ژنتیک نوین
دوره نوزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳
صفحه ۱۱۳- ۱۰۳

تجزیه ژنتیکی و تخمین هتروزیس برای صفات تولیدی و رفتاری در زنبور عسل

Genetic analyses and heterosis for production and behavioral characteristics in honey bee (*Apis mellifera* L.)

شیما یوزی[۱]، محمد رزم‌کبیر*[۱]، جلال رستم‌زاده[۱]، عثمان رایگان[۱]

۱- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، استادیار، دانشجوی دکتری رشته ژنتیک و اصلاح‌نژاد دام، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

Youzi Sh[1], Razmkabir M[*1], Rostamzadeh J[1], Raygan O[1]

1- PhD Candidate, Associate Professor, Assistant Professor, PhD Student of Animal Breeding and Genetics at Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی:m.razmkabir@uok.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۷)

چکیده

تنوع و نرخ پژوهش‌های زنبور عسل در طی یک قرن گذشته، به‌طور مداوم روند افزایشی داشته و اهمیت آن در عصر جدید به‌دلیل نقش چشمگیر زنبور عسل در جامعه و به‌صورت ویژه در بخش‌های کشاورزی، اقتصاد، امنیت غذایی، دارو و حتی فناوری محاسبات، روز به روز در حال گسترش است. در حال حاضر نژادهای زنبوعسل ایرانی، نژاد وارداتی کارنیولان و هیبرید ایرانی×کارنیولان، بیشترین فراوانی را در صنعت پرورش زنبور عسل ایران به خود اختصاص می‌دهند. هدف پژوهش حاضر مقایسه عملکرد نژاد ایرانی با نژاد کارنیولان و هیبرید ایرانی×کارنیولان برای صفات نرخ تخم‌ریزی ملکه، رشد جمعیت، جمع‌آوری گرده، رفتار دفاعی، تولید عسل و تولید بره‌موم بود. به این منظور، در پایان فصل زمستان‌گذرانی سال ۱۳۹۹ از هر نژاد تعداد ۸ کلونی انتخاب و کندوها از نظر ذخیره عسل وگرده، تعداد قاب و جمعیت اولیه همسان‌سازی شدند. ثبت مشاهدات صفات رشد جمعیت و نرخ تخم‌ریزی ملکه به صورت هفتگی و در طی بهار ۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان انجام شد. رکوردبرداری صفات نرخ تخم‌ریزی ملکه، جمع‌آوری گرده و تولید عسل به صورت پیوسته بود و تجزیه این صفات با مدل خطی انجام شد اما صفات رشد جمعیت، تولید بره‌موم و رفتار دفاعی به صورت کیفی ارزیابی شدند و برای این صفات از مدل رگرسیون لجستیک در نرم‌افزار SAS استفاده شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد برای صفات جمعیت‌سازی و جمع‌آوری گرده، هیبرید ایرانی×کارنیولان نسبت به نژادهای والدینی به‌طور معنی‌داری برتری داشت ($p<0.05$). این مساله به سبب هتروزیس، تکمیل کنندگی نژادی و استفاده از کلونی‌های برتر نژاد ایرانی در لاین پدری بود. نژاد زنبور عسل کارنیولان، برای صفت تولید عسل، عملکرد بهتری داشت($p<0.05$). همچنین از نظر صفات رفتار دفاعی و تولید بره‌موم، نژاد زنبورعسل ایرانی به‌طور معنی‌داری از نژادهای دیگر در سطح بالاتری قرار داشت ($p<0.05$). درصد هتروزیس بر اساس اختلاف عملکرد مشاهده شده و مورد انتظار آمیخته‌ها نسبت به مقدار متوسط والدین برآورد شد. درصد هتروزیس برای صفت تولید عسل ۳/۸-٪، برای صفت جمع‌آوری گرده ۳۲/۶٪، برای صفت نرخ تخم‌ریزی ۱۰٪، برای صفت رشد جمعیت معادل ۲۴/۵٪، برای صفت تولید بره‌موم ۲/۱-٪ و برای صفت رفتار دفاعی ۱۶/۳-٪ برآورد شد. نتایج نشان داد زنبور عسل ایرانی در اکثر صفات تنوع زیادی دارد که نشان‌دهنده ظرفیت ژنتیکی این نژاد برای برنامه‌های اصلاح‌نژادی و انتخاب ژنتیکی درون نژادی است. همچنین بهره‌گیری از نژادها و لاین‌های برتر به‌صورت خالص و یا آمیخته می‌تواند بهبود عملکرد و کارائی بخش زنبور عسل را به همراه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی

اصلاح‌نژاد زنبورعسل
آمیخته‌گری
زنبورعسل ایرانی
زنبورعسل کارنیولان
هتروزیس

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]

مقدمه

در طول تاریخ، زنبور عسل همیشه یکی از حوزه‌های مهم پژوهش و مطالعه بوده است و اوایل تحقیقات حداقل به دوران ارسطو در قرن سوم قبل از میلاد بر می‌گردد. حجم و تنوع پژوهش‌های زنبور عسل در طی زمان، به طور مداوم روند افزایشی داشته و اهمیت آن در عصر جدید به‌دلیل نقش چشمگیر زنبور عسل در جامعه و به‌صورت ویژه در بخش‌های کشاورزی، اقتصاد، غذا، دارو و حتی فناوری محاسبات، روز به روز در حال گسترش است. در مطالعه متاآنالیز تحقیقات زنبور عسل طی یک قرن گذشته (دوره زمانی ۱۹۱۷–۲۰۱۶) گزارش شد که فقط در سال ۲۰۱۶ بیش از ۲۰۰۰ مقاله پژوهشی منحصر به فرد در زمینه زنبور عسل منتشر شده است (Hassler et al. 2021). همچنین بیش از ۳۰۰۰۰ مورد مقاله علمی پژوهشی در نشریات معتبر علمی منتشر شده است که حتی برای متخصصین و افراد آشنا با تحقیقات زنبورعسل، فراتر از حد انتظار است (Hassler et al. 2021). زنبورعسل یکی از مهم‌ترین حشرات اجتماعی شناخته شده در جهان است که نقش مهمی در حیات بشر دارد (Guichard et al. 2020). حداقل ۳۰٪ محصولات زراعی و ۹۰٪ انواع گیاهان نیازمند گرده‌افشانی هستند و در این میان، زنبور عسل به‌عنوان مهم‌ترین حشره گرده‌افشان شناخته می‌شود. افزون بر گرده افشانی، زنبورعسل دارای تولیدات متنوعی است که هرکدام اهمیت زیستی و اقتصادی ویژه‌ایی دارند. از جمله این تولیدات می‌توان تولیدعسل، گرده گل، تولید موم، بره موم، ژله رویال، زهر زنبور عسل و همچنین درآمد حاصل از اجاره دادن کلنی‌ها به‌منظور گرده افشانی گیاهان را نام برد (مستاجران و همکاران (۱۳۷۹)؛ ادریس و همکاران (۱۳۸۱)؛ طهماسبی و همکاران، (۱۳۹۶)).

خاستگاه زنبور عسل ایرانی با نام علمی *Apis mellifera meda* فلات ایران است و برخی محققان این نژاد را با نام پرسیکا و ایرنیکا نیز معرفی نموده‌اند. نام مِدا نژاد زنبور ایرانی است که پرفسور Goetze در دانشگاه بُن (آلمان غربی) بر روی این زنبور گذاشت و کلمه meda را از نام سلسله پادشاهان ماد که قبل از هخامنشیان در ایران حکومت می‌کردند، گرفته است. زنبور عسل ایرانی، نژادی تهاجمی است که تمایل زیادی به غارتگری و بچه دادن دارد. از نظر صفات تولید عسل و گرده در حد متوسط تا پایین اما تولید بره موم زیادی دارد. این نژاد همچنین در مناطق سردسیر، سرمای زمستان را به‌خوبی تحمل می‌کند (عبادی، ۱۳۶۶). زنبورعسل کارنیولان با نام علمی *Apis mellifera carnica* یک زیرگونه از زنبور عسل غربی (Western honey bee) و خاستگاه این نژاد منطقه بالکان و به‌صورت خاص نواحی جنوبی آلپ در اتریش و اسلوونی می‌باشد. این نژاد اولین بار توسط Pollmann در سال ۱۸۷۹ توصیف و معرفی شد. کارنیولان به‌عنوان یک نژاد زنبور عسل آرام (Gentle) شناخته می‌شود و کار کردن با این نژاد دشواری کمتری دارد (Božič et al. 2016). از مزایای دیگر این نژاد، رشد جمعیت قابل قبول و سازگاری جمعیت کلونی با حجم شهد موجود در طبیعت است. به‌طوری که در صورت وجود شهد در طبیعت، جمعیت کارگر این نژاد رشد سریعی پیدا کرده و به تبع آن میزان قابل توجهی عسل جمع‌آوری و ذخیره می‌شود. این نژاد با اقلیم‌های سردسیر سازگاری خوبی دارد، بره‌موم کمتری در کندو استفاده می‌کند و در مسیریابی (Orientation) نسبت به سایر نژادها، بهتر عمل می‌کند (Ruttner 1988; Susnik et al. 2004).

در مقایسه با حیوانات مزرعه‌ای، نحوه بروز صفات در زنبورعسل پیچیده می باشد. بعضی از صفات مانند تخم‌ریزی و ترشح فرمون مربوط به ملکه و برخی صفات مانند صفات تولیدی و رفتاری به عملکرد کلی کلنی نسبت داده می شود. پیچیدگی‌های ژنتیکی و تولیدمثلی شامل سیستم تعیین جنسیت هاپلو–دیپلوئیدی و روابط خویشاوندی ناشی از آن، دشوار بودن کنترل وثبت جفتگیری ملکه و... اصلاح نژاد زنبورعسل را با چالش‌هایی مواجه کرده است. به بیان ساده‌تر، زنبورهای عسل از طریق برنامه‌های انتخاب و اصلاح‌نژادی، در مقایسه با سایر دام‌ها دستاوردهای بلندمدت کمتری را به‌دست آورده‌اند. عدم پیشرفت در درجه اول، به‌دلیل معماری پیچیده ژنتیکی و اجتماعی کلنی‌های زنبورعسل است که انتخاب افراد برتر از نظر ژنتیکی را دشوار می‌کند (Oxley and Oldroyd 2010; Brascamp and Bijma 2014). با این وجود این چالش‌ها، در صنعت زنبورعسل جهان، لاین‌ها و هیبریدهای متنوعی تولید و به بخش پرورش زنبورعسل معرفی شده‌اند. زنبوعسل ایرانی، نژاد وارداتی کارنیولان و هیبرید ایرانی×کارنیولان، بیشترین فراوانی را در کلونی‌های زنبور عسل ایران به خود اختصاص می‌دهند. در ارتباط با مقایسه عملکرد نژادها و لاین‌های مختلف زنبور عسل در ایران، هر چند مطالعات محدودی انجام شده است

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]

(عبادی، ۱۳٦٦؛ طهماسبی و همکاران، ۱۳۹٦)، اما تا اکنون عملکرد آمیخته‌ها با نژادهای والدینی بررسی نشده است. هدف از این تحقیق مقایسه عملکرد نژاد ایرانی با هیبرید ایرانی×کارنیولان برای صفات رشد جمعیت، نرخ تخم‌ریزی ملکه، جمع‌آوری گرده، رفتار دفاعی، تولید عسل و تولید بره‌موم بود.

مواد و روش‌ها

انتخاب نژاد و زنبورستان: در این پژوهش از سه گروه ژنتیکی زنبور عسل شامل زنبور عسل ایرانی، زنبور عسل کارنیولان و هیبرید ایرانی-کارنیولان استفاده شد. از هر گروه ژنتیکی تعداد ۸ کلونی از منابع معتبر تامین ملکه زنبور عسل تهیه و کلونی‌ها از نظر کمیت و کیفیت شامل: تغذیه، نوع کندو، جمعیت زنبوران بالغ و زنبوران نابالغ (مجموع سطوح تخم‌ریزی، لاروها و شفیره‌ها) همسان‌سازی شدند تا خطای ناشی از تنوع اولیه جمعیت‌ها به حداقل برسد. مکان انجام پژوهش، زنبورستان تحقیقاتی دانشگاه کردستان بود. کندوهای زنبورستان مورد نظر، در نیمه سرد سال (اواسط پاییز تا اواسط بهار) در دانشگاه (35.27788; 46.99562) و در نیمه گرم سال (اواسط بهار تا اواسط پاییز) در منطقه چهل‌چشمه (35.74337; 46.29717) استقرار یافتند.

رکوردبرداری صفات: کندوهای انتخاب شده برای این پژوهش، پس از مرحله همسان‌سازی، شماره‌گذاری شده و در مرحله داده‌برداری، صفات مورد نظر شامل صفات رشد جمعیت، نرخ تخم‌ریزی ملکه، تولید بره‌موم، جمع‌آوری گرده، تولید عسل و رفتار دفاعی رکوردبرداری و در فرم‌های طراحی شده، ثبت شدند.

برای صفت رشد جمعیت، پس از پایان دوره زمستان‌گذرانی (نیمه دوم اسفند)، جمعیت اولیه تمام کلونی‌ها از طریق عکس‌برداری ضبط و ثبت شد. جمعیت ثانویه قبل از شروع بچه‌دهی طبیعی کلونی‌ها (نیمه اول اردیبهشت)، رکوردبرداری شده و از تفاوت دو جمعیت، نرخ رشد جمعیت در مقیاس خطی ۱ (رشد ضعیف) تا ۵ (رشد عالی) اسکوربندی و به‌صورت یک صفت کیفی ثبت شد. همچنین صفت نرخ تخم‌ریزی ملکه؛ بر اساس کل سطح شان حاوی تخم و نوزاد (لارو وشفیره) زنبور کارگر تعیین شد. معیار اندازه‌گیری سطح شان (بر اساس مقیاس بین المللی) ۱۰ سانتی‌متر مربع است به طوری که تعداد ۱۰۰ سلول را پوشش دهد. در تحقیق حاضر برای اندازه‌گیری این صفت، از یک قطعه پلاستیک مستطیل شکل تولید شرکت هفت‌گوهر براساس ایده Friedrich Ruttner استفاده شد.

به‌منظور جمع‌آوری و ثبت رکورد صفت تولید عسل، توزین کندوهای سه گروه نژادی ایرانی، کارنیولان و هیبرید، در دو مرحله با استفاده از ترازوی دیجیتالی ۵۰ کیلوگرمی با دقت ۱۰ گرم انجام گردید. توزین اولیه کندوها در اوایل اردیبهشت ۱٤۰۰ قبل از شروع جریان شهد و کوچ زنبورها به ییلاق و حداقل تفاوت کندوها از نظر تعداد قاب و جمعیت، در منطقه بود. یکنواختی کلنی‌ها از نظر ذخیره عسل اولیه، سبب می‌شود با اعتماد بیشتری بتوان ظرفیت ژنتیکی نژادهای مختلف را با هم مقایسه نمود. ثبت وزن ثانویه در پایان مرداد ۱٤۰۰، در ییلاق و همزمان با برداشت عسل صورت گرفت. بر اساس قدرمطلق تفاوت وزن اولیه و وزن ثانویه در زمان برداشت، وزن عسل تولیدی هر کندو تخمین زده شد.

برای جمع‌آوری گرده با توجه به هدف کار و انجام صحیح کار، تعداد ۲٤ عدد تله گرده‌گیر (تولید شرکت هفت‌گوهر ایران) تهیه شد. در فصل وفور گرده، پس از برگشت زنبورها با سبد حاوی گرده و ورود به کندو، پاهایشان به جداره سوراخ گیر کرده و گرده گل از آن جدا می‌شود. گرده گل جدا شده، درون محفظه متصل به تله، قرار می‌گیرد. رکورد برداری وزن گرده جمع‌آوری شده در دو مرحله (فروردین و اردیبهشت ۱٤۰۰) صورت گرفت تا تنوع موجود در گل و گیاه منطقه از نظر تولید گرده، موجب اریب داده‌ها نشود. به این منظور در هر نوبت ، تعداد ۸ کندو از هر گروه نژادی، به طور همزمان تله‌گذاری شد و مقدار گرده جمع‌آوری شده طی ۲٤ ساعت، با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک گرم توزین و ثبت شد.

برای جمع‌آوری داده‌های رفتار دفاعی در یک روز بهاری آرام و آفتابی، یک کمربند چرمی سیاه رنگ به قطر ۳ سانتی‌متر در جلوی دریچه ورودی کندوهای مورد نظرآویزان شد. بلافاصله بعد از آویزان کردن کمربند چرمی با یک زمان‌سنج ٦۰ ثانیه به زنبورها فرصت داده شد تا از خود دفاع کنند (Sugden and Furgala 1982). بعد از اتمام زمان تعیین شده کمربند چرمی نیش خورده به داخل کیسه‌ی پلاستیکی انتقال داده و برای شمارش تعداد نیش‌ها

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]

به اتاق کار برده شد. تعداد نیش‌ها شمارش و در دفتر رکورد برداری برای نژاد مورد آزمایش ثبت شدند. بعد از شمارش، کمربند چرمی در مقداری آب و مایع گذاشته شد تا بوی زهر آنها خنثی و بعد از جدا کردن نیش‌ها، کمربند با آب شستشو و خشک شدند. بعد از گذشت حدود ۱۵ دقیقه، مجددا همان کار برای یک کلنی زنبور دیگر که از گروه نژادی دیگری بود انجام شد. این روش برای هر۳ گروه در ۳ تکرار انجام گرفت و زمان انجام آن نیز از ساعت ۱۱ صبح تا ساعت ۳ بعدازظهر بود (Sugden and Furgala 1982). میزان وکیفیت بره‌موم جمع‌آوری شده درکلنی‌ها براساس ژنتیک، محیط و قدرت کلنی‌ها متنوع است (Butler 1949; Bankova et al. 2019). صفت ذخیره بره‌موم، در اواخر تابستان و در حین برداشت عسل، از هر گروه نژادی مورد آزمایش، تعداد چهار کندو به‌صورت کیفی/مشاهده‌ایی توسط یک ارزیاب، رکوردبرداری شد. با توجه به انباشتگی بره‌موم در نقاط مختلف درون کندو، امتیازبندی از شماره ۱ تا ۵ به هر کندو داده شد. در کندوهایی که بره‌موم فقط در لبه‌های داخلی درب کندو یا مقدار کمی در گوشه‌های کف کندو جمع شده بود امتیاز ۱ و ۲، کندوهایی که بره‌موم روی کف، دیواره‌ها و مقداری هم در سطح بالایی قاب‌ها بود، امتیاز ۳ و در کندوهایی که بره‌موم باعث چسبیده شدن قاب‌ها به هم یا چسبیدن آبشخور به لبه بالایی قاب‌ها شده بود امتیاز ٤ و ۵ داده شد.

تجزیه آماری: معادله مدل خطی که با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و رویه GLM اجرا شد، به شرح زیر بود:

$$y_{ij} = \mu + B_j + e_{ij}$$

در این مدل y_{ij} = صفات کمی، μ = میانگین جامعه، B_j = اثرثابت گروه‌های نژادی، و e_{ij} = اثر تصادفی باقی‌مانده می‌باشد.

صفات رشد جمعیت، تولید بره‌موم و رفتار دفاعی به‌صورت کیفی و دسته‌بندی شده رکوردبرداری شدند و نتایج تجزیه داده‌ها به کمک مدل خطی برای اینگونه صفات معتبر نمی‌باشد (Arias-Calluari et al., 2023). در این شرایط لازم است از روش‌های مناسب آماری از جمله مدل غیرخطی بهره گرفت. برای این صفات از مدل رگرسیون لجستیک (Logistic regression) و رویه GENMOD نرم‌افزار SAS استفاده شد (Kaps and Lamberson 2017):

$$logit(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_n x_n$$

مقایسات میانگین گروه‌های ژنتیکی برای صفات مورد مطالعه با آزمون توکی (Honestly Significant Difference) انجام شد (SAS, 2020). در تحقیق حاضر درصد هتروزیس (Hybrid Vigour) برای صفات مورد مطالعه بر اساس معادله زیر برآورد شد.

$$\text{درصد هتروزیس} = \frac{\text{متوسط عملکرد نژادهای والدینی} - \text{عملکرد مشاهده شده هیبریدها}}{\text{متوسط عملکرد نژادهای والدینی}} \times ۱۰۰$$

نتایج و بحث

صفات تولید عسل و جمع‌آوری گرده

آمار توصیفی صفات تولیدعسل و جمع‌آوری گرده در جدول شماره ۲-۳ ارائه شده است. میانگین تولید عسل طبیعی پاییزه در گروه‌های مختلف به ترتیب۹/۱٤ کیلوگرم برای نژاد ایرانی،۱۰/۸۹ کیلوگرم برای هیبرید و ۱۳/۵۲ کیلوگرم برای نژاد کارنیولان بود. همانطور که نتایج نشان داد، برای صفت تولید عسل، نژاد کارنیولان بیشترین و نژاد ایرانی کمترین عملکرد را داشت. برای صفت جمع‌آوری گرده، ترکیب ژنتیکی آمیخته (هیبرید ایرانی×کارنیولان) بیشترین و نژاد کارنیولان کمترین عملکرد را داشت (نمودار ۱). از نظر آماری نژاد ایرانی دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به کارنیولان بود و در سطح پایین‌تری قرار داشت. نژد ایرانی از نظر صفت تولید عسل تنوع بالایی نشان داد و بیشترین ضریب تغییرات (Coefficient of Variation) مربوط به این نژاد بود. این مساله بیانگر ظرفیت بالای این گروه ژنتیکی برای برنامه‌های انتخاب و بهنژادی است. از سایر موارد قابل ذکر، تنوع نسبتاً زیاد تولید عسل در نژاد کارنیولان بود که نشان‌دهنده عدم قطعیت در بازده بالای تمامی کلنی‌های این نژاد است. همان‌طور که در بخش قبلی ارائه شد، گروه ژنتیکی هیبرید برای جمعیت‌سازی نسبت به نژادهای والدینی برتری داشت اما همین گروه از نظر صفت تولید عسل، حد واسط نژادی‌های ایرانی و کارنیولان بود و تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. یکی دیگر از موارد قابل توجه این بود که پرتولیدترین کلنی در این پژوهش، مربوط به نژاد ایرانی بود. پایین بودن تولید عسل زنبوران ایرانی به نسبت سایر کلنی‌ها می تواند دلایل متنوعی داشته باشد اما با توجه به یکسان بودن شرایط محیطی و اقلیمی برای تمام نژادها و همچنین همسان‌سازی اولیه کلنی‌ها، منشاء این تفاوت را می‌توان به ژنتیک

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]

نسبت داد. اگر چه تولید عسل تا حدود زیادی مربوط به خصوصیات ژنتیکی نژادها می‌باشد ولی رشد جمعیت و نوسانات آن در طول فصل نیز رابطه مستقیمی با تولید عسل سالانه دارد. مقدار ضریب تغییرات مشاهده شده، وجود تنوع بالا و کافی در جمعیت زنبورعسل ایرانی را نشان داد. بنابراین با برنامه‌های اصلاح‌نژادی امکان بهبود این صفات و یا ایجاد یک نژاد مطلوب سازگار با شرایط موجود امکان‌پذیر است. نتایج حاصل از تمایل به جمع‌آوری گرده در نژادها و هیبرید مورد آزمایش نشان داد تفاوت معنی‌داری میان آن‌ها وجود دارد و نژاد ایرانی از این نظر، هم‌سطح با گروه هیبرید، عملکرد مناسبی را خصوصا در دوره جریان شهد از خود نشان داده است.

درصد هتروزیس برای صفت تولید عسل به طور متوسط ۳/۸- ٪ و برای صفت جمع‌آوری گرده معادل ۳۲/۶٪ بود. هتروزیس منفی به مفهوم عملکرد مشاهده شده‌ی پایین‌تر هیبریدها از میانگین نژادهای والدینی، یعنی میانگین نژاد ایرانی و نژاد کارنیولان، می‌باشد.

$$\text{درصد هتروزیس تولید عسل} = \frac{۱۰/۸۹ - ۱۱/۳۳}{۱۱/۳۳} \times ۱۰۰ = -۳/۸$$

$$\text{درصد هتروزیس جمع آوری گرده} = \frac{۱۹۸/۱۷ - ۱۴۹/۴۱}{۱۴۹/۴۱} \times ۱۰۰ = ۳۲/۶$$

هتروزیس منفی صفت تولید عسل در این تحقیق که معادل ۳/۸- بود هرچند قابلیت مقایسه آماری ندارد اما عملا به معنی عدم مشاهده هتروزیس در این صفت است. نتایج تحقیقات پیشین در ارتباط با هتروزیس تولید عسل ناهمگن است. برای نمونه Oldroyd and Goodman (1988) برای صفت تولید عسل در میان آمیخته‌ها، هتروزیسی مشاهده نکردند اما یافته‌های Cale و Gowen (1956) برای همین صفت در حدود ۱۵ درصد هتروزیس را گزارش کردند. عدم تطابق این تحقیق و نتایج پژوهش حاضر ممکن است ناشی اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط باشد. به‌طور کلی آمیخته‌گری و هتروزیس منجر به افزایش جمعیت کارگران می‌شود و در صورت وجود شهد در طبیعت، افزایش عملکرد عسل را به دنبال خواهد داشت. بدیهی است در صورت کاهش و یا تناوب شهد در منطقه، افزایش جمعیت مطلوب نیست و سبب مصرف عسل ذخیره شده توسط کلنی می‌شود.

جدول ۱- عملکرد گروه‌های ژنتیکی (میانگین±اشتباه معیار) برای صفات تولید عسل و جمع‌آوری گرده

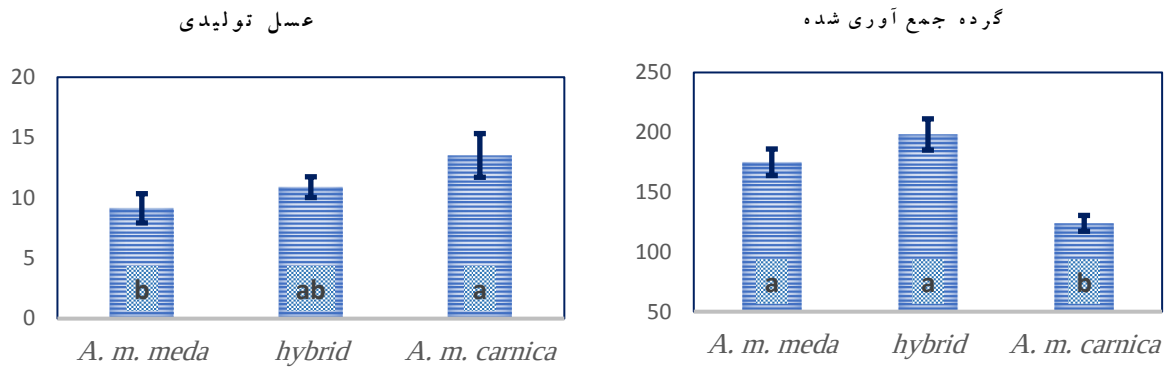
	زنبورعسل ایرانی	زنبورعسل آمیخته	زنبورعسل کارنیولان	درصد هتروزیس
تولید عسل(کیلوگرم)	^{b}۹/۱۴±۱/۲۱	^{ab}۱۰/۸۹±۰/۸۶	^{a}۱۳/۵۲±۱/۸۱	-۳/۸
جمع‌آوری گرده(گرم)	^{a}۱۷۴/۹۵۰±۱۱/۰۸	^{a}۱۹۸/۱۷±۱۳/۰۵	^{b}۱۲۳/۸۷±۶/۶۱	۳۲/۶

گروه‌هایی که فاقد حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح اطمینان ۹۵٪ از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

شکل ۱- الگوی تولید عسل و جمع‌آوری گرده در سه گروه زنبورعسل ایرانی، کارنیولان و آمیخته

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]

Roberts (1961) در مطالعه تلاقی‌های مختلف زنبورعسل گزارش داد زنبورهای هیبرید از نظر صفات مورفولوژیکی نسبت به لاین‌های خالص برتری دارند و هتروزیس معنی‌داری نشان دادند. Alqarni et al. (2014) در مقایسه نژاد زنبورعسل بومی عربستان (*Apis mellifera jemenitica*) و نژاد وارداتی (*Apis mellifera carnica*) به این کشور گزارش کردند نژاد بومی در جمع‌آوری گرده (Pollen Collection) از نژاد وارداتی عملکرد بهتری دارد اما از نظرصفت ذخیره عسل، عملکرد وارداتی کارنیولان از نژاد بومی بهتر بود. Oldroyd and Goodman (1988) صفت عسل تولیدی در کلنی‌های با ملکه هیبرید را با کلنی‌های نژاد خالص والدینی، مقایسه نمودند و گزارش کردند کلنی‌های هیبرید از نظر صفت تولید عسل، اختلاف معنی‌داری با نژادهای خالص نداشتند. با این وجود، افزایش قابل توجهی در طول عمر ملکه‌های آمیخته در مقایسه با افراد آن نژاد وجود داشت و این مزیت به تنهایی ممکن است استفاده از آمیخته‌گری را توسط زنبورداران را توجیه کند. Cale and Gowen (1956) تاثیرآمیخته‌گری را در ٤ لاین زنبورعسل و ٦ ترکیب هیبرید حاصل از این لاین‌ها را برای دو صفت تولید عسل بررسی کردند. نتایج نشان داد برای صفت تولید عسل تعداد ٤ مورد از ٦ هیبرید از بهترین والد خود، عملکرد و تولید بالاتری داشتند. درصد هتروزیس برای صفت تولید عسل معادل ۱۵٪ بود.



نمودار ۱- جمع‌آوری گرده و تولید عسل در سه گروه زنبورعسل ایرانی، کارنیولان و آمیخته

رایگان و همکاران (۱۳۹۹) در مقایسه عملکرد نژادهای مختلف، گزارش نمودند از نظر صفات وزن گرده جمع‌آوری شده و عسل طبیعی تولید شده، بین گروه های نژادی مختلف اختلاف معنی دار وجود دارد و هر چند نژاد زنبورعسل ایرانی از نظر این دو صفت تنوع زیادی داشت اما صفات وزن گرده جمع‌آوری شده و عسل طبیعی تولید شده در هیبرید ایرانی×کارنیولان از سایر نژادهای مورد مطالعه بیشتر بود.

طهماسبی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه رفتار چراگری زنبورهای کارگر و جمع‌آوری گرده در کلنی‌های با تولید عسل بالا و تولید عسل پایین زنبورعسل ایرانی گزارش نمودند تعداد زنبورهای چراگر برگشتی به کلنی‌ها و نیز زنبورهای گرده‌دار برگشتی در کلنی‌های پر تولید به‌طور معنی‌داری بیشتر از کلنی‌های کم تولید می باشد. همچنین تعداد زنبورهای برگشتی به کلنی‌ها و نیز تعداد زنبورهای گرده‌دار برگشتی به کلنی‌ها، صبح‌ها بیش از عصرها بود. به‌طور کلی آمیخته‌گری موجب بهبود وضعیت تخم‌ریزی و به تبع آن رشد سریع‌تر جمعیت می‌شود. در شرایط وفور و یکنواختی منابع شهد و گرده، این رشد جمعیت منجر به تولید عسل بیشتر خواهد شد (شکل ۱). در شرایط اقلیمی کردستان، که فصل جریان شهد، طولانی و دارای نوسان است، کلنی‌های پرجمعیت، همیشه بهترین نتایج را به‌همراه نخواهند داشت. زیرا در زمان فقدان و کمبود شهد، این قبیل کلنی‌ها، ذخایر عسل کلنی را مصرف نموده و نهایتا میزان عسل برداشت شده کمتر از حد انتظار خواهد بود.

صفات نرخ تخم‌ریزی و جمعیت‌سازی

برای صفت تخم‌ریزی قاب شماره ۳ که معمولا همیشه دارای اوج تخم و لارو و شفیره است، به‌عنوان قاب معیار در تمام کندوها انتخاب شد. به منظور ثبت رکورد این صفت، شابلون ملکه‌سنج

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]

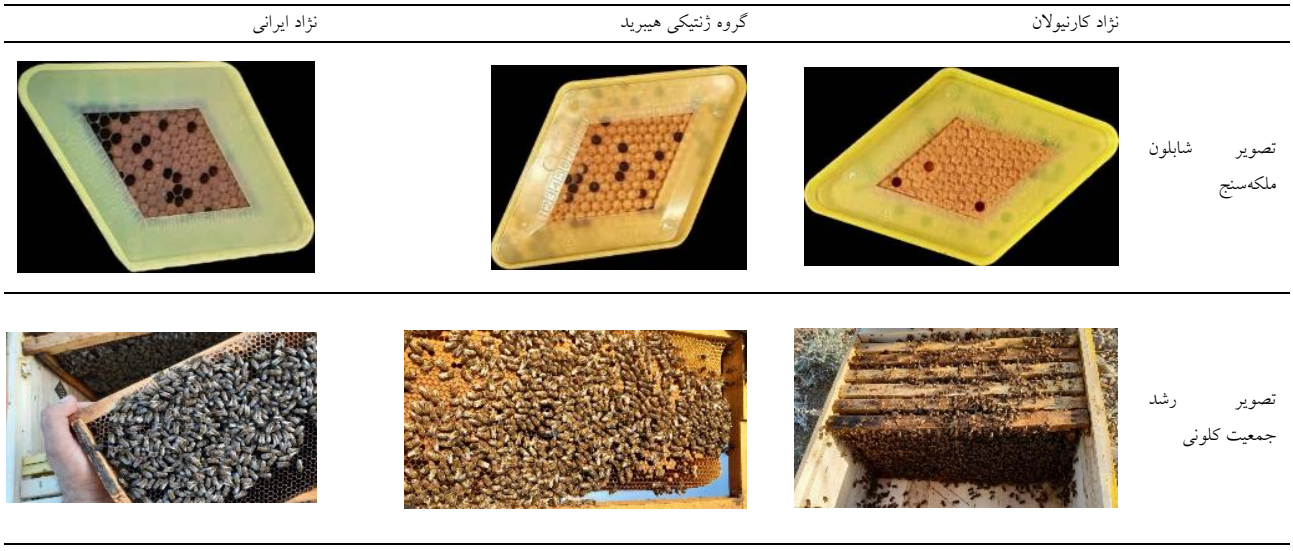
تولید شده براساس ایده Friedrich Ruttner توسط شرکت هفت‌گوهر ایران در نقاط مرکزی و کناری قاب معیار قرار داده شد و تعداد سلول‌های خالی و فاقد تخم/لارو/شفیره شمارش گردید. آمار توصیفی صفات تخم‌ریزی ملکه و رشد جمعیت در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول ۲- عملکرد گروه‌های ژنتیکی زنبورعسل (میانگین±اشتباه معیار) برای صفات نرخ تخم‌ریزی ملکه و جمعیت‌سازی

	زنبور عسل ایرانی	زنبور عسل آمیخته	زنبورعسل کارنیولان	درصد هتروزیس
نرخ تخم‌ریزی ملکه	^{b}۷٤/۳±۲٥/۲۰	^{a}۹۳/۱±٥۰/۹٥	^{a}۹٥/۱±۷٥/٤٥	۱۰
جمعیت‌سازی	^{b}۲/۰±۷٥۰/۳٦	^{a}٤/۰±۱۲٥/۲۹	^{a}۳/۰±۸۷٥/۲۲	۲٤/٥

گروه‌هایی که فاقد حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح اطمینان ۹۵٪ از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

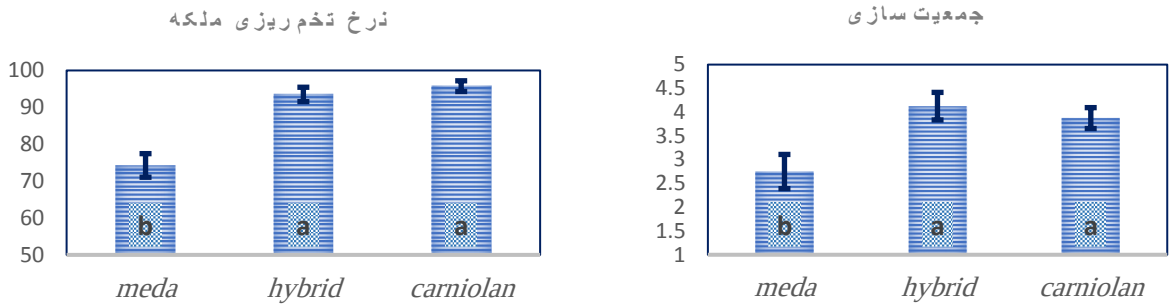
همان‌طور که از نتایج مشخص است (شکل ۲)، برای صفت نرخ تخم‌ریزی ملکه، نژاد کارنیولان بیشترین و نژاد ایرانی کمترین عملکرد را داشت. از نظر آماری گروه ژنتیکی ایرانی دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به گروه‌های آمیخته و کارنیولان بود و در سطح پایین‌تری قرار داشت (نمودار ۲). البته لازم به ذکر است که نژاد ایرانی از نظر این صفت تنوع بالایی نشان داد و بیشترین ضریب تغییرات (Coefficient of Variation) مربوط به این گروه بود. این مساله بیانگر ظرفیت بالای این گروه ژنتیکی برای برنامه‌های انتخاب و بهنژادی است. Alqarni et al. (2014) در مقایسه نژاد زنبور عسل بومی عربستان (*Apis mellifera jemenitica*) و نژاد وارداتی (*Apis mellifera carnica*) به این کشور گزارش کردند نژاد بومی در برابر سرما مقاوم‌تر (Resistant to Cold) و در جمعیت‌سازی (Brood Rearing) و جمع‌آوری گرده (Pollen Collection) از نژاد وارداتی عملکرد بهتری دارد. همچنین از نظر رفتار چراگری (Forage Timings) عملکرد دو نژاد مشابه بود اما از نظرصفت ذخیره عسل، عملکرد وارداتی کارنیولان از نژاد بومی بهتر بود. برای صفت رشد جمعیت، ترکیب ژنتیکی آمیخته (هیبرید ایرانی×کارنیولان) بیشترین و نژاد ایرانی کمترین عملکرد را داشت (نمودار ۲). سطح بالای جمعیت‌سازی در کلونی‌های آمیخته دلایل متعددی دارد. بخشی از این برتری مربوط به نرخ تخم‌ریزی ملکه‌های فعال در کلونی‌های هیبرید بود که از نژاد بارور و پربازده کارنیولان می‌باشند. از سایر عواملی که می‌تواند منشا عملکرد بالای هیبریدها در جمعیت سازی باشد، قابلیت پرستاری و تیمار بهتر نوزادان (Brood Rearing) در کلونی آمیخته می‌باشد.



شکل ۲- الگوی تخم‌ریزی ملکه و جمعیت‌سازی در سه گروه ژنتیکی مورد مطالعه

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]

عبادی (۱۳٦٦) در پژوهشی عملکرد نژادهای زنبور عسل شامل ایتالیایی، قفقازی، هیبرید استارلاین، هیبرید میدنایت و زنبور عسل ایرانی را در شرایط اقلیمی منطقه اصفهان بررسی و گزارش نمود از نظر صفت جمعیت‌سازی (Early Build Up)، رشد جمعیت نژاد ایرانی (Iranian) در اوایل بهار (قبل از شهد اصلی) سریع‌تر از نژاد قفقازی (Caucasian) و هم‌ردیف با هیبرید استارلاین (Starline) اما کمتر از کارنیولان (Carniolan)، ایتالیایی (Italian) و میدنایت (Midnight) بود. در همین پژوهش، رشد جمعیت نژاد ایرانی در فصل تابستان نسبت به سایر نژادهای مورد مطالعه پایین‌تر بود. دلیل این امر حساسیت بالاتر نژاد ایرانی به گرما و تطابق این نژاد به اقلیم‌های سرد و معتدل گزارش شد (عبادی، ۱۳٦٦).



نمودار ۲- جمعیت‌سازی و نرخ تخم‌ریزی ملکه در سه گروه زنبور عسل ایرانی، کارنیولان و آمیخته

نرخ تخم‌ریزی در نژاد کارنیولان نسبت به نژاد آمیخته بالاتر بود، انتظار می‌رود از نظر جمعیت‌سازی نیز بالاترین عملکرد را داشته باشد که البته در تحقیق حاضر این نتیجه مشاهده نشد، این مسئله می‌تواند به‌دلیل حساسیت بیشتر نژاد کارنیولان نسبت به فاکتورهای مدیریتی و محیطی از جمله: دماو رطوبت، وضعیت شهد و گرده زنبورستان، آفات و بیماری‌ها در مقایسه با نژاد آمیخته باشد. به‌طور کلی نتایج تحقیق نشان داد گروه ژنتیکی آمیخته برای دو صفت نرخ تخم‌ریزی و رشد جمعیت عملکردی فراتر از سطح مورد انتظار (میانگین نژادهای والدینی) داشت که نشان‌دهنده‌ی تاثیر مثبت آمیخته‌گری و پیدایش هتروزیس برای این صفات می‌باشد. در تحقیق حاضر درصد هتروزیس (Hybrid Vigour) برای صفت نرخ تخم‌ریزی به‌طور متوسط ۱۰٪ و برای صفت رشد جمعیت معادل ۲٤٪/۵ بود. Oldroyd and Goodman (1988) آمیخته‌گری در زنبورعسل را برای صفات جمعیت‌سازی (Brood Production) و تولید عسل مطالعه نمودند و گزارش کردند نژادهای هیبرید برای جمعیت‌سازی نسبت به نژادهای والدینی برتری دارند اما از نظر صفت تولید عسل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین طبق نتایج این تحقیق، طول عمر (Longevity) ملکه‌های هیبرید نسبت به سایر ملکه‌ها بیشتر بود که می‌تواند برای زنبورداران سودمند باشد.

Cale and Gowen (1956) تاثیرآمیخته‌گری را در ٤ لاین زنبور عسل و ٦ ترکیب هیبرید حاصل از این لاین‌ها را برای دو صفت تولید عسل و نرخ تخم‌ریزی بررسی کردند. نتایج نشان داد برای صفت نرخ تخم‌ریزی، تعداد ۵ مورد و همچنین برای صفت تولید عسل تعداد ٤ مورد از ٦ هیبرید از بهترین والد خود، عملکرد و تولید بالاتری داشتند.

$$\text{درصد هتروزیس نرخ تخم ریزی} = \frac{۹۳/۵۰ - ۸۵}{۸۵} \times ۱۰۰ = ۱۰$$

$$\text{درصد هتروزیس رشد جمعیت} = \frac{٤/۱۲۵ - ۳/۳۱۲۵}{۳/۳۱۲۵} \times ۱۰۰ = ۲٤/۵$$

درصد هتروزیس برای صفت تخم‌ریزی به‌طور متوسط ۳۵/۵٪ و برای صفت تولید عسل معادل ۱۵٪ بود. بدیهی است تخم‌ریزی ملکه، رشد اولیه کلونی و جمعیت‌سازی می‌تواند ظرفیت کلونی را برای استفاده حداکثری از منابع شهد و حتی مقاومت در برابر آفات افزایش دهد و لذا بهره‌گیری از نژادها و لاین‌های برتر به‌صورت

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]

خالص و یا آمیخته می‌تواند بهبود عملکرد و کارائی بخش زنبور عسل را به همراه داشته باشد.

تولید بره‌موم، رفتار دفاعی

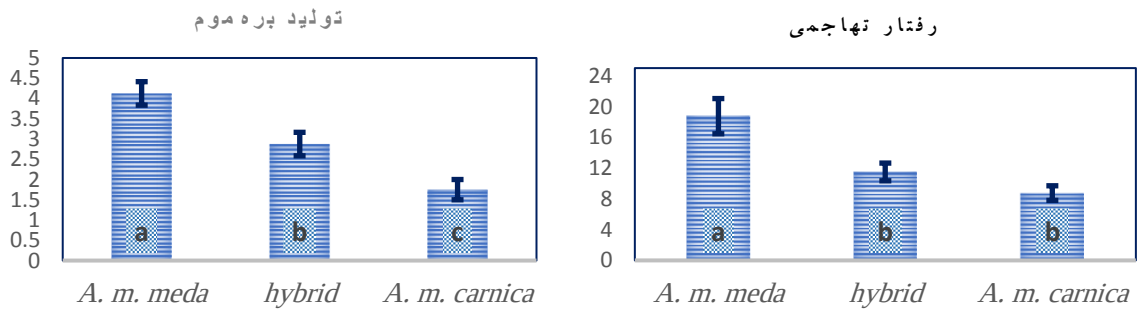
رفتار دفاعی در قالب دو صفت تولید بره‌موم، رفتار دفاعی مطالعه شد و نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. تولید بره‌موم یک صفت تولیدی-دفاعی محسوب می‌شود و میانگین این صفت در زنبورعسل نژاد ایرانی، نسبت به سایر نژادها تفاوت معنی‌داری داشت و برتر بود (نمودار ۳). البته باید در نظر داشت، تولید بیش از حد بره‌موم که در برخی کلنی‌های نژاد ایرانی دیده می‌شود، می‌تواند مدیریت و بازدید کندو را با دشواری مواجه سازد و این مساله چندان مطلوب زنبورداران نیست. بره‌موم به صورت یک فرآورده طبیعی در مقابله با میکروارگانیسم‌ها و همچنین موجودات بزرگتر از جمله حشرات، مورچه‌ها، زنبوران قرمز و زرد کمک می‌کند (Bankova et al. 2019). Sugden and Furgala (1982) بره‌موم تجمع یافته در درون کندو را به‌صورت نسبت (درصد کندوهای دارای بره‌موم نسبت به کندوهای فاقد بره‌موم) امتیازبندی و گزارش نمودند هیبرید میدنایت نسبت به سایر گروه‌های ژنتیکی، بره‌موم بیشتری تولید می‌کند. میزان بره موم تولیدی این هیبرید در حدی بود که بر مدیریت کلنی تاثیر نامطلوب داشت. بیشترین بره‌موم جمع‌آوری شده متعلق به آخر تابستان بود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

افروزان و همکاران (۱۳۸۱) گزارش نمودند اعمال روش‌های مختلف تولید بره‌موم تأثیری در جمعیت کلونی‌های زنبورعسل نداشته است. همچنین همبستگی معنی‌داری میان جمعیت زنبوران بالغ با بره‌موم مشاهده نگردید و می‌توان نتیجه گرفت که کمیت جمعیت کلونی زنبورعسل تاثیر چندانی برای تولید بره‌موم نداشته و در صورت لزوم زنبوران چرایی با تغییر وظیفه به جمع‌آوری صمغ و رزین و تولید بره‌موم می‌پردازند.

درصد هتروزیس برای صفت تولید بره‌موم معادل ۲/۱- ٪ و برای صفت رفتار دفاعی برابر ۲۲/۵- ٪ به دست آمد. منفی بودن مقدار هتروزیس برای صفات مذکور نشان می‌دهد که زنبوران گروه هیبرید، از متوسط مورد انتظار، عملکرد پایین‌تری داشته‌اند.

$$\text{درصد هتروزیس تولید بره موم} = \frac{۲/۸۷۵ - ۲/۹۳۷۵}{۲/۹۳۷۵} \times ۱۰۰ = -۲/۱$$

$$\text{درصد هتروزیس رفتار دفاعی} = \frac{۷/۷۵ - ۱۰}{۱۰} \times ۱۰۰ = -۲۲/۵$$



نمودار ۳- رفتار دفاعی و تولید بره‌موم در سه گروه زنبورعسل ایرانی، کارنیولان و آمیخته

جدول ۳- عملکرد گروه‌های ژنتیکی (میانگین±اشتباه معیار) برای صفات تولید بره‌موم و رفتار دفاعی

	زنبورعسل ایرانی	زنبورعسل آمیخته	زنبورعسل کارنیولان	درصد هتروزیس
تولید بره‌موم	^{a}٤/١٢٥±٠/٢٩	^{b}٢/٨٧٥±٠/٢٩	^{c}١/٧٥٠±٠/٢٥	-٢/١
رفتار دفاعی	^{a}١٦/٥٠±١/٢٨	^{b}٧/٧٥±١/٤٨	^{c}٣/٥٠±٠/٦٠	-٢٢/٥

گروه‌هایی که فاقد حداقل یک حرف مشترک هستند، در سطح اطمینان ۹۵٪ از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌دار هستند.

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]

به بیان دیگر، زنبوران هیبرید، از نظر دو صفت تولید بره‌موم و رفتار دفاعی، به نژاد کارنیولان گرایش و تشابه عملکرد بیشتری داشته‌اند. طبق نمودار ۳ تعداد نیش وارده نیز بر روی کمربند چرمی در نژاد ایرانی با میانگین ۱۶/۵۰ دارای تفاوت معنی‌دار نسبت به دو نژاد دیگر بود (نمودار ۳). طهماسبی و همکاران (۱۳۹۶) با مقایسه عملکرد کلنی‌های ملکه‌های اصلاح شده ایرانی با کلنی‌های شاهد در زنبورستان‌های ایران گزارش نمودند از نظر صفات رفتار دفاعی (Defensive Behavior)، کلنی‌های اصلاح شده ایرانی نسبت به کلنی‌های شاهد برتر بودند اما از نظر صفات تولید عسل (Honey Storage) و جمعیت بالغین، تفاوتی مشاهده نشد.

Sugden and Furgala (1982) تعداد نیش های واردشده به توپ چرمی جلوی درب کندو را بعد از گذشت ۶۰ ثانیه شمارش و گزارش کردند ارتباط معنی‌داری میان اندازه جمعیت کلنی و رفتار تهاجمی وجود ندارد. Genc et al. (1999) در مقایسه ملکه‌های نژاد قفقازی (*Apis mellifera caucasia*)، زنبورعسل آناتولی (*Apis mellifera anatoliaca*) و زنبورعسل بومی منطقه ارزروم (Erzurum Honeybee)، گزارش نمودند برای صفات رفتار غارتگری (Robbing Behavior) و رفتار نیش زدن (Stinging Tendency) میان ژنوتیپ‌های مطالعه شده تفاوت معنی داری وجود دارد. کمترین رفتار نیش‌زدن مربوط به نژاد زنبورعسل قفقازی (با متوسط ۹/۱۴) و بیشترین رفتار نیش‌زدن مربوط به زنبوران منطقه ارزروم بود.

به‌طور کلی طبق نتایج تحقیق حاضر، زنبورعسل نژاد کارنیولان از نظر صفات رفتار دفاعی در سطحی مطلوب و پایین‌تر از سایر گروه‌های نژادی قرار داشت. زنبورعسل ایرانی نیز، از نظر صفات رفتار دفاعی، به‌طور معنی‌داری سطحی بالا و وضعیتی بسیار نامطلوب داشت. با توجه به اهمیت این صفت از نظر مدیریت زنبورستان و با عنایت به اینکه هیبریدها از نظر این صفات، همانند نژاد مادری یعنی کارنیولان عمل می‌کنند، می‌توان استفاده از آمیخته‌گری را برای بهبود این صفت پیشنهاد داد.

سپاسگزاری

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی زنبورعسل دانشگاه کردستان انجام شد. بدین‌وسیله از دانشجویان و تمام افرادی که در این زمینه همکاری نمودند صمیمانه قدردانی می‌شود.

منابع

Afrouzan H, Tahmasbi GH, Ebadi R, Babaei M (2002) Different propolis production methods and it effect on the population growth of honeybee colonies. Scientific Information Database 15:76-79. (In Farsi)

Alqarni AS, Balhareth HM, Owayss, AA (2014) Performance evaluation of indigenous and exotic honeybee (*Apis mellifera L.*) races in Assir region, southwestern Saudi Arabia. Saudi Journal of Biological Sciences 21:256-264.

Bankova V, Bertelli D, Borba R, Conti BJ, da Silva Cunha IB, Danert C, Eberlin MN, Falcão SI, Isla MI, Moreno MIN, Papotti G, Popova MM, Santiago KB, Salas A, Sawaya ACHF, Schwab NV, Sforcin JM, Simone-Finstrom M, Spivak M, Trusheva B, Vilas-Boas M, Wilson M, Zampini C (2019) Review Article: Standard methods for *Apis mellifera* propolis research. Journal of Apicultural Research 58:1-49.

Butler, CG (1949) The Honeybee: An introduction to her sense-physiology and behaviour. London: Oxford University Press.

Brascamp EW, Bijma P (2014) Methods to estimate breeding values in honey bees. Genetics Selection Evolution 46:1-15.

Cale GH, Gowen JW (1956) Heterosis in the honey bee (*Apis Mellifera* L.). Genetics 41:292-303.

Ebadi R (1987) Evaluation of Five Honey Bee (*Apis mellifera* L.) Races and Hybrids in Comparison with The Nativ Iranian Race in Isfahan Ragion. Iranian Journal of Agriculture Science 19:11-22. (In Farsi)

Edriss MA, Mostajeran M, Ebadi R (2002) Correlation Between Honey Yield and Morphological Traits of Honey Bee in Isfahan. JWSS - Journal of Water and Soil Science 6:91-103. (In Farsi)

Genç F, Dülger C, Kutluca S, Dodoloğlu A (1999) Comparison of some behavioral characteristics of Caucasian, Central Anatolian and Erzurum honeybee (*Apis mellifera* L.) genotypes in the conditions of Erzurum. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences 23:651-656.

Guichard M, Neuditschko M, Soland G, Fried P, Grandjean M, Gerster S, Dainat B, Bijma P, Brascamp EW (2020) Estimates of genetic parameters for production, behaviour, and health traits in two Swiss honey bee populations. Apidologie 51:876-891.

Hassler EE, Cazier JA, Hopkins B, Wilkes JT Smith K, Runzel M (2021) A century of discovery: Mining 100 years

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]

of honey bee research. Journal of Apicultural Research 60:3-12.
Kaps M, Lamberson W (2017) Biostatistics for Animal Science. CABI 562 Pages.
Mostajeran M, Edriss MA, Ebadi R, Tahmasebi GH (2000) Heritability Estimates of Morphological Characters and Honey Yield of Honeybee Colonies in Isfahan. Journal of Crop Production and Processing 4:119-126. (In Farsi)
Oldroyd BP, Goodman RD (1988) Inbreeding and heterosis in queen bees in relation to brood area and honey production. Australian Journal of Agricultural Research 39:959- 964.
Raygan O (2020) Comparison of colony performances of honeybees (Apis mellifera carnica, Apis mellifera ligustica, Apis mellifera meda and hybrid of meda×carnica) in the mountainous area of western Iran. thesis of Master of Science in Beekeeping. Urmia University 63-65. (In Farsi)
Roberts WC (1961). Heterosis in the honey bee as shown by morphological characters in inbred and hybrid bees. Annals of the Entomological Society of America 54:878-882.
Ruttner F (1988) Biogeography and Taxonomy of Honeybees. Springer Verlag, Heidelberg, Berlin, New York 284 pp.
SAS Institute Inc (2001) SAS User's Guide, Version 8.02. SAS Institute, Cary, NC, USA.
Sugden MA, Furgala B (1982) Evaluation of six commercial honeybees (*Apis mellifera* L.) stocks used in Minnesota. American Bee Journal 122:283- 286.
Susnik S, Kozmus P, Poklukar Y, Meglic V (2004) Molecular characterisation of indigenous *Apis mellifera carnica* in Slovenia. Apidologie 35:623-636.
Tahmasbi Z, Tahmasbi GH, Osfoori R, Ebrahimi MA, Babaei M (2013) Foraging and pollen gathering behavior of worker bees in high and low honey production colonies of Iranian honeybee (*Apis mellifera* meda). journal of Animal Science Research 23:61-72. (In Farsi)
Tahmasbi GH, Babaei M, Tajabadi N, Seyfi E, Mashayekhi N, Rezazadeh H (2014) The performance of improved honey bee colonies obtained from the thirteenth generation of Iranian queens and control colonies in different apiaries of Iran. Journal of Animal Production 19:739-750. (In Farsi)

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-10-29]