



Homozygosity percentage in beekeeping areas of Sistan and Baluchistan province and its effect on honey production

Zohre Mehraban¹ , Kamal Shojaian² , Gholam Reza Dashab³ ,
Masoud Rezvan⁴ 

1. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: mehraban1362n@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: kshojaian@uoz.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: dashab@ut.ac.ir
4. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: masoudrezvan.ca@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Considering the importance of homozygosity of sex alleles on yield and honey production, the present study aimed to evaluate the level of homozygosity in beekeepers of Sistan and Baluchistan province based on the centers of apiaries and based on beekeeping potential, number of colonies and beekeepers. For this purpose, colonies with queens of the same age and the same population (preferably more than seven times the population) were randomly selected from the centers of beehives in different regions of the province and subjected to field studies. A total of 200 honey bee colonies (from four counties, 5 districts in each district 10 colonies) were selected. The traits of the number of empty cells and the amount of honey production were measured at the end of the 6 months. Based on the number of empty cells, the percentage of homozygosity of sex alleles and the number of homozygous alleles were calculated. Data analysis was performed using a nested design with two factors: county and district. The effects of homozygosity on honey production performance were analyzed using analysis of covariance and regression analysis. The results showed that the lowest homozygosity coefficient (2.89%) was observed in the Ismail-Abad district, Khash city. Additionally, Delgan city produced the highest amount of honey (12.07 kg per hive), but the amount of honey produced in Habib Abad district, Taftan city, was the highest at 18.79 kg per hive, compared to other districts. The higher amount of honey production in the Habib-Abad sector, Taftan city, may be due to more suitable regional conditions or better nutrition of honey beehives in this sector compared to other industries. In the present study, the correlation between the percentage of homozygosity and the honey production trait was insignificant. Therefore, the adverse effects of homozygosity on honey bee performance and reduction in colony population size were not observed, thus indicating the favorable state of beekeeping and high diversity in honey bee colonies in the Sistan and Baluchistan province, and enabling breeding programs by selecting for the production of queens with high performance and other desirable traits.
Article history: Received: 13 April 2025 Received in revised form: 28 August 2025 Accepted: 29 August 2025 Published online: Spring 2026	
Keywords: <i>Complementary Sex Determiner gene, Honey production, Honey bee, Homozygosity of sexual alleles, Sistan and Baluchistan.</i>	

Cite this article: Mehraban, Z., Shojaian, K., Dashab, Gh. R. & Rezvan, M. (2026). Homozygosity percentage in beekeeping areas of Sistan and Baluchistan province and its effect on honey production. *Iranian Journal of Animal Science*, 57 (1), 43-57. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.393189.654071>



Extended Abstract

Introduction

Honey bees play an important role in meeting the needs of human societies. Their primary role is pollination, and their products, such as honey, pollen, royal jelly and wax, are also important. However, the evolution of human societies, the destruction of natural habitats, and some management problems have caused the population of this insect to decrease. One of these management issues is an increase in homozygosity of sexual alleles, which has led to a reduction in the number of sexual alleles and an increase in homozygosity, as well as its associated effects and consequences, including reduced adaptation power, decreased fertility and reduced production. The purpose of this study is therefore to investigate the level of homozygosity in bee colonies in areas with a high density of beekeepers in Sistan and Baluchistan province, and its impact on honey production.

Materials and methods

The study was conducted at the level of apiaries in the cities with the highest concentration of honey bee breeding in the Sistan and Baluchistan provinces (Delgan, Khash, Taftan and Iran-shahr) during the spring and summer of 2024. Two hundred hives from four cities (Delgan, Khash, Taftan and Iran-shahr), five apiaries from each region, ten hives from each apiary and three hives from each hive were randomly selected and subjected to field studies. For this purpose, brown-colored healthy pomace was given to each of the studied colonies. Three days later, the state of queen spawning was evaluated, and the desired queens were coded once it was confirmed that the queen had spawned. Twelve days after the queen hatched, the combs in question were removed from the hive. Evaluation of the empty cells was performed using a template in six areas of each comb (three from each side), and the number of empty cells was counted and recorded. 300 cells from each side were examined, making a total of 600 cells from each comb and 1,800 cells from each hive. The homozygosity of sex alleles was calculated using Ruttner's (1988) and Page and Laidlow's (1985) instructions. To count the empty cells in each hive, three frames containing closed-headed babies (pupae) were removed and the number of empty cells among the full cells was counted by placing a template in the pupal area. The average number of empty cells indicates the average homozygosity of each sex allele. The ratio $100/s-100$ was used to estimate the number of homozygous sex alleles, where s is the average percentage of vitality of babies due to the action of the homozygosity of sex alleles. During the next stage of the honey harvesting season, the weight of the harvested honey was calculated and recorded based on the difference in weight of each hive before and after honey extraction. Finally, after taking the measurements, the data were analyzed using a nested design in SAS software version 9.4. To check the effect of the homozygosity coefficient on honey yield, regression analysis was used. In this model, honey production was considered the dependent variable and the homozygosity percentage the auxiliary variable.

Results

In apiaries across the province, the average homozygosity and number of homozygous alleles were 3.46% and 32.81, respectively, while honey production was 10.75 kg. While the percentage of homozygosity in different cities within the province did not differ significantly ($P>0.05$), significant differences were observed within each city's departments ($P<0.05$). The range of changes in the homozygosity coefficient in different cities was between 3.31% and 3.57%, indicating a low homozygosity percentage. The average honey production per hive in the cities of the province was between 9.56 and 12.07 kg, showing a statistically significant difference ($P < 0.05$). Due to the low homozygosity percentage, it is expected that the number of sexual alleles will be high. The average number of alleles in different cities was between 31.32 and 35.8, with the highest number belonging to Taftan city, which showed the lowest homozygosity coefficient. The variation in the coefficient of homozygosity in different parts of each city was greater, ranging from 2.06% to 5.08%. Average honey production ranged from 6.13 to 18.79 kg, indicating a wide variation in production across the province. The variation in the number of alleles was also significant, ranging from 20.39 to 50.2. The highest number of alleles was found in different parts of Taftan city, which had the lowest coefficient of homozygosity and the highest average honey production. Correlation analysis showed no significant correlation between honey production performance and percentage of homozygosity ($P<0.05$).

Conclusions

In the present study, the correlation between the percentage of homozygosity and the honey production trait was insignificant. Therefore, the adverse effects of homozygosity on honey bee performance and reduction in colony population size were not observed, thus indicating the favorable state of beekeeping and high diversity in honey bee colonies in the Sistan and Baluchistan province, and enabling breeding programs by selecting for the production of queens with high performance and other desirable traits.

Key words: Complementary Sex Determiner gene, Honey production, Honey bee, Homozygosity of sexual alleles, Sistan and Baluchistan

Author Contributions

Methodology, Z. M., G. R. D. and K. S.; software, G. R. D. and Z. M.; formal analysis, G. R. D. and Z. M.; writing—original draft preparation, Z. M., G. R. D., K. S. and M. R.; writing—review and editing, Z. M., G. R. D., K. S. and M. R.; supervision, G. R. D., K. S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants of the present study.

Ethical consideration

The study was approved by the Ethics Committee of the University of Zabol (Ethical cod: IR-UOZ-4398). The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

درصد هموزیگوسیتی در مناطق پرورش زنبور عسل استان سیستان و بلوچستان و تأثیر آن بر میزان تولید عسل

زهرة مهربان^۱ | کمال شجاعیان^۲ | غلامرضا داشاب^۳ | مسعود رضوان^۴

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: mehraban1362n@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: kshojaeian@uoz.ac.ir

۳. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: dashab@uoz.ac.ir

۴. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: masoudrezvan.ca@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	با توجه به اهمیت هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی بر عملکرد و تولید عسل، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی میزان هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی در زنبورستان‌های استان سیستان و بلوچستان بر اساس مراکز تجمع زنبورستان‌ها و بر مبنای پتانسیل زنبورداری، تعداد کلنی و زنبوردار ارزیابی شد. بدین منظور از مراکز تجمع زنبورستان در مناطق مختلف استان، کلنی‌های دارای ملکه‌های هم سن و دارای جمعیت یکسان (ترجیحاً بیشتر از هفت شان جمعیت) به صورت تصادفی انتخاب و مورد مطالعات میدانی قرار گرفتند. تعداد ۲۰۰ کلنی زنبور عسل (از چهار شهرستان، هر شهرستان ۵ بخش و از هر بخش ۱۰ کلنی) انتخاب شدند. صفات تعداد حجرات خالی و میزان تولید عسل در پایان دوره ۶ ماهه اندازه‌گیری شدند. بر اساس تعداد حجرات خالی درصد هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی و تعداد آلل هموزیگوت محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس طرح آشیانه‌ای با دو عامل شهرستان و منطقه انجام گرفت و آثار هموزیگوسیتی بر عملکرد تولید عسل از تجزیه کواریانس و تجزیه رگرسیون استفاده شد. نتایج نشان داد کمترین ضریب هموزیگوسیتی (۲/۸۹ درصد) در بخش اسماعیل آباد، شهرستان خاش مشاهده شد. همچنین شهرستان دلگان بیشترین میزان تولید عسل (۱۲/۰۷ کیلوگرم به ازای هر کندو) را به خود اختصاص داد، اما میزان عسل تولیدی در بخش حبیب آباد، شهرستان تفتان نسبت به سایر بخش‌ها در بالاترین مقدار به میزان ۱۸/۷۹ کیلوگرم به ازای هر کندو بود. بالاتر بودن میزان تولید عسل در بخش حبیب آباد، شهرستان تفتان می‌تواند به دلیل شرایط منطقه‌ای مناسب‌تر و یا به دلیل تغذیه بهتر کلنی‌های زنبور عسل در این بخش نسبت به سایر بخش‌ها باشد. در مطالعه حاضر همبستگی بین درصد هموزیگوسیتی و صفت تولید عسل غیرمعنی‌دار بود. لذا آثار نامطلوب هموزیگوسیتی بر عملکرد زنبور عسل و کاهش اندازه جمعیت کلنی‌ها مشاهده نشد، لذا حکایت از وضعیت مطلوب زنبورداری و میزان تنوع بالا در کلنی‌های زنبور عسل منطقه سیستان و بلوچستان است و برنامه‌های بهنجاری با انتخاب جهت تولید ملکه‌های با عملکرد بالا و صفات مطلوب دیگر را میسر می‌سازد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۰۷ تاریخ انتشار: بهار ۱۴۰۵	
کلیدواژه‌ها: تولید عسل، زنبور عسل، ژن <i>csd</i> ، سیستان و بلوچستان، هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی.	

استناد: مهربان، زهرة؛ شجاعیان، کمال؛ داشاب، غلامرضا و رضوان، مسعود (۱۴۰۵). درصد هموزیگوسیتی در مناطق پرورش زنبور عسل استان سیستان و بلوچستان و تأثیر آن بر میزان تولید عسل. نشریه علوم دامی ایران، ۵۷ (۱)، ۵۷-۴۳. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.393189.654071>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2025.393189.654071>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

در بین حشرات، زنبور عسل نقش مهمی در گرده‌افشانی ایفا می‌کند، از همین رو کاهش جمعیت آن برای انسان و تنوع زیستی خطرناک است (Khalifa et al., 2021). مطالعه‌ای که به منظور بررسی جمعیت جهانی زنبور در طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۷ انجام گرفت، شواهد بیانگر رو به کاهش بودن سرانه تعداد کلنی‌های زنبور عسل به ازای هر ۱۰۰۰ نفر به میزان ۱۹/۹ درصد تا سال ۲۰۱۷ بوده است، هر چند که تعداد مطلق کلنی‌ها افزایش ۸۵ درصد را نشان می‌دهند (Phiri et al., 2022). کاهش جمعیت زنبورها عمدتاً مربوط به رشد و توسعه جوامع انسانی و پیامدهای ناشی از آن مثل از دست دادن زیستگاه‌های طبیعی که دور شدن و انزوای ژنتیکی جوامع را به دنبال داشته، قاعدتاً در افزایش هموزیگوسیتی مؤثرند (Belsky and Joshi, 2019).

در صنعت پرورش زنبور عسل عوامل و پدیده‌های زیادی کلنی‌های زنبور عسل را تهدید و در بسیاری از مواقع باعث کاهش جمعیت و در نتیجه کاهش عملکرد کندوهای زنبور عسل می‌گردند. یکی از این عوامل، هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی (نرهای دیپلوئید) در نتیجه آمیزش‌های خویشاوندی در کلنی‌های زنبور عسل است که منجر به کاهش تعداد آلل‌های جنسی در اثر بالا رفتن هموزیگوسیتی می‌گردد (Basiri, 2006). در صورت عدم اطلاع زنبورداران از این عارضه و مدیریت غلط زنبورستان‌ها در فصل افزایش جمعیت، موجب ایجاد صدمات زیادی به کلنی‌ها شده و به تدریج قدرت سازگاری آنها با محیط کاهش یافته و در نهایت جمعیت کلنی‌های زنبور عسل، باروری و گرده افشانی گیاهان به خطر می‌افتد (Rahimi et al., 2010).

اگر در تخم‌های لقاح یافته دو آلل جنسی مختلف X_aX_b در جایگاه ژنی X یا جایگاه ژنی تعیین جنسیت (CSD)، به صورت هتروزیگوت قرار گیرند، از تخم‌های حاصله زنبورهای ماده دیپلوئید $2n$ (کارگر یا ملکه) تکامل می‌یابند، اما در صورت عدم لقاح تخم‌ها بر اثر پدیده بکرزائی زنبورهای نر طبیعی و هاپلوئید، بوجود می‌آیند. در آمیزش‌های خویشاوندی اگر دو آلل جنسی مشابه به صورت X_aX_a در جایگاه ژنی X به صورت هموزیگوت قرار گیرند، فرد متولد شده تبدیل به یک زنبور نر می‌شود (Cook and Crozier, 1995).

نرهای دیپلوئید به‌طور طبیعی قادر به ادامه حیات نیستند؛ چرا که لارو نرهای دیپلوئید فاقد فرمون ترشح شده توسط نوزادان طبیعی می‌باشند به همین دلیل حدود شش ساعت پس از تفریح، توسط زنبورهای کارگر پرستار از بین می‌روند (Yousefi et al., 2022) و به صورت حشرات خالی در کنار سلول‌های حاوی سرپوش مشاهده می‌شوند. به این پدیده هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی در کلنی‌های زنبور عسل اطلاق می‌شود (Beye, 2004). مهمترین مشخصه این پدیده فراوانی نرهای دیپلوئید در کلنی است (Rinderer et al., 2010). البته ممکن است حشرات خالی یا حشرات کانیبالیسم شده توسط زنبوران پرستار بواسطه عوامل دیگری همچون الودگی‌های ویروسی، باکتریایی و قارچی، خطای کارگرها، تخم لقاح نیافته در بخش سلول‌های کارگر نیز باشد و یک تداخل بین درصد هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی با سایر عوامل ذکر شده بوجود آید (Posada-Florez et al., 2021). لذا شاخص روتتر هرچند شاخص دقیق نیست، ولی در شرایط مزرعه با کنترل عوامل محیطی، تغذیه‌ای و بهداشتی می‌توان از احتمال وقوع سایر عوامل جلوگیری بعمل آورد.

بین نر هاپلوئید با نر دیپلوئید تفاوت‌هایی وجود دارد که این تفاوت‌ها سبب می‌شود نرهای دیپلوئید توسط زنبورهای پرستار کلنی معدوم گردند. دلیل این تفاوت‌ها را در مقدار ترکیبات اصلی کوتیکول گزارش کردند (Charlesworth, 2008; Woyke, 2015). میزان ترکیب *Squalen* در نرهای دیپلوئید بیشتر از نرهای هاپلوئید است در صورتی که میزان ترکیبات *Tricocosine*، *Hepta cosine* و *Penta cosine* در نرهای هاپلوئید بسیار بیشتر از نرهای دیپلوئید است (Woyke, 2015). در مورد *Trico cosine* این اختلاف بیشتر از بقیه موارد می‌باشد. به عبارتی دیگر، در پوست لاروهای دیپلوئید مقدار *Trico cosine* کمتر است و این امر سبب می‌شود تا در کمتر از شش ساعت بعد از تفریح از تخم، لاروهای دیپلوئید توسط زنبورهای پرستار معدوم و از کندو حذف شوند. در مورد ترکیب *Hepta cosine* این تفاوت کمتر است، یعنی نرهای هاپلوئید با نرهای دیپلوئید اختلاف چندانی از لحاظ مقدار این ترکیب با هم ندارند (Oldroyd and Wongsiri, 2009; Charlesworth, 2008). لذا هدف از این

مطالعه آگاهی از وضعیت زنبورستان‌های شهرستان‌هایی که در استان سیستان و بلوچستان محل تجمع زنبورداری می‌باشند، از نظر درصد هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی موجود در کلنی‌ها و ارتباط آن با میزان تولید عسل است.

پیشینه پژوهش

آمیزش‌های خویشاوندی پی‌درپی باعث بروز هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی در کلنی‌های زنبور عسل می‌شود و در صورت تداوم آمیزش‌های خویشاوندی درصد آن بالا رفته و صفات نامطلوب در آن جمعیت ظاهر می‌گردد (Mokhber and Parichehreh, 2021). درجه سازش نوزادان با محیط کاهش یافته و گاهی سایر رفتارهای آنها را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد. دلیل اصلی ظهور این رفتارهای نامطلوب در نوزادان، از دست رفتن یا کاهش تنوع ژنتیکی حاصل از آمیزش‌های خویشاوندی است (Rahimi, 2022).

تولید عسل با میزان جمعیت کندو رابطه مستقیم دارد، به طوری که اگر تعداد زنبوران یک کلنی کاهش محسوس داشته باشند، میزان تولید عسل کاهش می‌یابد (Asadi Dizaji *et al.*, 2008). از دست دادن تنوع در جایگاه تعیین کننده جنسیت (CSD) منجر به کاهش زنده‌مانی و کاهش تولید عسل می‌گردد (Mo *et al.*, 2024).

هموزیگوسیتی باعث کاهش قدرت زنده‌مانی نوزادان، حساسیت به بیماری‌ها، کاهش بازده و عملکرد، بروز صفات و رفتارهای نامطلوب و عوارض متعدد دیگر می‌گردد (Mishra and Kumar, 1992). حداکثر میزان هموزیگوسیتی ۵۰ درصد است که اگر زنبور ملکه با نرهای حاصل از خودش جفت‌گیری کند؛ در این صورت قدرت زنده‌مانی نوزادان ۵۰ درصد کاهش و متعاقب آن عملکرد کلنی کاهش می‌یابد (Asadi Dizaji *et al.*, 2008). در آمیزش ملکه با چند زنبور نر (چند شوهری) قدرت زنده‌مانی نوزادان به دو عامل تنوع و تعداد آلل‌های جنسی در یک جمعیت و تعداد زنبورهای نر شرکت‌کننده در جفت‌گیری بستگی دارد. با افزایش تعداد و تنوع آلل‌های جنسی در جمعیت، متوسط قدرت زنده‌مانی نوزادان افزایش می‌یابد (Moritz, 1986).

بالا رفتن درصد هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی در کندوهای زنبور عسل به تدریج باعث کاهش و یا عدم مقاومت زنبورها در مقابل آفات و بیماری‌های مختلف کندو می‌شود. نتایج نشان داده است کندوهایی که درصد هموزیگوسیتی پایین‌تری در آلل‌های جنسی خود دارند، در مقابل قارچ بیماری‌زای اسکوفریا که موجب بیماری چندک زنبور می‌شود، مقاومت بیشتر و تلفات کمتری داشتند (Tarpay and Page, 2002). برخی مطالعات بیانگر این بوده که هموزیگوسیتی روی مقاومت زنبورها به کنه واروا که یکی از مهم‌ترین و خطرناک‌ترین آفات کلنی‌های زنبور عسل در دنیا و ایران می‌باشد، مؤثر است. این محققان نشان دادند که کلنی‌های با درصد هموزیگوسیتی کمتر در آلل‌های جنسی، رفتار بهداشتی بهتری از خود نشان دادند و تلفات کمتری در مقابل کنه واروا داشتند (Rinderer *et al.*, 2010). همچنین نتایج نشان داد افزایش هموزیگوسیتی بر طول عمر زنبورهای چراگر تأثیر زیادی داشته و به طور غیرمستقیم باعث کاهش تولیدات کندو می‌شود (Lilia *et al.*, 2002). با توجه به موارد عنوان شده، تعداد آلل‌های جنسی می‌تواند به عنوان شاخصی از هموزیگوسیتی جمعیت‌های زنبور عسل محسوب شود و این عامل بایستی به طور دوره‌ای جهت شناخت وضعیت زنبورستان‌های پرورشی و نیز در طراحی استراتژی‌های اصلاح نژادی، مورد توجه قرار بگیرد (Rahimi, 2022).

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش در بهار و تابستان سال ۱۴۰۳ در سطح زنبورستان‌های شهرستان‌هایی که بیشترین فعالیت پرورش زنبور عسل استان سیستان و بلوچستان را دارند (دلگان، خاش، تفتان و ایرانشهر) انجام شد. انتخاب شهرستان‌ها بر مبنای ظرفیت زنبورداری (شرایط آب و هوایی منطقه، میزان رویش، تنوع گیاهان و طول دوره رویش گیاهان)، تعداد کلنی و تعداد زنبوردار بود. با در نظر گرفتن عوامل جغرافیایی و اقلیمی حاکم بر هر شهرستان در نقاط مختلف شهرستان‌ها، تعداد ۲۰۰ کلنی زنبور عسل انتخاب و بررسی شدند.

1. *Ascophæra apis*

2. Chalkbrood

3. *Varroa* mites

تعداد ۲۰۰ کندو از چهار شهرستان دلگان، خاش، تفتان و ایرانشهر، از هر منطقه ۵ زنبورستان و از هر زنبورستان تعداد ۱۰ کندو و از هر کندو تعداد ۳ شان به صورت تصادفی انتخاب و مورد مطالعات میدانی قرار گرفت. بدین منظور، به هر کدام از کلنی‌های مورد مطالعه، پوک‌های سالم قهوه‌ای رنگ داده شد و سه روز بعد، وضعیت تخم‌ریزی ملکه مورد ارزیابی قرار گرفت و بعد از حصول اطمینان از تخم‌ریزی ملکه، شان‌های مورد نظر کدگذاری شدند. دوازده روز بعد از تخم‌ریزی ملکه، شان‌های مذکور از کندو خارج و ارزیابی سلول‌های خالی با استفاده از شابلون در شش منطقه روی شان (از هر طرف سه منطقه) انجام و تعداد سلول‌های خالی شمارش و ثبت گردید در واقع ۳۰۰ سلول از هر طرف شان و در مجموع ۶۰۰ سلول از هر شان و ۱۸۰۰ سلول از هر کندو مورد بررسی قرار گرفت.

اندازه‌گیری هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی در کلنی‌های زنبور عسل (درصد هموزیگوسیتی): در مطالعه حاضر، برای محاسبه میزان هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی از دستورالعمل Ruttner (1988) استفاده شد. بدین منظور، سلول‌های خالی تعداد نرهای دیپلوئید (بین سلول‌های سربسته (شفیره‌ها) شمارش شد. برای این ارزیابی، ابتدا شابلونی با زوایای ۱۲۰ و ۶۰ درجه و دارای طول ضلع ۵۳ میلیمتر که بر روی یک قطعه طلق به ابعاد ۱۴ × ۸ سانتیمتر تعبیه شده است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به ابعاد و زوایای سلول‌های کارگری این شابلون دقیقاً یک صد سلول کارگری را در برمی‌گیرد.

برای شمارش سلول‌های خالی از هر کندو سه شان حاوی نوزاد سر بسته (قاب شفیره) را بیرون کشیده و با قرار دادن شابلون در منطقه شفیره تعداد سلول‌های خالی در بین سلول‌های پُر شمارش شد. میانگین تعداد حجره‌های خالی متوسط هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی هر کندو را نشان می‌دهد. برای برآورد درصد هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی زنبور عسل از فرمول زیر استفاده شد:

$$\text{رابطه ۱)} \quad \text{درصد هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی یا درصد هموزیگوسیتی} = \frac{\text{تعداد حجرات خالی}}{\text{کل حجرات}}$$

برای برآورد تعداد آلل‌های جنسی هموزیگوت از رابطه ذیل بدست آمد:

$$\text{رابطه ۲)} \quad N = \frac{100}{100-s}$$

استفاده گردید. در این فرمول N تعداد آلل‌های هموزیگوت و s متوسط درصد قدرت زیست نوزادان در اثر عمل هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی است که طی ارزیابی کلنی‌ها از طریق شمارش سلول‌های حاوی نوزاد بدست آمد (Woyke, 1973; Woyke, 1999). در مرحله دوم تحقیق برای ارزیابی مقدار عسل تولیدی کلنی‌ها در فصل برداشت عسل در منطقه، مجدداً به زنبورستان‌هایی که قبلاً نمونه‌برداری انجام گرفته بود، مراجعه و براساس شماره کندوهای ثبت شده برای هر زنبورستان در مرحله قبل، وزن عسل برداشتی براساس تفاوت وزن هر کندو قبل و بعد از استخراج عسل، محاسبه و ثبت گردید.

در نهایت پس از اندازه‌گیری، داده‌های جمع‌آوری شده در برنامه Excel ثبت و سپس تجزیه و تحلیل آنها در قالب طرح آشنانه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ (SAS Institute, 2013) انجام شد. تجزیه واریانس روی صفات مورد مطالعه به منظور بررسی اثرات شهرستان (عامل اصلی) و بخش (عامل فرعی) بر پایه طرح آشنانه‌ای مطابق با معادله زیر انجام گرفت.

$$\text{رابطه ۳)} \quad y_{ijk} = \mu + S_i + C(S)_{j(i)} + e_{ijk}$$

در رابطه بالا y_{ijk} مشاهدات مربوط به صفات تولید عسل، درصد هموزیگوسیتی و تعداد آلل هموزیگوت، S_i اثر شهرستان، $C(S)_{j(i)}$ اثر بخش در شهرستان و e_{ijk} اثرات عوامل تصادفی غیرقابل کنترل یا خطای آزمایشی می‌باشند و در نهایت مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش توکی کرامر در سطح ۵٪ انجام شد.

جهت بررسی میزان عملکرد عسل تحت تأثیر ضریب هموزیگوسیتی از روش‌های تجزیه کواریانس و تجزیه رگرسیون استفاده شدند که در این مدل تولید عسل بعنوان متغیر وابسته و درصد هموزیگوسیتی و تعداد آلل جنسی به عنوان متغیر کمکی در نظر گرفته شدند که مطابق با معادله ذیل است:

$$\text{رابطه ۴)} \quad y_{ijkl} = \mu + S_i + C(S)_{j(i)} + F_k(y_{ijkl} - \bar{y}_{...}) + e_{ijkl}$$

که در معادله بالا y_{ijkl} عملکرد تولید عسل هر کندو بر حسب کیلوگرم، μ میانگین کل، F_k درصد هموزیگوسیتی کلنی و سایر اجزاء مطابق با رابطه ۳ می‌باشند. به دلیل این که نتایج تجزیه کواریانس بین صفات عملکرد عسل با درصد هموزیگوسیتی و تعداد آلل جنسی غیرمعنی‌دار بود، لذا نتایج تجزیه رگرسیون گزارش نگردید.

یافته‌های پژوهش و بحث

آماره‌های توصیفی صفات و فراسنجه‌های مورد بررسی در زنبورستان‌های استان سیستان و بلوچستان در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین هموزیگوتی آل‌های جنسی و تعداد آل‌های هموزیگوت در زنبورستان‌های مورد بررسی استان به ترتیب ۳/۴۶ و ۳۲/۸۱ و میانگین تولید عسل ۱۰/۷۵ کیلوگرم بدست آمد.

نتایج تحقیقات سپهری (Sepehri *et al.*, 2007) میزان هموزیگوسیتی و تعداد آل‌های جنسی در کلنی‌های زنبورعسل استان مرکزی را به ترتیب برابر ۵/۳۲ و ۱۸/۸۳ گزارش کردند. صادقی در بررسی کلنی‌های زنبور استان خوزستان تعداد آل‌های هموزیگوت را ۱۲/۲ برآورد نمودند (Sadeghi, 1998).

تعداد آل‌های هموزیگوت در هر زنبورداری به ویژگی‌های ژنتیکی کلنی‌های آن زنبورستان بستگی دارد. این به آن معناست که به دلیل متفاوت بودن ویژگی‌های ژنتیکی، نوع آمیزش‌ها و کوچکی یا بزرگی جوامع، تعداد آل‌های هموزیگوت در جمعیت‌های زنبورعسل یکسان نخواهد بود. به طور کلی در پرورش سنتی زنبورداران ملکه‌هایشان را از طریق انتخاب از زنبورستان خودشان تهیه می‌کنند که این امر، باعث بالا رفتن میزان آمیزش‌های خویشاوندی و در نتیجه افزایش هموزیگوتی آل‌های جنسی و کاهش تعداد آل‌های جنسی در این جمعیت‌ها می‌شود (Farhangdoost *et al.*, 2022). این دلایل، متفاوت بودن تعداد آل هموزیگوت در جمعیت‌های زنبور عسل مورد مطالعه را نسبت به مطالعات قبلی تأیید می‌کند. همچنین در مطالعه حاضر، درصد هموزیگوسیتی آل‌های جنسی تأثیر منفی و معنی‌داری بر تولید عسل نداشت ($P < 0.01$). با توجه به نتایج مطالعات مشابه با افزایش میزان خویشاوندی کلنی‌ها، احتمال مشابه بودن آل‌های جنسی زنبور نر و ملکه و در نتیجه احتمال بروز هموزیگوسیتی در جایگاه زنی جنسی و تولید نرهای دیپلوئید افزایش می‌یابد (Page *et al.*, 1985). لاروهای حاصل از این آمیزش‌های خویشاوندی قدرت زنده‌مانی کمی داشته و نرهای حاصل نیز توسط زنبوران کارگر حذف خواهند شد که از بین رفتن این لاروها سبب کاهش جمعیت و کاهش عملکرد کلنی می‌شود (Yousefi *et al.*, 2021).

جدول ۱. خصوصیات توصیفی صفات میزان تولید عسل، درصد هموزیگوسیتی و تعداد آل‌های هموزیگوت در مناطق مختلف استان سیستان و بلوچستان

Table 1. Descriptive characteristics of honey production rate, percentage of homozygosity and number of homozygous alleles in different regions of Sistan and Baluchistan province

Coefficient of variation %	Standard deviation	Maximum	Minimum	Mean	Number of Colony	Traits	Township
35.61	1.25	6	1.61	3.51	50	Homozygosity (%)	Delgan
26.01	3.14	16.7	6.5	12.07	50	Honey (Kg) production	
40.01	13.12	62.07	16.67	32.79	50	The number of homozygous alleles	
34.1	1.18	6	1.67	3.46	50	(%) Homozygosity	Iran-shahr
20.81	2.2	13.5	6.3	10.57	50	Honey (Kg) production	
35.28	11.05	58.06	17.31	31.32	50	The number of homozygous alleles	
31.65	1.13	5.8	1.7	3.57	50	(%) Homozygosity	Khash
24.37	2.33	14	5.5	9.56	50	Honey (Kg) production	
35.28	11.05	58.06	17.31	31.32	50	The number of homozygous alleles	
41.69	1.38	5.8	1.5	3.31	50	Homozygosity (%)	Taftan
40	4.32	20	5	10.8	50	Honey (Kg) production	
40.24	14.41	66.7	17.1	38.81	50	The number of homozygous alleles	

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، درصد هموزیگوسیتی کلنی‌های مورد بررسی در بخش‌های مختلف یک شهرستان اختلاف معنی‌دار دارند ($P < 0.01$)، اما اختلاف هموزیگوسیتی بین شهرستان‌های استان سیستان و بلوچستان تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. مناطق مورد مطالعه، منطقه کوچ سایر زنبورداران در فصول مختلف سال نیز هستند و هر ساله تعداد قابل توجهی از زنبورداران از نقاط مختلف کشور، کلنی‌های خود را به شهرستان‌های ایرانشهر و تفتان انتقال می‌دهند و گاهی در فواصل خیلی نزدیک با کلنی‌های بومی منطقه هستند و در صورت آمیزش ملکه با نرهای غیرکلنی می‌تواند موجب کاهش درصد هموزیگوسیتی گردد (جدول ۲).

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس طرح آشیانه‌ای صفات درصد هموزیگوسیتی، تولید عسل و تعداد آلل هموزیگوت

Table 2. Analysis of variance table of nested design traits: percentage of homozygosity, honey production, and number of homozygous alleles

P-value	MS	SS	DF	Source of Variation	Traits
0.43	0.58	1.76	3	Township	(%) Homozygosity
** 0.0001	11.67	186.79	16	(Township) Region	
	0.64	115.66	180	Residual	
** 0.0001	53.26	159.79	3	Township	(Kg) Honey production
** 0.0001	112.08	1793.28	16	(Township) Region	
	0.59	107.99	180	Residual	
0.1	180.34	541.03	3	Township	The number of homozygous alleles
** 0.0001	991.34	15861.4	16	(Township) Region	
	86.93	15647.44	180	Residual	

**Significant at the $P < 0.01$

بالاترین میانگین درصد هموزیگوسیتی در کندوهای مورد بررسی مربوط به شهرستان خاش ($3/57$ درصد) بود که شاید به دلیل عدم مهاجرت خارج منطقه‌ای و یا عدم استفاده از ملکه‌های اصلاح شده باشد. همچنین کمترین میانگین درصد هموزیگوسیتی ($3/31$ درصد) در شهرستان تفتان مشاهده گردید که وضعیتی به نسبت مطلوب دارد و این می‌تواند مبین مدیریت بهتر پرورش و یا شرایط محیطی مناسب‌تری باشد که نیاز به حفظ و بهبود دارد (جدول ۳).

جدول ۳- میانگین حداقل مربعات صفات مختلف تولید عسل، درصد هموزیگوسیتی و تعداد آلل هموزیگوت در شهرستان‌های مختلف سیستان و بلوچستان

Table 3. Least squares mean of different honey production traits, percentage of homozygosity and number of homozygous alleles in different Township of Sistan and Baluchistan

The number of homozygous alleles	Honey production (Kg)	Homozygosity (%)	The number of Colonies	Township
^b 31.32	^c 9.56	^a 3.57	50	Khash
^{ab} 32.79	^a 12.07	^a 3.51	50	Delgan
^{ab} 32.62	^b 10.57	^a 3.46	50	Iran-shahr
^a 35.8	^b 10.8	^a 3.31	50	Taftan
1.32	0.108	0.113	-	Standard error of the means

Significant differences are in columns. Treatments with different letters are significant ($P < 0.05$) and treatments with the same letters are not significant ($P > 0.05$).

نتایج مقایسه میانگین‌ها بین بخش‌های مختلف در شهرستان‌های مورد بررسی نشان داد که بالاترین میانگین درصد هموزیگوسیتی مربوط به بخش هودیان شهرستان دلگان ($5/08$ درصد) و کمترین میانگین درصد هموزیگوسیتی ($2/06$ درصد) در بخش نازیل شهرستان تفتان بود (جدول ۴). احتمالاً بهره‌گیری از ماده ژنتیکی جدید در درون جمعیت کندوهای مورد بررسی از طریق خرید ملکه، کوچ زنبورداران سایر نقاط ایران به این منطقه و آموزش‌های فراگیر زنبورداران چه به صورت حرفه‌ای و چه از طریق ارتباط بین زنبورداران بومی منطقه با افراد خارج از منطقه می‌تواند از عوامل مؤثر در پایین بودن میزان هموزیگوسیتی در بخش نازیل شهرستان تفتان باشد. بالا بودن میزان هموزیگوسیتی در سایر بخش‌ها و شهرستان‌های استان احتمالاً به دلیل تعداد کوچ محدود، تفاوت مدیریتی و عدم استفاده برخی از زنبورداران از ملکه‌های اصلاح نژاد شده یا ملکه‌های زنبورداران دیگر،

موجب افزایش میزان آمیزش‌های خویشاوندی و افزایش هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی در کلنی‌های زنبورعسل و در نتیجه بالا رفتن درصد هموزیگوسیتی می‌شود. عدم توجه زنبورداران به افزایش بیش از ۱۰ درصد هموزیگوسیتی کلنی‌های زنبورعسل به ویژه در فصل افزایش جمعیت، به کلنی‌های زنبورعسل صدمات زیادی وارد کرده و به تدریج قدرت سازگاری آنها با محیط را کاهش داده و در نهایت جمعیت کلنی‌های زنبورعسل و باروری و گرده‌افشانی گیاهان را به خطر می‌افکند (Rahimi et al., 2010).

جدول ۴. میانگین حداقل مربعات مختلف تولید عسل، ضریب هموزیگوسیتی و تعداد آلل هموزیگوت در بخش‌های مختلف شهرستان‌های سیستان و بلوچستان

Table 4. Least squares mean of different honey production traits, homozygosity coefficient and number of homozygous alleles in different regions of Sistan and Baluchistan counties

The number of homozygous alleles		Honey production		Homozygosity %		Colonies	Regions	Township
Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation			
30.06	10.11	12.17	0.28	3.650	1.09	10	Azar-Abad	Delgan
29.90	10.52	11.02	0.38	3.650	1.04	10	Chegerdak	
43.581	13.61	14.01	0.12	2.511	0.78	10	Galmurti	
19.992	2.86	6.970	0.38	5.088	0.67	10	Hudiyan	
40.462	11.70	16.190	0.32	2.651	0.70	10	Central section	
39.313	10.79	12.120	0.14	2.717	0.71	10	Abtar	Iran-shahr
34.459	11.60	10.590	0.27	3.239	1.13	10	Bazman	
28.907	9.88	9.910	0.27	3.750	0.97	10	Duman	
20.780	3.36	6.790	0.28	4.922	0.75	10	Haji-Abad	
39.628	11.31	13.060	0.23	2.699	0.70	10	Central section	
32.043	12.16	9.140	0.25	3.48	1.12	10	Ismail-abad	Khash
38.752	9.63	13.160	0.93	2.71	0.61	10	Deh-Rais	
32.131	9.92	9.370	0.56	3.37	0.96	10	Irاندگان	
20.707	2.65	6.130	0.50	4.90	0.63	10	Central section	
32.951	11.29	10.010	0.22	3.37	1.07	10	Push-t-e-Koh	
41.04	9.94	18.790	1.18	2.55	0.54	10	Abib-Abad	Taftan
20.91	2.34	7.780	1.85	4.84	0.52	10	Gouhar-Koh	
46.49	4.85	10.170	1.48	2.18	0.22	10	Kosheh	
50.20	10.01	8.930	0.76	2.06	0.38	10	Nazil	
20.39	2.16	8.350	1.40	4.94	0.53	10	Nook-Abad	

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان تولید عسل بین شهرستان‌ها و بین بخش‌های مختلف هر شهرستان اختلاف معنی‌دار دارند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که شهرستان دلگان بیشترین میزان تولید عسل (۱۲/۰۷ کیلوگرم به ازای هر کندو) را به خود اختصاص داد. در مقابل کمترین میزان تولید عسل (۹/۵۶ کیلوگرم به ازای هر کندو) در شهرستان خاش مشاهده شد (جدول ۳ و ۴). همچنین میزان عسل تولیدی در بخش حبیب‌آباد در شهرستان تفتان نسبت به سایر بخش‌ها در بالاترین مقدار به میزان ۱۸/۷۹ کیلوگرم به ازای هر کندو بود. از سوی دیگر کمترین میزان تولید عسل (۶/۱۳ کیلوگرم به ازای هر کندو) در بخش مرکزی شهرستان خاش به دست آمد (جدول ۵). بالاتر بودن میزان تولید عسل در بخش حبیب‌آباد در شهرستان تفتان می‌تواند به دلیل شرایط منطقه‌ای و مدیریت مناسب‌تر و یا به دلیل تغذیه بهتر کندوهای عسل در این بخش نسبت به سایر بخش‌ها باشد. مخبر و پری‌چهره (2021) در مطالعه خود بر معرفی جایگاه csd و نقش آن در تعیین جنسیت در زنبورعسل (*Apis mellifera*) بیان داشتند که تنوع آللی بر میزان جمعیت و عملکرد کلنی تأثیر دارد (Mokhber and Parichehreh, 2021). پیامد منفی درصد هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی در زنبورعسل، با حذف نرهای دیپلوئید در کلنی ارتباط دارد که در نهایت منجر به کاهش جمعیت و قدرت تولیدی کلنی می‌گردد (Sepehri et al., 2007). نتایج بدست آمده با نتایج تحقیقات زرین ۱۰۲/۷ گرم (Zarin, 2000)، میرزایی و همکاران ۵۲۰ گرم (Mirzaei et al., 2005) و صادقی ۲۸۰ گرم (Sadeghi, 1998) که کاهش عملکرد را با افزایش هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی گزارش کرده‌اند، که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد.

نتایج تجزیه واریانس حاصل از داده‌های آزمایش نشان داد که تعداد آلل هموزیگوت کندوهای مورد بررسی بین بخش‌های مختلف هر شهرستان اختلاف معنی‌دار داشتند ($P < 0.01$)، اما این صفت بین شهرستان‌های استان تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲-۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میانگین تعداد آلل هموزیگوت در کندوهای مورد بررسی مربوط به

شهرستان تفتان (۳۵/۸ عدد) بود. همچنین کمترین میانگین تعداد آلل هموزیگوت (۳۱/۳۲ عدد) در شهرستان خاش مشاهده شد (جدول ۳ و ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها بین بخش‌های مختلف در شهرستان‌های مورد بررسی نشان داد که بالاترین میانگین تعداد آلل هموزیگوت مربوط به بخش نازیل شهرستان تفتان (۵۰/۲ عدد) و کمترین میانگین تعداد آلل هموزیگوت (۱۹/۹۹ عدد) در بخش هودیان شهرستان دلگان مشاهده شد (جدول ۵). اسعدی و همکاران (۱۳۸۷) میانگین هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی در زنبورستان‌های استان آذربایجان شرقی را ۱۵/۰۵ درصد گزارش کردند (Asaadi Dizaji et al., 2008). در مطالعه یوسفی و همکاران (2021) به منظور برآورد میزان هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی در جمعیت‌های زنبور عسل استان‌های آذربایجان غربی و کردستان و ارتباط آن با صفات تولید عسل و جمعیت بالغین، تعداد ۳۲۰ کلنی زنبور عسل مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه میانگین هموزیگوسیتی زنبورستان‌های استان آذربایجان غربی برابر با ۱۲/۷ درصد و برای زنبورستان‌های استان کردستان برابر با ۱۳/۸۲ درصد به دست آمد (Yousefi et al., 2021).

در آزمون ۸ جایگاه ژنی CSD یک منطقه با تنوع بالا (HVR) گزارش شده است که دارای تکرارهای متنوعی از ترکیبات Y و N است. نرخ جهش در این منطقه بالا و بیش از دو برابر نشانگرهای ریزماهورهای می‌باشند (Lechner et al., 2014). آلل‌های متنوع ناحیه مذکور منجر به تغییر در توالی آمینواسیدهای پروتئین‌های تولیدی از ۶ تا ۳۵ آمینواسید می‌شوند (Bilodeau et al., 2020). تنوع آللی در ناحیه CSD در جمعیت‌های زنبور عسل برای بهره‌وری، رشد و تولید مثل حیاتی است و در نژادهای اروپایی بیش از ۱۰۰ آلل گزارش شده است (Bilodeau et al., 2020). در مطالعه بر روی چهار جمعیت از نژادهای مختلف استرالیایی ۸۲ آلل در ناحیه CSD گزارش شده است (Mo et al., 2024). در مطالعه دیگر به منظور بررسی زیرگونه‌های زنبور ایتالیایی ۸۸ آلل در ناحیه HVR شناسایی و گزارش گردید (Paolillo et al., 2022). تعداد آلل‌های جنسی می‌تواند به عنوان شاخصی از هموزیگوسیتی جمعیت‌های زنبور عسل محسوب شود و این عامل بایستی به‌طور دوره‌ای جهت شناخت وضعیت زنبورستان‌های پرورشی و نیز در طراحی استراتژی‌های اصلاح‌نژادی، مورد توجه قرار بگیرد (Yousefi et al., 2021). از دست دادن تنوع در جایگاه CSD منجر به کاهش زنده‌مانی و کاهش تولید عسل می‌گردد. در مطالعه بر روی چهار نژاد استرالیایی تعداد ۸۲ آلل در جایگاه CSD گزارش نمودند (Mo et al., 2024). در مطالعه‌ای که با جفتگیری ملکه‌ها با پسران خود انجام شد، از ۳۲ ملکه تولید شده، ۸ مورد میزان بقاء برابر با ۵۰ درصد، ۱۴ مورد میزان بقاء برابر با ۷۵ درصد و ۱۰ مورد میزان بقاء ۱۰۰ درصد داشتند. کلنی‌های با نرخ بقاء ۵۰ و ۷۵ درصد به ترتیب ۶۸ و ۸۲ درصد عملکرد کلنی‌های معمولی در تولید عسل را داشتند. اندازه جمعیت کلنی‌های با نرخ بقاء ۵۰ و ۷۵ درصد به ترتیب ۷۹ و ۸۹ درصد کلنی‌های معمولی بودند. کلنی‌های معمولی در تابستان جمعیتی برابر با ۳۰۰۰۰ کارگر داشتند، اما کلنی‌های با نرخ بقاء ۵۰ و ۷۵ درصد به ترتیب جمعیتی برابر با ۳۵ و ۹۳ درصد کلنی‌های معمولی جمعیت داشتند (Woyke, 1980).

نتایج تجزیه همبستگی بین صفات تولید عسل، درصد هموزیگوسیتی و تعداد آلل جنسی در جدول ۵ ارائه شده است. همبستگی تولید عسل با صفات درصد هموزیگوسیتی و تعداد آلل جنسی در مطالعه حاضر در منطقه سیستان و بلوچستان غیرمعنی‌دار بود ($P > 0.05$). این نتیجه می‌تواند به این دلیل باشد که در کلونی‌های مورد بررسی، میزان هموزیگوسیتی یا درصد هموزیگوسیتی زیر پنج درصد بود و در سطح مذکور صفات تولیدی تحت تأثیر هموزیگوسیتی قرار نگرفته و اندازه جمعیت و میزان باروری ملکه کاهش خیلی محسوس نداشته‌اند. نتایج تحقیقات فرهنگ دوست و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که میانگین درصد هموزیگوسیتی در کل توده زنبور عسل مورد مطالعه زنبورستان‌های استان آذربایجان شرقی و اردبیل به تفکیک میانگین هموزیگوسیتی ۱۲/۸ درصد در زنبورستان‌های آذربایجان شرقی و برای زنبورستان‌های استان اردبیل میانگین هموزیگوسیتی ۱۲/۸۶ درصد برآورد شد. همچنین نیز نشان داد که هموزیگوتی، همبستگی منفی و معنی‌داری با تعداد آلل جنسی و تعداد آلل جنسی همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت تولید عسل دارد (Farhangdoost et al., 2022). زاهدی بناب (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای بر روی برآورد میزان هموزیگوسیتی و هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی در کلنی‌های نسل ۱۸ طرح اصلاح نژادی زنبور عسل انجام داد، میزان هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی ۲۰/۰۸ گزارش کرد (Zahedibonab, 2022).

همبستگی درصد هموزیگوسیتی با تعداد آلل جنسی منفی و بالا پیش‌بینی گردید (۰/۹۵-). لذا با افزایش درصد هموزیگوسیتی تعداد آلل جنسی کاهش پیدا می‌کند و ارتباط مستقیم بین تعداد آلل با درصد هموزیگوسیتی وجود دارد.

جدول ۵. ضریب همبستگی پیرسون بین تولید عسل، ضریب هموزیگوسیتی و تعداد آل‌های جنسی در زنبورستان های استان سیستان و بلوچستان
Table 5. Pearson correlation coefficient between honey production, homozygosity coefficient and number of sexual alleles in regions of Sistan and Baluchistan province

The number of sexual alleles	% Homozygosity	Honey production	Traits
-0.02 ns	0.006 ns	-	Honey production
-0.95 0.0001	-	0.006 ns	(%) Homozygosity
-	-0.95 0.0001	-0.02 ns	The number of sexual alleles

منطقه سیستان و بلوچستان بویژه مناطق تفتان و ایرانشهر زیستگاه زمستانی بسیاری از زنبورداران از نواحی مختلف ایران بویژه نواحی سردسیر ایران هست. لذا تقابل وارسته‌ها و نژادهای مختلف زنبوران بویژه زنبورهای نری که در تلاقی با ملکه مشارکت دارند، می‌تواند در کاهش درصد هموزیگوسیتی و افزایش تعداد آل‌های جنسی مشارکت داشته باشند. بنابراین، تنها با معطوف کردن توجه زنبورداران به هموزیگوسیتی و تعداد آل‌های جنسی، می‌توان از کاهش جمعیت و متعاقب آن کاهش تولید عسل در زنبورستان‌های کشور جلوگیری کرد (Yousefi *et al.*, 2021). تنوع ژنتیکی بالا در کلنی‌های زنبور عسل نشان‌دهنده سازگاری با شرایط بسیار متنوع سراسر جهان هست (Wallberg *et al.*, 2014). بنابراین، بایستی تعداد آل‌ها در جمعیت‌های زنبور عسل پرورشی، مورد توجه بوده و مدیریت شود (Paolillo *et al.*, 2022). در تحقیق حاضر همبستگی بین تولید عسل و تعداد آل -0.02 و غیرمعنی‌دار بدست آمد. ولیکن در مطالعاتی که درصد هموزیگوسیتی بیش از ۱۰ درصد گزارش شده است، همبستگی منفی بین درصد هموزیگوسیتی و تولید عسل گزارش شده است. زاهدی بناب (۲۰۲۲) این همبستگی را -0.75 درصد، فرهنگ دوست و همکاران (۲۰۲۲) -0.80 ، یوسفی و همکاران (۲۰۲۱) -0.86 ، سپهری و همکاران (۲۰۰۷) -0.442 و زرین (۲۰۰۰) -0.1 / 0.44 گزارش نموده‌اند.

اسعدی دیزجی و همکاران (۲۰۰۸) میانگین تولید عسل در آذربایجان شرقی به ازای هر کندو $11/19$ کیلوگرم گزارش نمودند (Asaadi Dizaji *et al.*, 2008). میانگین تولید عسل به ازای هر کندو در استان آذربایجان غربی $17/9$ کیلوگرم و در استان کردستان $17/22$ کیلوگرم برآورد شد (Yousefi *et al.*, 2021). میانگین تولید عسل در تحقیق زاهدی بناب (2022) که شامل کندوهای استان‌های تهران، قزوین، مرکزی و اصفهان واقع در موسسه تحقیقات علوم دامی کشور در کرج $5/97$ کیلوگرم برآورد گردید (Zahedibonab, 2022).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

علی‌رغم این‌که درصد هموزیگوسیتی در شهرستان‌های مختلف اختلاف معنی‌دار نداشتند، اما در بخش‌های مختلف هر شهرستان تنوع قابل توجهی مشاهده گردید، به نحوی که کمترین درصد هموزیگوسیتی ($2/89$ درصد) در بخش اسماعیل‌آباد، شهرستان خاش مشاهده شد. همچنین شهرستان دلگان بیشترین میزان تولید عسل ($12/07$ کیلوگرم به ازای هر کندو) را به خود اختصاص دهد، اما میزان عسل تولیدی در بخش حبیب‌آباد، شهرستان تفتان نسبت به سایر بخش‌ها در بالاترین مقدار به میزان $18/79$ کیلوگرم به ازای هر کندو حاصل شد. بالاتر بودن میزان تولید عسل در بخش حبیب‌آباد، شهرستان تفتان می‌تواند به دلیل شرایط منطقه‌ای مناسب‌تر و یا به دلیل تغذیه بهتر کندوهای عسل در این بخش نسبت به سایر بخش‌ها باشد. در مطالعه مذکور همبستگی منفی بین عملکرد تولید عسل با درصد هموزیگوسیتی مشاهده نشد، لذا بیانگر شرایط مطلوب پرورش در منطقه سیستان و بلوچستان و تنوع کافی در سطح کلنی‌ها می‌باشد که می‌تواند از این ابزار جهت انتخاب ملکه‌ها برتر از نظر صفات عملکردی و رفتاری استفاده نمود.

منابع

- اسعدی دیزجی، ا.، صیامی، ک. و کاوسی، ا. (۱۳۸۷). بررسی همخونی در کلنی‌های زنبور عسل شهرستان میانه. *مجله دانش نوین کشاورزی*، (۱۱)۴: صفحات ۱۱-۱۵.
- بصیری، م. (۱۳۸۵). *اصول اصلاح نژاد زنبور عسل*. انتشارات موسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی
- رحیمی، ع. (۱۴۰۱). هموزیگوسیتی آلهای جنسی در کلنی‌های زنبور عسل. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، صفحات ۲۹-۲۲.
- زاهدی بناب، ح. (۱۴۰۱). برآورد میزان همخونی و هموزیگوتی آلل‌های جنسی در کلنی‌های نسل ۱۸ طرح اصلاح نژادی زنبور عسل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
- زرین، ف. (۱۳۷۹). بررسی میزان هموزیگوسیتی آلهای جنسی در توده زنبور عسل استان‌های تهران، اصفهان، مرکزی، قزوین (طرح جامع) و رابطه آن با تولید زنبور عسل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مرکز آموزش علمی امام حسین
- سپهری، ر. (۱۳۸۲). برآورد تعداد آلهای جنسی در کلنی‌های زنبور عسل استانهای مرکزی ایران و رابطه آن با میزان جمعیت و تولید عسل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.
- صادقی، م. ت. (۱۳۷۷). مطالعه درصد خویشاوندی در زنبورهای عسل استان خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز.
- فرهنگ‌دوست، آ.، غفاری، م.، رحیمی، ع. و هاشمی، ع. (۱۴۰۱). ارزیابی هموزیگوسیتی آلل‌های جنسی و بررسی ارتباط آن با صفات جنسی، تولید عسل و جمعیت بالغین در کلنی‌های استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل. *مجله پژوهشهای جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)*، (۲)۳۵: ۲۹-۲۰.
- مخبر، م. و پری‌چهره، ش. (۱۴۰۰). معرفی جایگاه csd و نقش آن در تعیین جنسیت در زنبور عسل (*Apis mellifera*). *فصلنامه علمی ترویجی علوم و فنون زنبور عسل*، ۱۲(۳۳): ۳۳-۲۶.
- میرزایی، ح.، پوراصغر، ج.، طهماسبی، غ.، مقدم، م. و عراقی، م. (۱۳۸۴). تعیین میانگین درصد هموزیگوتی آلل‌های جنسی و بررسی روابط آن با تعداد مهاجرت و تولید عسل کلنی‌های زنبور عسل استان آذربایجان شرقی. *پژوهش و سازندگی*، ۶۶: صفحات ۵۹-۵۳.
- یوسفی، ج.، مخبر، م.، هاشمی، ع. و رحیمی، ع. ا. (۱۴۰۰). بررسی هموزیگوسیتی آلهای جنسی و رابطه آن با صفات میزان جمعیت و تولید عسل در جمعیت‌های زنبور عسل (*Apis mellifera meda*) استان‌های آذربایجان غربی و کردستان. *پژوهشهای تولیدات دامی*، ۱۲(۳۲): ۱۳۱-۱۳۹.

REFERENCES

- Asaadi Dizaji, A. A. F., Siami, K. & Kavousi, O. (2008). Study of hemozygosity in apiaries of Miyaneh region, Iran. *Agroecology Journal*, 4(11), 11-15. <https://sid.ir/paper/166711/en> (In Persian)
- Basiri, M. (2006). *Principles of honey bee breeding*. Publications of the institute of higher-scientific-applied Agricultural Jihad. (In Persian)
- Belsky, J. and Joshi, N. K. (2019). Impact of biotic and abiotic stressors on managed and feral bees. *Insects*, 10(8): 233. <https://doi.org/10.3390/insects10080233>
- Beye, M. (2004). The dice of fate: the *csd* gene and how its allelic composition regulates sexual development in the honey bee, *Apis mellifera*. *BioEssays*, 26(10):1131-1139. doi: 10.1002/bies.20098.
- Bilodeau L., Avalos A., Danka, R. G. (2020). Genetic diversity of the complementary sex-determiner (*csd*) gene in two closed breeding stocks of Varroa-resistant honey bees. *Apidologie*, <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00790-1>.
- Charlesworth, D. (2008). Changed sex determination in honey bees current biology. *Evolutionary Genetics*, 2: 610– 612. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.004>
- Cook, J., Crozier, R. H. (1995). Sex determination and population biology in the Hymenoptera. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(7): 281-286. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(95\)90011-X](https://doi.org/10.1016/0169-5347(95)90011-X)
- Farhangdoost, A., Ghaffari, M., Rahimi, A. And Hashemi, A. (2022). Evaluation of sex alleles Homozygosity and study on their relationships with number of sex alleles, honey production and adult's population of honeybee colonies (*Apis mellifera meda*) in East Azerbaijan and Ardebil provinces. *Animal Research Journal (Iranian Biology Journal)*, 35(2): 101-112. (In Persian) <https://dorl.net/dor/20.1001.1.23832614.1401.35.2.5.1> (In Persian)
- Khalifa, S. A., Elshafiey, E. H., Shetaia, A. A., El-Wahed, A. A. A., Algethami, A. F., Musharraf, S. G., Ajmi, M. F., Zhao, C., Masry, S. H. and Abdel-Daim, M. M. (2021). Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects*, 12(8): 688. doi: [10.3390/insects12080688](https://doi.org/10.3390/insects12080688)
- Lechner, S., Ferretti L., Schoning C., Kinuthia W., Willemsen D., Hasselmann M. (2014) Nucleotide variability at its limit? Insights into the number and evolutionary dynamics of the sex-determining specificities of the honey bee *Apis mellifera*. *Mol. Biol. Evol.*, 31, 272-287. <https://doi.org/10.1093/molbev/mst207>.
- Lilia, D. G., Rinderer, T. E., Delatter, G. T., Stelzer, J. N., Beaman L., Kuznetsor, V. (2002). Resistance to *Acarapis woodi* by honey bees from far-eastern Russia. *Apidologie*, 33(4): 411-415. DOI: 10.1051/apido:2002031
- Mirzaee, H., Tahmasebi, G. H. H., Poorasghar, J., Moghadam, M. and Araghi, M. (2005). Determination of sex alleles homozygosity and study on their relationships with migration and production of honeybee colonies (*Apis Mellifera*) in east Azerbaijan province. *Pajohesh-Va-Sazandegi*, pp: 53-59 (In Persian).
- Mishra, R. C. and Kumar, Y. (1992). Breeding for resistance to Varroa destructor in North America. *Apidologie*, 32, PP: 381- 39. Doi: 10.1051/apido/2010015
- Mo, E. Y. Y., Utaipanon, P., Bates, T. and *et al.* (2024). Genetic diversity of *Apis mellifera complementary sex determiner (csd)* in four Australian breeding populations. *Apidologie*, 55, 36. <https://doi.org/10.1007/s13592-024-01076-6>
- Mokhber, M. and Parichehreh, S. (2021). An introduction to the *csd* locus and its role in sex determining in the honeybee (*Apis mellifera*). *Bee Science and Techniques*, 12(23): 26-33. (In Persian) DOI: 10.22092/HBSJ.2022.127230
- Moritz, R. F. A. (1986). The original of hemozygosity depression in honey bees. *Bee World*, 67: 157-163. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1986.11098894>
- Oldroyd, B. P. and Wongsiri, S. (2009). *Asian honey bees: biology, conservation, and human interactions*. Harvard University Press . <https://doi.org/10.2307/j.ctv2drhcfb.1>
- Page, R. E., Laidlaw, H. H. and Erickson, E. H. (1985). Closed population honey bee breeding. 4. The distribution of size alleles with top crossing. *Journal of Apicultural Research*, 24: 38-42. DOI: 10.1080/0005772X.1985.11098826
- Paolillo, G., De Iorio, M. G., Filipe, J. F. S., Riva, F., Stella, A., Gandini, G., Pagnacco, G., Lazzari, B., Minozzi, G. (2022). Analysis of Complementary Sex-Determiner (*csd*) allele diversity in different honeybee subspecies from Italy based on NGS data. *Genes*, 13, 991. <https://doi.org/10.3390/genes13060991>.

- Phiri, B.J., Fèvre, D. & Hidano, A. (2022). Uptrend in global managed honey bee colonies and production based on a six-decade viewpoint, 1961–2017. *Sci Rep.*, 12: 21298. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25290-3>
- Rahimi, A. (2022). *Homozygosity of sexual alleles in honey bee colonies*. Agricultural Education Publishing House, pages 22-29. (In Persian)
- Posada-Florez, F., Lamas, Z.S., Hawthorne, D.J. and et al. (2021). Pupal cannibalism by worker honey bees contributes to the spread of deformed wing virus. *Sci. Rep.*, 11, 8989. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88649-y>.
- Rahimi, A., Asadi, M. and Nabati, K. (2010). Sex alleles homozygosity percent of honey bee colonies (*Apis mellifera meda*) (Hymenoptera: Apidae) in Kordestan province (west of Iran). *Nature Montenegro*, 10: 183-185. Doi: [20.1001.1.23832614.1401.35.2.5.1](https://doi.org/10.1001.1.23832614.1401.35.2.5.1)
- Rinderer, T. E., Harris, H., Hunt, G. J. and De Guzman, L. I. (2010). Breeding for resistance to Varroa destructor in North America. *Apidologie*, 32: 381- 394. <https://doi.org/10.1051/apido/2010015>
- Ruttner, F. (1988). *Breeding techniques and selection for breeding of the honey bee*. British Isle Bee Breeders Assn.
- Sadeghi, M. T. (1998). *The study of hemozygosity percentage in honey bees of Khuzestan province*. Master's thesis, Tabriz University. (In Persian)
- SAS Institute Inc. (2013). *SAS® 9.4 Statements: Reference*. Cary, NC: SAS Institute. Inc.
- Sepehri, R., Tahmasebi, G. H. H. and Jalali-Zonouz, M. J. (2007). Estimating the number of sex alleles in honeybee colonies in central region of Iran and it's relationship with stored pollen, colony population and honey yield. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(41B): 321-331 (In Persian). Dor: [20.1001.1.22518517.1386.11.41.26.3](https://doi.org/10.1001.1.22518517.1386.11.41.26.3)
- Tarpy, D. R. and Page, R. E. (2002). Sex determination and the evolution of polyandry in honey bees (*Apis mellifera*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 52: 143-150. DOI: 10.1007/s00265-002-0498-7
- Wallberg, A., Han, F., Wellhagen, G. and Dahle, B. (2014). Worldwide survey of genome sequence variation provides insight into the evolutionary history of the honeybee *Apis mellifera*. *Nature Genetics*, 46:1081–1088. <https://doi.org/10.1038/ng.3077>
- Woyke, J. (1980). Effect of sex allele homo-heterozygosity on honeybee colony populations and on their honey production I. Favourable development conditions and unrestricted queens. *Journal of Apicultural Research*, 19(1), 51–63. <https://doi.org/10.1080/00218839.1980.11099997>
- Woyke, J. (1999). Evidence and action of cannibalism substance in *Apis Cerana*. *Journal of Apicultural Research*, 10: 6-16. <https://doi.org/10.1080/00218839.1980.11099992>
- Woyke, J. (2015). What happens to diploid drone larvae in a honey bee colony. *Journal of Apicultural Research*, 3: 73 –76. <https://doi.org/10.1080/00218839.1963.11100063>
- Woyke, J. and Adamska, Z. (1973). The biparental origin of adult honeybee drones proved by mutant genes. *Journal of Apiculture Research*, 11: 41-49. <https://doi.org/10.1080/00218839.1972.11099698>
- Yousefi, J., Mokhber, M., Hashemi, A., Rahimi, A. (2021). Homozygosity of Sex Determination Locus and It's Correlation with Population and Honey Production of Honeybee (*Apismellifera Meda*) Populations in West-Azerbaijan and Kurdistan Provinces. *Research On Animal Production*, 12(32): 131-139. (In Persian) Doi: [10.52547/rap.12.32.131](https://doi.org/10.52547/rap.12.32.131)
- Zahedibonab, H. (2022). *Estimating the rate of inbreeding and homozygosity of sex alleles in the 18th generation colonies of the honey bee breeding strategy*. Master's thesis, Faculty of Agriculture, Zanjan University. (In Persian)
- Zarin, F. (2000). *Investigating the level of homozygosity of sexual alleles in the honey bee population of Tehran, Isfahan, Central and Qazvin provinces (comprehensive plan) and its relationship with honey production*. Master's thesis, Imam Khomeini Higher Education Center. (In Persian)