌بستگی فنوتیپ وجود ندارد (۸۲، ۸۳). یا بسیار کم است و معنی‌دار نیست. بررسی‌های دیگر نشان می‌دهد که هم‌بستگی بین میزان تخم‌گذاری و مقدار تولید عسل (در یک کلنی) با مقدار گرده ذخیره شده زیاد است. هم‌بستگی صفات میزان غلظت اسپرم زنبور نر و تفاوت وزن ملکه پس از تلقیح، با توسعه کلنی و مقدار تولید عسل، معنی‌دار است. هم‌بستگی بین تولید موم با تولید عسل مثبت و بین تولید موم و رفتار بچه‌دهی منفی است (۶).

هم‌بستگی برخی صفات آزمایشگاهی مانند ذخیره شهد، وزن سفیره‌ها، طول عمر زنبورهای کارگر و سطح سبد گرده با صفات میزان جمعیت و تولید عسل مثبت است (۳۴). به این سبب، می‌توان در برنامه‌های اصلاح نژاد، از آنها استفاده کرد.

هم‌بستگی تولید عسل با تعداد نوزادان و جمعیت

معمولاً زنبورداران بر این باورند که ظرفیت تخم‌گذاری ملکه به‌طور مستقیم بر تعداد نوزاد تولید شده در کلنی تأثیر می‌گذارد که علاوه بر تأثیر بر میزان جمعیت کلنی، عامل مهمی در مقدار تولید عسل نیز هست. ولی باید توجه داشت کلنی‌هایی که بیشترین تعداد نوزاد را دارند، همیشه پرجمعیت‌ترین کلنی‌ها نیستند و پرجمعیت‌ترین کلنی‌ها نیز همیشه بیشترین مقدار عسل را تولید نمی‌کنند. زیرا بررسی‌ها نشان می‌دهد که تمام نوزادان، به زنبورهای بالغ تبدیل نمی‌شوند (۸۲، ۸۶).

بررسی‌های دیگر نشان داده است که ضریب هم‌بستگی بین تعداد نوزادان و جمعیت کلنی و بین تعداد نوزادان و وزن عسل تولید شده و بین جمعیت کلنی و مقدار تولید عسل، بسیار متغیر و اغلب ضعیف یا حتی منفی است (۶۰، ۷۸). پرورش‌دهندگان زنبور عسل می‌کوشند تولید نوزاد را افزایش دهند تا کلنی به حداکثر جمعیت برسد؛ ولی عوامل مهم دیگر را نادیده می‌گیرند و به اهمیت نسبی تعداد زنبورهای عسل و تولید فردی (فعالیت فردی زنبور کارگر) کمتر توجه دارند.

به‌طور کلی، مقدار تولید عسل تابع روابط زیر است (۶۰):

تعداد زنبورهای کارگر \times تولید هر زنبور کارگر = تولید عسل

متوسط طول عمر زنبور کارگر بالغ \times متوسط تعداد نوزاد متولد شده در روز = تعداد زنبور کارگر
نتایج یک بررسی نشان داد که در هر کلنی، تعداد زنبورهای کارگر بالغ از تعداد نوزاد زنبور کارگر متولد شده در ۴۲ تا ۴۹ روز قبل کمتر است. در وضعیت مساعد محیطی، جمعیت کلنی بیشتر به طول عمر زنبورهای کارگر بستگی دارد. به این سبب، ضریب هم‌بستگی بین تولید روزانه نوزاد و جمعیت کلنی، کم و معنی‌دار نیست. در وضعیت نامساعد محیطی، جمعیت کلنی بیشتر به تولید روزانه نوزاد بستگی دارد. در نتیجه، ضریب هم‌بستگی بین این دو صفت زیاد و معنی‌دار است.

ضریب هم‌بستگی بین تولید عسل و کل تعداد نوزاد در بهار، زیاد است؛ ولی بین تولید عسل و جمعیت کلنی، کم و معنی‌دار نیست. نکته قابل توجه این است که اغلب تولید عسل به جای جمعیت کلنی، با تعداد نوزاد هم‌بستگی دارد و تولید هر زنبور کارگر در تمام کلنی‌ها یکسان نیست و ضریب هم‌بستگی این صفت با کل تولید عسل زیاد است. به علاوه، مشخص شده است که افزایش تعداد نوزاد و تولید عسل، سبب کاهش طول عمر زنبورهای کارگر می‌شود و اثر افزایش تعداد نوزاد در کاهش طول عمر زنبورهای کارگر، در مقایسه با اثر افزایش عسل بیشتر است (۴، ۶۰).

باید توجه داشت که همواره جمعیت زیاد کلنی مورد نظر نیست؛ بلکه جمعیت مناسب مد نظر قرار دارد. جمعیت مناسب را می‌توان با مشاهده پرورش زنبور نر مشخص کرد. نکته مهم دیگر این است که باید بین مقدار جریان شهد طبیعی و جمعیت، تعادل برقرار باشد. ضریب هم‌بستگی فنوتیپ بین تعدادی صفات زیست‌رفتاری، در جدول ۶-۱، ضریب هم‌بستگی محیطی و ژنتیک برخی صفات زیست‌رفتاری در جدول ۶-۲ و ضریب هم‌بستگی ژنتیک بین برخی صفات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی در جدول ۶-۳ ارائه شده است. هم‌بستگی ژنتیک بین تولید عسل و برخی صفات زیست‌رفتاری بر اساس اثر ملکه (Q) و زنبورهای کارگر (W) نیز در جدول ۶-۴ آمده است.

جدول ۶-۱- ضریب همبستگی فنوتیپ بین صفات زیست رفتاری زنبور عسل (۸۲، ۶۰، ۴)

صفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
۱. وزن عسل بهاره	۱	۰/۹۲				۰/۴۵							
۲. وزن عسل تابستانه		۱				۰/۸۶							
۳. کل تولید عسل	۰/۹۲	۱				۰/۸۵	۰/۷	۰/۸۳	۰/۹۶	۰/۸۲	۰/۰۲/۵۸	۰/۰۰۱	۰/۰۳۶
۴. تولید عسل هر زنبور کارگر	۰/۸۳	۰/۹۶	۱										
۵. میزان تخم گذاری		۰/۷	۱										
۶. تعداد نوزاد در بهار		۰/۸۵	۱										
۷. تعداد نوزاد در تابستان		۰/۸۶	۱										
۸. تعداد نوزاد در زمستان		۰/۴۵	۱										
۹. تعداد نوزاد در تمام سال		۰/۸۲	۱						۰/۲	۰/۵۶			
۱۰. میزان جمعیت بالغ		۰/۸۵	۱					۰/۲	۰/۵۶	۰/۱۲۸			
۱۱. میزان رشد جمعیت		۰/۲	۱							۰/۱۲۸			
۱۲. تولید بچه کندو	۰/۰۰۱	۱										۰/۱۰۹	
۱۳. رفتار دفاعی	۰/۰۳۶	۱										۰/۱۰۹	۱

جدول ۶-۲- ضریب همبستگی ژنتیک (بالا، چپ) و محیطی (پایین، راست)

برخی صفات زیست رفتاری (۴)

صفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱. مقدار تخم گذاری و نوزاد	۱	۰/۶۵ (±۰/۰۷۴)	۰/۶۸ (±۰/۰۵)	۰/۴۱ (±۰/۰۹)	۰/۴ (±۰/۰۷۵)	۰/۵۹ (±۰/۰۴۲)
۲. میزان جمعیت کلنی	۰/۴	۱	۰/۳۷ (±۰/۰۹)	۰/۳۸ (±۰/۰۸۴)	۰/۸۷ (±۰/۲۳)	۰/۳۲ (±۰/۰۶۲)
۳. مقدار عسل استخراج شده	۰/۴۸۸	۰/۲۴	۱	۰/۶۲ (±۰/۰۵۱)	۰/۴۴ (±۰/۰۶)	۰/۵۳ (±۰/۰۳۲)
۴. کل تولید عسل	۰/۰۶۱	۰/۲	۰/۳۳	۱	۰/۱۸ (±۰/۰۶۸)	۰/۴۵ (±۰/۰۴)
۵. تعداد نیش به گلوله چرمی	۰/۳۶۴	۰/۶۵۷	۰/۵۳	۰/۰۱۲	۱	۰/۳۸ (±۰/۰۴۱)
۶. تعداد شاخون	۰/۲۲۹	۰/۲۵۷	۰/۵۶	۰/۴۰۶	۰/۶۷۱	۱

همه مقادیر ضریب همبستگی ژنتیک در سطح آماری ۰/۰۱ معنی دار است.

جدول ۳-۶- همبستگی ژنتیک بین صفات مزرعهای و صفات آزمایشگاهی زنبور عسل (۷۴)

اندازه سلول‌های شان	میزان شهدآوری در آزمایشگاه روز دوم روز سوم روز چهارم روز پنجم				صفات آزمایشگاهی	مزرعهای صفات
تعداد نیش به (رفتار دفاعی):						
-----	۰/۸۹±۰/۰۵	۰/۹۲±۰/۰۶	۰/۹۰±۰/۰۶	۰/۹۵±۰/۰۲	-----	هدف نزدیک
-۰/۱۰	-----	-----	-----	-----	-----	هدف دور
-----	< -۱/۰	< -۱/۰	< -۱/۰	< -۱/۰	< -۱/۰	در کل
تعداد زنبورها در (عکس برداری به مدت رفتار صحراگردی):						
۰/۹۴±۱	-----	-----	-----	-----	-----	زمان صفر
-----	۰/۱۵±۰/۰۸	۰/۵۰±۰/۰۹	۰/۱۸±۰/۱۱	۰/۱۴±۰/۰۸	-----	۳۰ ثانیه
-----	۰/۰۶±۰/۰۰۷	۰/۱۲±۰/۰۱	۰/۰۳±۰/۰۰۹	۰/۲۶±۰/۰۰۶	-----	۶۰ ثانیه
۰/۳۶±۰/۰۰۸	۰/۳۶±۰/۰۰۷	۰/۶۵±۰/۰۰۶	۰/۲±۰/۰۰۹	۰/۳۶±۰/۰۰۶	-----	۹۰ ثانیه

جدول ۴-۶- همبستگی ژنتیک بین تولید عسل و برخی صفات زیست رفتاری

با اثر ملکه و زنبورهای کارگر (۷۴)

r_{QW}	r_Q	r_W	همبستگی ژنتیک	نوع
-۰/۸۶	۰/۷۵	۰/۷۲		تولید موم
۰/۱۱	-۰/۰۶	۰/۰۳		رفتار دفاعی
-۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۶		آرامش روی شان
-۰/۰۳	۰/۱۸	-۰/۰۳		رشد بهاره

ضریب هم‌بستگی بین برخی صفات ظاهری

هم‌بستگی فنوتیپ بین طول بال جلو، طول خرطوم و قطعات گوناگون پای عقب، مثبت و زیاد است. هم‌بستگی طول رگ‌بال a (در بال جلو) با طول خرطوم، طول بال جلو و قطعات پای عقب، مثبت است (۷۷). مشخص شده است که بین صفات مربوط به اندازه بدن (طول بال، طول رگ‌بال‌ها، اندازه زاویه‌های رگ‌بال‌ها، طول نیم‌حلقه سوم شکمی و اندازه غدد موم‌ساز) با ارتفاع محل زیست، هم‌بستگی محیطی وجود دارد. یعنی در ارتفاع کمتر و هوای خشک و گرم‌تر، این صفات کاهش می‌یابد (۴۵). ولی در مطالعات دیگر مشخص شده است که طول قسمت‌های پای عقب زنبور عسل با ارتفاع محل و تغییر وضعیت محیطی هم‌بستگی ندارد یا هم‌بستگی بین طول پای عقب و طول خرطوم با ارتفاع محل، هم‌بستگی کم و مثبتی دارند (۱۶، ۱۷).

در یک بررسی، هم‌بستگی فنوتیپ بین صفات ظاهری زنبورهای کارگر نژاد ایرانی، برآورد شد و نتایج آن در جدول ۶-۵ ارائه شده است. در این بررسی مشخص شد که هر چه زنبورهای کارگر بزرگ‌تر باشند، طول بال، طول خرطوم و طول پای عقب آنها نیز بزرگ‌تر و هم‌بستگی فنوتیپ بین آنها بسیار و زیاد است (۱۱).

نتایج مطالعه دیگری در مورد هم‌بستگی‌های فنوتیپ بین صفات ظاهری نشان می‌دهد که هم‌بستگی صفت طول بال جلو با مساحت سید کرده، طول خرطوم، طول ساق، عرض بال جلو مثبت و زیاد است. هم‌بستگی عرض بال جلو با طول ساق، طول خرطوم و مساحت سید کرده مثبت و هم‌بستگی طول ساق با مساحت سید کرده نیز مثبت است (۲۰). هم‌بستگی فنوتیپ بین طول بال جلو، طول خرطوم، طول ساق، عرض بال جلو، طول بال عقب، نسبت طول به عرض بال جلو و نسبت طول به عرض بال عقب مثبت است. هم‌بستگی ژنتیک بین صفات طول بال جلو، طول ساق، عرض بال جلو، عرض بال عقب و نسبت طول به عرض بال عقب نیز مثبت است (۱۹).

نتایج یک بررسی دیگر نشان می‌دهد که هم‌بستگی ژنتیک بین صفات طول ساق پای سوم با طول بال جلو و مساحت سید کرده، رنگ سپرچه با رنگ نیم‌حلقه سوم پشتی، طول بال جلو با عرض بال جلو، طول بال عقب و عرض بال عقب، عرض بال جلو با عرض بال عقب مثبت

است. در همین بررسی مشخص شد که همبستگی ژنتیک تولید عسل فقط با طول ساق پای سوم و مساحت سبد گرده، متوسط و معنی دار است (۱۷).

ضریب همبستگی ژنتیک بین صفات ظاهری و زیست رفتاری توده مرکزی ایران در جدول ۵-۶ و ضریب همبستگی فنوتیپ و ژنتیک بین صفات ظاهری زنبور عسل ایرانی در جدول های ۶-۶ و ۷-۶ ارائه شده است.

به طور کلی، می توان گفت که همبستگی اکثر صفات ظاهری (به غیر از طول و عرض بال ها و مساحت سبد گرده یا طول ساق پای سوم) با صفات تولیدی و رفتاری زیاد نیست و از آنها بیشتر برای تشخیص نژادها استفاده می شود.

جدول ۵-۶- ضریب همبستگی بین صفات ظاهری و زیست رفتاری
توده زنبورهای عسل منطقه مرکزی ایران (۱۷)

صفات	تولید عسل	رفتار دفاعی (تعداد نیش در گلوله چرمی)
طول خرطوم	$-0.166^* \pm 0.083$	$-0.052^{ns} \pm 0.035$
طول ساق پای سوم	$0.423^* \pm 0.124$	$0.153^* \pm 0.075$
رنگ نیم حلقه سوم پشتی شکمی	$-0.035^{ns} \pm 0.015$	$0.146^* \pm 0.091$
طول بال جلو	$0.265^* \pm 0.112$	$-0.031^{ns} \pm 0.012$
عرض بال جلو	$-0.116^* \pm 0.097$	$0.019^{ns} \pm 0.042$
طول بال عقب	$0.186^* \pm 0.078$	$0.019^{ns} \pm 0.013$
عرض بال عقب	$0.001^{ns} \pm 0.0005$	$-0.180^* \pm 0.069$
مساحت سطح سبد گرده	$0.301^* \pm 0.126$	$0.218^{**} \pm 0.125$
نسبت طول به عرض بال جلو	$-0.023^{ns} \pm 0.015$	$0.087^{ns} \pm 0.023$
نسبت طول به عرض بال عقب	$-0.186^* \pm 0.094$	$0.177^* \pm 0.089$
رنگ سپرچه	$0.024^{ns} \pm 0.011$	$0.261^* \pm 0.137$

** = در سطح آماری ۱ درصد معنی دار است ns = در سطح آماری ۵ درصد معنی دار نیست.

* = در سطح آماری ۵ درصد معنی دار است. تعداد مشاهدات = ۱۱۴ عدد

جدول ۶-۶- ضریب همبستگی فنوتیپ بین صفات ظاهری زنبورهای عسل کارگر ایران (۱۱)

صفت	۱. زاویه A _۲	۲. شاخص کوئیتال	۳. زاویه D _۷	۴. زاویه G _{۱۸}	۵. طول پای عقب	۶. طول بال جلو
۲	-۰/۰۷۱۰*					
۳	۰/۲۱۵۱**	-۰/۳۱۸۱**				
۴	۰/۰۷۷۴*	۰/۰۰۸۴	۰/۱۶۲۸**			
۵	۰/۰۵۸۴	۰/۰۵۲۳	۰/۰۷۳۸*	-۰/۱۲۷۰**		
۶	-۰/۰۳۲۹	-۰/۰۶۷۴*	۰/۰۸۳۳*	-۰/۰۹۱۹**	۰/۱۶۱۲**	
۷	-۰/۰۱۱۵	-۰/۰۳۰۸	۰/۰۵۹۴	۰/۰۷۰۴*	۰/۱۶۴۴**	۰/۱۵۴۲**
۸	-۰/۰۰۷۳	۰/۰۰۰۱۷	-۰/۰۱۲۴	-۰/۱۷۷۲**	۰/۰۰۹۰	-۰/۰۲۲۵
۹	۰/۰۴۶۴	-۰/۰۰۴۸	۰/۰۱۶۳	۰/۰۶۱۹	-۰/۰۹۷۱**	-۰/۰۹۰۹**
۱۰	۰/۱۰۹۵**	۰/۰۶۶۷*	۰/۰۱۲۱	-۰/۰۶۳۳	۰/۱۳۲۳**	-۰/۱۳۱۹**
۱۱	۰/۰۱۸۳	-۰/۰۸۳۱*	۰/۰۰۸۷	-۰/۰۴۶۶	۰/۱۹۶۸**	۰/۳۲۷۷**
	۰/۱۳۹۳**	۰/۰۵۱۵	۰/۰۷۴۹*	-۰/۱۲۲۲**	۰/۲۲۲۲**	۰/۶۴۶۵**
صفت	۷- طول خرطوم	۸- شاخص نیم حلقه ششم شکمی	۹- رنگ سپرچه	۱۰- رنگ نیم حلقه سوم پشتی شکمی	۱۱- طول نیم حلقه سوم و چهارم شکمی	
۸	-۰/۰۴۱۲					
۹	-۰/۱۱۶۸**	۰/۰۲۴۹				
۱۰	-۰/۱۲۵۰**	۰/۱۳۵۶**	۰/۵۱۹۸**			
۱۱	۰/۲۰۷۳**	-۰/۰۲۰۸	-۰/۱۲۶۳**	-۰/۱۷۲۴**		
۱۲- عرض بال جلو	۰/۰۵۲۰	۰/۰۵۷۹	-۰/۰۴۵۳	۰/۰۳۴۲	۰/۲۱۰۳**	-

** و * : به ترتیب در سطح آماری ۱ درصد و ۵ درصد معنی دار است.

جدول ۶-۷- ضریب هم‌بستگی ژنتیک بین صفات ظاهری توده زنبورهای عسل منطقه مرکزی ایران (۱۷)

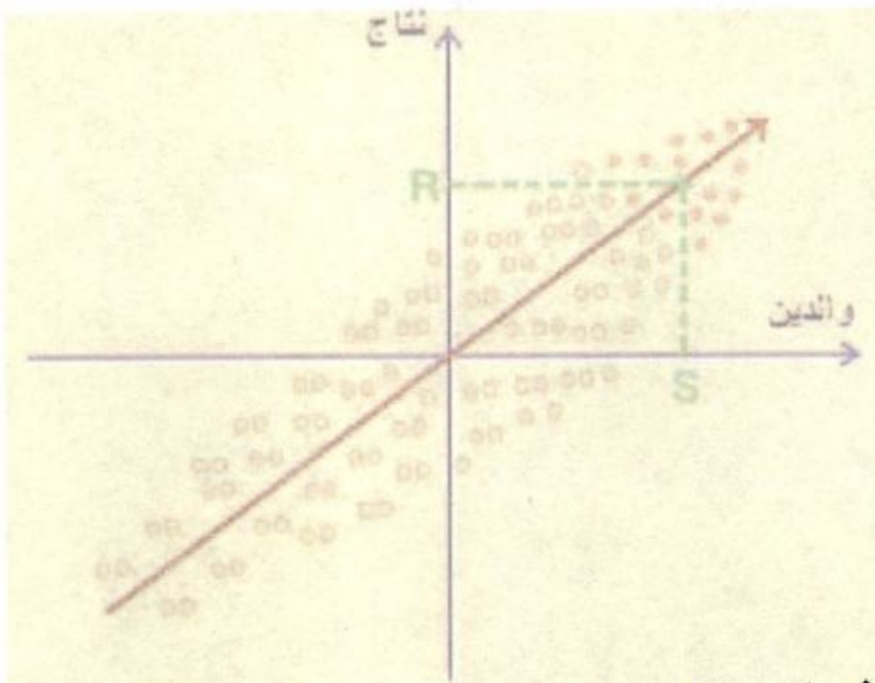
صفت	۲. طول ساق پای سوم	۳. رنگ نیم‌حلقه سوم پشتی شکمی	۴. طول بال جلو	۵. عرض بال جلو	۶. طول بال عقب
۱. طول خراطوم	۰/۰۲۹ ± ۰/۰۱۷	۰/۰۰۳ ± ۰/۰۰۴	۰/۰۰۱ ± ۰/۰۰۲	-۰/۱۲۳ ^{**} ± ۰/۰۹۹	۰/۱۸۶ ^{**} ± ۰/۱۰۸
۲		-۰/۱۲۸ ^{**} ± ۰/۰۹۸	۰/۶۰۵ ^{**} ± ۰/۱۸۹	۰/۲۳۷ ^{**} ± ۰/۱۵۳	۰/۳۹۹ ^{**} ± ۰/۱۳۰
۳			-۰/۴۶۳ ^{**} ± ۰/۲۲۹	-۰/۳۶۳ ^{**} ± ۰/۱۵۷	۰/۰۷۸ ^{**} ± ۰/۰۶۲
۴				۰/۰۷۸ ^{**} ± ۰/۱۶۸	۱/۰۸۶ ± ۰/۱۳۴
۵					۰/۳۵۸ ^{**} ± ۰/۱۴۲
صفت	۷. عرض بال عقب	۸. مساحت سطح سبد گرده	۹. نسبت طول به عرض بال جلو	۱۰. نسبت طول به عرض بال عقب	۱۱. رنگ سپرچه
۱	-۰/۱۰۷ ^{**} ± ۰/۰۸۱	۰/۰۲۲ ± ۰/۰۱۵	۰/۱۵۶ ^{**} ± ۰/۰۹۱	۰/۲۶۱ ^{**} ± ۰/۱۳۸	۰/۰۴۵ ± ۰/۰۳۱
۲	۰/۱۳۵ ^{**} ± ۰/۱۰۸	۰/۶۳۳ ^{**} ± ۰/۰۸۱	۰/۱۴۲ ^{**} ± ۰/۱۰۱	۰/۱۶۹ ^{**} ± ۰/۰۹۳	-۰/۲۷۳ ^{**} ± ۰/۱۵۳
۳	-۰/۲۵۲ ^{**} ± ۰/۱۵۳	-۰/۳۸۸ ^{**} ± ۰/۱۳۶	۰/۲۰۵ ^{**} ± ۰/۱۶۸	۰/۳۲۴ ^{**} ± ۰/۱۵۳	۰/۶۵۶ ^{**} ± ۰/۱۰۴
۴	۰/۶۰۲ ^{**} ± ۰/۱۸۵	۰/۴۸۴ ^{**} ± ۰/۱۹۱	۰/۰۱۹ ± ۰/۰۲۴	۰/۲۲۸ ^{**} ± ۰/۱۲۶	-۰/۲۱۷ ^{**} ± ۰/۱۳۸
۵	۰/۷۳۴ ^{**} ± ۰/۰۸۷	۰/۳۹۱ ^{**} ± ۰/۱۳۳	-۰/۶۹۸ ^{**} ± ۰/۱۵۴	-۰/۵۰۶ ^{**} ± ۰/۱۴۲	۰/۱۰۶ ^{**} ± ۰/۰۰۹
۶	۰/۴۰۸ ^{**} ± ۰/۱۲۷	۰/۳۲۹ ^{**} ± ۰/۱۳۰	۰/۲۹۱ ^{**} ± ۰/۱۵۲	۰/۳۸۶ ^{**} ± ۰/۱۳۴	-۰/۱۲۱ ^{**} ± ۰/۱۰۶
۷		۰/۳۶۸ ^{**} ± ۰/۱۲۶	-۰/۳۹۸ ^{**} ± ۰/۱۵۰	-۰/۶۸۴ ^{**} ± ۰/۱۲۶	-۰/۵۰۰ ^{**} ± ۰/۰۴۶
۸			-۰/۰۰۷ ± ۰/۰۰۵	-۰/۱۰۶ ^{**} ± ۰/۰۹۸	-۰/۴۱۱ ^{**} ± ۰/۱۳۵
۹				۰/۶۵۹ ^{**} ± ۰/۱۱۲	-۰/۱۳۷ ^{**} ± ۰/۱۰۱
۱۰					۰/۰۳۳ ± ۰/۰۲۶

** و * : به ترتیب در سطح آماری ۱ درصد و ۵ درصد معنی دار است.

تعداد مشاهدات = ۲۲۸۰ عدد

خودآزمایی

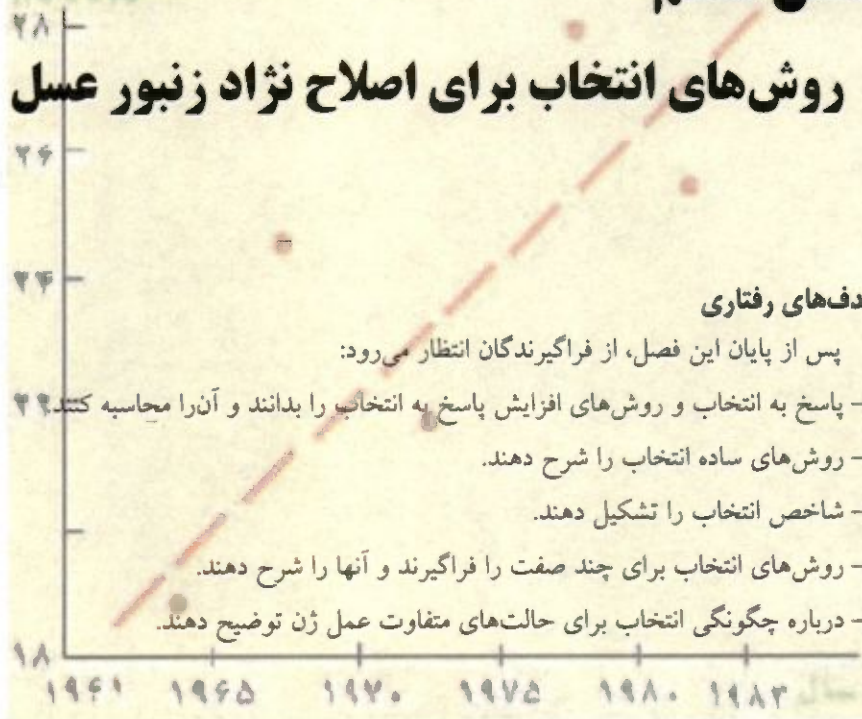
- ۱- مزایای استفاده از همبستگی بین صفات را توضیح دهید.
- ۲- ممکن است همبستگی ژنتیک بین دو صفت در اثر به وجود آید.
الف) پلیتروپی و پیوستگی ژن‌ها
ب) کراسینگ‌آور
ج) هموزیگوسیتی
د) هر سه
- ۳- روش برآورد ضریب همبستگی ژنتیک را شرح دهید.
- ۴- همبستگی تولید عسل با نوزاد و جمعیت زنبورهای عسل را توضیح دهید.
- ۵- همبستگی کدام صفت ظاهری با صفات تولید عسل زیاد است؟



فصل هفتم

موضوع فصل

روش‌های انتخاب برای اصلاح نژاد زنبور عسل



هدف‌های رفتاری

پس از پایان این فصل، از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

- ۱- پاسخ به انتخاب و روش‌های افزایش پاسخ به انتخاب را بدانند و آنرا محاسبه کنند.
- ۲- روش‌های ساده انتخاب را شرح دهند.
- ۳- شاخص انتخاب را تشکیل دهند.
- ۴- روش‌های انتخاب برای چند صفت را فراگیرند و آنها را شرح دهند.
- ۵- درباره چگونگی انتخاب برای حالت‌های متفاوت عمل ژن توضیح دهند.

انتخاب

معمولاً برنامه‌های اصلاح نژاد در هر جامعه با بهره‌گیری از انتخاب افراد برتر (والدین نسل بعد) و کنترل تلاقی‌ها به صورت آمیزش خویشاوندی و آمیخته‌گری صورت می‌گیرد. در این فصل، در مورد روش‌های انتخاب افراد برتر و در فصل بعد، روش‌های تلاقی توضیح داده می‌شود.

پیش از بررسی روش‌های انتخاب، باید توجه داشت که وضعیت محیطی، برای کلنی‌های گوناگون، یکسان باشد. در غیر این صورت، برای تصحیح اثر محیط‌ها و نرمال کردن توزیع رکوردها و مقایسه صحیح داده‌ها از مقیاس Z : $\left(\frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma_i}\right) \times 100$ استفاده می‌شود که در آن، \bar{X} و σ به ترتیب، میانگین رکوردها و انحراف معیار رکوردهای هر زنبورستان است. به عبارت دیگر، Z مقیاس یکسان‌کننده‌ای است که برای تبدیل توزیع‌های طبیعی به مقدارهای توزیع نرمال (منحنی نرمال) و استاندارد به کار می‌رود (۶). استفاده از مقیاس Z ، با یک مثال در جدول ۱-۷ توضیح داده شده است:

جدول ۷-۱- مثال برای انتخاب کلنی‌های برتر در زنبورستان با استفاده از مقیاس Z

ایستگاه پرورش		۱	۲
شماره کلنی		۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵	۱۶ ۱۷ ۱۸ ۱۹ ۲۰
تولید عسل، X (کیلوگرم):		۷ ۸ ۱۰ ۲۳ ۲۵	۱۲ ۱۰ ۱۱ ۱۵ ۱۷
میانگین و انحراف معیار:		$\bar{X}_1 = 14/6$ $\sigma_1 = 8/7$	$\bar{X}_2 = 13$ $\sigma_2 = 2/9$
مقیاس Z: $\left(\frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma_i}\right) \times 100$		-۷۶ -۵۳ -۹۷ ۱۲۰	-۸۷ -۶۹ -۱۰۳ -۳۴ ۱۳۸

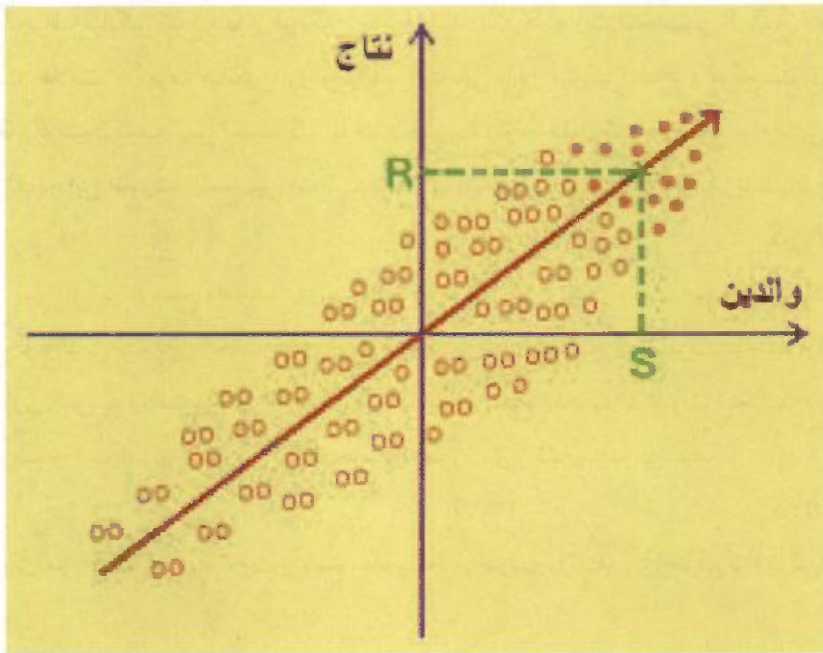
با توجه به ارقام این جدول، اگر بدون تصحیح رکوردها (رکوردهای طبیعی) کلنی‌های برتر انتخاب شود، کلنی‌های شماره ۱۵، ۱۴ و ۲۰، به ترتیب، بهترین کلنی‌ها خواهند بود. ولی پس از تصحیح رکوردها (بر اساس ایستگاه پرورش)، ترتیب کلنی‌های برتر ۲۰، ۱۵ و ۱۴ خواهد بود. به این ترتیب، کلنی شماره ۲۰ در حالت اول کمترین امتیاز و در حالت دوم بیشترین امتیاز را بین کلنی‌های برتر خواهد داشت. کاهش امتیاز آن در مرحله اول، در نتیجه عامل محیطی ایستگاه پرورش است. تصحیح رکوردها با این روش، سبب افزایش دقت انتخاب کلنی‌های برتر می‌شود.

پاسخ انتخاب

در اثر انتخاب در جامعه، فراوانی ژنی صفت مورد نظر تغییر می‌کند. البته برای یک صفت کمی، فراوانی ژنی مشخص نیست؛ زیرا اثر مکان‌های ژنی مربوط به صفت کمی را نمی‌توان به صورت انفرادی بررسی کرد و به این سبب، تغییرات فراوانی ژنی به صورت کلی در نظر گرفته می‌شود.

مهم‌ترین اثر انتخاب، تغییر در میانگین جمعیت است. این تغییر را پاسخ انتخاب^۱ می‌نامند و با علامت R نشان می‌دهند. پاسخ انتخاب عبارت از تفاضل میانگین ارزش فنوتیپ نتاج حاصل از والدین انتخابی و میانگین ارزش فنوتیپ کل جامعه در نسل والدین (قبل از انتخاب)

است. تفاوت میانگین عملکرد افراد انتخاب شده با میانگین جامعه را تفاوت انتخاب^۱ می‌نامند و آن را با S نشان می‌دهند. برای آن‌که بین پاسخ انتخاب و تفاوت انتخاب، رابطه‌ای برقرار شود، دو نسل متوالی از یک جمعیت دارای سیستم آمیزش تصادفی (نمودار ۷-۱) در نظر گرفته می‌شود.



▲ نمودار ۷-۱- خط رگرسیون میانگین ارزش‌های نتاج بر ارزش‌های میانگین دو والد

در این نمودار، هر نقطه معرف یک جفت از والدین و نتاج آنهاست و مختصات آن بر اساس میانگین ارزش دو والد در محور افقی و میانگین ارزش نتاج در محور عمودی تعیین می‌شود. مبدأ مختصات، میانگین جمعیت را نشان می‌دهد و فرض شده که میانگین جمعیت در دو نسل یکسان است. خط شیب‌دار رگرسیون نتاج بر میانگین دو والد است. اگر گروهی از

افراد نسل والد را، که به سبب داشتن بالاترین ارزش انتخاب شده‌اند، در نظر بگیرید، جفت والدهای انتخابی و نتاج آنها به شکل دایره‌های توپر در این تصویر مشخص شده‌اند. والدین بر اساس ارزش‌های فنوتیپ خود انتخاب شده‌اند و ارزش‌های نتاج یا سایر خویشاوندان آنها در این انتخاب دخالت نداشته است.

فرض می‌شود که S انحراف میانگین ارزش فنوتیپ والدهای انتخابی از میانگین جامعه و R انحراف میانگین نتاج آنها از میانگین جامعه باشد. پس S تفاوت انتخاب و R پاسخ انتخاب است. علامت + معرف میانگین ارزش والدین انتخابی و نیز میانگین نتاج و موقعیت آن روی خط رگرسیون است. پس نسبت R/S همان ضریب زاویه خط رگرسیون نتاج بر والدین است (۴۷). در این صورت، پاسخ بین انتخاب و تفاوت انتخاب را می‌توان با معادله زیر نشان داد:

$$R = b_{0p} S \quad (1-7)$$

پیش از این توضیح داده شد، در صورتی که عوامل غیر ژنتیک سبب ایجاد شباهت بین نتاج و والدین نشود و انتخاب طبیعی وجود نداشته باشد، ضریب رگرسیون نتاج بر والدین مساوی ضریب وراثت‌پذیری است. در نتیجه، نسبت پاسخ انتخاب به تفاوت انتخاب، مساوی ضریب وراثت‌پذیری است و پاسخ انتخاب به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$R = h^2 S \quad (2-7)$$

در صورت معلوم بودن تفاوت و پاسخ انتخاب، مقدار ضریب وراثت‌پذیری حقیقی برآورد می‌شود.

پیش‌بینی پاسخ انتخاب

معادله ۱-۷ برای پیش‌بینی پاسخ انتخاب قابل استفاده نیست؛ زیرا برای محاسبه رگرسیون نتاج بر والد، باید اطلاعات مربوط به نسل نتاج در اختیار باشد. به این سبب، از معادله ۲-۷ برای پیش‌بینی پاسخ بر مبنای اطلاعات موجود (ضریب وراثت‌پذیری در نسل‌های قبل) استفاده می‌شود. ضریب وراثت‌پذیری مورد استفاده در پیش‌بینی را می‌توان از راه‌های متفاوتی مانند استفاده از رابطه خواهران تنی (یا ناتنی) و... برآورد کرد. اما نمی‌توان تفاوت انتخاب (S) را قبل از انتخاب والدین، محاسبه و تعیین کرد؛ در صورتی که ارزش مورد انتظار آن قابل پیش‌بینی است (۴۷). در مثال جدول ۲-۷ روش محاسبه تفاوت انتخاب، پاسخ انتخاب و

پیش‌بینی میزان پاسخ انتخاب برای صفت تولید عسل آمده است. ضریب وراثت‌پذیری تولید عسل در جمعیت پایه و قبل از انتخاب برآورد شده که مقدار آن $0/45$ است. برتری میانگین والدین، که به دلیل تولید عسل بیشتر انتخاب شده‌اند، 5 کیلوگرم ($S = 20 - 15$) است. پیش‌بینی پاسخ به انتخاب با استفاده از معادله $2-7$ ، $2/25 = 0/45 \times 5$ کیلوگرم است. پاسخ انتخاب مشاهده شده برابر با 2 : ($17 - 15$) کیلوگرم عسل است.

جدول ۷-۲- مثال مربوط به پاسخ انتخاب تولید عسل

نسل	میانگین تمام افراد	میانگین افراد انتخاب شده	تفاوت انتخاب	پاسخ	مورد انتظار مشاهده شده
والدین	۱۵	۲۰	۵	۲/۲۵	---
نتاج	۱۷	---	---	---	۲

پیش‌بینی مقدار پاسخ انتخاب اغلب فقط برای یک نسل معتبر است. مقدار پاسخ انتخاب تابع ضریب وراثت‌پذیری صفت در نسل والدین است. بنابراین، در نسل‌های بعد باید مجدداً آنرا برآورد کرد. تغییر ضریب وراثت‌پذیری به دو دلیل است:

- ۱- در اثر عمل انتخاب، فراوانی‌های ژنی تغییر می‌کند.
- ۲- انتخاب والدین سبب کاهش واریانس ژنتیک می‌شود که در نسل‌های اولیه بیشتر است. با این حال، تغییر در ضریب وراثت‌پذیری زیاد نیست و آزمایش‌ها نشان داده است که در اثر انتخاب، مقدار آن در چند نسل (10 نسل و بیشتر) کمی تغییر می‌کند (15).

تفاوت انتخاب و شدت انتخاب

برای پیش‌بینی تفاوت انتخاب باید آنرا بر حسب انحراف معیار فوتیپ (σ_p) تصحیح (استاندارد) کرد. این تفاوت انتخاب استاندارد شده (S/σ_p) را شدت انتخاب^۱ می‌نامند و

آنرا با i نشان می‌دهند. به این سبب، تفاوت انتخاب (S) با $i\sigma_p$ و پاسخ مورد انتظار از معادله ۷-۲ به صورت زیر است:

$$R = i h^2 \sigma_p \quad (۳-۷)$$

با توجه به این که $h = \sigma_A / \sigma_p$ (جذر وراثت‌پذیری خاص) دقت انتخاب^۱ است، می‌توان معادله ۷-۳ را به صورت زیر نوشت:

$$R = ih\sigma_A \quad (۴-۷)$$

دقت انتخاب عبارت از ضریب هم‌بستگی بین ارزش ارثی حقیقی (A) و ارزش ارثی برآورد شده (\hat{A}) است که آنرا با $r_{\hat{A}A}$ نیز نشان می‌دهند. افزایش دقت انتخاب، باعث افزایش پاسخ انتخاب می‌شود. اگر ضریب وراثت‌پذیری یک صفت زیاد باشد، با انتخاب افراد بر مبنای فنوتیپ بهتر، موجوداتی با ارزش ارثی بهتر نیز انتخاب می‌شوند. اگر ضریب وراثت‌پذیری صفت کم باشد، انتخاب بر مبنای فنوتیپ، سبب کاهش انتخاب می‌شود و پیشرفت ژنتیک کم خواهد بود. در چنین مواردی، باید از تعداد بیشتری از رکوردهای فرد یا از رکوردهای خویشاوندان او استفاده کرد.

گاه از معادله ۷-۴ برای مقایسه روش‌های گوناگون انتخاب استفاده می‌شود. شدت انتخاب (i)، فقط به نسبت افراد انتخاب شده در جمعیت بستگی دارد و اگر توزیع ارزش‌های فنوتیپ نرمال باشد، می‌توان آنرا با استفاده از جدول‌های توزیع نرمال (جدول Z) تعیین کرد. اگر P نسبت افراد انتخاب شده و Z ارتفاع محور yها در نقطه انتخاب باشد، می‌توان با استفاده از خواص ریاضی توزیع نرمال، معادله زیر را ارائه داد (۶، ۴۷):

$$\frac{S}{\sigma_p} = i = \frac{z}{P} \quad (۵-۷)$$

بنابراین، فقط با معلوم بودن نسبت افراد انتخاب شده (P) می‌توان میانگین افراد مورد انتخاب را بر حسب انحراف معیار فنوتیپ تعیین کرد که همان شدت انتخاب است. ارتباط بین i و P در معادله ۷-۵ فقط در مورد نمونه‌های بزرگ، یعنی وقتی که تعداد زیادی از افراد اندازه‌گیری شوند و انتخاب روی آنها صورت گیرد، صحیح است. در معادله ۷-۳ پاسخ

انتخاب مربوط به یک نسل است؛ ولی پاسخ انتخاب در واحد زمان (برای مثال سال) مناسب‌تر است. به این سبب، می‌توان آن‌را به صورت رابطه زیر تصحیح کرد:

$$R = \frac{ih' - \sigma_p}{I} \quad (6-7)$$

در این معادله I فاصله زمانی (بر حسب سال) بین دو نسل^۱ است که متوسط فاصله بین آمیزش‌ها در نسل‌های متوالی یا متوسط سن والدین هنگام تولد نتاج انتخاب شده آنها به‌شمار می‌رود (۴۷). تفاوت انتخاب (S) در معادله ۷-۲ و شدت انتخاب i در معادله ۷-۳ مقدار برتری میانگین والدین مورد مطالعه را نشان می‌دهد. اگر تعداد والدین (ملکه‌های پدری و مادری) انتخاب شده متفاوت و به عبارت دیگر شدت انتخاب ملکه‌های پدری و مادری متفاوت باشد، مقادیر S یا i از میانگین تصحیح شده دو والد محاسبه می‌شود. یعنی:

$$S = \frac{1}{4}(S_m + S_f) \quad (7-7)$$

$$i = \frac{1}{4}(i_m + i_f) \quad \text{یا}$$

که در این معادله، اندیس‌های m و f به ترتیب مربوط به پدرها (ملکه‌های پدری) و مادرها (ملکه‌های مادری) است.

برای مثال، اگر فقط ملکه‌های مادری انتخاب شوند $S = \frac{1}{4}S_f$ و پاسخ مورد انتظار $R = \frac{1}{4}h'S_f$ است. با توجه به این که نصف ژن‌های نتاج از یک والد و نصف بعدی از والد دیگر منتقل می‌شوند و معمولاً تعداد ملکه‌های پدری از ملکه‌های مادری کمتر است، تأثیر ژنتیک هر والد پدر در آمیزش‌ها بیشتر است؛ به این سبب، توصیه می‌شود بهترین ملکه‌ها به صورت ملکه پدری انتخاب شوند.

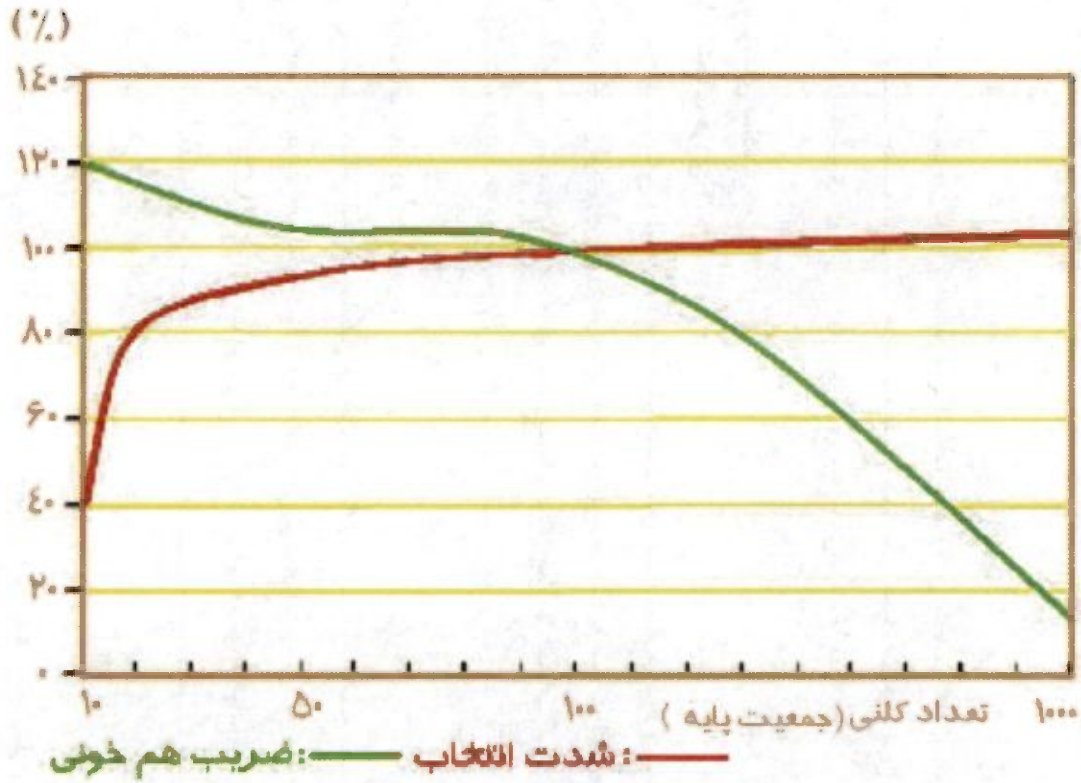
افزایش پاسخ انتخاب

عوامل مؤثر در افزایش پاسخ انتخاب را می‌توان از معادله $R = \frac{ih' - \sigma_p}{I}$ مشخص کرد.

انحراف معیار فنوتیپ (σ_p) فقط ویژگی ظاهری توزیع جامعه را نشان می‌دهد. ضریب وراثت‌پذیری را نیز فقط می‌توان با کاهش اثر عوامل محیطی با روش پرورش صحیح، اداره یکسان و زیاد کردن تعداد رکوردها و نرمال (استاندارد) کردن داده‌ها تصحیح کرد که تنها باعث افزایش دقت انتخاب می‌شود. عامل دیگر، فاصله نسلی است که معمولاً در موجودات ثابت است. البته در مورد زنبور عسل، با انتقال به مناطق مناسب (و گرم) می‌توان چند بار در سال ملکه پرورش داد. به این ترتیب، می‌توان فاصله نسلی را بر حسب سال کاهش داد. به‌طور کلی، مهم‌ترین عامل افزایش پاسخ انتخاب، شدت انتخاب است؛ ولی به دو دلیلی که در پی می‌آید، شدت انتخاب نیز محدود است:

۱- مقدار تولید مثل موجود زنده، شدت انتخاب را محدود می‌کند. یعنی هر چه قدرت تولید مثل موجود بیشتر باشد، به همان اندازه امکان افزایش شدت انتخاب در نتاج بیشتر خواهد بود. اگر هر ملکه پدری با چند ملکه مادری آمیزش کند، تعداد نتاج پدرها بیشتر از مادرهاست. به این ترتیب، ممکن است انتخاب پدرها شدیدتر از انتخاب مادرها باشد. فرض کنید هر ملکه پدری با ۱۰ ملکه مادری آمیزش و هر ملکه مادری به‌طور متوسط ۵ ملکه دختری تولید کند. در نتیجه، هر ملکه پدری به‌طور متوسط، ۵۰ ملکه دختری تولید می‌کند. در این حالت، شدت انتخاب برای ملکه‌های مادری $i_f = 1/4$ و برای ملکه‌های پدری $i_m = 2/42$ است. بنابراین، میانگین شدت انتخاب طبق معادله $7-7$ برابر با $i = 1/91$ است.

۲- اندازه جمعیت و تأثیر آن بر میزان هم‌خونی نیز بر شدت انتخاب مؤثر است. هم‌خونی مقدار شایستگی تولید مثل و صفات وابسته به آن را کاهش می‌دهد. بنابراین، برای کنترل اثر سوء هم‌خونی، باید تعداد والدین را در حد کافی (زیاد) در نظر گرفت که خود باعث کاهش شدت انتخاب می‌شود. به عبارت دیگر، برای افزایش شدت انتخاب باید تعداد جمعیت اولیه (جمعیت مربوط به والدین) را افزایش داد که این عامل نیز باعث افزایش هزینه‌ها خواهد شد. در نتیجه، باید تعداد جمعیت (کلنی‌های) اولیه مطلوب باشد. تعداد مطلوب کلنی‌ها در یک جامعه محدود (با کنترل آمیزش‌ها) حدود ۸۰۰ عدد است (تصویر ۷-۲). اگر انتخاب در چند نسل انجام شود، در اثر کاهش واریانس ژنتیک، پاسخ انتخاب در نسل‌های بعد، در مقایسه با پاسخ انتخاب در نسل اول، کاهش می‌یابد؛ ولی دقت انتخاب بیشتر می‌شود (۶).



▲ شکل ۷-۲- تأثیر افزایش جمعیت پایه بر افزایش شدت انتخاب و کاهش ضریب هم‌خونی

روش‌های انتخاب

ارزش فنوتیپ یک فرد (P)، که به صورت انحراف از میانگین باشد، شامل دو مؤلفه انحراف میانگین خانواده از میانگین جامعه (P_f) و انحراف فرد از میانگین خانواده (P_w) است. یعنی:

$$P = P_w + P_f \quad (۷-۸)$$

پس بر حسب این‌که از کدام اطلاعات استفاده شود، روش انتخاب متفاوت خواهد بود. به این ترتیب، بر حسب میزان تأثیر عوامل محیطی یا هم‌بستگی محیط مشترک بین افراد و نیز ضریب وراثت‌پذیری، از یکی از روش‌های زیر استفاده می‌شود (۱۵، ۴۷):

روش‌های ساده

۱- انتخاب فردی^۱

انتخاب بر اساس رکورد خود فرد (برای صفت مورد نظر) انجام می‌شود و به آن انتخاب توده‌ای^۲ نیز می‌گویند. این مورد در حالتی است که افراد منتخب به صورت دسته‌جمعی (نظیر ملکه‌های پدری و مادری در یک زنبورستان بسته یا کنترل شده) با هم آمیزش کنند. در این صورت، به هر یک از دو مؤلفه P_f و P_w ضریب یکسان داده می‌شود.

۲- انتخاب خانواده^۳

انتخاب بر اساس انحراف میانگین هر خانواده (P_f) از میانگین جامعه انجام و ضریب مؤلفه انحراف درون‌خانواده‌ای (P_w) صفر منظور می‌شود. در این روش، تمام افراد مربوط به خانواده دارای میانگین برتر انتخاب می‌شوند. با استفاده از این روش، انحراف‌های محیطی از میانگین خانواده‌ها خنثی می‌شود. در نتیجه، میانگین فنوتیپ خانواده تقریباً معادل میانگین ژنوتیپ است. این روش در صورتی کارایی زیادی دارد که واریانس محیطی زیاد و ضریب وراثت‌پذیری آن (مانند میزان تخم‌گذاری ملکه) کم باشد. به‌علاوه، لازم است که عوامل محیطی مشترک و آثار مادری بر واریانس فنوتیپ خانواده مؤثر نباشد و تعداد افراد خانواده‌ها نیز زیاد باشند. دو روش زیر، انواعی از انتخاب خانواده است:

1- Individual selection

2- Mass selection

3- Family selection

✓ آزمون نتاج^۱: این روش در اصلاح نژاد، کاربرد زیادی دارد. معیار انتخاب، میانگین ارزش نتاج یک فرد است. تفاوت آن با روش انتخاب خانواده در این است که نمی‌توان والدی، مانند کلنی پدری را، رکوردگیری و از آن در میانگین ارزش خانواده استفاده کرد. در این روش، والدین منتخب و نتاج آنها هم‌زمان در زمره والدین نسل بعد استفاده می‌شوند.

✓ انتخاب برادر - خواهری^۲: این روش نیز شبیه انتخاب خانواده است؛ با این تفاوت که نتاج مورد انتخاب نظیر زنبورهای نر، قابل رکوردگیری نیستند و در میانگین ارزش خانواده سهمی ندارند.

۳- انتخاب داخل خانواده^۳

انتخاب بر اساس رکورد فرد از میانگین خانواده (P_w) انجام و ضریب مربوط به میانگین خانواده (P_f) صفر در نظر گرفته می‌شود. در این روش، بهترین فرد از هر یک از خانواده‌ها انتخاب می‌شود. استفاده از این روش باعث حذف واریانس محیطی مشترک و آثار مادری (مانند اثر فرمون بر فعالیت زنبورهای کارگر) می‌شود.

استفاده از شاخص

هر دو مؤلفه P_f و P_w در نظر می‌گیرند و ضریب موازنه متفاوتی برای آنها منظور می‌کنند تا بتوانند از هر دو منبع (و حتی منابع دیگر) اطلاعات استفاده کنند. این روش را انتخاب مرکب یا به‌طور کلی، انتخاب شاخصی^۴ می‌نامند. زیرا در این روش، با تشکیل یک شاخص، حداکثر پاسخ انتخاب حاصل می‌شود.

یک شاخص را می‌توان بهترین پیش‌بینی خطی از ارزش اصلاحی یا ارزش ارثی^۵ (A) یک فرد تعریف کرد. ارزش ارثی هر فرد ظرفیت ژنتیکی است که امکان دارد به نسل بعد منتقل شود. اگر ارزش ارثی دو والد به ترتیب ۵ و ۷ کیلوگرم عسل باشد، مقدار تولید فرزندان این والدین، به‌طور میانگین $\frac{5+7}{2}$: ۶ کیلوگرم بیشتر از میانگین جمعیت خواهد بود. معیار شاخص

1- Progency testing

2- Sib selection

3- Within family selection

4- Index selection

5- Breeding value

از روش رگرسیون چندگانه ارزش ارثی بر تمام منابع اطلاعات موجود محاسبه می‌شود. ساده‌ترین حالت این است که انحراف ارزش فنوتیپ خود فرد از میانگین جمعیت در اختیار باشد. پس ارزش ارثی پیش‌بینی شده یا مورد انتظار برابر $E(A) = b_{AP} \cdot P$ است که b_{AP} برابر با ضریب رگرسیون ارزش ارثی بر ارزش فنوتیپ خواهد بود. در این حالت $b_{AP} = h^2$ می‌شود که شبیه معادله ۷-۲ است.

حال فرض می‌شود که اطلاعات بیشتری مانند P_1, P_2, P_3, \dots وجود دارد. هر P معرف ارزش فنوتیپ یک فرد یا گروهی از خویشاوندان به صورت انحراف از میانگین جامعه است. پس شاخص یک فرد به صورت زیر است:

$$I = b_1 P_1 + b_2 P_2 + b_3 P_3 + \dots + b_n P_n \quad (9-7)$$

در این معادله، I ها عبارت از ضریب رگرسیون هر یک از منابع رکورد هستند و هدف این است که بهترین مقدار برای هر یک از ضریب‌ها، به صورتی محاسبه شود که هم‌بستگی شاخص با ارزش ارثی (r_{IA}) حداکثر یا مجموع مربع‌های انحراف‌های مقادیر شاخص از ارزش ارثی، یعنی $\sum (I - A)^2$ حداقل باشد. بنابراین مقدار b حاصل، ضریب رگرسیون نسبی ارزش‌های ارثی افراد بر هر یک از اندازه‌گیری‌هاست. حداکثر کردن مقدار (r_{IA}) روش استاندارد برای برآورد ضرایب رگرسیون نسبی است.

با انجام دادن این عملیات و حل معادله‌های چند مجهولی، مقادیر b برای استفاده در معادله ۷-۹ برآورد می‌شود. این «معادله‌های شاخص» برای سه منبع اطلاعات در معادله ۷-۱۱ ارائه شده است. نماد P واریانس یا کوواریانس اطلاعاتی است که با اندیس مشخص شده‌اند. برای مثال، P_{11} واریانس فنوتیپ منبع رکورد ۱ و P_{12} کوواریانس فنوتیپ منبع رکورد ۱ و ۲ است. واریانس و کوواریانس‌های ژنتیک (ارزش‌های ارثی) به همان ترتیب با نماد A مشخص شده‌اند.

$$\left. \begin{aligned} b_1 P_{11} + b_2 P_{12} + b_3 P_{13} &= A_{11} \\ b_1 P_{21} + b_2 P_{22} + b_3 P_{23} &= A_{21} \\ b_1 P_{31} + b_2 P_{32} + b_3 P_{33} &= A_{31} \end{aligned} \right\} \quad (10-7)$$

برای حل این معادله‌ها باید مقادیر عددی P و A را محاسبه کرد. تمام Pها و Aها را می‌توان بر حسب پارامترهای واریانس فنوتیپ V_p به شکل σ^2 ضریب وراثت‌پذیری ارزش‌های انفرادی (h^2)، هم‌بستگی‌های فنوتیپ بین افراد به شکل t و ضریب‌های روابط خویشاوندی به شکل r نشان داد. در حالتی که «رکوردها» میانگین افراد در گروه‌ها هستند، باید تعداد افراد در گروه‌ها (n) نیز مشخص شود. برای مثال، اگر یک فرد و یک خویشاوند او دارای رکورد باشند، می‌توان نوشت (۴۷):

$$P_{11} = P_{rr} = \sigma^2 \quad A_{11} = h^2 \sigma^2$$

$$P_{1r} = P_{r1} = t\sigma^2 \quad A_{r1} = r h^2 \sigma^2$$

سپس این مقادیر در معادله ۷-۱۰ قرار می‌گیرند و هر دو طرف معادله‌ها بر σ^2 تقسیم می‌شوند. در نتیجه، b_1 و b_2 هم محاسبه می‌شوند.

$$b_1 + t b_2 = h^2 \quad (۱۱-۷)$$

$$t b_1 + b_2 = r h^2$$

پاسخ انتخاب شاخص

این پاسخ انتخاب از معادله زیر محاسبه می‌شود.

$$R = i r_{IA} \cdot \sigma_A \quad (۱۲-۷)$$

اگر مقیاس شاخص تغییر نکرده باشد، می‌توان نوشت:

$$R = i \sigma_I \quad (۱۳-۷)$$

که در آن σ_I انحراف معیار ارزش‌های شاخص است.

مثالی از انتخاب تولید عسل به مدت ۲۳ سال در آلمان غریبی (سابق) که سبب افزایش میانگین تولید عسل زنبورستان‌ها از ۱۸ به ۲۸ کیلوگرم شد (تصویر ۷-۳).

انتخاب صفات هم‌بسته^۱

اگر هم‌بستگی ژنتیک چند صفت مثبت باشد، انتخاب برای یکی از آنها سبب ایجاد تغییر در صفات دیگر می‌شود که آنرا پاسخ انتخاب هم‌بسته^۲ می‌نامند و با CR نشان می‌دهند. در

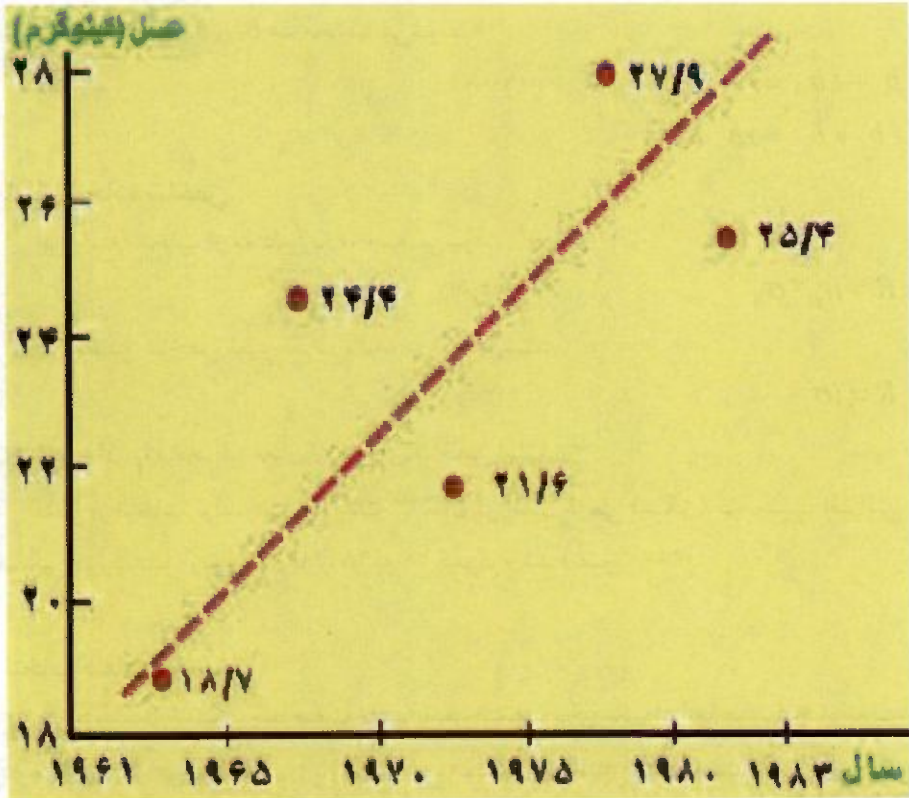
1- Correlated characters.

2- Correlated selection response

این حالت، اگر انتخاب برای صفت x انجام شود، آنرا انتخاب مستقیم می‌گویند. ولی چون میانگین صفت y نیز، که با صفت x هم‌بستگی ژنتیک دارد، تغییر می‌کند. به این سبب، برای آن نیز انتخاب انجام می‌گیرد که انتخاب غیرمستقیم نام دارد. میزان CR از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$CR_y = i \cdot h_x \cdot h_y \cdot r_A \cdot \sigma_{py} \quad (14-7)$$

CR_y میزان پیشرفت در صفت y بر اثر انتخاب روی صفت x با شدت انتخاب i است. مقادیر h_x و h_y نیز جذر ضریب وراثت‌پذیری دو صفت x و y ، r_A ضریب هم‌بستگی ژنتیک دو صفت و σ_{py} نیز انحراف معیار فنوتیپ صفت y است.



▲ شکل ۷-۳- تأثیر انتخاب تولید عسل در آلمان غربی (سابق) طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۱۹۸۳

روش‌های انتخاب برای چند صفت

روش‌های رایج انتخاب برای چند صفت شامل روش سطوح حذفی مستقل^۱، روش تاندم^۲ و شاخص انتخاب^۳ است.

روش سطوح حذفی مستقل (ICL)

در این روش، به‌طور هم‌زمان یا در مراحل متفاوت زمانی می‌توان موجودات را برای دو یا چند صفت، که دارای حداقل مقدار تعیین شده باشد، انتخاب کرد. بنابراین، موجودی که برای تمام صفات موردنظر، دارای رکورد بیش از مقدار حداقل باشد، برای تولید مثل انتخاب می‌شود. ولی اگر رکورد موجود برای یکی از صفات کمتر از مقدار حداقل باشد، حذف می‌گردد (۱۰).

در روش سطوح حذفی مستقل، با افزایش تعداد صفات مورد انتخاب، شدت انتخاب برای هر صفت کاهش می‌یابد. فرض می‌شود انتخاب برای دو صفت A و B انجام می‌شود و ۱۰ درصد بهترین موجودات انتخاب می‌شوند. اگر موجودات فقط برای صفت A انتخاب شوند، ۱۰ درصد بهترین موجودات برای این صفت انتخاب می‌شوند و شدت انتخاب برابر ۱/۷۶ است. ولی اگر انتخاب به صورت هم‌زمان برای دو صفت A و B انجام شود، باید حاصل ضرب نسبت موجودات انتخاب شده برای هر دو صفت ۰/۱ باشد؛ یعنی:

$$P_A \times P_B = 0.1$$

چون $P_A = P_B$ است، در نتیجه $P_A = P_B = 0.316$ خواهد شد. بنابراین، اگر هر دو صفت A و B به یک اندازه مورد توجه باشند، برای این که ۱۰ درصد موجودات از نظر هر دو صفت بالاتر از مقادیر حداقل باشند، باید ۳۱/۶ درصد موجوداتی که برای صفت A بالاترین رکورد را دارند و ۳۱/۶ درصد موجوداتی که برای صفت B دارای بالاترین رکورد هستند، انتخاب شوند. شدت انتخاب برای عدد ۳۱/۶ درصد برابر ۱/۲ است که به مراتب کوچک‌تر از ۱/۷۶ (در حالت یک صفتی) است.

در این روش، نسبتی که برای دو صفت (P_A, P_B) باید انتخاب گردد تا حداکثر پیشرفت ژنتیک حاصل شود، به اهمیت دو صفت بستگی دارد. اهمیت هر صفت از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$a = V \cdot h^2 \cdot \sigma_p^2 \quad (15-7)$$

در این معادله، a اهمیت صفت، V ارزش (اقتصادی) صفت، h^2 ضریب وراثت‌پذیری و σ_p^2 انحراف معیار صفت در جامعه مورد بررسی است. هرچه اهمیت صفت A بیشتر باشد، نسبت افراد حذف شده برای این صفت زیاد و نسبت افراد حذف شده برای صفت B کمتر می‌شود. به‌طورکلی، این روش انتخاب دارای معایب زیر است:

✓ یک موجود که از نظر یک صفت بسیار برتر است، به دلیل نداشتن حداقل رکورد صفت دیگر، حذف می‌شود.

✓ با کاهش شدت انتخاب برای هر یک از صفات، پیشرفت و پاسخ انتخاب کاهش می‌یابد.

روش تاندم

این روش به این صورت است که در زمان معینی، برای یک صفت انتخاب انجام می‌شود تا آن صفت در موجودات به حد مطلوب برسد. سپس برای صفت بعدی انتخاب صورت می‌گیرد. این روش انتخاب، معایب زیر را دارد:

✓ انتخاب برای چند صفت طولانی است.

✓ اگر بین صفات هم‌بستگی منفی باشد، پیشرفت یک صفت باعث کاهش صفت دیگر می‌شود.

روش شاخص انتخاب

در این روش، ارزش ارثی n صفت مورد نظر یک موجود در اعدادی به نام شاخص (h_a) ترکیب می‌شود. اعداد شاخص، اهمیت نسبی هر یک از صفات را نشان می‌دهد که به‌نژادگر آنرا تعیین می‌کند و با معادله ۱۵-۷ محاسبه می‌شود. در حقیقت، روش شاخص، ارزش کلی^۱

یک موجود را نشان می‌دهد. اگر این روش به طور صحیح محاسبه شود، نتیجه حاصل بسیار بهتر از روش‌های دیگر انتخاب است.

شاخص انتخاب هر فرد در حالت کلی به صورت زیر است:

$$H = a_1 A_1 + a_2 A_2 + \dots + a_n A_n \quad (16-7)$$

در این معادله، A ها ارزش ارثی برای n صفت موردنظر و a ها اهمیت نسبی هر صفت است. ارزش ارثی صفات با استفاده از معادله‌های شاخص ۷-۱۰ به دست می‌آید.

در زنبورعسل، تعداد صفات موجود در یک شاخص برحسب اهداف اصلاح نژاد متفاوت است. امکان دارد شاخص انتخاب زنبورعسل شامل میزان تولید عسل، جمعیت، رفتار دفاعی و رفتار بچه‌دهی باشد. شاخص انتخاب به نحوی محاسبه می‌شود که هم‌بستگی آن با ارزش ژنوتیپ کل موجود بیشترین مقدار باشد (۴۷).

پاسخ انتخاب برای چند صفت (شاخص انتخاب)

پاسخ انتخاب برای شاخص انتخاب به صورت زیر است:

$$R_H = i r_{iH} \sigma_H \quad (17-7)$$

اگر مقیاس شاخص تغییر داده نشده باشد، مانند معادله ۷-۱۳ است:

$$R_H = i \sigma_I \quad (18-7)$$

انتخاب برای حالت‌های گوناگون عمل ژن

پیش از این توضیح داده شد که ژن‌ها، دو اثر افزایشی و غیرافزایشی دارند. اثر غیرافزایشی خود شامل غلبه، غلبه ماورایی (فوق غالبیت) و اپیستاتیک است.

برخی از صفات اقتصادی مهم زنبورعسل از ژن‌هایی با اثر افزایشی متأثر می‌شود. در این صورت، ضریب وراثت‌پذیری صفت نسبتاً زیاد است. اما تفاوت عملکرد حاصل از دورگ‌گیری زیاد نخواهد بود و در نسل‌های متفاوت، میانگین صفت چندان کاهش نمی‌یابد. به این سبب، انتخاب افراد برتر باعث تولید افراد برتر می‌شود. نکته مورد توجه این است که در حالت انتخاب برای اثر افزایشی ژن‌ها، باید عوامل محیطی برای تمام موجودات تا حد امکان یکسان شود (همگن کردن کلنی‌ها) تا واریانس فنوتیپ ناشی از عوامل محیطی، تا حد امکان

کاهش یابد. آنگاه باید بهترین موجودات به صورت یک توده یا یک جمعیت والد انتخاب و با هم آمیزش داده شوند.

در صورت وجود اثر ژنی غلبه، غلبه ماورائی (ناخالص‌ها برتر از هموزیگوت‌ها) یا اثر متقابل بین ژن‌ها (اپیستازی)، میانگین صفت در نسل‌های متفاوت تغییر می‌کند و حتی ممکن است بیشتر از میانگین نسل والدین باشد. این برتری میانگین نتاج را در مقایسه با میانگین والدین، که نتیجه اثر غیرافزایشی ژن‌هاست، هتروزیس^۱ می‌نامند. نکته قابل توجه این است که اگر اثر ژنی غیرافزایشی در ایجاد تفاوت بین فنوتیپ موجودات مؤثر باشد، انتخاب موجودات برتر سبب افزایش میانگین جامعه در نسل‌های بعد نمی‌شود. در این حالت باید چند توده (لاین) را با پرورش خویشاوندی تکثیر کرد تا برای اغلب آلل‌ها خالص شود. سپس این لاین‌ها را با هم تلاقی داد تا معلوم شود کدام‌یک از آنها از نظر ژنتیک با هم تطابق دارند و ترکیب ژنی بهتری در نتاج به وجود می‌آورند. در صورت مشخص شدن این موضوع، می‌توان دو یا چند لاین موردنظر را در سال‌های بعد با هم تلاقی داد و از نتاج حاصل، از نظر تجاری بهره‌برداری کرد. البته نمی‌توان اثر ژنی غیرافزایشی را در یک لاین یا نژاد تثبیت کرد. ولی با تلاقی دو یا چند توده (لاین) خالص، می‌توان از پدیده هتروزیس بهره‌گرفت. بنابراین، برای بهره‌گیری از اثر ژنی غلبه، غلبه ماورائی و اپیستازی، علاوه بر اثر افزایشی ژن‌ها، ابتدا داخل دو یا چند توده (لاین) انتخاب انجام می‌دهند و سپس با تلاقی آنها (داخل یک نژاد)، دورگ‌گیری صورت می‌گیرد (۶، ۱۰). در فصل بعد، در این باره توضیح بیشتری داده می‌شود.

انتخاب برای صفات کلنی

اثر ملکه بر صفات کلنی (تولید عسل، تولید موم، رفتار تهاجمی و رفتار بچه‌دهی) با اثر زنبورهای کارگر متفاوت است و اغلب بین آنها هم‌بستگی منفی وجود دارد. یعنی ممکن است ملکه از نظر خصوصیات مربوط (نظیر تولید فرمون) مناسب باشد؛ ولی زنبورهای کارگری تولید کند که از نظر صفات زنبورهای کارگر (نظیر شهدآوری) مناسب نباشند. برعکس، ممکن است یک ملکه خود از نظر تولید فرمون، تخم و خصوصیات دیگر مناسب نباشد؛ ولی

1- Heterosis

زنبورهای کارگری تولید کند که از نظر جمع‌آوری شهد، طول عمر و پرورش نوزادان خوب باشند. پس در انتخاب کلنی‌ها باید تأثیر ملکه و زنبورهای کارگر در صفات کلنی مشخص شود. برای تولید و پرورش کلنی‌هایی که هم از نظر ظرفیت تولید (عسل) ملکه و ظرفیت تولید زنبورهای کارگر خوب باشد، باید از کلنی‌هایی با زنبورهای کارگر دارای صفات مناسب، ملکه پرورش داد و از آنها به صورت ملکه پدري استفاده کرد. همچنین می‌توان آن کلنی را بدون ملکه (یتیم) و پس از مدتی شاخون‌های تولید شده را خراب کرد تا زنبورهای کارگر شروع به تخم‌گذاری کنند. این تخم‌ها به زنبورهای نری تبدیل می‌شوند که صفات برتر زنبورهای کارگر را انتقال می‌دهند. در مرحله بعد، این زنبورهای نر حاصل از ملکه‌های پدري یا کلنی‌های یتیم را با ملکه‌های دارای صفات برتر آمیزش می‌دهند. در این حالت، این ملکه‌ها، کلنی‌هایی تولید می‌کنند که دارای صفات مناسب مربوط به ملکه و زنبورهای کارگرند (۶).

می‌توان براساس یکسان‌سازی اثر پدر ملکه‌ها و نیز ملکه پدر زنبورهای کارگر (تصویر ۴-۶) اثر ملکه‌ها و زنبورهای کارگر را تفکیک و با استفاده از مدل حیوانی^۱ زیرملکه‌ها و زنبورهای کارگر برتر را انتخاب کرد.

$$y = Xb + Z_1 a_w + Z_r a_Q + e \quad (19-7)$$

که در آن y ، b ، a_w ، a_Q و e به ترتیب عبارت از رکوردها (مشاهدات)، آثار عوامل محیطی (ثابت)، اثر زنبورهای کارگر، اثر ملکه‌ها و آثار باقی‌مانده تصادفی (خطا) است و X ، Z_1 و Z_r نیز به ترتیب ضریب‌های آثار عوامل محیطی، اثر زنبورهای کارگر و اثر ملکه‌هاست. برای برآورد آثار زنبورهای کارگر و اثر ملکه‌ها، آن‌را به معادله زیر تبدیل می‌کنند که این ضریب‌ها به صورت ماتریس خواهند بود.

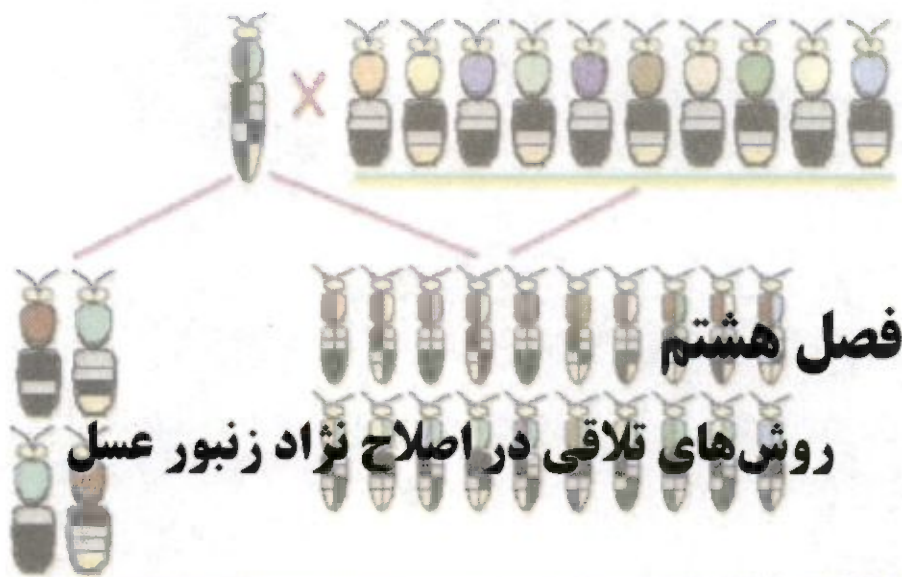
$$\begin{pmatrix} X'X & X'Z_1 & X'Z_r \\ Z_1'X & Z_1'Z_1 + A^{-1}\alpha & Z_1'Z_r + A^{-1}y \\ Z_r'X & Z_r'Z_1 + A^{-1}y & Z_r'Z_r + A^{-1}\beta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b \\ a_w \\ a_Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'y \\ Z_1'Y \\ Z_r'Y \end{pmatrix}$$

همچنین در این معادله $A^{-1}\alpha$ ، $A^{-1}y$ و $A^{-1}\beta$ به ترتیب ماتریس‌های روابط خویشاوندی مربوط به کلنی‌ها، زنبورهای کارگر و ملکه‌ها هستند (۶).

خودآزمایی

- ۱- اگر ضریب وراثت‌پذیری تولید عسل ۰/۳، انحراف معیار فنوتیپ معادل ۵۰۰ واحد و شدت انتخاب معادل ۲ باشد، پاسخ انتخاب را در یک نسل محاسبه کنید.
- ۲- روش‌های افزایشی پاسخ به انتخاب را شرح دهید.
- ۳- کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟
الف) برای انتخاب خانواده باید ضریب وراثت‌پذیری صفت بالا باشد.
ب) اگر ضریب وراثت‌پذیری صفت بالا باشد، میانگین فنوتیپ خانواده، نماینده خوب ژنوتیپ آن است.
ج) در انتخاب خانواده، معیار انتخاب، میزان انحراف هر حیوان از میانگین خانواده است.
د) آزمون نتاج یک نوع انتخاب خانواده است.
- ۴- با تأثیر ملکه بر صفات کلنی، روش مناسب انتخاب صفات کلنی را شرح دهید.
۵- در روش سطوح حذفی مستقل صفات
الف) انتخاب برای دو یا چند صفت در یک زمان انجام می‌شود.
ب) اهمیت اقتصادی و هم‌بستگی بین صفات در نظر گرفته می‌شود.
ج) در یک زمان فقط برای یک صفت انتخاب انجام می‌شود.
د) ضریب وراثت‌پذیری صفت، معیار تعیین سطح انتخاب است.
- ۶- شاخص انتخاب پارامتری است که به کمک آن ارزش افراد سنجیده می‌شود.
الف) اصلاحی ب) ژنوتیپ ج) ژنتیک د) فنوتیپ
- ۷- چگونگی انتخاب برای حالت‌های متفاوت عمل ژن را توضیح دهید.
- ۸- در مثال زیر، تولید عسل ۱۰ کلنی در دو منطقه A و B اندازه‌گیری شده است. بهترین کلنی‌ها را بر اساس مقیاس Z انتخاب کنید ($\sigma_A = ?$ $\sigma_B = ?$):

B					A					منطقه
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	شماره کلنی
۲/۵	۳/۵	۸/۵	۱۹/۵	۲۰/۵	۷/۵	۵/۵	۶/۵	۱۰/۵	۱۲/۵	کیلوگرم عسل



هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل، از فراگیرندگان انتظار می‌رود:

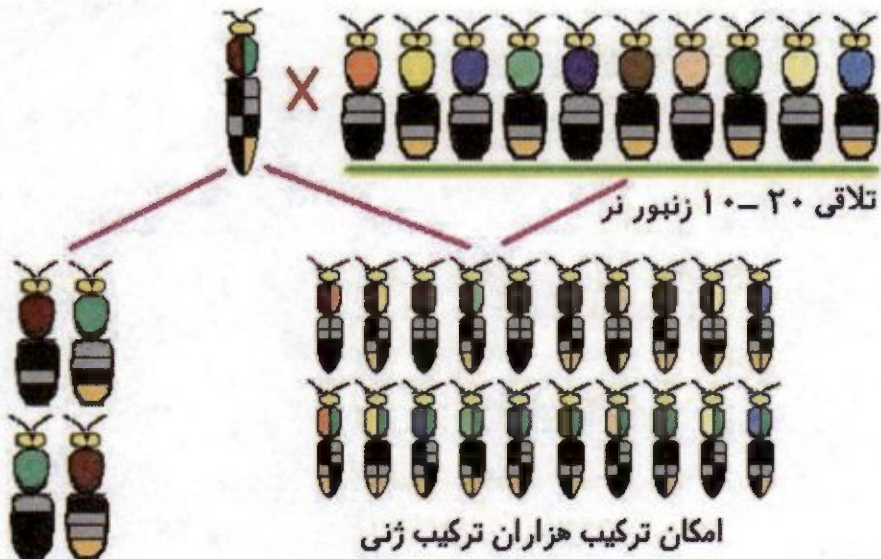
- ۱- ایستگاه‌های آمیزش زنبور عسل را بشناسند و معرفی کنند.
- ۲- درباره اثر هم‌خونی در زنبور عسل توضیح دهند.
- ۳- روش‌های تلاقی خویشاوندی و آمیخته کردن را نام ببرند.
- ۴- اهداف و موارد استفاده آمیخته کردن را شرح دهند.
- ۵- روش‌های تلاقی را تعریف کنند.
- ۶- روش تلاقی دوطرفه را تعریف کنند.
- ۷- درباره چگونگی تولید لاین زنبور عسل توضیح دهند.

روش‌های تلاقی

پیش از بررسی روش‌های تلاقی، باید به اهمیت ایستگاه‌های آمیزش و اثر هم‌خونی در اصلاح نژاد توجه کرد.

ایستگاه‌های آمیزش زنبور عسل

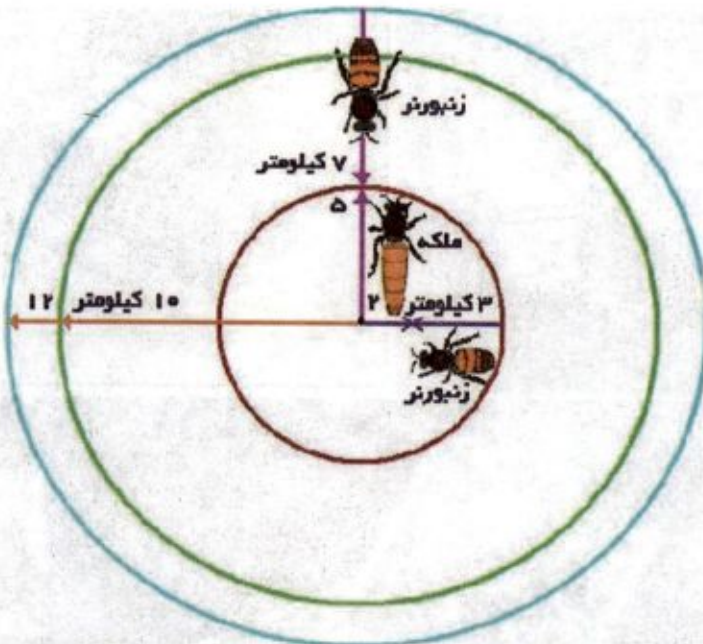
یکی از اصول به‌نژادی، کنترل آمیزش‌هاست. در زنبور عسل، که آمیزش هر ملکه با چند زنبور نر در حین پرواز صورت می‌گیرد، کنترل آمیزش‌ها مشکل‌تر و مهم‌تر است (تصویر ۸-۱). کنترل کامل آمیزش زنبورهای نر با ماده، از راه تلقیح مصنوعی امکان‌پذیر است. البته استفاده از این روش، به مهارت زیادی نیاز دارد و برای تولید ملکه‌های تجاری نیز مقرون به صرفه نیست. به این سبب، ساده‌ترین راه کنترل آمیزش‌ها در ملکه‌های اصلاح نژادی یا تجاری، استفاده از ایستگاه‌های آمیزش کنترل شده (ایزوله)^۱ است. در این ایستگاه‌ها، باید در مورد رعایت فاصله کافی تا زنبورستان‌های مجاور و کنترل آمیزش‌ها توجه کافی مبذول داشت.



▲ شکل ۸-۱- آمیزش ملکه با چند زنبور نر

فاصله ایستگاه آمیزش تا زنبورستان های مجاور

حداکثر شعاع پرواز زنبورهای نر و ملکه به ترتیب ۷ و ۵ کیلومتر است. به این سبب، مجموع شعاع پرواز آن دو، ۱۲ کیلومتر است. ولی احتمال آن که زنبورهای نر و ملکه هم‌زمان به حداکثر شعاع پرواز برسند، نادر و شعاع ۱۰ کیلومتر نیز کافی است (تصویر ۸-۲). در مجموع، می‌توان توصیه کرد که برای یک ایستگاه آمیزش جهت اصلاح نژاد، باید تا شعاع ۱۰ کیلومتر، زنبوردار دیگری وجود نداشته باشد. اگر نتوان این حدود و فاصله را کاملاً رعایت کرد، توصیه می‌شود تعداد زنبورهای نر موردنظر را در ایستگاه، با قرار دادن شان‌های زنبور نر به حداکثر (اشباع) برسانند یا زمان پرورش ملکه را در مقایسه با زنبورداران مجاور تغییر دهند. چنانچه ایستگاه آمیزش داخل جزیره باشد، شعاع و فاصله کمتر می‌شود. زیرا شعاع پرواز زنبور عسل در سطح آب کمتر و حداکثر شعاع پرواز زنبورهای نر و ملکه به ترتیب ۴ و ۳ کیلومتر است. به این دلیل، توصیه می‌شود که در این وضعیت، شعاع ۶ کیلومتر رعایت شود (۶).



▲ شکل ۸-۲- میانگین پرواز : — حداکثر پرواز : — شعاع ایستگاه آمیزش

▲ شکل ۸-۲- میانگین و حداکثر پرواز زنبورهای نر و ملکه

کنترل آمیزش‌ها در ایستگاه

برای آمیزش ملکه‌ها از کندوهای معمولی، کندوهای دارای دو دریچه (دو طرف کندو دارای دریچه پرواز) و کندوچه استفاده می‌شود. استفاده از کندوچه‌های جفت‌گیری باعث بهبود مدیریت تولید، کاهش هزینه و زمان تولید و راحتی حمل و نقل می‌شود. به این سبب، اغلب مورد استقبال پرورش‌دهندگان ملکه و متخصصان اصلاح نژاد قرار می‌گیرد. البته در مواردی اندازه این کندوچه‌ها بسیار کوچک است که به دلایل زیر، مناسب نیست؛

- ✓ با این کندوچه‌ها نمی‌توان وضعیت نامساعد آب و هوا را کنترل کرد.
- ✓ فضای کافی برای تخم‌گذاری ملکه وجود ندارد و تلفات ملکه‌ها نیز در آن زیاد است.
- ✓ در صورت استقرار در مجاورت کلنی‌های دیگر، جمعیت زنبورهای این کندوچه‌ها کاهش می‌یابد. بنابراین، باید توجه کرد که اندازه این کندوچه‌ها، از حجم سه‌شان کمتر نشود (تصویرهای ۳-۸ و ۵-۸).



▲ شکل ۸-۳- کندوچه‌های جفت‌گیری

فاصله بین کندوچه‌ها باید دست کم ۳ متر باشد و چنانچه هیچ‌گونه نشانه طبیعی در منطقه نباشد، باید به کندوچه‌ها رنگ‌های متفاوتی زد و آنها را در جهت‌های گوناگون قرار داد. از نکات مهم کنترل آمیزش‌ها، شماره زدن ملکه‌هاست. شماره زدن ملکه‌های باکره، بهترین و دقیق‌ترین روش کنترل ملکه‌ها در آمیزش‌های موردنظر است (تصویر ۳-۲۲). از موارد مهم دیگر، تأمین تعداد زنبورهای نر به حد کافی است. برای آمیزش هر ملکه حداقل ۱۰ زنبور نر مورد نیاز است. ولی در منطقه آمیزش حداقل ۶ و به طور معمول ۱۰ برابر این تعداد زنبور نر بالغ مورد نیاز است تا زنبورهای نر، به نحو مناسب‌تری در آمیزش‌ها شرکت کنند. هر کلنی

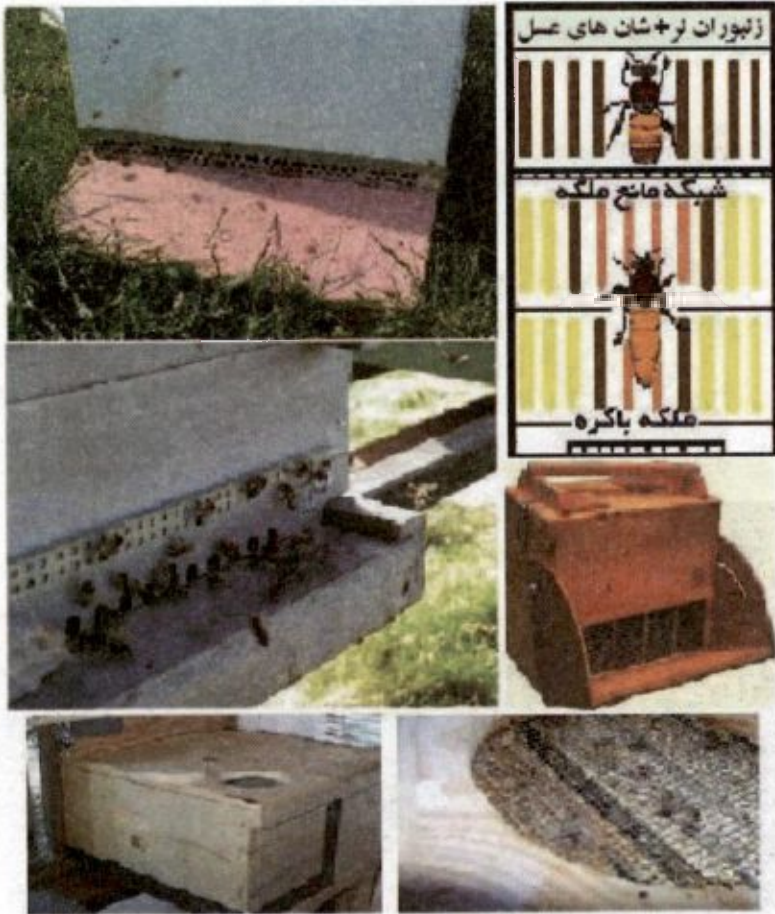
پدري در زمان آميزش، بايد حداكثر ۲ هزار زنبور نر داشته باشد و براي جلوگيري از يکسان شدن آلل‌هاي جنسي، بايد حداقل تعداد کلني‌هاي توليدکننده زنبور نر ۶ عدد باشد. بنا بر اين، توصيه مي‌شود از شان‌هاي مخصوص زنبورهاي نر استفاده شود. همچنين لازم است در زمان مناسب، سلول‌ها و نوزادان زنبور نر کلني‌هاي ديگر زنبورستان (غير از کلني‌هاي پدري) حذف شوند (تصوير ۸-۴).



▲ شکل ۸-۴- شان حاوی سلول‌های زنبور نر و حذف نوزادان زنبورهای نر

برای کنترل ورود زنبورهای نر به کلنی‌های دیگر، شبکه مانع ملکه در جلو دریچه پرواز قرار داده می‌شود. ولی با این عمل زنبورهای نر با زحمت از دریچه خارج و تلف می‌شوند. لذا بهتر است شبکه مانع ملکه بین طبقه بالا و کندو قرار داده شود تا زنبورهای نر در طبقه بالا

محبوس شوند (۶). در این کلنی‌ها از ملکه بارور یا باکره استفاده می‌شود. همچنین می‌توان در بالای این کلنی‌ها یک دریچه شیشه‌دار تعبیه کرد تا بتوان از آن، تعداد و فعالیت زنبورهای نر را مشاهده کرد (تصویر ۸-۵).



▲ شکل ۸-۵- کلنی‌های پرورش دهنده زنبور نر حاوی شبکه مانع ملکه و دریچه دارای شیشه

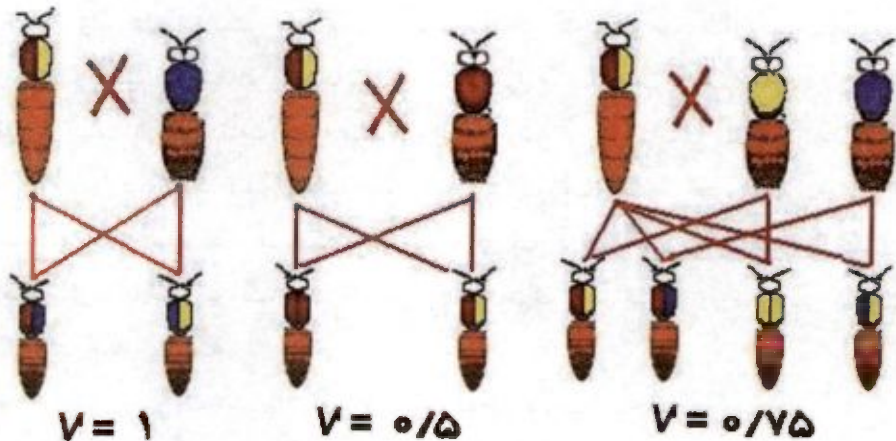
با بررسی صفات ظاهری زنبورهای کارگر تولید شده، می‌توان میزان اعتبار کنترل آمیزش‌ها را مشخص کرد. اگر در یک ایستگاه حداقل $\frac{3}{4}$ زنبورهای کارگر دارای خصوصیات ظاهری موردنظر باشند، اعتبار کنترل آمیزش‌ها با زنبورهای نر موردنظر، قابل قبول است.

آثار هم‌خونی^۱ در زنبور عسل

یکی از مهم‌ترین برنامه‌های اصلاح نژاد خلوص نژادی یا ایجاد لاین است. معمولاً در این برنامه‌ها از آمیزش خویشاوندان استفاده می‌شود. اگر در این آمیزش‌ها رابطه خویشاوندی نزدیک باشد یا در سال‌های متمادی آمیزش‌های مشابه تکرار شود، سبب افزایش هم‌خونی در کلنی‌ها می‌شود. با مشابه شدن آلل‌ها نیز هم‌خونی ایجاد می‌گردد (تصویر ۴-۷). اثر هم‌خونی در کلنی‌ها نظیر اغلب حیوانات، شامل کاهش تولید، کاهش سازگاری با محیط و حساسیت بیشتر در برابر بیماری‌هاست. بروز آثار هم‌خونی در زنبور عسل، با سایر حیوانات، دو تفاوت دارد:

۱- با توجه به وجود آلل‌های جنسی در زنبور عسل، اگر ملکه‌ای با زنبورهای نر خویشاوند نزدیک آمیزش کند، زنبورهای نر دیپلوئید تولید می‌شوند که با از بین رفتن آنها، جمعیت کلنی کاهش می‌یابد. همچنین با وجود آلل‌های جنسی مشابه، قدرت زیست^۲ نوزادان ماده کاهش می‌یابد (تصویر ۸-۶).

۲- از آن‌جا که زنبورهای نر هاپلوئید هستند، آثار هم‌خونی در آنها ظاهر نمی‌شود؛ مگر آن‌که زنبورهای کارگر دارای هم‌خونی بالا، آنها را پرورش دهند (۶).



▲ شکل ۸-۶- کاهش قدرت زیستی نوزادان (V) با افزایش رابطه خویشاوندی زنبورهای نر با ملکه

1- Inbreeding depression.

2- Viability.

آثار هم‌خونی بر زنبورهای نر

زنبورهای نری که زنبورهای کارگر پرورش می‌دهند، هم‌خونی زیاد و توانایی‌های تولید مثل، آثار فیزیولوژیک و خصوصیات بیوشیمیایی نامناسبی دارند (۲۸، ۶۳).

✓ توانایی تولیدمثل: رشد زنبورهای نر تا زمان پرواز آمیزشی، طول مدت پرواز، تعداد پرواز در روز و تعداد اسپرماتوزئید کاهش می‌یابد.

✓ آثار فیزیولوژیک: مقاومت در برابر سرما و مصرف اکسیژن در این زنبورها کاهش می‌یابد.

✓ خصوصیات بیوشیمیایی: آنزیم‌های سوخت‌وسازی اکسیداتیو (ستز مواد)، فعالیت کمتر و آنزیم‌های مربوط به سوخت‌وساز پروتئین‌ها در این زنبورها فعالیت بیشتری دارد. به عبارت دیگر، در سوخت‌وساز این زنبورهای نر، نوعی حالت نامتعادل وجود دارد.

آثار هم‌خونی بر زنبورهای ماده

در سوخت‌وساز زنبورهای ماده‌ای که هم‌خون نباشند، ولی ملکه مادری آنها هم‌خونی زیادی داشته باشند، نوعی حالت نامتعادل ایجاد می‌شود. این حالت، در مقایسه با حالت نامتعادل زنبورهای نر، بیشتر است. به‌علاوه، ذخیره پروتئین تخم‌های ملکه‌هایی با هم‌خونی زیاد، کافی نیست و رشد این تخم‌ها نیز کم است. بنابراین، علاوه بر کاهش تعداد لاروها، قدرت زیست آنها نیز کاهش می‌یابد که همه این عوارض در اثر هم‌خونی ملکه مادر است.

امکان دارد در یک کلنی، ملکه هموزیگوت و زنبورهای کارگر هتروزیگوت باشند. همچنین ممکن است ملکه هتروزیگوت و زنبورهای کارگر هموزیگوت یا هر دو یکسان (هموزیگوت یا هتروزیگوت) باشند. در مجموع، اثر هم‌خونی در ملکه‌ها و زنبورهای کارگر یک کلنی متفاوت است.

در یک بررسی مشخص شد که با افزایش ۱ درصد ضریب هم‌خونی در زنبورهای کارگر، به ترتیب ۱۴۰ و ۷ گرم از مقدار تولید عسل و تولید موم آنها کاهش و رفتار دفاعی و بچه‌دهی افزایش می‌یابد. ولی با همان مقدار افزایش ضریب هم‌خونی ملکه‌ها، در صفات تولید عسل و موم تغییری حاصل نمی‌شود و رفتار دفاعی و بچه‌دهی نیز افزایش می‌یابد. دلیل تفاوت در

رفتار دفاعی را می‌توان به این صورت توجیه کرد که با افزایش ضریب هم‌خونی ملکه، مقدار فرمون کاهش پیدا می‌کند و رفتار دفاعی (و بچه‌دهی) افزایش می‌یابد. ولی با افزایش ضریب هم‌خونی زنبورهای کارگر، فعالیت و رفتارهای دفاعی و بچه‌دهی آنها کاهش می‌یابد. اگر ضریب هم‌خونی زنبورهای کارگر و ملکه موجود در یک کلنی زیاد باشد، رفتارهای دفاعی و بچه‌دهی و تولید عسل کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، تأثیر هم‌خونی بر زنبورهای کارگر، در مقایسه با ملکه بیشتر است در جدول‌های ۸-۱ تا ۸-۳ به ترتیب میزان تأثیر هم‌خونی بر ملکه، زنبورهای کارگر و کلنی ارائه شده است (۶). برای جلوگیری از آثار هم‌خونی، همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد، تعداد کلنی‌های پدری و مادری باید متناسب باشد (حداقل ۶ کلنی پدری و ۳۵ کلنی مادری غیرخویشاوند). همچنین می‌توان با استفاده از مخلوط کردن اسپرم‌های زنبورهای نر متفاوت، میزان هم‌خونی را کاهش داد. اگر از زنبورهای نر تمام کلنی‌های مادری (حداقل ۳۰ کلنی) اسپرم گرفته شود و آنها را مخلوط و با ملکه‌های دختری همان کلنی‌ها تلقیح مصنوعی کنند، قدرت زیست نوزادان در نسل‌های اولیه بیش از ۸۵ درصد خواهد شد. ولی اگر ملکه‌های دختری هر کلنی مادری با مخلوط اسپرم زنبورهای نر تمام کلنی‌ها، به‌جز همان کلنی مادری، تلقیح مصنوعی شوند، قدرت زیست نوزادان در نسل‌های اولیه نزدیک به ۱۰۰ درصد است (۶۳). اگر مخلوط کردن اسپرم‌ها با استفاده از سانتریفیوژ صورت گیرد، باید توجه کرد که عمل سانتریفیوژ، سبب کاهش کیفیت اسپرم‌ها می‌شود و بر تخم‌گذاری ملکه‌ها اثر منفی دارد.

اغلب میزان هم‌خونی در جوامع کوچک و بسته افزایش می‌یابد. با تعداد معین کلنی‌های پدری (N_m) و کلنی‌های مادری (N_f) افزایش ضریب هم‌خونی (Δ_f) در هر نسل آمیزش به‌صورت زیر است:

$$\Delta_f = \frac{1}{8N_m} + \frac{1}{8N_f} \quad (1-8)$$

معمولاً چون تعداد کلنی‌های پدری کمتر از کلنی‌های مادری است، تأثیر آن در افزایش هم‌خونی بیشتر می‌شود. همچنین در زمان انتخاب والدین، هر چه تعداد کلنی‌های جمعیت پایه بیشتر باشد (حداقل ۸۰۰ کلنی)، علاوه بر زیاد بودن شدت انتخاب، ضریب هم‌خونی نیز

حداقل می‌شود (تصویر ۷-۲). گاه افزایش هم‌خونی معادل با یکسان شدن آلل‌های جنسی فرض می‌شود. در صورتی که یکی از عوارض هم‌خونی یکسان شدن آلل‌های جنسی و کاهش جمعیت کلنی است و می‌توان با مشاهده سلول‌های خالی بین شفیره‌ها، میزان یکسان شدن آلل‌های جنسی را برآورد کرد. البته نباید بیماری یا عوارض مربوط به نوزادان در کلنی‌ها موجود باشد. برای برآورد سلول‌های خالی در شان‌ها از معادله زیر استفاده می‌شود (۷۶):

$$f = \frac{a}{b} \times 100 \quad (2-8)$$

در این معادله a و b به ترتیب تعداد سلول خالی و تعداد کل سلول‌ها (خالی و پر) در واحد سطح شان حاوی شفیره است. می‌توان واحد سطح را براساس کادرهای سیمی 10×10 سانتی متری یا یک لوزی دارای ضلع $5/3$ سانتی متر (حاوی ۱۰۰ سلول) در نظر گرفت (تصویر ۳-۲۱). همچنین بهتر است این اندازه‌گیری در هر کلنی حداقل ۳ بار تکرار شود تا دقت زیاد باشد. میزان هتروزیگوت بودن، برعکس هموزیگوت بودن و هم‌خونی است. به این سبب، می‌توانی میزان هتروزیگوت بودن را در هر نسل، از معادله زیر برآورد کرد:

$$H_t = H_0 (1-f_t) \quad (3-8)$$

در این معادله H_0 و f_t به ترتیب میزان هم‌خونی در نسل t ام و میزان هتروزیگوت اولیه است که این مقدار معمولاً در ابتدای هر نسل غیرخویشاوند ۰/۵ فرض می‌شود (۱۰). در این قسمت، آثار منفی افزایش هم‌خونی حاصل از آمیزش‌های خویشاوندی توضیح داده شد. ولی در مورد مزایای استفاده از آمیزش‌های خویشاوندی و همچنین استفاده از هتروزیگوت (آمیخته‌گری) در فصل بعد توضیح داده می‌شود.

جدول ۸-۱- اثر هم‌خونی بر ملکه زنبور عسل

اثر هم‌خونی	ضریب هم‌خونی	صفت
۹-٪	بیشتر از ۰/۹	وزن تخمدان
۴-٪	۰/۸ - ۰/۹	وزن بدن
۰٪	۰/۳ - ۰/۸	قدرت تخم‌گذاری
۲۷-٪ - ۴۳-٪	۰/۵	فعالیت آنزیمی

جدول ۸-۲- اثر هم‌خونی بر زنبور عسل کارگر

صفت	ضریب هم‌خونی	اثر هم‌خونی
طول عمر	بیشتر از ۰/۹	٪-۱۳
تلفات	۰/۵	٪۳۵
جمع‌آوری شهد	۰/۵	٪-۱۴
پرورش نوزادان	بیشتر از ۰/۹	کاهش

جدول ۸-۳- اثر هم‌خونی بر کلنی زنبور عسل

صفت	ضریب هم‌خونی		اثر هم‌خونی
	ملکه	زنبور کارگر	
رفتار دفاعی	بیشتر از ۰/۹	بیشتر از ۰/۹	کاهش
بچه‌دهی	بیشتر از ۰/۹	بیشتر از ۰/۹	کاهش
وزن کلنی	بیشتر از ۰/۹	بیشتر از ۰/۹	٪-۱۳
قدرت تخم‌گذاری	۰/۶ - ۰/۷	۰	٪-۱۵
تولید عسل	۰/۶ - ۰/۷	۰	٪-۳۵

روش‌های تلاقی برای اصلاح نژاد

روش‌های تلاقی را می‌توان به تلاقی‌های تصادفی^۱، تلاقی‌های نزدیک^۲ و تلاقی‌های دور^۳ تقسیم کرد. در حقیقت، تلاقی‌های نزدیک همان تلاقی‌های خویشاوندی است و تلاقی‌های دور نیز حالت کلی آمیخته کردن^۴ را شامل می‌شود. در اصلاح نژاد، معمولاً از دو روش تلاقی‌های خویشاوندی و آمیخته کردن استفاده می‌کنند (۴۷).

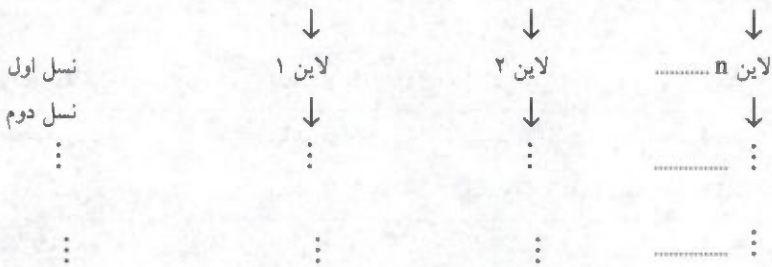
- 1- Panmixia
- 2- Close breeding
- 3- Out breeding
- 4- Cross breeding

آثار ژنتیک تلاقی‌های خویشاوندی

تلاقی‌های خویشاوندی یعنی آمیزش افرادی که دارای اجداد خویشاوندی هستند. البته با توجه به آن‌که آمیزش خویشاوندان نزدیک (نظیر مادر - پسر، برادر - خواهر و ...) تأثیر زیادی بر افزایش هم‌خونی دارد. به این سبب، باید از آن جلوگیری کرد. در ضمن، باید توجه کرد که تعداد والدین، به‌خصوص والد نر (کلنی پدری) از حد مناسب کمتر نباشد؛ وگرنه اثر سوء هم‌خونی شدید می‌شود. به طور کلی، دلیل استفاده از تلاقی‌های خویشاوندی در اصلاح نژاد، موارد زیر است (۱۰):

۱- تلاقی‌های خویشاوندی، جامعه مینا^۱ را به چند جمعیت کوچک (لاین) تقسیم می‌کنند.

جامعه مینا



۲- تلاقی‌های خویشاوندی، واریانس ژنتیک داخل هر لاین را کاهش و واریانس ژنتیک بین لاین‌ها را افزایش می‌دهد. اگر V_{G0} واریانس ژنتیک جامعه مینا باشد، واریانس ژنتیک (بین افراد) داخل هر لاین در نسل n ام از معادله زیر به دست می‌آید:

$$V_{Gw} = V_{G0} (1 - F_n) \quad (4-8)$$

که در آن F_n میانگین ضریب هم‌خونی حیوانات نسل n ام هر لاین است. همچنین واریانس ژنتیک بین لاین‌ها در نسل n ام از معادله زیر به دست می‌آید:

$$V_{GB} = 2F_n V_{G0} \quad (5-8)$$

واریانس ژنتیک کل جامعه در نسل n ام، برابر مجموع واریانس ژنتیک بین و داخل لاین‌هاست و از معادله زیر به دست می‌آید: (۶-۸)

$$V_{GT} = V_{G0} (1 + F_n)$$

نسبت به نوع عمل ژن و میزان ضریب وراثت‌پذیری صفات، برای انتخاب یک نژاد یا آمیخته کردن لاین‌ها، به نژادها یا لاین‌های خالص نیاز است و برای خلوص آنها از تلاقی‌های خویشاوندی استفاده می‌شود. روش‌های متفاوتی نیز برای تعیین خلوص نژادی زنبورعسل به کار می‌رود که عبارت از روش دان‌انگاری، بیوشیمیایی و خصوصیات ظاهری زنبورهای عسل است. خصوصیات ظاهری در فصل دوم توضیح داده شده است.

اثر ژنتیک آمیخته کردن

آمیخته کردن، تلاقی بین موجودات غیرخویشاوند داخل هر نژاد، لاین‌های متفاوت و گاه نژادهای گوناگون است. در نتیجه، در شجره موجودات غیرخویشاوند، سلف مشترک وجود ندارد. در زنبورعسل، آمیخته کردن باعث افزایش تولید عسل یا سایر تولیدات می‌شود؛ ولی در بسیاری موارد، به افزایش رفتار دفاعی (تهاجمی) زنبورها منجر می‌گردد (نظیر زنبورهای آفریقایی). بنابراین، باید در نوع تلاقی‌ها بسیار دقت شود.

اثر ژنتیک آمیخته کردن در جهت مقابل تلاقی خویشاوندی است؛ زیرا تلاقی خویشاوندی سبب افزایش هموزیگوسیتی در جامعه می‌گردد. ولی آمیخته کردن، به کاهش هموزیگوسیتی و افزایش هتروزیگوسیتی در جامعه منجر می‌شود. در جمعیت‌های هتروزیگوت ممکن است آلل‌های نامطلوب به دلیل هتروزیگوت بودن، خصوصیات خود را ظاهر نکنند؛ ولی با افزایش هموزیگوتی در جامعه، احتمال بروز خصوصیات نامطلوب این آلل‌ها افزایش می‌یابد. امکان دارد در اثر آمیخته کردن، موجوداتی حاصل شوند که میانگین تولیدات آنها بیشتر از میانگین والدین و حتی در بعضی موارد بیشتر از میانگین بهترین والد باشد (اثر فوق غلبه). به این پدیده، هتروزیس یا قدرت آمیخته^۱ می‌گویند. در حقیقت هتروزیس باعث افزایش تولید نتاج دورگ^۲ نسبت به میانگین والدین می‌شود و این پدیده برعکس کاهش تولید ناشی از آمیزش خویشاوندی است. هر کاهش تولید ناشی از آمیزش خویشاوندی را می‌توان با آمیخته کردن جبران کرد. چون هتروزیس در آمیزش موجودات غیرخویشاوند ظاهر می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که میزان هتروزیس تابع میزان عدم تشابه ژنتیک بین والدین است.

میزان هتروزیس (برتری میانگین نتاج نسبت به میانگین والدین) از معادله زیر برآورد می‌شود (۱۰):

$$H = \frac{\bar{F}_1 - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100 \quad (7-8)$$

در این معادله، H درصد هتروزیس، \bar{F}_1 میانگین نتاج و \bar{P} میانگین والدین است. همچنین می‌توان هتروزیس را به صورت تفاوت میانگین ارزش نتاج دورگ نسبت به میانگین ارزش نتاج هر یک از دو نژاد تعریف کرد. در جدول زیر، دو نژاد A و B به صورت تلاقی دوطرفه^۱ آمیزش داده شده‌اند:

ملکه پدري	ملکه مادري	A	B
	A	\overline{AA}	\overline{AB}
	B	\overline{BA}	\overline{BB}

در این جدول، ملکه‌های پدري با ملکه‌های مادري نژاد خود و همچنین نژاد ديگر تلاقی داده شده‌اند و میانگین دورگ‌ها به صورت \overline{AB} و \overline{BA} نشان داده شده است. در حقیقت \overline{AB} میانگین نتاج حاصل از تلاقی ملکه پدري نژاد A با ملکه مادري نژاد B و \overline{BA} میانگین نتاج حاصل از تلاقی پدر نژاد B با مادر نژاد A است. این حالت هتروزیس بر اساس معادله زیر برآورد می‌شود:

$$H = \frac{(\overline{AB} + \overline{BA}) - (\overline{AA} + \overline{BB})}{(\overline{AA} + \overline{BB})} \quad (8-8)$$

در این معادله میزان هتروزیس شامل اثر مادري و اثر هتروزیس (نتاج) است. در جدول بالا، تفاوت بین عملکرد دورگ‌ها، میزان اثر مادري^۲ را نشان می‌دهد؛ یعنی:

$$M \cdot a = \overline{AB} - \overline{BA}$$

1- Diallel cross.

2- Maternal ability.

هتروزیس بیشتر برای صفاتی مشاهده می‌شود که تحت کنترل اثر ژنی غیرافزایشی باشند و به عبارت دیگر ضریب وراثت‌پذیری آنها کم باشد. پس مبنای ژنتیک بروز هتروزیس غلبه کامل، فوق غلبه و ایستازی است. در حالت فوق غلبه (میزان) تولید در نتاج از هریک از والدین بیشتر است.

عوامل مؤثر بر میزان هتروزیس

میزان هتروزیس در اثر میزان غلبه ژنی (d) و تفاوت فراوانی ژنی در دو جامعه (y) متغیر است و به صورت معادله زیر نشان داده می‌شود:

$$H = dy^2 \quad (9-8)$$

اگر اثر افزایشی ژن‌ها، بر بروز صفت اثر ژنی افزایشی مؤثر باشد $d=0$ است و در نتیجه هتروزیس وجود ندارد. هرچه اثر غلبه بیشتر شود ($d = a$) مقدار هتروزیس زیاد می‌شود و بیشترین مقدار هتروزیس زمانی است که $d > a$ یعنی اثر فوق غلبه باشد. اگر فراوانی یک آلل در یک جامعه P_1 و در جامعه دیگر P_2 و فراوانی آلل دیگر به ترتیب q_1 و q_2 باشد، آن‌گاه:

$$Y = P_1 - P_2 = q_2 - q_1 \quad (10-8)$$

اگر فراوانی ژن‌ها در دو جامعه تفاوت نداشته باشد ($Y=0$)، در اثر تلاقی افراد این دو جامعه هتروزیس ظاهر نمی‌شود. برای این‌که y (تفاوت فراوانی ژنی دو جامعه) حداکثر شود، باید مقدار آن مساوی یک شود و آن زمانی است که دو جامعه خالص و متفاوت، با هم تلاقی داده شوند. افزایش میزان خلوص جامعه با تلاقی خویشاوندی صورت می‌گیرد تا مقدار فراوانی هر آلل در یک جامعه به حدود یک و در جامعه دیگر صفر شود. در اثر تلاقی این دو لاین، حداکثر هتروزیس به وجود می‌آید (تصویر ۸-۷).

اهداف و موارد استفاده آمیخته کردن انتخاب برای قابلیت ترکیب^۱

متخصصان اصلاح نژاد به لاین‌های خالص نیاز دارند تا از بین تمام لاین‌های مورد آمیزش، بهترین ترکیب را تولید کنند. به عبارت دیگر، انتخاب نهایی باید روی موجودات دورگ انجام شود. مقدار پیشرفتی که در اثر آمیخته کردن موجودات دورگ حاصل می‌شود، به مقدار تنوع بین لاین‌ها و شدت انتخاب داخل لاین‌ها بستگی دارد. برای آن‌که شدت انتخاب زیاد باشد، باید تعداد موجودات دورگ زیاد باشد و برای آن‌که مقدار تنوع در بین موجودات دورگ حداکثر باشد، لازم است میزان خلوص لاین‌ها زیاد باشد. انتخاب مقدماتی لاین‌ها به دو روش زیر صورت می‌گیرد (۱۵):

۱- لاین‌های مورد استفاده در ایجاد یک ترکیب دورگ، باید خود به صورت افراد خالص دارای عملکرد مناسب باشند که این عملکرد مناسب در اثر ژن‌های افزایشی است (قدرت ترکیب عمومی^۲).

۲- با تلاقی لاین‌های مناسب، بهترین ترکیب از نظر عملکرد موجودات دورگ تعیین می‌شود که در اثر ژن‌های غیرافزایشی است (قدرت ترکیب خاص^۳). در نتیجه، ارزش یک موجود دورگ از قابلیت ترکیب عمومی و قابلیت ترکیب خاص تشکیل می‌شود. چون مقدار واریانس قابلیت ترکیب خاص با مربع (یا توان‌های بزرگ‌تر) رابطه خویشاوندی تغییر می‌کند، برای افزایش قابلیت ترکیب خاص، باید درجه خلوص لاین‌ها زیاد باشد.

اهمیت نسبی قابلیت ترکیب عمومی و خاص

هرگاه لاین‌های تولید شده کاملاً خالص باشند، واریانس قابلیت ترکیب عمومی مساوی واریانس افزایشی در جمعیت پایه و واریانس قابلیت ترکیب خاص مساوی واریانس غیرافزایشی می‌شود. پس زمانی که مؤلفه‌های واریانس در جمعیت پایه معلوم باشند، می‌توان مقدار نسبی پیشرفت به وسیله این دو قابلیت ترکیب را پیش‌بینی کرد. برای مثال، در یک

1- Combinig ability.

2- General combination ability.

3- Special combination ability.

حشره گرده افشان، نسبت واریانس افزایشی عملکرد میزان گرده افشانی به واریانس کل ۰/۱۴۹ و نسبت واریانس غیرافزایشی ۰/۰۳۲ بود. در نتیجه، نسبت واریانس افزایشی به واریانس ژنتیک کل، مساوی $0/823 = \frac{0/149}{0/181}$ می شود. هرگاه روش توأم خالص کردن لاین و دورگ گیری در این جمعیت اعمال شود و تفاوت عملکرد در بین دورگ ها سنجیده شود، حدود ۸۰ درصد پیشرفت موردانتظار بر اثر قابلیت ترکیب عمومی و ۲۰ درصد آن بر اثر قابلیت ترکیب خاص خواهد بود. به این سبب، تاکنون بیشتر افزایش عملکرد حشره دورگ با قابلیت ترکیب عمومی است و از واریانس افزایشی موجود در جمعیت پایه حاصل می شود. پس انتخاب در جمعیت پایه برای افزایش عملکرد و قابلیت ترکیب عمومی لاین های خالص از آن جمعیت مؤثر است.

جمعیت های ترکیبی (سننتیک^۱)

پس از تولید لاین های خالص و انتخاب آنها از لحاظ قابلیت های ترکیب، دیگر نمی توان هیچ پیشرفتی را از این لاین ها انتظار داشت. برای پیشرفت بیشتر، باید مجموعه جدیدی از لاین های خالص را از درون یک جمعیت پایه اصلاح نژاد تولید کرد. جمعیت پایه جدید ممکن است با عمل انتخاب و بدون خالص سازی، اصلاح نژاد شده باشد یا از تلاقی لاین های خالص (انتخاب شده) تشکیل شود. تلاقی تعدادی از این لاین ها و سپس آمیزش تصادفی بین افراد F_1 و همچنین در نسل های بعد باعث ایجاد یک جمعیت ترکیبی جدید می شود. قابلیت ترکیب عمومی لاین ها، که بر اثر واریانس افزایشی است، در این جمعیت ترکیبی، حفظ می شود. بر اثر تفرق ژنی در نسل F_2 و نسل های بعد می توان مجموعه جدیدی از لاین های خالص را تولید کرد که ترکیبات ژنی آنها متفاوت از لاین های تشکیل دهنده این جمعیت ترکیبی باشد. بدین ترتیب، می توان در مورد قابلیت های ترکیب، بیشتر پیشرفت کرد. به عبارت دیگر، طی این فرآیند، علاوه بر بهبود عملکرد دورگ ها، عملکرد خود لاین های خالص نیز افزایش می یابد. انواع زنبور عسل دورگ یا ترکیبی که در حال حاضر وجود دارند، نتیجه دو یا چند دوره خالص کردن و دورگ گیری هستند. این موضوع از نظر اقتصادی مهم است؛ زیرا

1- Synthetic.

ملکه دورگ، که برای زنبورداری تجارتي فروخته می‌شود، به وسیله یک والد خالص تولید می‌شود (۱۵، ۷۶).

ترکیب‌های سه و چهار لاینی

مشکلات عملی مربوط به محصول کم در لاین‌های خالص را می‌توان با استفاده از ترکیب‌های سه لاینی و چهار لاینی برطرف کرد. با آن‌که استفاده از این ترکیب‌ها گاه باعث کاهش عملکرد و یک‌نواختی می‌شود، با بررسی ترکیب لاین‌های متفاوت، می‌توان افزایش عملکرد مناسبی داشت. این روش در تولید زنبورهای عسل دورگ استفاده گسترده‌ای دارد (۱۵، ۴۷).

روش‌های تلاقی

تلاقی دولاینی^۱

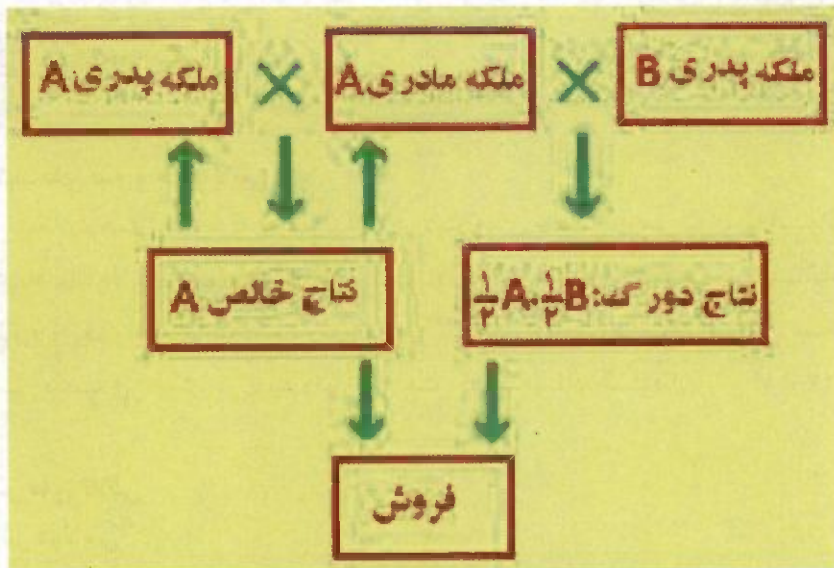
این روش تلاقی، ساده‌ترین انواع آن است. در این روش، موجودات دو لاین خالص برای تلاقی در نظر گرفته می‌شوند و خلوص دو لاین والد تغییر نمی‌کند. فقط از هتروزیس موجودات F_1 استفاده می‌شود. این روش تلاقی شامل چندین نوع، به شرح زیر است (۱۰):

۱- تلاقی پایانه‌ای^۲ دو لاین

در این روش، موجودات دو لاین خالص به طور دائم با هم تلاقی داده می‌شوند و تمام نتاج آمیخته به صورت تجارتي به فروش می‌رسند و از آن‌ها برای آمیزش استفاده نمی‌شود. فرض می‌شود یک جامعه دارای ژنوتیپ A است و در این جامعه، به طور مداوم عمل انتخاب انجام می‌شود و ملکه‌های دارای ارزش ارثی خوب، به صورت مولد انتخاب می‌شوند. حال اگر از ملکه پدری یک لاین دیگر B نیز برای آمیزش با ملکه‌های مادری لاین A استفاده شود، باید تمام نتاج دورگ را بفروشدند و از هیچ‌یک از آنها، برای آمیزش و تولید نسل بعد استفاده نکنند (طرح زیر). لذا این نوع تلاقی را تلاقی پایانه‌ای گویند.

1- Two breed crosses.

2- Terminal cross breeding.



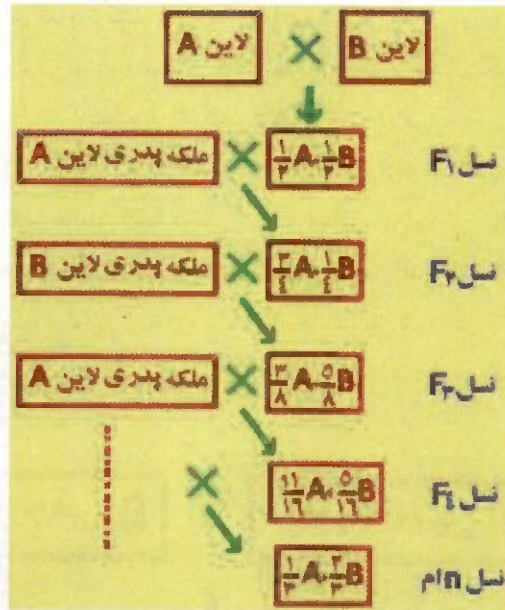
همان‌طور که در طرح دیده می‌شود، علاوه بر نتاج دورگ، نتاج خالص نیز، که ارزش ارثی آنها خوب نیست، حذف می‌شوند و به فروش می‌رسند. چون نتاج آمیخته دارای نصف ژن‌های لاین A و نصف ژن‌های لاین B هستند، ترکیب ژنتیک آنها به صورت $\frac{1}{4}A$ و $\frac{1}{4}B$ است.

۲- تلاقی متناوب دو لاین

این نوع تلاقی را تلاقی متقاطع^۱ هم می‌نامند. در این نوع تلاقی، ابتدا دو لاین A و B با هم تلاقی داده می‌شوند. سپس ملکه‌های مادری آمیخته AB (F_1) با ملکه‌های پدری لاین A تلاقی می‌کند و نتاج F_2 به وجود می‌آید. ملکه‌های مادری F_2 را با ملکه‌های پدری لاین B تلاقی می‌دهند و این عمل به همین ترتیب برای نسل‌های متوالی ادامه پیدا می‌کند. اگر در تلاقی‌های متوالی، فقط از یک لاین یا یک نژاد استفاده شود، به آن تلاقی عقب‌گرد^۲ می‌گویند.

1- Criss crossing

2- Back crossing.



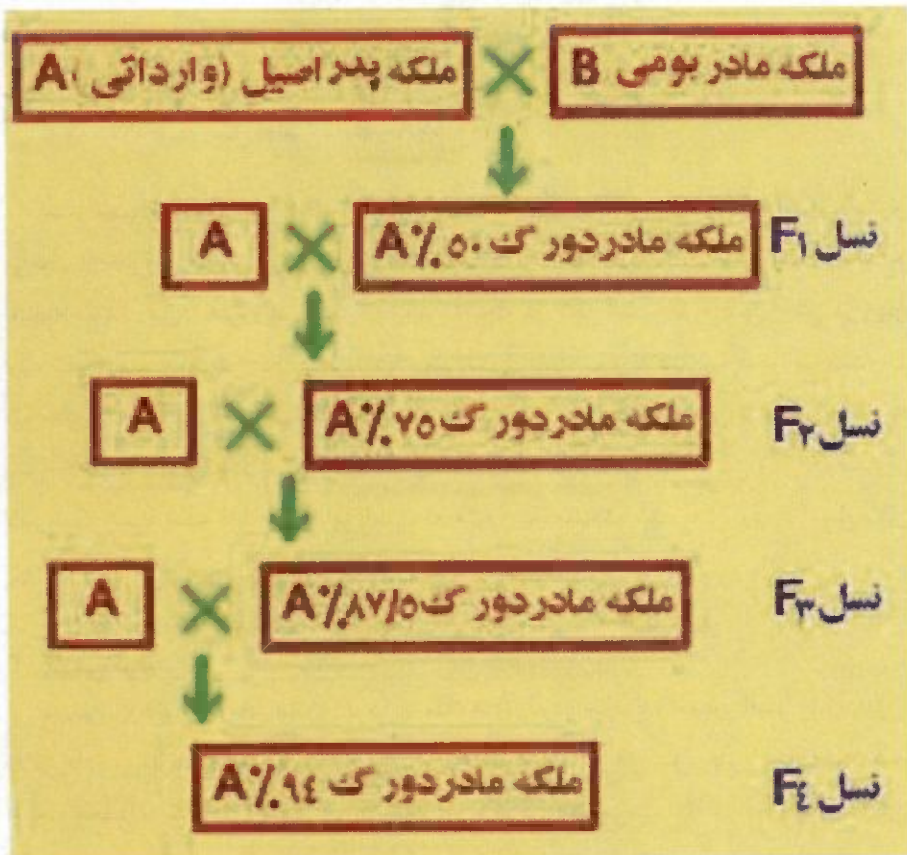
امتیاز مهم این روش این است که مادرها (ملکه‌های مادری) نیز مانند نتاج آمیخته‌اند و می‌توان از خلوص هتروزیس در آنها نیز استفاده کرد. از آنجا که در این روش، مادر و نتاج آمیخته هستند، میزان هتروزیس بیشتر از روش آمیخته دو لاین است. طرح این روش در زیر ارائه شده است. همان‌طور که در طرح دیده می‌شود، این نوع تلاقی به صورت متناوب ملکه‌های پدری لاین A و B با ملکه‌های مادری آمیخته در هر نسل تلاقی شده و بعد از n نسل تلاقی به حالت تعادل می‌رسد که دارای ۶۷ درصد ژنوتیپ از یک لاین و ۳۳ درصد از لاین دیگر است. نکته قابل توجه این است که هتروزیس مشاهده شده نسل اول، در نسل‌های بعد کاهش می‌یابد و در حال تعادل $\frac{2}{3}$ از هتروزیس مشاهده شده اولیه وجود دارد.

۳- تلاقی ترفیعی^۱

در این روش، ملکه‌های مادری بومی با ملکه‌های پدری خالص و ممتاز (اصیل یا وارداتی) تلاقی داده می‌شوند تا عملکرد کلنی‌های بومی افزایش یابد. در هر نسل، بهترین ملکه‌های ماده آمیخته مجدداً با ملکه‌های پدری خالص (وارداتی) تلاقی داده می‌شوند تا سرانجام، ملکه‌های

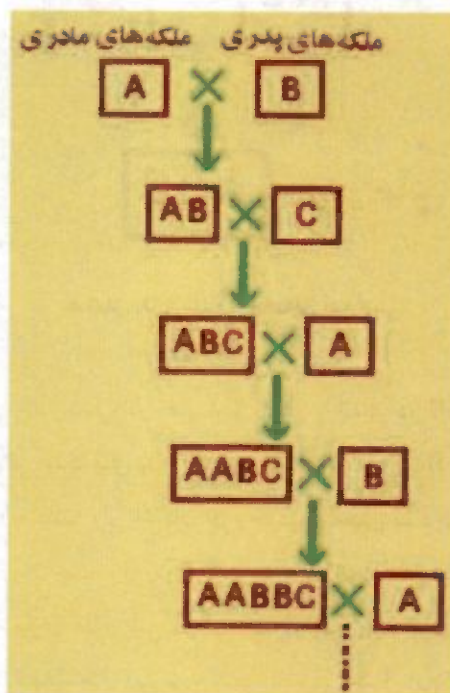
1- Grading up.

زنبورستان تقریباً دارای تمام ترکیب ژنی ملکه پدری خالص شوند. از این روش برای اصلاح نژاد ملکه‌های مادری بومی و در وضعیتی که از نظر اقتصادی، امکان نگهداری تعداد زیادی ملکه اصیل خارجی نباشد، استفاده می‌شود. طرح این روش تلاقی به صورت زیر است. در نسل چهارم ملکه‌های مادری (بومی) تقریباً ۹۴ درصد از ژن‌های نژاد خالص پرتولید را دارند که می‌توان آنها را جزو نژاد خالص (A) در نظر گرفت. اجرای این روش سال‌ها طول می‌کشد. زیرا در هر نسل باید ملکه‌های مادری انتخاب شوند و سپس اقدام به تلاقی آنها شود. در این روش تلاقی، در نهایت، فراوانی ژن‌های نژاد (A) حداکثر می‌شود؛ در ضمن نتاج هتروزیگوت است و بخشی از خصوصیات مفید نژاد بومی به نسل دورگ منتقل می‌شود.



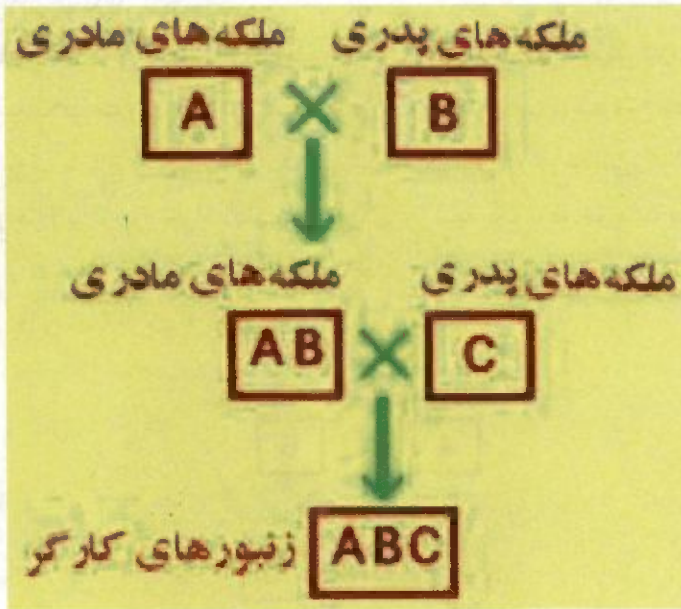
تلاقی سه لایینی و چهار لایینی

روش تلاقی سه لایینی به دو نوع متناوب و پایانه‌ای تقسیم می‌شود. روش تلاقی متناوب سه لایینی شبیه تلاقی متناوب دو لایینی است که در آن، ملکه‌های پدری سه لاین متفاوت A و B و C به تناوب با نتاج آمیخته تلاقی داده می‌شوند. در این روش تلاقی، کمترین میزان هم‌خونی در هر لاین وجود خواهد داشت و کل لاین‌ها شبیه یک توده خواهند بود. در این حالت، بعد از n نسل ترکیب ژنی نتاج به حالت تعادل می‌رسد و به صورت $14/3$ درصد A، $57/1$ درصد B و $28/6$ درصد از لاین C خواهد شد (تصویر ۸-۸).



▲ شکل ۸-۸- تلاقی متناوب سه لایینی

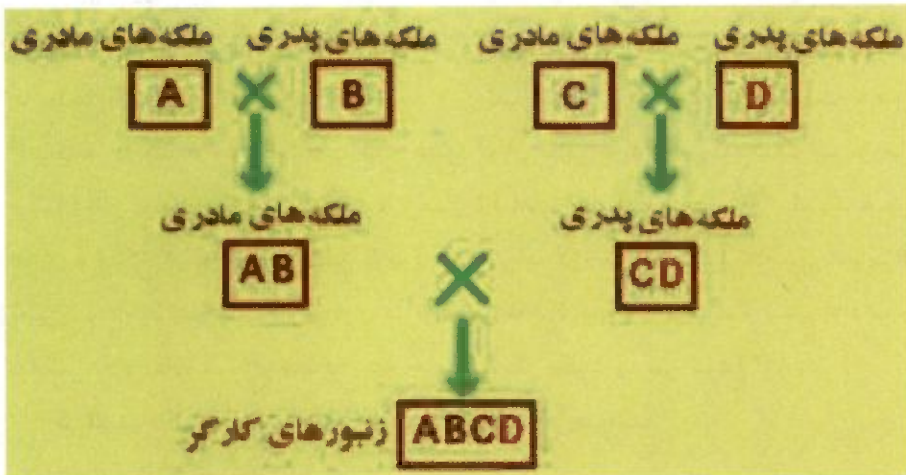
در روش تلاقی پایانه‌ای سه لاین، ابتدا دو لاین A و B با هم و سپس نتاج حاصل با لاین C تلاقی داده می‌شود (تصویر ۸-۹) و آمیخته‌های سه لایینی حاصل به بازار فرستاده می‌شوند (۶).



▲ شکل ۸-۹- تلاقی پایانه‌ای سه لایه‌ای

این روش تلاقی در زنبور عسل، در مقایسه با تلاقی پایانه‌ای دو لایه‌ای، ارجح است. چون در روش دو لایه‌ای، با تلاقی ملکه‌های پدری A و ملکه‌های مادری B، زنبورهای کارگر AB تولید نمی‌شود که دورگ هستند؛ ولی اشکال آن وجود ملکه‌های مادری B خالص است که میزان هم‌خونی در آنها زیاد است. ولی در روش سه لایه‌ای این اشکال برطرف می‌شود. چون ملکه‌های مادری AB و میزان هتروزیس در آن زیاد (و میزان هم‌خونی کم) است. زنبورهای کارگر نیز ABC هستند. تنها اشکال این نوع تلاقی در زنبور عسل این است که ملکه‌های پدری (C) خالص هستند و میزان هم‌خونی آنها زیاد است.

روش تلاقی پایانه‌ای چهارلایه‌ای به صورت ترکیب دو آمیخته AB و CD است که خود به ترتیب از تلاقی BxA و CxD تولید می‌شوند (تصویر ۸-۱۰). در این نوع تلاقی، تولید دورگ‌های AB و CD باید هم‌زمان باشد تا تلاقی نهایی امکان‌پذیر شود.



▲ شکل ۸-۱- تلاقی پایانه‌ای چهار لاینی

در اصلاح نژاد زنبور عسل، این روش تلاقی در مقایسه با روش تلاقی سه لاینی ارجح است؛ زیرا دیگر مسئله اثر سوء هم‌خونی در ملکه‌های لاین پدری وجود ندارد و ملکه‌های پدری نهایی (CD) خود دورگ هستند. البته هزینه تولید و نگهداری لاین‌ها در این روش بیشتر است.

برای تولید زنبورهای دورگ مهم تجاری استارلاین و میدنایت از روش تلاقی چهار لاینی استفاده می‌شود؛ به این صورت که استارلاین از چهارلاین با منشأ نژاد ایتالیایی و میدنایت از چهارلاین با منشأ نژاد قفقازی تولید می‌شوند. البته باید توجه داشت که حداکثر هتروزیس، بین دو لاین ایجاد می‌شود و به عبارت دیگر، میزان هتروزیس در زنبورهای کارگر AB بیشتر از زنبورهای کارگر ABC و ABCD است.

برای شناسایی و انتخاب لاین‌ها و نژادهای پدری و مادری از تلاقی‌های دوطرفه استفاده می‌شود.

تلاقی دوطرفه^۱

در ابتدا این روش، تلاقی دوطرفه (برگشتی) بین دو لاین و بررسی نتاج حاصل از آن بود. اما بعدها به صورت تلاقی دوطرفه بین چند لاین تغییر یافت و در عمل به صورت تلاقی چندطرفه^۲ درآمد. اما هنوز در اغلب منابع علمی، به آن تلاقی دوطرفه می‌گویند. با این روش می‌توان آثار گوناگون حاصل از تلاقی لاین‌های (گاهی نژادهای) متفاوت را با روش‌های آماری و اصلاح نژاد تجزیه و تحلیل کرد. در صورتی که لازم باشد عملکرد تلاقی چند نژاد تعیین شود، باید تمام ملکه‌های مادری هر نژاد با ملکه‌های پدری آن نژاد و سایر نژادها و برعکس تلاقی داده شوند و عملکرد نتاج حاصل، از نظر صفات بررسی شود (۳).

اگر a تعداد لاین‌های (نژادهای) مورد استفاده در تلاقی‌ها باشد؛

$$a \times a = a^2 = \text{تعداد کل تلاقی‌ها}$$

$$a(a-1) = \text{تعداد دورگ‌ها}$$

اگر اثر تلاقی معکوس ملکه‌های پدری و مادری مطرح نباشد ($AB = BA$) تلاقی‌های لازم نصف این تعداد خواهند شد. مزایای روش تلاقی دوطرفه و نتاج حاصل از آن، در مثال زیر ارائه شده است.

مثال: در یک برنامه اصلاح نژادی زنبورعسل، برای سنجش، ملکه‌های چهار لاین A، B، C و D به صورت جدول ۸-۴ با هم تلاقی داده شده‌اند و صفت تولید عسل حاصل از هریک از تلاقی‌ها به صورت جدول ۸-۵ ارائه شده است.

جدول ۸-۴- تلاقی دوطرفه بین چهار لاین زنبورعسل

ملکه پدری ملکه مادری	A	B	C	D
A	AA	AB	AC	AD
B	BA	BB	BC	BD
C	CA	CB	CC	CD
D	DA	DB	DC	DD

1- Diallel cross.

2- Polyallel cross.

جدول ۸-۵- تولید عسل در ترکیب‌های تلاقی دوطرفه چهار لاین (کیلوگرم)

ملکه پدري ملکه مادري	A	B	C	D	جمع
A	۲۱	۲۴	۲۳	۲۵	۹۳
B	۲۲	۲۳	۲۴	۲۲	۹۱
C	۲۵	۲۳	۲۱	۲۲	۹۱
D	۲۴	۲۳	۲۲	۲۴	۹۳
جمع	۹۲	۹۳	۹۰	۹۳	۳۶۸

در این حالت، میانگین کل وزن عسل تولیدی به صورت زیر است:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = \frac{368}{16} = 23 \text{ (kg)}$$

اثر نژادها^۱

اثر هر لاین یا نژاد (ژنوتیپ) را با معادله زیر می‌توان برآورد کرد:

$$G_i = \frac{\text{مجموع عملکرد فرزندان حاصل از ملکه پدر یا مادر نژاد مورد نظر}}{(۸-۸)}$$

تعداد ترکیب

بنابراین میانگین عملکرد (kg) این چهار لاین به صورت زیر است:

$$G_A = \frac{93 + 92}{8} = 23 / 125$$

$$G_C = \frac{91 + 90}{8} = 22 / 625$$

$$G_B = \frac{93 + 92}{8} = 23$$

$$G_D = \frac{93 + 93}{8} = 23 / 25$$

اثر مادری^۲ و اثر تلاقی معکوس^۳

اثر مادری و اثر محیط مشترک کلنی، از آثار مهم در اصلاح نژاد زنبور عسل است؛ زیرا فرمون ملکه یا ذخیره غذایی تخم در میزان رشد نوزادان مؤثر است. برای تعیین اثر مادری

1- Breed effect.

2- Maternal effect

3- Reciprocal effect

برای یک لاین (یا نژاد)، باید مجموع آثاری که این لاین به صورت ملکه مادر بوده است، با مجموع آثاری که این لاین به صورت ملکه پدر بوده است، مقایسه شود. تفاوت این دو میانگین به دلیل آثار مادری لاین موردنظر است. آثار مادری از معادله زیر برآورد می‌شود. اما باید توجه داشت که در مجموع تلاقی‌ها، مجموع آثار مادری باید مساوی صفر شود.

$$M_i = \frac{\sum_{i=1}^N X_{if} - \sum_{i=1}^N X_{im}}{n} \quad (9-8)$$

M_i = اثر مادری لاین i

$\sum_{i=1}^N X_{if}$ = مجموع اثراتی که لاین مربوطه N ملکه مادری باشد.

$\sum_{i=1}^N X_{im}$ = مجموع آثاری که لاین مربوطه N ملکه پدری باشد.

n = تعداد دفعاتی که لاین مربوطه ملکه مادری یا پدری باشد.

در مثال بالا، آثار مادری به صورت زیر خواهد بود:

$$M_A = \frac{93-92}{4} = 0.25$$

$$M_C = \frac{91-90}{4} = 0.25$$

$$M_B = \frac{91-93}{4} = -0.5$$

$$M_D = \frac{93-93}{4} = 0$$

$$\sum M_i = 0.25 + 0.25 + (-0.5) + 0 = 0 \quad (\text{جمع})$$

اگر عملکرد آمیخته AB (A ملکه‌های مادری و B ملکه‌های پدری) و آمیخته BA (B ملکه‌های مادری و A ملکه‌های پدری) با هم تفاوت داشته باشد، اثر تلاقی معکوس وجود دارد. به این ترتیب می‌توان برای صفات گوناگون و شرایط متفاوت، مشخص کرد که کدام لاین را باید لاین مادری و کدام لاین را باید لاین پدری در نظر گرفت تا عملکرد بهتری داشته باشد. در زنبورعسل، صفت (اثر) وابسته به جنس وجود ندارد و به این سبب، اثر تلاقی معکوس، شبیه اثر مادری می‌شود.

در مثال بالا، عملکرد ترکیب‌های دو لاین A و B به شرح زیر است.

$$AB = 24$$

$$BA = 22$$

$$24 - 22 = 2 \text{ kg}$$

تفاوت ۲ کیلوگرم در تولید عسل دلیل تلاقی معکوس است. اما در مورد دو لاین C و D این اثر وجود ندارد.

$$CD = DC = ۲۲\text{Kg}$$

در یک بررسی مشخص شد که اگر نژاد مادری ایتالیایی و نژاد پدری کارنیولان باشد، رفتار دفاعی نتاج متوسط و تولید عسل ۷۰ درصد بیشتر از میانگین کل تولید دو نژاد خواهد شد. ولی برعکس، اگر نژاد مادری کارنیولان باشد، رفتار نتاج آرام و تولید آنها ۱۵ درصد بیشتر از میانگین کل است (۶).

برآورد اثر هتروزیس

همان‌طور که توضیح داده شد، هتروزیس برتری حیوان دورگ نسبت به والدین است. مقدار هتروزیس از معادله زیر برآورد می‌شود:

$$H = \frac{\bar{X}_f - \bar{X}_p}{\bar{X}_p} \times 100 \quad (۷-۸)$$

H = درصد هتروزیس لاین (نژاد)

\bar{X}_f = میانگین عملکرد فرزند دورگ

\bar{X}_p = میانگین عملکرد والدین

در این مثال، مقادیر هتروزیس تلاقی هریک از لاین‌ها با توجه به تلاقی معکوس والدین به صورت زیر است:

$$H_{AB} = \frac{۲۴ - ۲۳/۰۶}{۲۳/۰۶} \times 100 = ۴/۰۷۶$$

$H_{AB} = ۴/۰۷۶$	$H_{AD} = ۷/۸۱$	$H_{BD} = -۴/۸۹$
$H_{BA} = -۴/۶$	$H_{DA} = ۳/۴۱$	$H_{DB} = -۰/۵۶$
$H_{AC} = ۰/۵۲۴$	$H_{BC} = ۵/۲۱$	$H_{CD} = -۴/۱$
$H_{CA} = ۹/۲۷$	$H_{CB} = ۰/۸۳$	$H_{DC} = -۴/۱$

مقدار هتروزیس کل صفت مورد نظر برابر است با:

$$(0-8) \text{ میانگین دورگ‌ها (از جدول ۸-۵)} = \frac{24+23+0+22}{12} = \frac{279}{12} = 23/25 \text{ (kg)}$$

$$\text{کل } H = \frac{23/25 - 23}{23} \times 100 = 1/078$$

برآورد اثر هم‌خونی

مقدار تأثیر هم‌خونی^۱ بر هر لاین از معادله زیر برآورد می‌شود:

$$IE_i = X_i - G_i \quad (10-8)$$

IE_i = مقدار اثر هم‌خونی نژاد i

X_i = میانگین فرزندان خالص نژاد i

G_i = اثر (عملکرد) نژاد i

همچنین مقدار تأثیر هم‌خونی کل نژادها از معادله زیر برآورد می‌شود.

$$IE_t = \bar{X}_i - \bar{X} \quad (11-8)$$

IE_t = مقدار کل تأثیر هم‌خونی لاین‌ها

\bar{X}_i = میانگین تولید فرزندان خالص لاین‌ها (i)

\bar{X} = میانگین تولید کل

در این مثال، میزان تأثیر هم‌خونی هر لاین و تأثیر هم‌خونی کل به صورت زیر برآورد

می‌شود:

$$IE_A = 21 - 23/1 = -2/1$$

$$IE_C = 21 - 22/6 = -1/6$$

$$IE_B = 23 - 23 = 0$$

$$IE_D = 24 - 23/2 = 0/8$$

$$IE_t = \frac{21+23++24+21}{4} = 22/25 - 23 = -0/75 \text{ (کل)}$$

مفهوم عدد $-2/1$ (IE_A) این است که هم‌خونی باعث کاهش $2/1$ کیلوگرم عسل از

میانگین تولید لاین A شده است و مفهوم عدد $-0/75$ (IE کل) این است که هم‌خونی باعث

کاهش $0/75$ کیلوگرم عسل بر میانگین کل لاین‌ها شده است.

تعیین قدرت ترکیب عمومی^۱

همان‌طور که توضیح داده شد، قدرت ترکیب عمومی هر لاین یا نژاد، به دلیل آثار افزایشی ژن‌ها ایجاد و از طریق معادله زیر برآورد می‌شود:

$$GCA_{(i)} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} - \bar{X} \quad (12-8)$$

$$GCA_{(i)} = \text{قدرت ترکیب عمومی لاین } i$$

$$= \sum_{i=1}^n X_i = \text{مجموع عملکرد فرزندان که آن لاین به صورت یکی از والدین بوده است.}$$

$$n = \text{تعداد ترکیب‌ها}$$

$$\bar{X} = \text{میانگین کل صفت در جمعیت}$$

چون نصف ژن‌های فرزندان از هریک از والدین است، قدرت ترکیب عمومی فرزندان دو لاین (نژاد) مساوی میانگین قدرت ترکیب عمومی والدین می‌شود. بنابراین:

$$GCA_{(AB)} = \frac{GCA_{(A)} + GCA_{(B)}}{2} \quad (13-8)$$

در این مثال، قدرت ترکیب عمومی لاین‌ها برای صفت تولید عسل به صورت زیر است:

$$GCA_{(A)} = \frac{24 + 23 + 25 + 22 + 25 + 24}{6} - 23 = 0/83$$

$$GCA_{(B)} = 0, \quad GCA_{(C)} = 0, \quad GCA_{(D)} = 0$$

یعنی تولید عسل فرزندان لاین A در تلاقی‌های متفاوت، به طور متوسط ۰/۸۳ کیلوگرم بیشتر از میانگین کل خواهد بود. قدرت ترکیب عمومی آمیخته‌ها هم به صورت زیر است:

$$GCA_{(AB)} = \frac{0/83 + 0}{2} = 0/415$$

$$GCA_{(AC)} = 0/5, \quad GCA_{(AD)} = 0/415, \quad GCA_{(BC)} = 0/085$$

$$GCA_{(BD)} = 0, \quad GCA_{(CD)} = 0/85$$

1- General combination ability.

تعیین قدرت ترکیب خاص^۱

فرزندان حاصل از تلاقی بین لاین‌ها، آثار خاصی دارند که با سایر فرزندان حاصل از تلاقی لاین‌های دیگر متفاوت است. از آن‌جا که این آثار در ترکیب بین دو لاین خاص ظاهر می‌شود، به آن قدرت ترکیب خاص می‌گویند. قدرت ترکیب خاص در اثر ژن‌های غیرافزایشی است؛ بنابراین، در تلاقی دو لاین A و B نتاج حاصل به شرح زیر دارای ژنوتیپ هتروزیگوت هستند:

$$A(BB, dd, EE, ff) \times (bb, DD, ee, FF) = (Bb, Dd, Ee, Ff)$$

برای بررسی قدرت ترکیب خاص بین دو لاین در روش تلاقی دوطرفه می‌توان از معادله زیر استفاده کرد:

$$SCA_{(AB)} = P_{(AB)} - \left(\bar{X} + \frac{GCA_{(A)} + GCA_{(B)}}{2} + M_{(A)} \right) \quad (14-8)$$

$$SCA_{(AB)} = \text{قدرت ترکیب خاص دو لاین A و B}$$

$$P_{(AB)} = \text{عملکرد فرزندان حاصل از تلاقی دو لاین A و B}$$

$$\bar{X} = \text{میانگین کل صفت}$$

$$GCA_{(A)} = \text{قدرت ترکیب عمومی لاین مادری}$$

$$GCA_{(B)} = \text{قدرت ترکیب عمومی لاین پدری}$$

$$M_{(A)} = \text{اثر مادری}$$

در این مثال، قدرت ترکیب خاص با وجود اثر مربوط به تلاقی معکوس لاین‌های زنبور عسل به صورت جدول زیر است:

$$SCA_{(AB)} = 24 - \left(23 + \frac{0/83 + 0}{2} + 0/25 \right) = 0/335$$

نژاد پدر نژاد مادر	A	B	C	D
A	-۳/۰۸	۰/۳۳۵	-۰/۷۵	۱/۳۳۵
B	-۰/۹۱۵	۰/۵	۱/۴۱۵	-۰/۵
C	۱/۲۵	-۰/۳۳۵	-۰/۴۲	-۰/۱۳۳۵
D	۰/۵۸۵	۰	-۱/۰۸۵	+۱

قدرت ترکیب خاص لاین‌های بالا، بدون در نظر گرفتن اثر تلاقی معکوس، به صورت زیر

است:

$$SCA_{(A,B)} = \frac{SCA_{(AB)} + SCA_{(BA)}}{2} \quad (15-8)$$

$$SCA_{(A,A)} = ۳/۰۸$$

$$SCA_{(B,C)} = ۰/۵۴$$

$$SCA_{(A,B)} = ۰/۲۹$$

$$SCA_{(B,D)} = ۰/۲۵$$

$$SCA_{(A,C)} = ۰/۲۵$$

$$SCA_{(C,C)} = ۰/۴۲$$

$$SCA_{(A,D)} = ۰/۹۶$$

$$SCA_{(C,D)} = ۱/۲۱$$

$$SCA_{(B,B)} = ۰/۵$$

$$SCA_{(D,D)} = ۱$$

برای مثال، با ترکیب دو لاین A و C میانگین وزن عسل ۰/۲۵ کیلوگرم بیشتر از میانگین

کل کلنی‌هاست.

تولید لاین در زنبور عسل

لاین به گروهی از ملکه‌های یک نژاد گفته می‌شود که دارای روابط خویشاوندی دور^۱ باشند. در نتیجه، جمعیت کلنی‌های یک زنبورستان^۲، که روابط خویشاوندی و روند تولید مشخصی ندارند، لاین نیستند. تولید لاین شرایطی دارد که باید به آن توجه کرد؛

۱- در هر لاین، تعدادی صفات مهم اندازه‌گیری می‌شود و ملکه‌های برتر دارای رابطه خویشاوندی (شجره) با آزمون عملکرد انتخاب می‌شوند.

۲- برای جلوگیری از آثار سوء هم‌خونی، تعداد ملکه‌های پدری باید حداقل ۶ تا ۸ و تعداد ملکه‌های مادری ۳۰ تا ۳۵ باشد. همچنین نباید از ملکه‌های مادری دارای روابط خویشاوندی نزدیک (خواهران یا مادر دختری) استفاده شود. هر چه تعداد ملکه‌ها در نسل اول کمتر باشد، عوارض هم‌خونی در نتاج بیشتر ظاهر می‌شود (۷۵).

۳- با توجه به تأثیر بیشتر کلنی‌های پدری در آمیزش‌ها توصیه می‌شود بهترین کلنی‌ها به صورت کلنی‌های پدری انتخاب شوند.

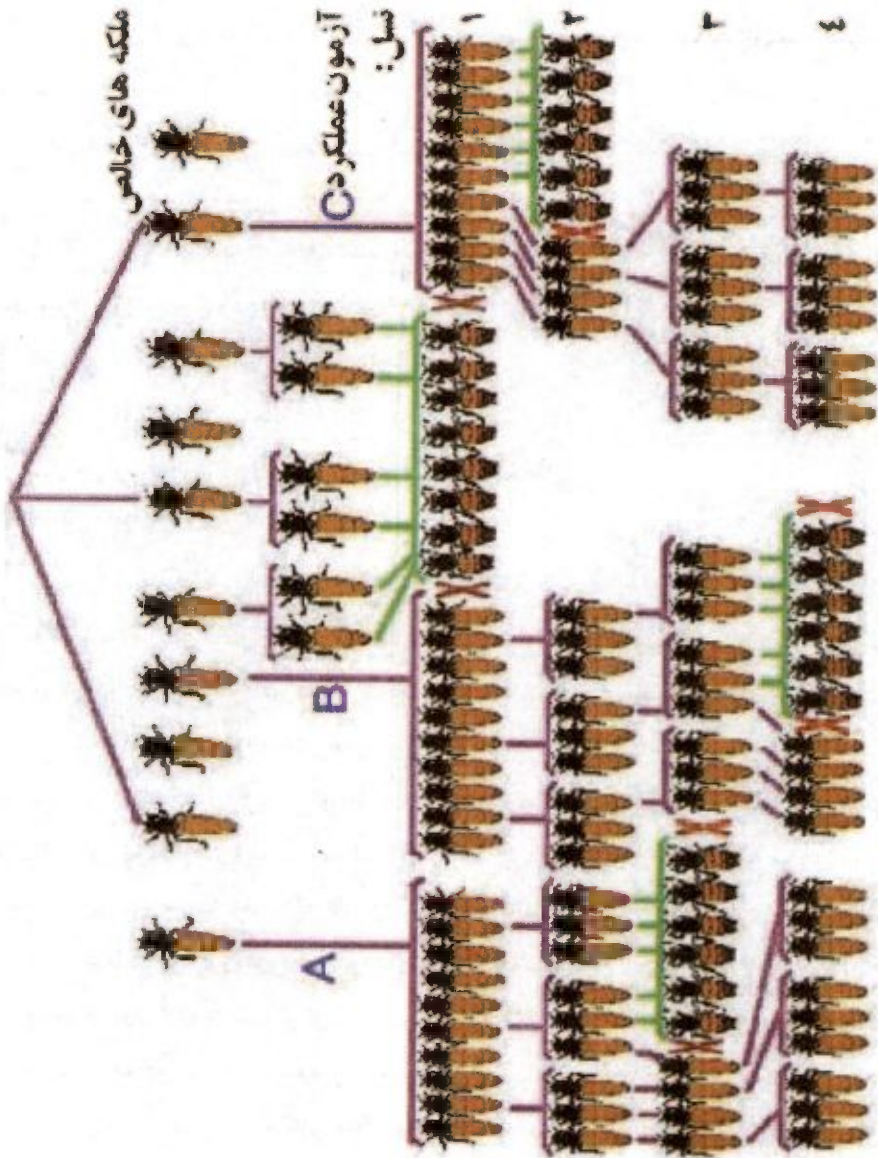
۴- برای کنترل خلوص نژاد یا لاین، بهتر است از دان‌انگاری، روش‌های بیوشیمیایی یا صفات ظاهری (رنگ بدن و ...) استفاده شود.

۵- به دلیل وجود اثر متقابل ژنتیک و محیط، لازم است نژادها یا لاین‌هایی بررسی شوند که با وضعیت محیطی مورد نظر، تطابق داشته باشند.

برای شروع تولید لاین، حداقل به سه لاین مستقل نیاز است. اما اگر از چهار لاین استفاده شود، بهتر است. هر سال زنبورهای نر تولید شده از هر یک از این لاین‌ها به ایستگاه‌های کنترل شده منتقل شوند (یا روش تلقیح مصنوعی) و با تلاقی با ملکه‌های لاین خود اقدام به تولید و حفظ لاین‌های مورد نظر شود. همچنین باید که در سال اول پس از خریداری ملکه‌ها، آنها را آزمود. به این صورت که از هر ملکه مادری، چند ملکه دختری تکثیر و آزمایش می‌شوند. بر اساس نتایج آزمون عملکرد، سه نوع ملکه مادری A، B و C به صورت پرورش‌دهنده ملکه و دختران آنها به صورت پرورش‌دهنده زنبورهای نر و نیز ملکه دختری انتخاب می‌شوند (تصویر ۸ - ۱۱).

1- Out breeding.

2- Stock



▲ شکل ۸-۱۱- طرح روتنر برای تولید و تلاقی سه لاین (۷۶)

سال اول پرورش: تعداد زیادی ملکه از سه نوع A، B و C تولید می‌شود و سپس با زنبورهای نر تولید شده از همان ملکه‌های مادری تلاقی داده می‌شوند. این سه گروه، اولین نسل از ملکه‌های مادری لاین‌های A، B و C را تشکیل می‌دهند. تمام کلنی‌ها بر اساس صفات تولیدی، آزمون عملکرد می‌شوند و کلنی‌های برتر انتخاب می‌شوند.

سال دوم پرورش: زنبورهای نر از لاین C و ملکه‌ها از:

۱- لاین C: لاین خالص

۲- لاین A و B: (لاین آمیخته) تکثیر همراه با آزمون عملکرد

سال سوم پرورش: زنبورهای نر از لاین A و ملکه‌ها از:

۱- لاین A: (لاین خالص)

۲- لاین B و C: (لاین آمیخته) تکثیر و آزمون عملکرد

سال چهارم پرورش: زنبورهای نر از لاین B و ملکه‌ها از:

۱- لاین B: لاین خالص

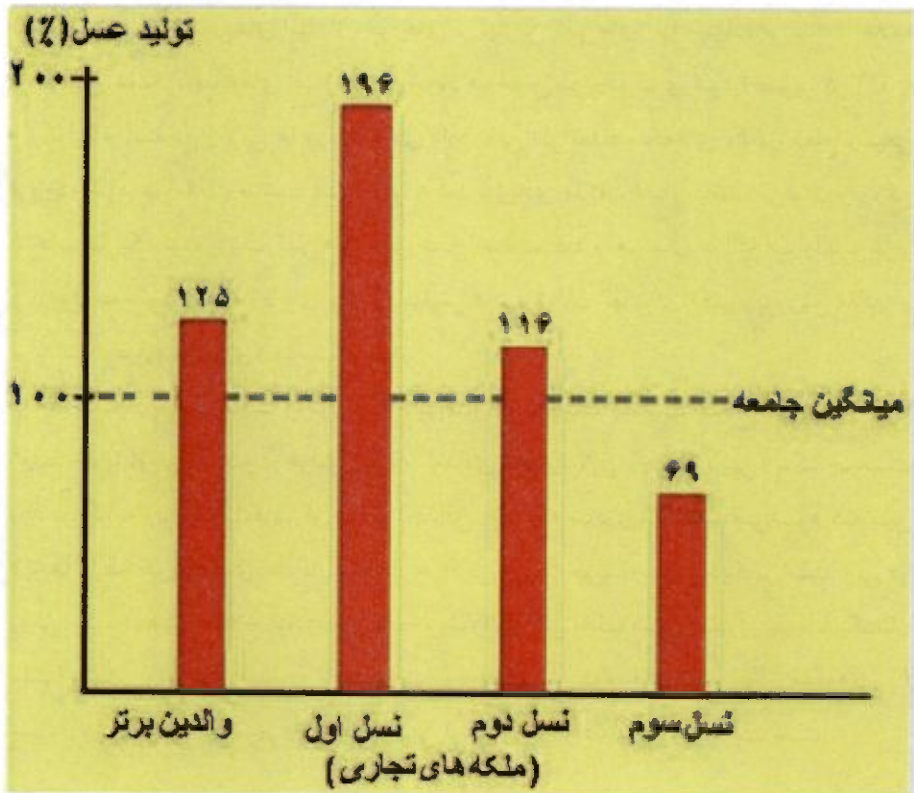
۲- لاین A و C: (لاین آمیخته) تکثیر و آزمون عملکرد

به ترتیب لاین‌های A و B و C با استفاده از تلقیح مصنوعی یا ایستگاه کنترل شده، آمیزش داده می‌شوند. در این برنامه هم‌زمان با انتخاب دائم صفات تولیدی؛ نظیر تولید عسل، سرعت و کیفیت تخم‌گذاری، می‌توان تلاقی‌ها را برای مدت طولانی ادامه داد و آثار سوء آمیزش خویشاوندی را نیز کنترل کرد. استفاده دائم از تعداد مناسبی ملکه‌های اصلاح شده با حداقل میزان آمیزش خویشاوندی، بسیار مهم است. هر گروه باید حداقل ۳۰ تا ۳۵ ملکه مادری و ۶ تا ۸ ملکه پدری داشته باشد. هر ملکه مادری هم حداقل باید صاحب ۳ ملکه دختری باشد.

چون انتخاب بین گروه‌هایی از زنبورهای خواهر هم‌سن انجام می‌گیرد، این نوع اصلاح نژاد بسیار متداول شده و سریع‌ترین روش برای تولید ملکه‌های اصلاح شده با عملکرد بالا، کاهش میزان هم‌خونی و هم‌گن بودن جمعیت است.

از تلاقی لاین‌های دارای توانایی صحراگردی و شهدآوری زیاد با لاین‌هایی که قدرت ماندگاری خوب و سرعت افزایش جمعیت خوبی دارند، می‌توان صفات مادری و صفات زنبورهای کارگر خوب را تثبیت کرد. استفاده از ملکه‌های اصلاح شده برای مصارف تولیدی

(تجاری) مقرون به صرفه نیست. همچنین استفاده از ملکه‌های تجاری (نسل اول: F_1) برای پرورش ملکه نیز صحیح نیست. زیرا با تکثیر ملکه‌های تجاری، در اثر تفرق ژن‌ها و کاهش هتروزیس، عملکرد ملکه‌های دختری کاهش می‌یابد. معمولاً ملکه‌های نسل F_1 (اول) به دلیل آثار هتروزیس، بیشترین عملکرد را دارند و برای بهره‌برداری زنبورداران فروخته می‌شوند. ولی در صورت تجدید نسل و تکثیر این ملکه‌های دختری دورگ، عملکرد نتاج آنها به شدت کاهش می‌یابد (تصویر ۸-۱۲).

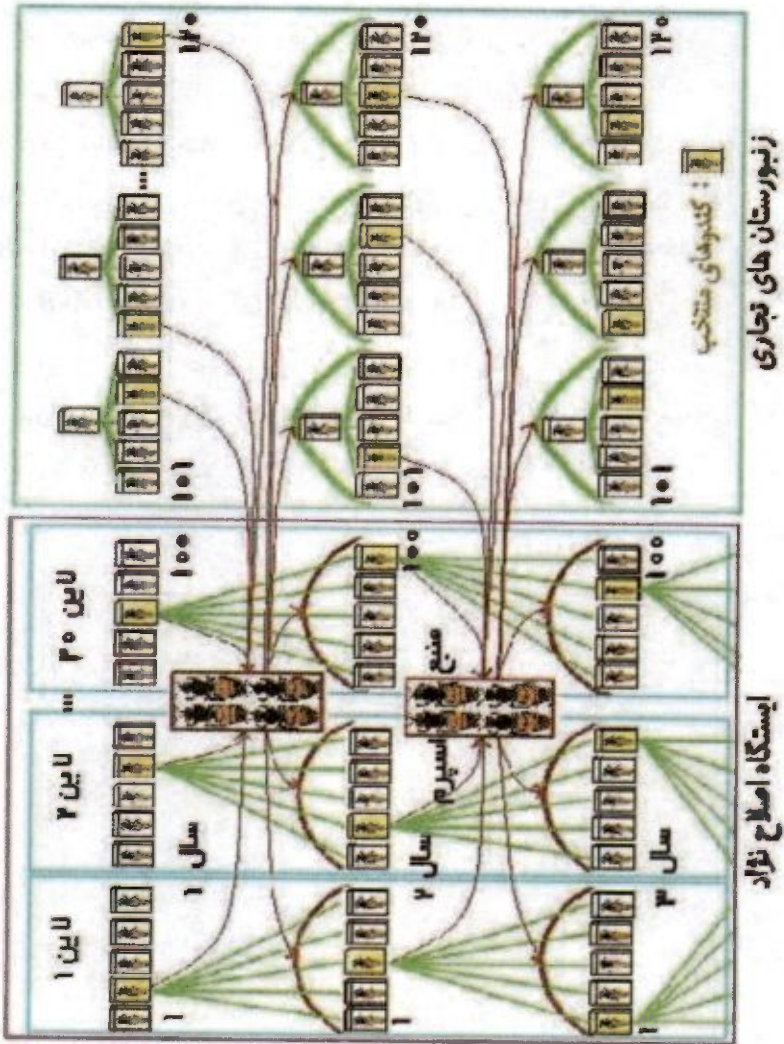


▲ شکل ۸-۱۲- کاهش تولید در نسل‌های بعدی یک ملکه دورگ (۷۶)

به این سبب، توصیه می‌شود از چهار لاین (یا حداقل از سه لاین) به ترتیبی استفاده شود که ملکه‌های مادری به صورت AB و ملکه‌های پدری به صورت CD (یا C) باشند، با هم تلاقی کنند و ملکه‌های دختری آنها، ABCD یا $ABC(F_1)$ ، به زنبورداران فروخته شود. در یک روش تولید لاین، که در غرب استرالیا از آن استفاده می‌شود، ۲۰ خانواده ۵ تایی (۱۰۰ ملکه) وجود دارد. در ایستگاه مربوط، هر سال تعداد ۲۰ ملکه والد انتخاب و از هر یک، ۵ ملکه دختری تکثیر می‌شود. ملکه‌های دختری شماره دارند و با تکثیر و آزمون عملکرد، بهترین آنها ملکه‌های والد مادری و پدری خواهند بود. همچنین با ارتباط با زنبورستان‌های شخصی و بررسی کلنی‌های آنها، از زنبورهای نر بهترین کلنی‌های آنها استفاده می‌کنند تا علاوه بر افزایش عملکرد ملکه‌های اصلاحی، از ایجاد هم‌خونی نیز جلوگیری شود (تصویر ۸-۱۳).

تولید و استفاده از لاین‌ها هزینه زیادی دارد؛ ولی اگر تعداد ملکه‌های F_1 در سطح وسیعی فروخته شود، درآمد آن مناسب است. اگر به تعداد زیادی ملکه F_1 نیاز نباشد، می‌توان از روش انتخاب در یک توده بزرگ کلنی‌های زنبور عسل استفاده کرد و هر سال، با انتخاب والدین برتر و آزمون عملکرد، نسبت ژن‌های برتر را افزایش داد. فرزندان آنها برای تکثیر (پرورش ملکه) و تولیدات (مصارف تجاری) مناسب هستند.

شاید بتوان گفت تفاوت روش تولید لاین‌ها و سیستم یک جمعیت اصلاح نژادی در نوع روابط خویشاوندی است. در تولید لاین، با تعدادی محدود لاین (چهار لاین) یک جمعیت والد بزرگ به زیرجمعیت‌های کوچک‌تر (حداقل ۳۰ ملکه مادری) تقسیم می‌شود که بین لاین‌ها رابطه خویشاوندی حداقل و داخل هر لاین روابط خویشاوندی نزدیک‌تر است. ولی در روش یک جمعیت اصلاح نژادی، روابط خویشاوندی بین ملکه‌های مادری تقریباً یکسان است. مزیت روش اول، استفاده از هتروزیس و امتیاز روش دوم، قابل تکثیر بودن ملکه‌های F_1 است. روش روتنر، که شرح داده شد، ترکیبی از دو روش و دارای هر دو مزیت است.



▲ شکل ۸-۱۳- برنامه تولید لاین در غرب استرالیا

خودآزمایی

- ۱- فاصله مناسب ایستگاه آمیزش با زنبورستان‌های مجاور چه قدر است؟
 - ۲- افزایش ضریب هم‌خونی زنبورستانی که از ۵ کلنی پدری و ۱۰۰ ملکه مادری برای آمیزش‌ها استفاده می‌شود، چه قدر است؟
 - ۳- تأثیر هم‌خونی زنبورهای کارگر پرستار بر زنبورهای نر چگونه است؟
 - ۴- تأثیر هم‌خونی بر کدام یک از زنبورهای کارگر و ملکه بیشتر است؟
 - ۵- تلاقی پایانه‌ای و متناوب دو لاین را توضیح دهید.
 - ۶- کدام روش تلاقی ممکن است حداکثر هتروزیس را در فرزندان ایجاد کند؟
- الف) $A \times B$ ب) $(A \times B) \times A$
- ج) $(A \times B) \times C$ د) $(A \times B) \times (C \times D)$
- ۷- تلاقی سه لاینی و چهار لاینی در زنبورعسل را توضیح دهید.
 - ۸- تفاوت اثر مادری و اثر تلاقی معکوس چیست؟
 - ۹- تفاوت قدرت ترکیب عمومی و ترکیب خاص چیست؟
 - ۱۰- روش تولید لاین روتتر را شرح دهید.

ضمیمه

$$K = \frac{\sum r_{ij} - \frac{(\sum r_{ij})^2}{\sum \sum r_{ij}}}{df_M}$$

$$K = \frac{\text{کل} - \frac{(D)^2 \times M}{\text{کل}}}{df_M} \quad \text{یا}$$

$$K_1 = \frac{\sum \sum r_{ij} - \frac{(\sum r_{ij})^2}{\sum r_{ij}}}{df_{D/M}}$$

$$K_2 = \frac{\sum (\sum r_{ij})^2 / \sum r_{ij} - (\sum \sum r_{ij})^2 / \sum \sum r_{ij}}{df_M}$$

فهرست منابع

- ۱- احمدی، ع، ر. عبادی. ۱۳۸۳؛ پرورش زنبورعسل، اصفهان: ارکان. چاپ دوم: ۵۹۲ ص.
- ۲- ایرانی، م. ۱۳۷۹؛ «کاربرد روش دی آلل کراس در اصلاح نژاد حیوانات مزرعه»، نشریه آموزش‌های علمی - کاربردی، سال اول، شماره ۲: ۲۲-۱۸.
- ۳- بصیری، م. ر. ۱۳۷۴؛ انتخاب در زنبورعسل، دومین سمینار پژوهشی زنبورعسل کشور، کرج: مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، ۱۱-۱۰.
- ۴- بصیری، م. ر. ۱۳۷۶؛ برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات بیولوژیکی در زنبورعسل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- بکر، و. ۱۳۷۲؛ ژنتیک کمی، ترجمه ناصر امام جمعه کاشان. تهران: دانشگاه تهران، ۲۰۶ ص.
- ۶- بینفلد، ک. ۱۳۷۷؛ اصلاح نژاد زنبورعسل (جزوه درسی)، تهران: وزارت جهاد سازندگی.
- ۷- پیرایانی، ع. ا. ۱۳۷۹؛ پرورش زنبورعسل (جزوه درسی)، اردبیل: وزارت جهاد سازندگی.
- ۸- سیدی، س. ۱۳۷۵؛ مطالعه پارامترهای ژنتیکی بعضی از صفات اقتصادی زنبورعسل در منطقه اصفهان، اصفهان: پژوهش و سازندگی، ۹۰-۸۸.
- ۹- شهرستانی، ن. ا. ۱۳۷۰؛ زنبورعسل و پرورش آن، چاپ نهم، تهران: سپهر، ۲۷-۲۴.
- ۱۰- شهیر، م. ح. ۱۳۷۸؛ پرسش‌های چهارگزینه‌ای اصلاح دام، تهران: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگرا، ۱۶۹ ص.
- ۱۱- طهماسبی، غ. ح. ۱۳۷۵؛ بررسی ظاهری و بیوشیمیایی توده‌های زنبورعسل ایران، پایان‌نامه دکتری تخصصی، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۲- طهماسبی، غ. ح. ۱۳۷۷؛ آناتومی و صفات ظاهری زنبورعسل (جزوه درسی)، تهران: مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره).
- ۱۳- عبادی، ر. ۱۳۷۷؛ پرورش زنبورعسل پیشرفته (جزوه درسی)، تهران: مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره).
- ۱۴- عبادی، ر. ۱۳۶۷؛ «مقایسه عملکرد پنج نژاد و دو هیبرید خارجی زنبورعسل با نژاد بومی ایران در منطقه اصفهان». مجله علوم کشاورزی، سال نوزدهم، شماره (۱۹)، ۲۱-۱۱.

- ۱۵- فالکونو، د. س. ۱۳۷۷؛ آشنایی با ژنتیک کمی، ترجمه مصطفی ولی‌زاده و محمد مقدم. تهران: مرکز نشر دانشگاهی، ۵۴۸ ص.
- ۱۶- قره‌داغی، ع. ا. و همکاران. ۱۳۷۹؛ «برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مرفولوژیکی توده زنبور عسل منطقه مرکزی ایران»، چهارمین سمینار پژوهشی زنبور عسل کشور، کرج: مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، ۱۱-۱۲.
- ۱۷- قریشی خسروشاهی، س. ع. ا. ۱۳۷۹؛ برآورد وراثت‌پذیری و همبستگی بعضی صفات ظاهری و بیولوژیکی زنبورعسل منطقه مرکزی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران: مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره).
- ۱۸- لیدلا، ا. ج. ا. ۱۳۶۵؛ پرورش ملکه، ترجمه حسین عراقی. تهران: امیرکبیر، ۲۲۰ ص.
- ۱۹- مستأجران، م. ۱۳۷۵؛ وراثت‌پذیری صفات ظاهری زنبورعسل کارگر و همبستگی آنها با عملکرد کلنی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، اصفهان: دانشگاه صنعتی.
- ۲۰- یاراحمدی، س. ۱۳۷۶؛ تعیین همبستگی فنوتیپی بین تعدادی از صفحات ظاهری و بیولوژیکی در توده زنبوران عسل استان تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران: وزارت جهاد سازندگی.
- ۲۱- یزدی صمدی، ب. و همکاران. ۱۳۷۶؛ طرح‌های آماری در پژوهش‌های کشاورزی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۷۶۴ ص.

- 22- Adams, J., et al. (1977). Estimation of the number of sex alleles and queen mating from diploid male frequencies in a population of *Apis mellifera*, *Genetics*, 86: 583-596.
- 23- Ammons, A. (2003). Honey bee genomics [online], Available from: http://WWW.Entm.purdu.edu/Entomology/research/GENOMIC_S.HYM (Accessed 10/15/2003).
- 24- Bar, cohen, et al (1978), Progency Testing and selecting italian queens for brood area and honey production, *Apidologie*, 9:95-100.
- 25- Bienefeld, K., and Pirchner, F. (1990). Heritability for several colony traits in the honey bee (*Apis mellifera carnica*), *Journal of Apidologie*, 21: 175-183.

- 26- **Bienefeld, K. and Pirschner, F.** (1991). Genetic correlations among several colony characters in the honey bee (Hymenoptera: Apidae) taking queen and worker effects into Account. *Entomological Society of America*, 84(3): 324-333.
- 27- **Bienefeld, K. and Pirschner, F.** (1992). Phenotypic Correlations between efficiency and behaviour of honey bee colonies (*A.m. carnica*), *Lev. Brasil. Genet.* 15(2):351-358.
- 28- **Bruckner, D.** (1980). Hoarding behaviour and life span of inbred and non inbred honeybees (*Apis mellifera* L.), *Journal of Apic. Research*, 19:35-41.
- 29- **Blum, M.S., and Fales, H.M.** (1988). Chemical releasers of alarm behaviour in the honey bee, *L.M. TED*:141-148.
- 30- **Boch, R., and Morse, R.A.** (1982). Genetic factor in queen recognition odours of honey bees, *Annl. Ent. Soc. Am.* 75:654-656.
- 31- **Boch, R., and Rothen Buhler, W.C** (1974). Defensive and production of alarm pheromone in honey bees, *Journal of Apic. Research*, 13(4):217-221.
- 32- **Caron, D.M.** (1979). Queen cup and queen cell production in honey bee colonies, *Journal of Apic. Research*, 18(4):253-256.
- 33- **Chapman, A.B.** (1985). *General and quantitative genetic*, New York: Elsevier Sci. Pub. Company Inc.
- 34- **Charles, P., and Milne, Jr.** (1981). Laboratory measurement of honey production in the honey bee, *Journal of Apic. Research*, 20(1):28-30.
- 35- **Collins, A.M., and Kubased, K.J** (1982). Field test of honey bee (hymenoptera: Apidae) colony defensive behaviour, *Ann. Ent. Soc. Am.* 75:383-387.
- 36- **Collins, A.M., and Rinderer, Th.E.** (1982). Effect of empty comb on defensive behaviours of honey bees, *Journal of chem. Ecol.* 11:333-338.
- 37- **Collins, A.M, et al.** (1982) Colony defense used by Africanized and European honey bees, *Science*, 218:72-74.
- 38- **Collins, A. et al.** (1984). Heritabilities and correlations for several characters in the honey bees, *Journal of Hered.* 75:135-141.
- 39- **Collins, A.M. et al.** (1987). Respons to alarm pheromone by European and Africanized honey bees, *Journal of Apic. Research*, 126(4):217-223.

- 40- **Collins, A.M. et al.** (1980). A model of honey bee defensive behaviour, *Journal of Apic. Research*, 19(4):224-231.
- 41- **Collins, A.M., and Rothenbuler, W. C.** (1978). Laboratory test of the response to an alarm chemical, isopentyl acetate, by *Apis mellifera*, *Ann. Ent. Soc. Am.*, 71:906-909.
- 42- **Cornuet, J.M.** (1987). Heritability and genetic progress for a worker character in *Apis mellifera*, *Journal of Apic. Research*, 26(3):165-169.
- 43- **Cornuet, J.M., et al.** (1986). Genetic population and number of matings in a black honey bee (*Apis mellifera mellifera*) population, *Theor. appl. Genet.*, 73:223-227.
- 44- **Crozier, R.H., and Bruckner, D.** (1981). Sperm clumping and the population genetics of Hymenoptera, *Am. Nat.*, 117:561-563.
- 45- **Daly, H.V; Helmer; K. and Gambino, P.** (1991). Clinal geographic variation in honey bees in California, U.S.A., *Apidologie*, 22:591-609.
- 46- **Dornhaus, A.** (1999). Communication about food sources in bumble bees [online] Diploma thesis, Available from: <http://WWW.Biozentrum.Uni-wuerzburg.De/zoo2/chittka/anna/athesis.html> (Accessed 04/18/2003).
- 47- **Falconer, D.C** (1989). Introduction to quantitative genetics. 3rd ed, New York: John Wiley and Sons.
- 48- **Free, J.B.** (1968). Engorging of honey by worker honey bees when their colonies smoked, *Journal of Apic. Research*, 7:135-138.
- 49- **Free, J.B., and Williams, I. H.** (1983). Scent. Marking of flowers by honey bees, *Journal of Apic. Research*, 22:86-90.
- 50- **Gary, N.E.** (1963). Observations of mating behaviour in the honey bee, *Journal of Apic. Research*, 2:3-9.
- 51- **Getz, W.M., et al.** (1982). Kin structure and the swarming behaviour of the honey bee *Apis mellifera* *Behav., Ecol. Sociobiol.*, 10:265-270.
- 52- **Getz, W.M., and Smith, K. B.** (1983). Genetic kin recognition: honey bees discriminate between full and half sisters, *Nature*, 302:197-198.
- 53- **Hillesheim, E. et al.** (1987). Genetic variance of physiological characters in the cape honey bee, *Journal of Api. Research*, 26(1):30-36.

- 54- **Jain, J.P** (1982). Statistical techniques in quantitative genetic, New Delhi: Indian Agri. Stat. Research Inst.
- 55- **Kerr, W.E., et al.** (1974). Correlation between amounts of 2 - heptanone and iso - amul acetate in honey bees and their aggressive behaviour, *Journal of Api. Research*, 13:339-343.
- 56- **Kerr, W.E., et al.,** (1980). Kinship selection in bees, *Revtabras. Genet.*, 3:339-343.
- 57- **Kolmes, S.A., et al.** (1989). Measurements of stinging behaviour in individual worker honey bees (*Apis mellifera*), *Journal of Api. Research*:71-78.
- 58- **Laid law, H.H** (1974). Relationship of bees within a colony, *Apiacta*, 9:49-52.
- 59- **Laid law, H.H., and Page, R.E.** (1984). Polyandrin honey bees (*Apis mellifera* L.) sperm utilization and intra colony genetic relationships, *Genetics*, 108:985-997.
- 60- **Melellan, A.R** (1978). Growth and decline of honey bee colonies and inter relationship of adult bees brood, honey and pollen, *Jornal of Appl. Ecol.*, 15:155-161.
- 61- **Mobus, B.** (1987). The swarm dance and other swarm phenomena. *Am Bee. Journal*, 127(1):249-256.
- 62- **Melksham, R., et al.** (1988). Compounds which affect the behaviour of the honey bee, *Bee World*, 3:104-124.
- 63- **Moritz, R.F.A** (1986). Intracolonical workers relationship and sperm competition in the honey bee (*Apis mellifera* L.), *Experientia*, 42:445-448.
- 64- **Moritz, R.F.A., and. Hillesheim, H.** (1989). Genetic intragroup variance and hoarding behaviour bees (*Apis mellifera* L.), *Apidologie*, 20:383-390.
- 65- **Moritz, R.F.A., e al.** (1987). Genetic analysis of defensive behaviour of honey bee colonies (*Apis mellifera*) in a field test, *Apidologie*, 18:27-42.
- 66- **Oldroyd, B., adn Moran, C.** (1983). Heritability of worker characters in the honey bee (*Apis mellifera*), *Australian Journal of Biological Science*, 36:323-332.
- 67- **Oldroyd, B.P.et al.** (1985). Diallel crosses of honey of bees, *Journal of Apic. Research*, 24(4):243-249.

- 68- **Oldroyd, B.,T. et al.** (1991). Heritability of morphological characters used to distinguish European and Africanized honey bees, *Theor. Appl. Genet.*, 82:499-504.
- 69- **Oldroyd, B.et al.** (1992). Effects of intracolony genetic diversity on honey bee (Hymenoptera: Apidae) colony performance, *Ann. Ent. Soc. Am.*, 85:335-343.
- 70- **Prichner, F** (1983). *Population genetics in animal Breeding*, 2ed. New York:143-145.
- 71- **Rinderer, T.E** (1979). Measuring the heritability of characters of honey bees, *Journal of Api. Research*, 16(1):95-98.
- 72- **Rinderer, T.E** (1982). Maximal stimulation by comb of honey bee hoarding behaviour, *Annl. Ent. Soc. Am*, 75:311-312.
- 73- **Rinderer, T.E** (1986). *Bee genetics and breeding*, New York: Academic Press INC.
- 74 - **Rinderer, T.E. et al.** (1983). Heritabilities and correlations of the honey bee. Response to *Nosema apis*. Longevity and alarm response to isopentyl acetate, *Apidologie*, 14:79-85.
- 75- **Robert, E. et al.** (1982). A closed population breeding program for honey bees. *American. Bee Journal*, May:350-355.
- 76- **Ruttner, F.** (1988). *Breeding techniques and selection for breeding of the honey bee*, Munich: Arrangement with Ehrenwirth Verlag.
- 77- **Shykon, J.A., and Poschmid, H.** (1991). Genetic relatedness and eusociality. Parasite mediated selection on the genetic composition of groups. *Behav. Ecol. Soci*, 28:371-376.
- 78- **Soller, M., and Cohen R.B.** (1967). Some observation on the heritability and genetic correlation between honey production and brood area in the honey bee, *Journal of Apic. Research*, 6(1):37-43.
- 79- **Southwich, E. E., and Moritz, R. F.** (1985). Metabolic response to alarm pheromone in honey bees, *Journal of Insect Physiology*, 31:389-392.
- 80- **Stort, A.C** (1974). Genetic study of aggressiveness of two subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. Some tests to measure aggressiveness, *Journal of. Apic. Research*, 13(1):33-38.
- 81- **Sugden, M.A., and Furgala, B.** (1982). Evaluation of six commercial honey bee (*Apis mellifera*). Stockes used in Minesota, *American Bee Journal*, 122(2):105-109;(3):185-188;(4):283-286.

- 82- **Szabo, T.I.** (1982). Phenotypic correlations between colony traits in the honey bee, *American Bee Journal*, 122(3):711-716.
- 83- **Taber, S.** (1985). A testing procedure to breed gentle bees, *American Bee Journal*, 125:432-434.
- 84- **Trivers, R.L., and Hare, H.** (1976). Haploidy and the evolution of the social insects, *Science*, Washington, 191:249-263.
- 85- **Webb, R.** (1977). A Compilation of the effects of bee strain on behavior *Bee Culture*, May: 32.
- 86- **Woyke, J.** (1977). Cannibalism and brood rearing efficiency in the honey bee, *Journal of Apic. Research*, 16(2):84-94.
- 87- **Woyke, J.** (1980). Effect of sex allale home. Heterozygosity on honey bee colony population and their honey production. I. Favourable development conditions, *Journal of Apic. Research*, 19(1):51-63.
- 88- **Woyke, J.** (1984). Correlations and interactions between population length of worker life and honey production by honey bees in a temperate region, *Journal of Apic. Research*, 23(3):148-156.

محمدرضا بصیری متولد ۱۳۴۸ اصفهان

کارشناس مهندسی کشاورزی - دامپروری دانشگاه صنعتی اصفهان (۱۳۷۲)
کارشناس ارشد علوم دامی، گرایش اصلاح نژاد دام دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۷۶)
سوابق:

عضو هیات علمی گروه علوم دامی، موسسه آموزش عالی علمی-کاربردی جهاد کشاورزی
تدریس در دانشگاه‌های تهران (مجمع آموزش عالی ابوریحان)، لرستان و پیام‌نور و مجتمع‌های
آموزش عالی وزارت جهاد کشاورزی، سازمان پژوهش‌های علمی-صنعتی ایران و استاد مشاور
در مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره). (از سال ۱۳۷۶)
مربی مرکز آموزش‌های تخصصی کشاورزی اداره کل آموزش فنی و حرفه‌ای استان اصفهان و
دبیر هسته برنامه‌ریزی آموزشی علوم دامی وزارت جهاد کشاورزی، تدوین‌کننده دوره‌های
علمی-کاربردی کاردانی و کارشناسی زنبورعسل، مولف دو جلد کتاب، همکار ۷ طرح ملی و تخصصی
و آرایه بیش از ۱۴ عنوان مقاله در سمینارهای ملی، بین‌المللی و مجلات.



● کتاب حاضر که برای تامین اطلاعات علمی مورد نیاز در خصوص اصلاح نژاد زنبور
عسل و در هشت فصل تدوین شده است، شامل مبانی ژنتیک و ژنتیک سلولی زنبور
عسل، گونه‌ها و نژادهای زنبور عسل، روش‌های اندازه‌گیری صفات زنبورعسل، برآورد
روابط خویشاوندی در زنبورعسل، برآورد ضریب وراثت پذیری صفات زنبورعسل،
برآورد ضریب همسبستگی بین صفات زنبورعسل، روش‌های انتخاب برای اصلاح نژاد
زنبورعسل و روش‌های تلاقی در اصلاح نژاد زنبورعسل می‌باشد.
اگر چه هدف از تالیف این کتاب، استفاده دانشجویان دوره‌های علمی-کاربردی کاردانی
و کارشناسی زنبور عسل می‌باشد، ولی مطالب آن می‌تواند برای سایر دانشجویان،
مدرسین و پژوهشگران مرتبط با پرورش زنبورعسل مورد استفاده قرار گیرد.

ISBN: 964-6748-08-X



9 789648 748086