



Morphological variation of Varroa mites in apiaries of different geographic regions of Iran

Alireza Arab¹ , Seyed Reza Miraei-Ashtiani² , Ardeshir Nejati Javaremi³ ,
Mohammad Hossein Banabazi⁴

1. Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: alirezaarab94@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: ashtiani@ut.ac.ir
3. Department of Animal Science, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: ardeshirnejati@gmail.com
4. Department of animal breeding and genetics (HGEN), Centre for Veterinary Medicine and Animal Science (VHC), Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Uppsala 75007, Email: Swedenmohammad.hossein.banabazi@slu.se

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Varroa mite as one of the most important causes of honey bee colony losses has been the subject of numerous studies during the last 4 decades in Iran. Considering the importance of morphological traits in the adoption of control methods, this research was designed to investigate the morphological variation of Varroa mite in different geographical regions of Iran. So, a total of 675 adult female mites were collected from 45 apiaries in 5 different geographical locations. The collected samples were fixed in 96% ethanol and 143 adult Varroa mites were selected and mounted on permanent slides in Hoyer medium for measurement of 14 morphological traits. Statistical analysis of data was done using multivariate analysis of variance, principal components analysis, cluster analysis and Tukey's test. The results showed that the average of LDS and WDS were 1828.36 ± 52.28 and 1226.84 ± 28.86 μm , respectively. The average ratio of body size was 1.49, which shows that the studied populations belong to <i>Varva destructor</i> . Cluster analysis showed that all populations except Alborz belong to one morphotypic group. The results of principal components analysis showed that the 14 studied traits were summarized into 3 components which can justify 71.42% of total variance. The results of multivariate analysis of variance showed that only LDS and LAS were significant between the two morphotypes ($P < 0.001$). As well as, the traits of LDS, WGS, LAS and WAS had significant difference between different geographical regions ($P < 0.001$).
Article history: Received: 16 January 2024 Received in revised form: 27 May 2024 Accepted: 1 June 2024 Published online: Summer 2025	
Keywords: <i>Iran,</i> <i>principal components analysis,</i> <i>honey bee,</i> <i>morphotype,</i> <i>Varroa mite.</i>	
Cite this article: Arab, A. R., Miraei-Ashtiani, S. R., Nejati Javaremi, A. & Banabazi, M. H. (2025). Morphological variation of Varroa mites in apiaries of different geographic regions of Iran <i>Iranian Journal of Animal Science</i> , 56 (2), 409-426. DOI: https://doi.org/10.22059/ijas.2024.370753.653992	

Extended Abstract

Introduction

Honey bee (*Apis mellifera* L.) plays an important role in the global economy through highly valued pollination services for natural ecosystems and a wide variety of agricultural crops. The prerequisite for the high efficiency of pollination and other bee services in natural ecosystems is the existence of healthy populations. But the presence of a wide range of pathogens and parasites such as pathogen agents, cultivation systems, pesticide residues, or climate change has resulted in the mortality of managed *A. mellifera* colonies in some regions during the last decades. among the pathogen agents, there is a consensus about the impact of *Varroa destructor* on the loss of honey bees due to its role as a vector of other pathogens, mostly virus. So, the aim of the present work was to study Morphological variation of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in different geographic locations of Iran

Materials and Methods

Total of 675 adult female mites in the dispersal phase were collected from 225 different *Apis mellifera* colonies in 45 apiaries in different geographical locations of Iran. The collected samples were fixed in 96% ethanol and 143 adult Varroa mites were selected and mounted on permanent slides in Hoyer medium for morphometric measurements. morphological traits including Length of Dorsal Shield(LDS), Width of Dorsal Shield(WDS), Length of Anal Shield(LAS), Width of Anal Shield(WAS), Length of Metapodal Sheild(LMS), Width of Metapodal Sheild(WMS), length of genital shield(LGS), width of genital shield (WGS) and Length of chelicera(LC) were measured using light microscope. We also calculated 4 ratios of the measured traits. Statistical analysis of data was done using multivariate analysis of variance, principal components analysis, cluster analysis and Tukey's test. SPSS v25.0 was employed for statistical analysis.

Results

The results showed that the average of LDS and WDS in the studied populations were 1828.36 ± 52.28 and $1226.84 \pm 28.86 \mu\text{m}$, respectively. These averages are higher than previous studies in Iran and other countries. The average ratio of body size was 1.49, which shows that the results are consistent with the results of Anderson and Truman 2000, and all the studied populations belong to *Varva destructor*. The results of the cluster analysis showed that all populations except Alborz belong to one group, which indicates the mixing of populations and is consistent with the nomadic nature of Iran's beekeeping industry. The results of the discrimination analysis also showed that the fitted discrimination function was significant ($P < 0.001$) and separated the populations from each other in 96% of cases correctly. The results of principal components analysis showed that the 14 studied traits were summarized into 3 components which can justify 71.42% of total variance. The results of multivariate analysis of variance showed that only LDS and LAS were significant between the two morphotypes ($P < 0.001$). As well as, the traits of LDS, WGS, LAS and WAS had significant differences and between different geographical regions ($P < 0.001$).

Discussion and Conclusion

The morphotypes observed in this study can be the output of the evolutionary response of the parasite to the climatic variables such as altitude, temperature, humidity in each region and the management status of colonies (selection pressure caused by acaricides, host strain and body reserves and its biology). In fact, If the mentioned conditions continue, they can lead to phenotypic plasticity and changes in the genetic structure of the parasite population. As a result, nature of Iran's beekeeping industry and the young parasite-host symbiosis in Iran (about 4 decades since the first infection of Iranian honey bee colonies) can be considered as the reason for the presence of limited mite morphotypes in Iran. The present study confirmed that, based on the morphological measurements, *Varroa destructor* infects honey bee colonies in Iran. A list of some morphological characteristics of this parasite was presented for further comparison in future. considering that the morphometric map can be considered as an effective method for measuring the correlation between morphology and geographical locations, it is suggested that the morphometric map for all regions of Iran should be specified in future studies. As well as, considering the correlations between the symbiotic populations of *Varroa destructor* and *Apis mellifera* and existence of different ecotypes of *Apis mellifera* in Iran, it is suggested to investigate this relationship in future studies. Also, considering the pattern of using of synthetic acaricides in Iran and multiple reports of low efficacy of these drugs in different regions, it is suggested to evaluate the resistance of varroa mite for commonly used drugs in future studies.

Author Contributions

Alireza Arab: Conceptualization, methodology, software, validation, investigation, resources, data curation, writing—original draft preparation, writing—review and editing, visualization.

Seyed Reza Miraei-Ashtiani: Conceptualization, editing, supervision, project administration, funding acquisition.

Ardeshir Nejati Javaremi: Conceptualization, editing, supervision, project administration

Mohammad Hossein Banabazi: Conceptualization, editing, supervision, project administration

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

In this section, please provide details regarding where data supporting reported results can be found, including links to publicly archived datasets analyzed or generated during the study (see [examples](#)). Data available on request from the authors.

If the study did not report any data, you might add “Not applicable” here.

Acknowledgements

The authors would like to thank all beekeepers who help us in the sampling process of this study. We also gratefully acknowledge to Dr. Alireza Saboori for scientific assistance in all stages of the research.

Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the University of ABCD (Ethical code: IR.UT.RES.2024.500). The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

بررسی تنوع مورفولوژیکی کنه واروآ در زنبورستان‌های مناطق مختلف جغرافیایی ایران

علیرضا عرب^۱ | سیدرضا میرایی آشتیانی^۲ | اردشیر نجاتی جوارمی^۳ | محمدحسین بنابازی^۴

۱. گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: alirezaarab94@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: ashtiani@ut.ac.ir
۳. گروه علوم دامی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: ardeshirnejati@gmail.com
۴. گروه ژنتیک و اصلاح نژاد دام، مرکز دامپزشکی و علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی سوئد، آپسالا، ۷۵۰۰۷، سوئد. رایانامه: Swedenmohammad.hosseini.banabazi@slu.se

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	کنه واروآ به عنوان یکی از مهمترین عوامل تلفات کلنی‌های زنبورعسل کشور در ۴ دهه اخیر موضوع مطالعات متعددی بوده است. با توجه به اهمیت صفات مورفولوژی در اتخاذ روش‌های کنترل این انگل پژوهش حاضر با هدف بررسی تنوع مورفولوژیکی کنه‌های مزبور در مناطق جغرافیایی مختلف ایران طرح‌ریزی گردید. بدین منظور تعداد ۶۷۵ کنه ماده بالغ از ۴۵ زنبورستان مستقر در ۵ اکوزون جغرافیایی کشور جمع‌آوری شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در اتانول ۹۶ درصد تثبیت و تعداد ۱۴۳ عدد جهت اندازه‌گیری ۱۴ صفت مورفولوژیکی بر روی لام‌های دائمی در محیط هویر نصب شدند. پردازش آماری داده‌های حاصل، با استفاده از آنالیز واریانس چندمتغیره، روش مؤلفه‌های اصلی، تحلیل خوشه‌ای و آزمون توکی انجام شد. نتایج نشان داد میانگین عرض و طول بدن در جمعیت‌های مورد مطالعه به ترتیب $52/28 \pm 1828/36$ و $28/86 \pm 1226/84$ میکرومتر بود. میانگین نسبت اندازه‌های بدن در جمعیت‌های مورد مطالعه $1/49$ به دست آمد که نشان می‌دهد جمعیت‌های مورد مطالعه، متعلق به گونه واروآ دستراکتور هستند. نتایج تحلیل خوشه‌ای نشان داد که به جز جمعیت البرز، سایر جمعیت‌های مورد مطالعه، در یک گروه مورفوتیپی قرار دارند. بر اساس تجزیه مؤلفه‌ها، ۱۴ صفت مورد بررسی به ۳ مؤلفه با توجیه $71/42$ درصد واریانس خلاصه شدند. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که بین دو گروه مورفوتایپ شناسایی شده، تنها صفات طول صفحه پشتی و طول صفحه مخرجی و بین مناطق جغرافیایی مختلف صفات طول صفحه پشتی، عرض صفحه جنسی، طول صفحه مخرجی و عرض صفحه مخرجی دارای اختلاف معنی‌دار آماری بودند ($P < 0/001$).
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲ تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۴	
کلیدواژه‌ها: ایران، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، زنبورعسل، مورفوتایپ، کنه واروآ.	

استناد: عرب، علیرضا؛ میرایی آشتیانی، سیدرضا؛ نجاتی جوارمی، اردشیر و بنابازی، محمدحسین (۱۴۰۴). بررسی تنوع مورفولوژیکی کنه واروآ در زنبورستان‌های مناطق مختلف جغرافیایی ایران. نشریه علوم دامی ایران، ۵۶ (۲)، ۴۲۶-۴۰۹. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2024.370753.653992>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijas.2024.370753.653992>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

زنبورعسل به عنوان یکی از مفیدترین حشرات زیست بوم‌های طبیعی علاوه بر تولید عسل، گرده و سایر فراورده‌های مرتبط، نقش مهمی در اقتصاد جهانی از طریق گرده افشانی محصولات زراعی، درختان میوه و سبزیجات ایفا می‌کند تا آنجا که در معماری بسیاری از زیست‌بوم‌های طبیعی، زنبورها به عنوان سنگ سرطاق این زیست بوم‌ها معرفی می‌شوند و نبود آنها به معنای ریزش بنای این زیست بوم‌ها می‌باشد (Hung et al., 2018; Potts et al., 2010). پیش نیاز کارایی بالای گرده افشانی و سایر فعالیت‌های زنبورعسل در زیست بوم‌های طبیعی وجود جمعیت‌های سالم و عاری از آلودگی می‌باشد. اما وجود دامنه وسیعی از پاتوژن‌ها و پارازیت‌ها سلامت این حشره را به مخاطره انداخته است (Genersch et al., 2010). در این میان کنه واروآ به عنوان انگل خارجی زنبورعسل تهدیدی مستمر و عامل مرگ میلیون‌ها کلنی در سراسر جهان بوده است تا آنجا که در یک دهه اخیر از آن به عنوان مهم‌ترین تهدید صنعت زنبورداری دنیا یاد شده است (Plettner et al., 2017).

واروآ دستراکتور به عنوان یکی از چهار گونه جنس واروآ قادر است با بهره‌گیری از روش‌هایی چون تقلید نشانه‌های شیمیایی، پنهان شدن در اسکلت‌های شکمی و بهره‌گیری از رنگ متمایل به قرمز خود جهت گریز از تشخیص شیمیایی و فیزیکی زنبورهای میزبان کاملاً سازگار گردد (Peck et al., 2016). این انگل فاقد مراحل زندگی آزاد بوده و چرخه زندگی وابسته به میزبان دارد. کنه مادر بالغ و فرزندانش از اجسام چربی و همولف نوزادان و زنبوران بالغ تغذیه می‌کنند (Ramsey et al., 2019; Mukogawa et al., 2024). که این امر منجر به کاهش مواد مغذی و کاهش گردش خون زنبور شده و متعاقب آن کاهش وزن بدن، طول عمر، مرگ و نهایتاً فروپاشی جمعیت کلنی را در پی خواهد داشت. همچنین این انگل ناقل طیف وسیعی از باکتری‌ها، قارچ‌ها و بیماری‌های ویروسی درون کلنی می‌باشد (Davidson et al., 2003; Giacobino et al., 2014). واریانس مورفولوژیکی و تفاوت در رفتار منجر به این فرض شده است که کنه‌های مشابه به لحاظ فنوتیپی به دلیل ویژگی‌های ژنتیکی دارای دینامیک جمعیت متمایز هستند (Anderson and Fuchs, 1998; Düttmann et al., 2021).

جنس واروآ شامل ۴ گونه متمایز شامل واروآ جاکوبسونی، واروآ اندروودی، واروآ ریندریری و واروآ دستراکتور می‌باشد.^۴ از بین گونه‌های یاد شده واروآ دستراکتور در همه قاره‌ها وجود دارد و قادر است زنبورهای عسل آپیس سرانه و آپیس ملیفرا را آلوده نماید (Anderson and Trueman, 2000) این گونه تا سال ۲۰۰۰ در اکثر منابع علمی به اشتباه تحت عنوان واروآ جاکوبسونی نامگذاری می‌شد. (Anderson and Trueman (2000 با مقایسه‌ی مورفومتریکی، توالی‌یابی DNA میتوکندریایی و توزیع جغرافیایی نشان دادند که این گونه متمایز از جاکوبسونی (کلاد ژاپن - تایلند - ویتنام) می‌باشد و از کنه‌های متعلق به این شاخه‌ی ژنتیکی تحت عنوان واروآ دستراکتور (با شش هاپلوتیپ) یاد کردند. واروآ دستراکتور در حد وسیعی تنها با دو هاپلوتیپ در کندوهای آپیس ملیفرای سراسر جهان منتشر شده است: هاپلوتیپ کره ای/روسی که به عنوان رایج‌ترین هاپلوتایپ کلنی‌های آپیس ملیفرا را در آفریقا، اروپا، خاورمیانه، آسیا و آمریکا آلوده می‌کند و هاپلوتایپ کم‌تر رایج ژاپن/تایلند که کلنی‌های زنبورعسل را در ژاپن، تایلند و قاره‌ی آمریکا آلوده می‌کند. انواع جدیدی از هاپلوتیپ‌های شناسایی شده از آن زمان پیدا شده است (Anderson and Trueman, 2000; Genersch et al., 2010).

با توجه به موارد یاد شده کنه واروآ عامل اصلی مرگ و میر کلنی‌ها در بسیاری از کشورها گزارش شده است تا آنجا که از زمان معرفی آن در دهه ۱۹۸۰ به ایالات متحده منجر به کاهش معنی‌دار در کلنی‌های زنبور عسل پرورشی و وحشی در

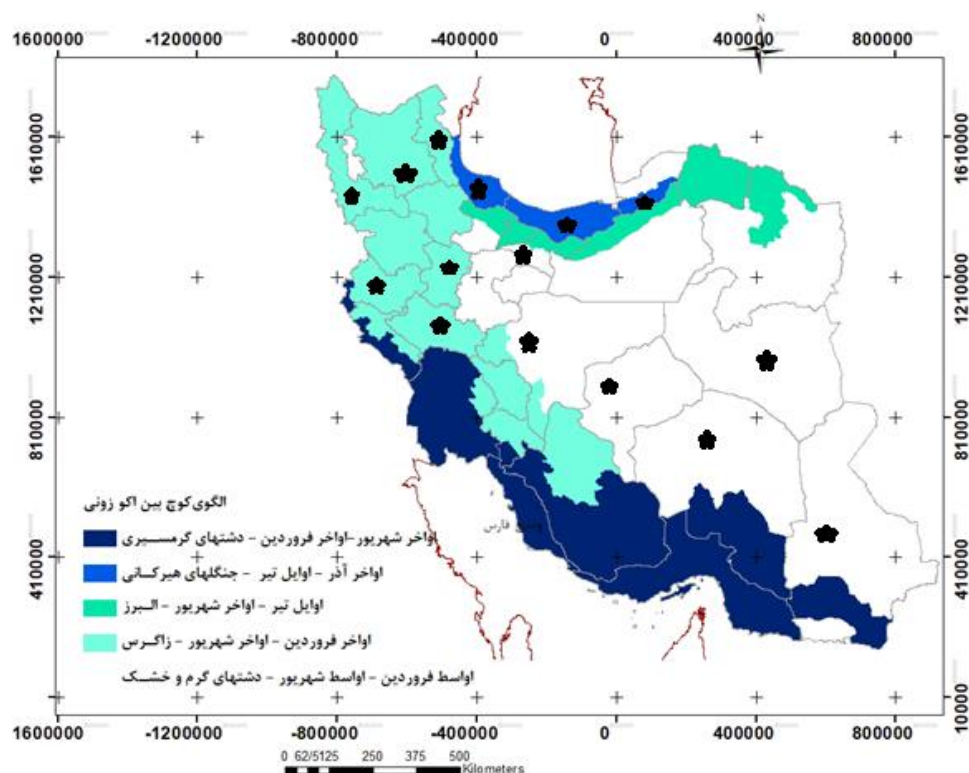
1. Keystone species
2. *Varroa jacobsoni*udemans
3. *Varroa underwoodi* Delfinado-Baker & Aggarwal
4. *Varroa rindereri* De Guzman & Delfinado-Baker
5. *Varroa destructor* Anderson & Trueman
6. *Apis cerana*
7. *Apis mellifera*

آمریکای شمالی و صدمات قابل توجهی به صنعت زنبورداری ایالات متحده وارد کرده است (Brodshneider *et al.*, 2018). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که میزان تلفات کلنی‌های زنبور عسل ایران حدود ۲۲ درصد می‌باشد (Gray *et al.*, 2020; Gray *et al.*, 2023). این میزان از تلفات تنها تلفات مرتبط با زمستان‌گذرانی می‌باشد. از جمله عوامل مهم دخیل در تلفات یاد شده آفات و پاتوژن‌ها و به شکل خاص کنه واروا می‌باشد (Shojaei, *et al.*, 2023). با توجه به وجود بیش از ۱۱ میلیون کلنی زنبور عسل در ایران و حجم زیاد ورود ملکه‌های همراه با جمعیت از مجاری غیر مجاز، امکان ورود انگل‌ها و پاتوژن‌های جدید بسیار محتمل است. بنابراین پایش منظم جمعیت کلنی‌های زنبور عسل کشور از نظر تعیین پروفایل آفات و پاتوژن‌ها اهمیت بسزایی دارد. با توجه به اهمیت صفات ریخت‌شناسی در اتخاذ استراتژی‌های کنترل کنه واروا به عنوان یکی از مهمترین عوامل تلفات کلنی‌های زنبور عسل در سال‌های اخیر، مطالعه حاضر به منظور بررسی تنوع مورفولوژیکی کنه واروا موجود در کشور طراحی و اجرا شده است.

روش‌شناسی پژوهش

جمعیت‌های مورد مطالعه و روش نمونه‌گیری

با توجه به پراکندگی کنه واروا دستراکتور در ایران ۱۵ استان (شامل استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی، گلستان، مازندران، گیلان، اردبیل، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اصفهان، یزد، کرمان، لرستان، کرمانشاه، همدان و البرز) برای نمونه‌برداری انتخاب و در هر استان از سه زنبورستان با حداقل فاصله ۳۰ کیلومتر نمونه‌گیری انجام شد (زنبورستان‌های ثابت). شکل ۱ پراکنش مناطق نمونه‌برداری شده مطابق الگوی اکوزون‌های زنبورداری کشور و زمان استقرار زنبورستان‌ها در اکوزون‌های یاد شده را نشان می‌دهد. به طور کلی مناطق جغرافیایی کشور بر اساس شرایط اقلیمی، فلور گیاهی، تراکم زنبورستان‌ها و اولویت کوچ به چهار اکوزون کلی کوهستانی البرز و زاگرس، دشت‌های گرمسیری، جنگل‌های هیرکانی و دشت‌های گرم و خشک (رفاهی و علیپور، ۱۳۹۷) تقسیم می‌گردند. با توجه به اینکه اکوزون دشت‌های گرمسیری به طور عملی میزبان زنبورستان‌های کوچ‌رو در فصل پاییز و زمستان می‌باشد و نمونه‌برداری مطالعه حاضر به صورت مقطعی در فاصله زمانی خرداد تا مهر ۱۳۹۹ انجام پذیرفت، لذا اکوزون یاد شده در مطالعه حاضر مورد نمونه‌برداری قرار نگرفت. در هر زنبورستان حداقل پنج کلنی انتخاب و از هر کلنی تعداد ۳۰۰ زنبور از دو طرف سه شان حاوی نوزاد جمع‌آوری و با استفاده از تکنیک پودر شکر مورد ارزیابی قرار گرفتند. کنه‌های جمع‌آوری شده از هر کلنی (حداقل سه کنه از هر کلنی در فاز انتشار) در میکروتیوپ‌های حاوی ۵ سی سی اتانول ۹۶ درصد به آزمایشگاه منتقل و تا زمان انجام مطالعات مورفولوژی در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند (Maggi *et al.*, 2009).



شکل ۱. توزیع مکان‌های جغرافیایی نمونه‌گیری شده (منبع: رفاهی و علیپور، ۱۳۹۷)

تهیه اسلاید های میکروسکوپی و صفات مورد مطالعه

از مجموع ۶۷۵ کنه ماده بالغ جمع‌آوری شده در فاز انتشار ۱۴۳ عدد جهت بررسی‌های مورفومتریک انتخاب گردید. کنه‌های ماده بالغ جهت شفاف‌سازی و اندازه‌گیری صفات مورفومتریک مطابق تکنیک Dietemann et al. (2013) اسلاید میکروسکوپی شدند. جهت شفاف‌سازی به مدت ۴۸ ساعت در اسید لاکتیک غوطه‌ور شدند. سپس کنه‌های شفاف شده به کمک فور بر روی اسلایدهای میکروسکوپی فیکس و بر روی لام‌ها اطلاعات نمونه حاوی کد منطقه جغرافیایی محل نمونه‌برداری، زمان نمونه‌برداری و کد زنبورستان درج شد. سپس نمونه‌ها جهت خشک شدن ۴۸ ساعت در اون ۴۵ درجه قرار داده شدند. پس از آماده‌سازی و تثبیت نمونه‌ها بر روی اسلایدهای میکروسکوپی، صفات ریخت‌شناسی مورد نظر توسط میکروسکوب BX-51 Olympus مجهز به سیستم اندازه‌گیری در آزمایشگاه کنه‌شناسی گروه گیاه پزشکی دانشگاه تهران مورد بررسی قرار گرفت. این صفات شامل طول صفحه پشتی (طول بدن)، عرض صفحه پشتی (عرض بدن)، طول صفحه مخرجی، عرض صفحه

1. Length of Dorsal Shield(LDS)
- ۲ Width of Dorsal Shield(WDS)
3. Length of Anal Shield(LAS)

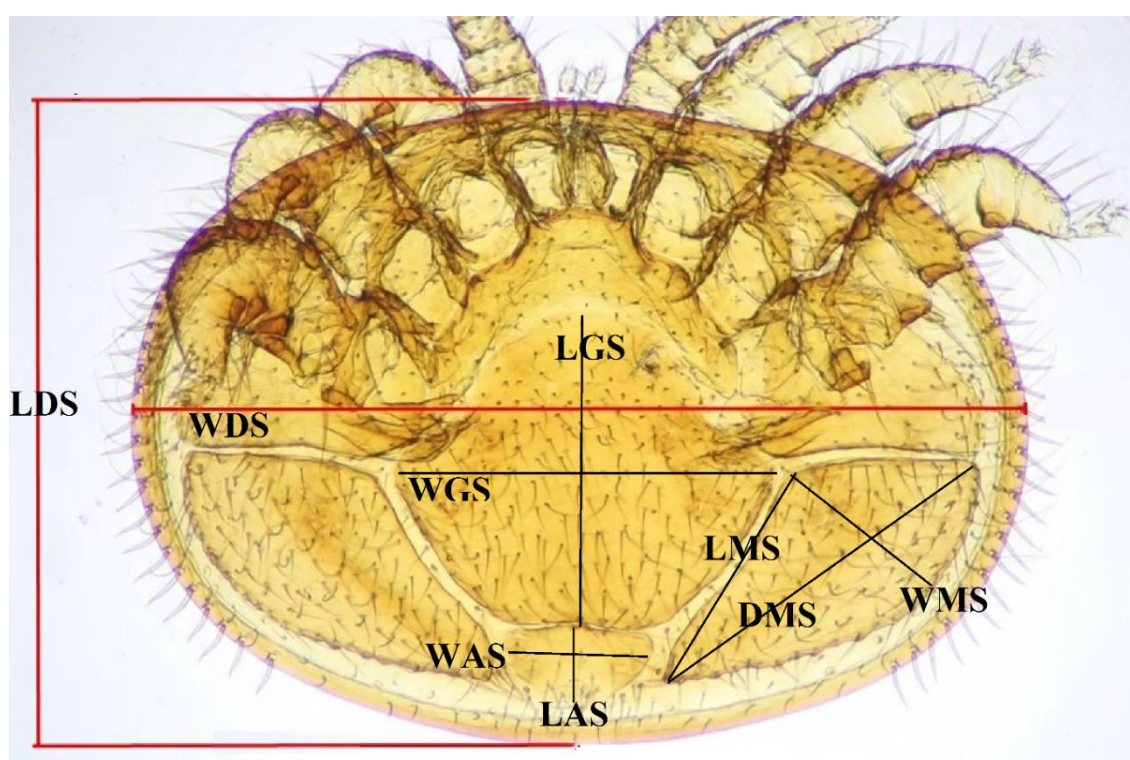
مخرجی، طول صفحه پس پایی، عرض صفحه پس پایی، قطر صفحه پس پایی، طول صفحه جنسی، عرض صفحه جنسی و طول کلیسر بودند (شکل ۲). از هر زنبورستان حداقل سه تکرار اندازه گیری و میانگین آن جهت انجام آنالیزهای آماری مورد استفاده قرار گرفت. همچنین با مشخص شدن اندازه گیری های یاد شده چهار نسبت نیز محاسبه شد (Maggi *et al.*, 2009; Farjamfar *et al.*, 2018). این نسبت ها عبارتند از:

الف) نسبت طول صفحه پشتی به عرض صفحه پشتی (LDS/WDS)

ب) نسبت طول صفحه جنسی به عرض آن (LGS/WGS)

ج) نسبت طول صفحه مخرجی به عرض آن (LAS/WAS)

د) طول صفحه پس پایی به عرض آن (LMS/WMS)



شکل ۲. صفات مورفولوژیکی اندازه گیری شده. (منبع: Hua *et al.*, 2023)

آزمون آماری

از نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد. جهت بررسی تفاوت صفات بین جمعیت های مورد مطالعه از تجزیه واریانس چندمتغیره (MANOVA) برابر رابطه ۱ استفاده شد.

1. Width of Anal Shield(WAS)
2. Length of Metapodal Sheild(LMS)
3. Width of Metapodal Sheild(WMS)
4. Diameter of Metapodal Sheild(DMS)
5. Length of genital shield(LGS)
6. Width of genital shield (WGS)
7. Length of chelicera

$$x_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad \text{رابطه یک}$$

در رابطه فوق x_{ij} بردار متغیر پاسخ (صفات مورفولوژیکی)، μ میانگین کل، τ بردار مکان جغرافیایی و ϵ بردار خطا می‌باشد. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر ۱۴ صفت اندازه‌گیری شد، جهت در نظر گرفتن روابط درونی متغیرهای اندازه‌گیری شده و کاهش مؤلفه‌ها از روش آماری چندمتغیره تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. بدین منظور ابتدا کفایت داده‌ها از آماره KMO و آزمون بارتلت تعیین شد. آزمون KMO معیاری است که برای اندازه‌گیری مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، این آماره کفایت حجم نمونه را آزمایش می‌کند. مقادیر KMO کمتر از ۰/۶ نشان می‌دهد که نمونه برداری کافی نیست و اقدامات اصلاحی باید انجام شود و اگر مقدار کمتر از ۰/۵ باشد، نتایج تحلیل عاملی برای تحلیل داده‌ها چندان مناسب نخواهد بود (Shrestha, 2021). آزمون بارتلت نیز نشان می‌دهد که اگر ماتریس همبستگی بین متغیرها، همسان یا یک‌ه باشد برای تحلیل عاملی مناسب نمی‌باشند. بدلیل تغییرپذیری در دامنه داده‌های خام، جهت محاسبه فواصل بین افراد و خوشه‌بندی جمعیت‌های مورد مطالعه ابتدا داده‌ها استاندارد و هم وزن گردیدند. جهت محاسبه فواصل بین افراد از شاخص مربع فاصله اقلیدسی استفاده گردید و سپس داده‌ها با استفاده از آنالیز سلسله مراتبی به کمک روش وارد خوشه‌بندی شدند (Rosiak, et al., 2021).

یافته‌های پژوهش

میانگین متغیرهای اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. میانگین عرض و طول بدن به عنوان دو صفتی که در تمامی مطالعات مورفومتريک گزارش می‌شود در جمعیت‌های مورد مطالعه به ترتیب $52/29 \pm$ و $1828/36 \pm 28/86$ و $1226/84 \pm$ میکرومتر اندازه‌گیری شد. از مجموع ۶۷۵ کنه ماده بالغ جمع‌آوری شده در فاز انتشار ۱۴۳ عدد جهت بررسی‌های مورفومتريک انتخاب گردید. تمامی نمونه‌های یاد شده برای اندازه‌گیری کلیه صفات به جز طول کلیسر مناسب بودند. با توجه به حساسیت اندازه‌گیری صفت طول کلیسر تنها در ۲۸ نمونه موقعیت و شفافیت کلیسر مناسب و قابل اندازه‌گیری بود. میانگین طول کلیسر در نمونه‌های مورد بررسی $18/44 \pm 201/95$ میکرومتر بدست آمد. با توجه به اندازه نمونه آماری مورد مطالعه نخست نیاز بود تا کفایت داده‌ها با استفاده از آماره KMO مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج نشان داد که مقدار آماره یاد شده بیشتر از ۰/۵ می‌باشد (۰/۷۸) که بیانگر آن است که داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب می‌باشند. همچنین معنی‌داری نتیجه آزمون بارتلت نیز نشان داد که بین متغیرهای مورد مطالعه همبستگی معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۱. نتایج آزمون تقییبی تجزیه واریانس چندمتغیره برای مکان‌های جغرافیایی مختلف

†

منطقه جغرافیایی	صفات													
	LDS	WDS	WGS	LGS	WMS	LMS	WAS	LAS	DMS	LC	Ratio1	Ratio2	Ratio3	Ratio4
البرز	۱۲۶۴/۰۲ ^c	۱۸۶۹/۵۱ ^a	۷۲۵/۷۳ ^{abc}	۵۸۹/۷۶ ^a	۴۵۹/۶۴ ^a	۳۳۲/۳۶ ^a	۲۷۲/۲۵ ^{ab}	۱۴۸/۵۰ ^b	۷۱۸/۴۶ ^a	۱۹۵/۰۲ ^{ab}	۰/۶۸ ^a	۰/۸۰ ^{ab}	۰/۵۵ ^a	۱/۴۸ ^a
اردبیل	۱۲۲۰/۸۴ ^{abc}	۱۸۳۰/۰۷ ^a	۷۴۱/۷۴ ^{bc}	۵۷۷/۳۰ ^a	۴۳۹/۴۱ ^a	۳۱۹/۴۷ ^a	۲۷۴/۹۲ ^{ab}	۱۳۴/۷۹ ^{ab}	۷۲۳/۹۴	۲۱۹/۱۳ ^c	۰/۶۷ ^a	۰/۷۷ ^a	۰/۴۹ ^a	۱/۵۰ ^a
آذربایجان شرقی	۱۳۳۷/۲۶ ^{a bc}	۱۸۳۱/۵۰ ^a	۷۴۶/۴۶ ^c	۵۹۹/۸۵ ^a	۴۴۷/۴۰ ^a	۳۳۰/۸۹ ^a	۲۶۹/۳۶ ^{ab}	۱۴۶/۲۵ ^b	۷۲۴/۲۷	-	۰/۶۸ ^a	۰/۸۰ ^{ab}	۰/۵۴ ^a	۱/۴۸ ^a
اصفهان	۱۲۱۰/۸۹ ^{ab}	۱۸۲۵/۳۱ ^a	۷۳۷/۶۰ ^{abc}	۵۷۴/۲۰ ^a	۴۳۳/۱۳ ^a	۳۲۱/۷۵ ^a	۲۶۵/۸۱ ^{ab}	۱۲۷/۵۱ ^a	۷۱۲/۸۰ ^a	-	۰/۶۶ ^a	۰/۷۸ ^{ab}	۰/۴۸ ^a	۱/۵۱ ^a
گیلان	۱۳۳۱/۷۰ ^{abc}	۱۸۴۰/۲۰ ^a	۷۳۳/۲۲ ^{abc}	۵۹۶/۹۱ ^a	۴۵۲/۵۵ ^a	۳۲۷/۰۴ ^a	۲۶۴/۸۹ ^{ab}	۱۳۸/۴۱ ^{ab}	۷۳۶/۰۰ ^a	-	۰/۶۷ ^a	۰/۸۱ ^{ab}	۰/۵۲ ^a	۱/۴۹ ^a
گلستان	۱۳۳۵/۷۳ ^{abc}	۱۸۱۵/۱۵ ^a	۷۲۴/۱۱ ^{abc}	۵۷۵/۰۵ ^a	۴۴۰/۶۹ ^a	۳۲۵/۹۹ ^a	۲۶۴/۹۰ ^{ab}	۱۳۴/۷۴ ^{ab}	۷۲۲/۷۰ ^a	-	۰/۶۸ ^a	۰/۷۹ ^{ab}	۰/۵۱ ^a	۱/۴۷ ^a
همدان	۱۲۱۵/۱۳ ^{abc}	۱۸۲۷/۹۳ ^a	۷۳۱/۶۱ ^{abc}	۵۶۰/۷۸ ^a	۴۳۶/۵۹ ^a	۳۱۹/۰۵ ^a	۲۶۴/۸۸ ^{ab}	۱۳۱/۶۷ ^{ab}	۷۱۸/۲۰ ^a	-	۰/۶۶ ^a	۰/۷۷ ^a	۰/۵۰ ^a	۱/۵۰ ^a
کرمان	۱۲۱۴/۱۳ ^{abc}	۱۸۱۳/۲۸ ^a	۷۰۹/۱۷ ^a	۵۸۸/۹۱ ^a	۴۳۵/۴۹ ^a	۳۲۲/۶۲ ^a	۲۶۷/۳۰ ^{ab}	۱۳۳/۶۵ ^{ab}	۷۱۹/۸۴ ^a	-	۰/۶۷ ^a	۰/۸۳ ^b	۰/۵۰ ^a	۱/۴۹ ^a
کرمانشاه	۱۲۰۶/۵۶ ^a	۱۸۱۲/۹۴ ^a	۷۲۰/۸۴ ^{abc}	۵۶۹/۸۷ ^a	۴۳۱/۸۹ ^a	۳۱۶/۴۳ ^a	۲۶۵/۴۴ ^{ab}	۱۳۴/۰۲ ^{ab}	۷۱۶/۱۴ ^a	-	۰/۶۷ ^a	۰/۷۹ ^{ab}	۰/۵۰ ^a	۱/۵۰ ^a
لرستان	۱۲۱۴/۹۲ ^{abc}	۱۷۸۶/۳۳ ^a	۷۳۰/۱۳ ^{abc}	۵۷۳/۷۱ ^a	۴۳۶/۵۹ ^a	۳۱۲/۳۵ ^a	۲۵۸/۵۹ ^a	۱۳۲/۸۶ ^{ab}	۷۱۱/۲۲ ^a	-	۰/۶۸ ^a	۰/۷۹ ^{ab}	۰/۵۱ ^a	۱/۴۷ ^a
مازندران	۱۲۲۰/۲۳ ^{abc}	۱۸۲۸/۴۱ ^a	۷۳۲/۶۰ ^{abc}	۵۶۱/۴۱ ^a	۴۴۵/۰۹ ^a	۳۲۲/۱۶ ^a	۲۶۸/۶۵ ^{ab}	۱۳۴/۰۶ ^{ab}	۷۳۰/۹۵ ^a	-	۰/۶۷ ^a	۰/۷۷ ^a	۰/۵۰ ^a	۱/۵۰ ^a
سیستان	۱۳۳۲/۶۳ ^{abc}	۱۸۳۲/۰۵ ^a	۷۳۳/۲۲ ^{abc}	۵۸۱/۶۳ ^a	۴۵۹/۶۱ ^a	۳۲۷/۲۰ ^a	۲۶۹/۵۳ ^{ab}	۱۳۶/۰۰ ^{ab}	۷۴۸/۶۹ ^a	۲۰۶/۶۷ ^{bc}	۰/۶۶ ^a	۰/۷۹ ^{ab}	۰/۵۰ ^a	۱/۴۹ ^a
خراسان جنوبی	۱۲۲۱/۰۶ ^{abc}	۱۸۵۴/۷۰ ^a	۷۲۶/۹۴ ^{abc}	۵۶۱/۸۳ ^a	۴۳۲/۵۱ ^a	۳۲۳/۹۸ ^a	۲۷۶/۲۱ ^b	۱۳۹/۵۹ ^{ab}	۷۱۱/۰۷ ^a	-	۰/۶۶ ^a	۰/۷۷ ^{ab}	۰/۵۱ ^a	۱/۵۲ ^a
آذربایجان غربی	۱۲۲۲/۱۹ ^{abc}	۱۸۱۵/۰۰ ^a	۷۱۷/۷۵ ^{ab}	۵۷۶/۱۸ ^a	۴۴۵/۵۰ ^a	۳۱۶/۸۰ ^a	۲۶۷/۳۰ ^{ab}	۱۴۰/۳۳ ^{ab}	۷۲۲/۲۱ ^a	-	۰/۶۸ ^a	۰/۸۰ ^{ab}	۰/۵۳ ^a	۱/۴۸ ^a
یزد	۱۲۵۶/۸۴ ^{bc}	۱۸۳۸/۸۵ ^a	۷۲۹/۷۷ ^{abc}	۵۶۷/۱۳ ^a	۴۳۴/۸۹ ^a	۳۱۹/۶۲ ^a	۲۶۶/۵۹ ^{ab}	۱۴۷/۰۹ ^b	۷۱۰/۹۴ ^a	۱۸۴/۸ ^a	۰/۶۸ ^a	۰/۷۸ ^{ab}	۰/۵۵ ^a	۱/۴۶ ^a
میانگین کل	۱۲۲۶/۸۴	۱۸۲۸/۳۶	۷۲۱/۰۲	۵۷۷/۴۷	۴۴۲/۵۴	۳۲۲/۶۸	۲۶۷/۷۵	۱۳۷/۲۹	۷۲۲/۹۴	۲۰۱/۹۵	۰/۶۷	۰/۷۹	۰/۵۱	۱/۴۹

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند.

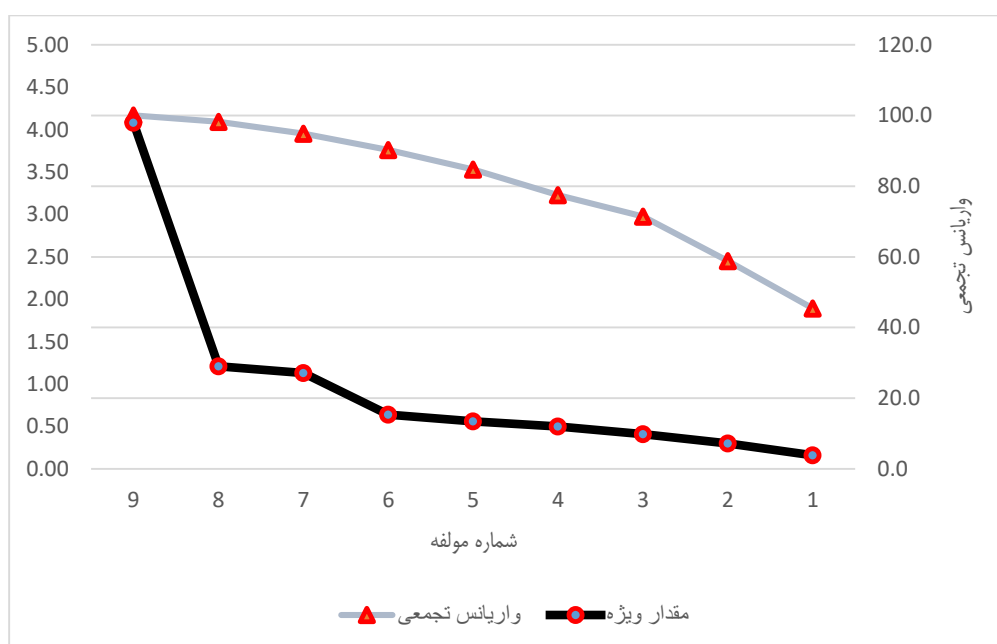
LDS: طول صفحه پشتی، WDS: عرض صفحه پشتی، WGS: عرض صفحه جنسی، LGS: طول صفحه جنسی، WMS: عرض صفحه پس‌پایی، LMS: طول صفحه پس‌پایی، DMS: قطر صفحه پس‌پایی، WAS: عرض صفحه مخرجی، LAS: طول صفحه مخرجی

با توجه به ماتریس عاملی دوران یافته به روش واریماکس (جدول ۲) متغیرهای طول، قطر و عرض صفحه پس‌پایی، طول و عرض صفحه مخرجی و طول صفحه پشتی بیشترین سهم از واریانس کل را توجیه می‌کنند. همچنین شکل ۴ نمودار تغییرات مقادیر ویژه را در ارتباط با عامل‌ها نشان می‌دهد. همچنین این نمودار برای تعیین تعداد بهینه مؤلفه‌ها به کار می‌رود. با توجه به اینکه سه عامل دارای مقادیر ویژه بالاتر از یک می‌باشند و بیشترین نقش را در تبیین واریانس داده‌ها دارند. این سه مؤلفه اصلی به ترتیب ۴۳/۴۵، ۴۳/۱۳ و ۵۷/۱۲ درصد از واریانس را به خود اختصاص می‌دهند و در مجموع قادرند ۴۲/۷۱ درصد از واریانس کل را تبیین نمایند. نمودار تغییرات مقادیر ویژه نشان می‌دهد که از عامل سوم به بعد تغییرات مقادیر ویژه کم می‌شود و بنابراین می‌توان مجموع مؤلفه‌ها را به سه مؤلفه یاد شده خلاصه نمود (شکل ۳).

جدول ۲. ماتریس دورانی واریماکس مؤلفه‌های منتخب و میزان تأثیر فاکتورهای اندازه‌گیری شده در تغییرات

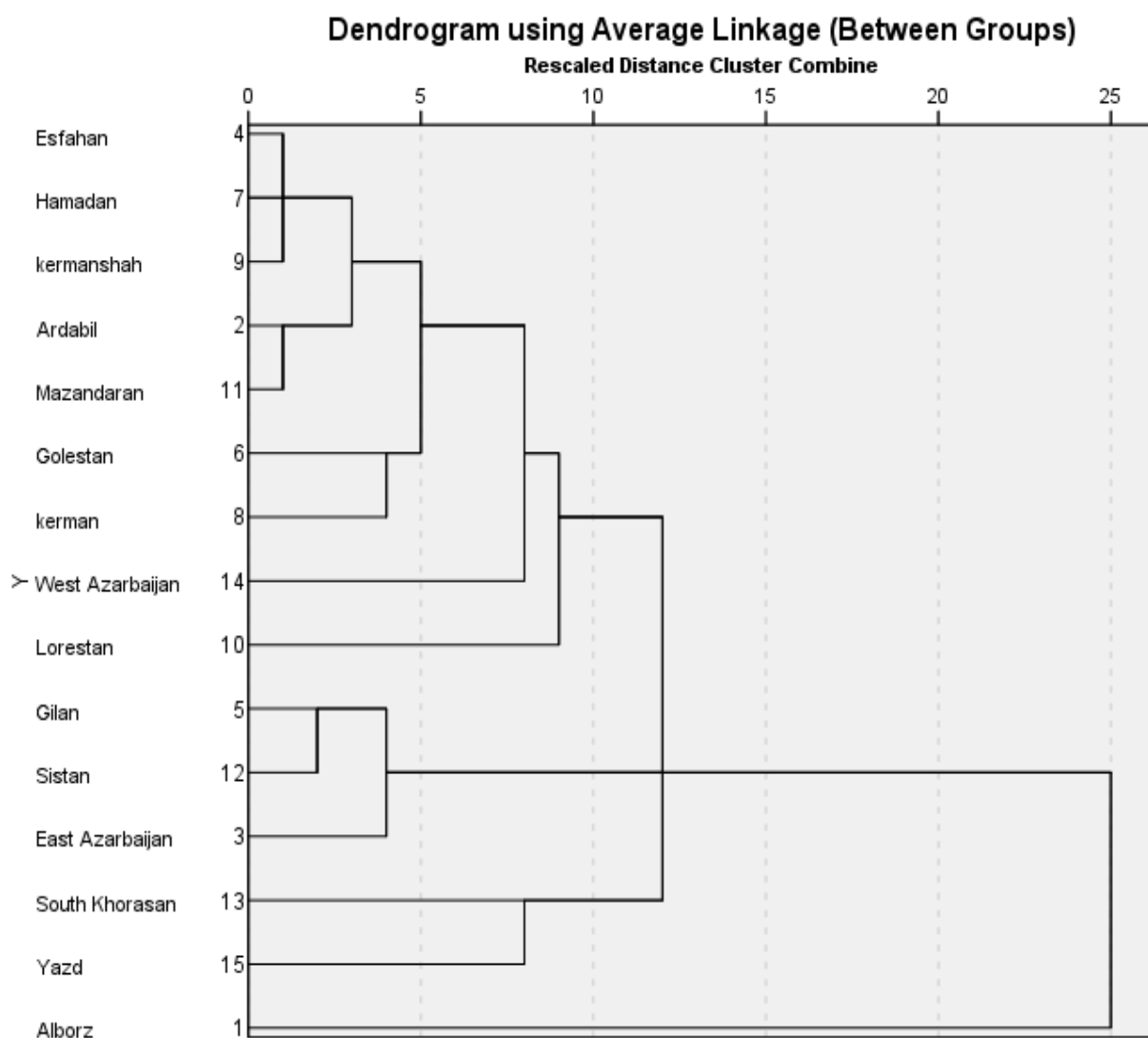
متغیر	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳
LDS	۰/۳۹۴	۰/۷۰۷	۰/۳۱۶
WDS	۰/۴۱۳	۰/۳۹۵	۰/۶۳۸
WGS	۰/۴۴۵	۰/۱۵۱	۰/۵۹۴

۰/۴۵۹	۰/۶۴۳	-۰/۱۱۶	LGS
۰/۸۶۷	۰/۱۷۷	۰/۰۲۶	WMS
۰/۶۹۶	۰/۳۰۴	۰/۱۴۹	LMS
-۰/۰۵۱	۰/۰۰۷	۰/۸۷۱	WAS
-۰/۰۴۰	۰/۸۷۷	۰/۱۴۵	LAS
۰/۸۵۲	۰/۰۲۵	۰/۲۵۵	DMS



شکل ۳. نمودار مقادیر ویژه و واریانس تجمعی مؤلفه‌های اصلی

نتایج تحلیل خوشه‌ای نشان داد که به جز جمعیت استان البرز سایر جمعیت‌های مورد مطالعه در یک گروه مورفوتایپی قرار می‌گیرند. خصوصیات ریخت‌شناسی مورفوتایپ‌های مختلف با آنالیز تابع تشخیص مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به معنی‌داری ضریب همبستگی کانونی تابع تشخیص برآزش یافته قادر به تفکیک گروه‌ها از یکدیگر است (Wilks' $\Lambda = 0.783$ $P < 0.0001$). تابع کانونی برآزش یافته توانایی تبیین ۱۰۰ درصد واریانس متغیرهای مستقل را داشت. با توجه به ضرایب استاندارد شده رگرسیونی برای هر کمیت در تابع کانونی برآزش شده صفات LDS، LAS و WMS تأثیرگذارترین مؤلفه‌ها در تابع یاد شده بودند. همچنین جدول ۳ نشان می‌دهد که نتایج تجزیه واریانس چندمتغیره بین دو مورفوتایپ شناسایی شده تنها در دو صفت طول صفحه پشتی و طول صفحه مخرجی دارای اختلاف معنی‌دار آماری هستند ($P < 0.001$).



شکل ۴. نمودار دندوگرام فواصل بین جمعیت‌های مورد مطالعه

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس چندمتغیره موفوتایپ‌های شناسایی شده

Ratio1	DMS	LAS	WAS	LMS	WMS	LGS	WGS	WDS	LDS
۱/۴۸ ^a	۷۱۸/۴۶ ^a	۱۴۸/۵۰ ^a	۲۷۲/۲۵ ^a	۳۳۲/۳۶ ^a	۴۵۹/۶۴ ^a	۵۸۹/۷۶ ^a	۷۳۵/۴۳ ^a	۱۸۶۹/۵۱ ^a	۱۲۶۴/

۱/۴۹ ^a	۷۲۳/۱۷ ^a	۱۳۶/۷۱ ^b	۲۶۷/۵۱ ^a	۳۲۲/۶۸ ^a	۴۴۱/۶۶ ^a	۵۷۶/۸۴ ^a	۷۳۰/۸ ^a	۱۸۲۶/۲۴ ^a	۱۲۲۴/۹۳ ^b
-------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	--------------------	----------------------	----------------------

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ می‌باشند

بحث

واروآ دستراکتور به عنوان انگل خارجی زنبورعسل یک مشکل جهانی است و وابستگی چرخه زندگی آن به سلول‌های نوزادی سبب می‌شود که خصوصیات مورفولوژیکی و ژنتیکی آن تحت تأثیر فاکتورهای اقلیمی، سبک‌های زنبورداری و شرایط داخلی کندو به عنوان یک زیر اقلیم قرار گیرد (Reyes-Quintana *et al.*, 2023; Seeley, 2017; Farjamfar *et al.*, 2018). در پنج دهه گذشته از مطالعات مورفومتریکی مبتنی بر تجزیه و تحلیل چندمتغیره برای درک بهتر زیست‌شناسی، سیستماتیک و تنوع جغرافیایی گونه‌های جنس آپیس و انگل‌های آن استفاده شده است (Abou-Shaara and Tabikha, 2017; Martínez *et al.*, 2017; Maggi *et al.*, 2009).

یکی از فاکتورهای فورمولوژیک مورد استفاده جهت تعیین نوع گونه کنه واروآ نسبت عرض صفحه پشتی به طول صفحه پشتی می‌باشد. بر این اساس اگر این نسبت بزرگتر از ۱/۴ حاصل شود انگل متعلق به گونه‌ی واروآ دستراکتور خواهد بود (Dietemann *et al.*, 2013). بر اساس نتایج مطالعه حاضر میانگین عرض و طول بدن به ترتیب $۵۲/۲۸ \pm ۱۸۲۸/۳۶$ و $۱۲۲۶/۸۴ \pm ۲۸/۸۶$ میکرومتر بدست آمد. بنابراین نسبت عرض به طول بدن در مطالعه حاضر ۱,۴۹ بدست آمد که ضمن تاییدی بر شکل بیضی گون خاص واروآ دستراکتور، نشان می‌دهد جمعیت‌های مورد مطالعه متعلق به گونه واروآ دستراکتور می‌باشند (جدول ۱). Anderson and Trueman (2000) گزارش کردند که هیچ ویژگی مورفولوژیکی واروآ دستراکتور به جز اندازه بدن، کنه‌های متعلق به یکی از دو گروه ژنتیکی ژاپنی و کره‌ای را تشخیص نمی‌دهد. آنها میانگین عرض بدن $۴۱/۲ \pm ۱۷۰۸/۹$ و طول بدن $۲۶/۸ \pm ۱۱۶۷/۳$ میکرومتر در جمعیت‌های مورد مطالعه در آسیا (نسبت عرض به طول صفحه پشتی: ۱,۴۶) را متعلق به گونه واروآ دستراکتور گزارش کردند که کوچکتر از یافته‌های مطالعه حاضر بود. یکی از مواردی که می‌تواند بر اندازه کنه‌ها اثرگذار باشد فشار انتخاب بر اثر مصرف کنه‌کش‌ها می‌باشد. در این خصوص مطالعات مختلف نشان می‌دهد که مورفوتیپ‌های یافت شده می‌تواند نتیجه فشارهای انتخابی ناشی از شدت‌های مختلف استفاده از کنه‌کش‌ها در هر منطقه جغرافیایی باشد (Maggi *et al.*, 2012; Loeza-Concha *et al.*, 2018). به طور کلی انتظار می‌رود کنه‌هایی که اندازه بدن بزرگتری دارند (طول و عرض صفحه پشتی بزرگتر) به دلیل ابعاد بزرگ بدن نسبت به کنه‌کش‌ها تحمل پذیری بیشتری داشته باشند. Maggi *et al.* (2012) نشان دادند که بین ابعاد بدن و مقاومت به کنه‌کش‌ها ارتباط مثبتی وجود دارد. نتایج پایش‌های میدانی مطالعه حاضر نشان داد که در ایران بیش از ۴۵ مورد کنه‌کش در دو گروه ارگانیک و سنتتیک جهت کنترل کنه واروآ مورد استفاده قرار می‌گیرد که بر اساس استعلام از سازمان دامپزشکی کشور از این تعداد تنها ۳۶ درصد مجاز و دارای گواهینامه‌های معتبر بودند. با توجه اینکه ۴۹ درصد از این داروها، سنتتیک هستند (بر پایه موارد موثره فلووالینات، فلووترین، آمیتراز و کومافوس) استفاده مدام از آنها می‌تواند ضمن تغییرات مورفولوژیکی در انگل احتمال بروز مقاومت به داروها را نیز به همراه داشته باشد. در همین ارتباط طی مطالعه‌ای در مکزیک شکل پذیری مورفومتریکی کنه واروآ پس از استفاده از تیمول به عنوان کنه‌کش مشاهده شد (Maggi *et al.*, 2011; Loeza-Concha *et al.*, 2018).

با توجه به نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی متغیرهای طول، قطر و عرض صفحه پس‌پایی، طول و عرض صفحه منخرجی و طول صفحه پشتی بیشترین تغییرات بین جمعیت‌ها را توجیه می‌کنند. همچنین مطابق شکل ۴ با توجه به اینکه سه عامل دارای مقادیر ویژه‌ی بالاتر از یک می‌باشند و قادرند در مجموع ۷۱/۴۲ درصد از واریانس کل را تبیین نمایند. Farjamfar *et al.* (2018) با مطالعه صفات مورفولوژیک ۱۴۵ کنه ماده بالغ بیان داشتند که متغیرهای عرض صفحه پشتی و نسبت طول به عرض صفحه جنسی بیشترین تغییرات بین جمعیت‌ها را توجیه می‌نمایند. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات

WAS, LAS, WGS, LC, LDS و نسبت طول صفحه جنسی به عرض آن بین مناطق جغرافیایی مختلف اختلاف معنی دار آماری دارند ($P < 0.001$). بیشترین و کمترین مقدار نسبت یاد شده به ترتیب متعلق به جمعیت کرمان (۰/۸۳) و همدان (۰/۷۷) بود. تفاوت در نتایج مطالعه حاضر با سایر محققین را می توان به تفاوت در شیوه نمونه گیری، جمعیت های مورد مطالعه، فصل بررسی، شیوه اندازه گیری و الگوریتم های مورد استفاده در آنالیز مرتبط دانست.

نتایج تحلیل خوشه ای سلسله مراتبی با روش UPGMA و اقلیدسی نشان داد که به جز جمعیت طالقان (استان البرز) سایر جمعیت های مورد مطالعه (۱۴ منطقه جغرافیایی دیگر) در یک گروه مورفوتایپی قرار گرفتند. عدم وجود موفوتایپ های متعدد در ایران را می توان تا حدی زیادی به ماهیت صنعت زنبورداری ایران مرتبط دانست. در ایران بیش از ۱۱ میلیون کلنی در قالب حدود ۹۲۰۰۰ زنبورستان وجود دارد که بخش قابل توجهی از آن کوچ رو می باشد (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی). در ایران کوچ های بین اکوزونی را می توان به دو دسته کلی کوچ قشلاق و کوچ بیلاق بین اکوزونی تقسیم نمود. کوچ قشلاق عمدتاً در فصل پاییز و زمستان به مقصد اکوزون هیرکانی (اکثر مناطق استان های گلستان، مازندران و گیلان) و دشت های گرمسیری (استان بوشهر، هرمزگان و بخش های جنوبی استان های فارس، کرمان و خوزستان) صورت می گیرد و هدف آن بازسازی و تقویت کلنی، تکثیر کلنی، کاهش تلفات زمستان گذرانی و بهره مندی از گیاهان شهدزا و گرده زای این مناطق می باشد. کوچ بیلاق بین اکوزونی عمدتاً به منظور بهره مندی از گیاهان شهدزا و گرده زا در طی فصل بهار و تابستان صورت می پذیرد. در این بین کوچ تجمیعی، عدم تناسب تراکم کلنی با ظرفیت های مرتع، تراکم بیش از حد کلنی ها و عدم رعایت الگوهای استقرار می تواند سبب اختلاط جمعیت های واروآ به دلیل فعالیت چراگری، پدیده غارت و دریافت زنبورهای عسل به کلنی های مجاور در یک زنبورستان و کلنی های زنبورستان های مجاور شوند (Jack and Ellis, 2021). این موارد می تواند به طور غیرمستقیم درجه بالای همپوشانی و همگن بودن جمعیت های مورد مطالعه را تبیین نمایند.

(Farjamfar et al., 2018) با اندازه گیری صفات مورفولوژیک در ۲۷ جمعیت واروآ دستراکتور ایران و دو جمعیت اروپایی نشان دادند که اختلاف معنی دار آماری به لحاظ صفات اندازه گیری شده مورفولوژیکی بین جمعیت های ایرانی و اروپایی وجود نداشت. با این وجود نتایج بررسی این محققین نشان داد که جمعیت رودسر به عنوان یک موفوتایپ متفاوت از سایر جمعیت ها می باشد. این محققین تفاوت های قابل توجه بین جمعیت های مورد مطالعه را به وجود شرایط متفاوتی چون زمان نمونه برداری، عرض جغرافیایی، ارتفاع، رطوبت، دما، اکوتیپ زنبور عسل، افزایش فاصله جغرافیایی بین جمعیت ها و فاصله گرفتن آنها از ورودی اولیه آفت در غرب کشور و وجود موانع بیولوژیک (محصور بودن بین دریا و رشته کوه های البرز) که باعث کاهش جریان ژن ها بین جمعیت ها شده است و شرایط مدیریتی حاکم بر کندو مرتبط دانستند. با توجه به ماهیت کوچ رو بودن صنعت زنبورداری ایران و الگوهای کوچ اشاره شده در بالا به نظر می رسد عوامل فاصله جغرافیایی بین جمعیت ها و فاصله گرفتن آنها از ورودی اولیه آفت و موانع بیولوژیک نمی تواند سهم زیادی از تفاوت در اندازه کنه ها را در جمعیت های مختلف توجیه نمایند. جدا شدن جمعیت طالقان به عنوان یک موفوتایپ جداگانه می تواند تحت تأثیر فاکتورهای اقلیمی، فشار ناشی از کنه کش های مورد استفاده در این منطقه، نوع اکوتیپ میزبان و اریبی ناشی از انتخاب باشد. بر اساس داده های هواشناسی در ماه نمونه گیری (خرداد ماه) دمای هوا در طالقان ۱۴ درجه سانتی گراد بود که نسبت به سایر مناطق جغرافیایی پایین تر بود. همچنین بر اساس مفهوم تئوری فنوتیپ توسعه یافته مورفوتیپ های مشاهده شده برای واروآ دستراکتور محصول برهمکنش بین ژنوتیپ های انگل و میزبان می باشند. بدین معنا که ویژگی های اپیدمیولوژیک توسط تعامل بین هر دو جز کنترل می شوند. با توجه به وجود ژنوتیپ های مختلف آپیس ملیفرا در ایران مورفوتیپ های مشاهده شده در این مطالعه می تواند بیانگر تعامل بین ژنوتیپ های مختلف انگل و میزبان در منطقه طالقان باشد (Loeza-Concha et al., 2018). تفاوت در نتایج تحقیق حاضر و نتایج مطالعه (Farjamfar et al., 2018) تا حد زیادی می تواند مربوط به فصل نمونه گیری، الگوریتم ها و روش های متفاوت آنالیز باشد.

(Düttmann et al., 2021) با مطالعه خصوصیات مورفولوژیکی چندین جمعیت کنه واروآ در مناطق مختلف جغرافیایی نیکاراگوئه بیان داشتند که اگرچه تفاوت معنی دار آماری بین مناطق جغرافیایی مختلف وجود نداشت، با این وجود تنوع بالایی

از نظر وجود مورفوتیپ‌های مختلف در همه مناطق مشاهده شد. این محققین توضیح احتمالی برای توزیع گسترده مورفوتیپ‌های مختلف کنه واروآ در نیکاراگوئه را به کوچ‌های سالانه بین مناطق مختلف آب و هوایی مرتبط دانستند. با توجه به تفاوت در گلدهی درختان و گیاهان مهم برای زنبورداری در مناطق مختلف، زنبورداران اقدام به کوچ جهت بهره‌مندی از ظرفیت گلدهی مناطق مختلف می‌کنند که منجر به تماس بین کلنی‌های زنبور از مناطق مختلف و این امر سبب شارش ژن بین جمعیت‌ها می‌شود. (Yevstafieva et al., 2020) با بررسی ۲۴۰ کنه بالغ ماده نمونه‌گیری شده در دو فصل زمستان و تابستان نشان دادند که تنوع مورفولوژیکی معنی‌داری بین واروآ دستراکتور یک زنبورستان در فصول مختلف وجود دارد. به طور کلی کنه‌های تابستانی دارای اندازه کوچک، صفحه تناسلی بزرگتر، پاهای کوتاه‌تر بودند و در مقابل کنه‌های زمستانی بزرگ‌تر، کشیده‌تر، با صفحه تناسلی کوچک‌تر و پاهای بلندتر بودند. با توجه به اینکه واروآ دستراکتور در طول تابستان جهت تولید مثل وابسته به سلول‌های نوزادی می‌باشد و در طول زمستان روی بدن زنبورهای بالغ زمستان‌گذران و در فاز انتشار می‌باشد لذا ویژگی‌های اشاره شده در تابستان جهت سازگاری بیشتر انگل جهت ساکن شدن در سلول‌های نوزادی و ویژگی‌های زمستانه جهت زندمانی در فاز انتشار در طول زمستان می‌باشد (Adjlane et al., 2015; Yevstafieva et al., 2020).

Akimov et al. (2004) نیز شکل‌پذیری مورفولوژیکی گسترده‌ای را در کنه‌های نر و ماده واروآ دستراکتور در یک جمعیت یکسان ثبت کردند و این شکل‌پذیری را به فصول مختلف تولید مثل زنبور عسل ربط دادند. با توجه به اینکه انجام نمونه‌برداری در تحقیق حاضر در تابستان رخ داد آثار فصلی نمی‌تواند عامل تأثیرگذار بر تنوع مورفولوژیکی جمعیت‌های مورد مطالعه باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مورفوتیپ‌های مشاهده شده در این مطالعه می‌تواند محصول پاسخ تکاملی انگل به متغیرهای اقلیمی هر منطقه (شامل ارتفاع، دما، رطوبت) و شرایط مدیریتی حاکم بر کلنی (نظیر فشار انتخاب ناشی از کنه‌کش‌ها، سویه میزبان و ذخایر بدنی و بیولوژی آن) به عنوان یک زیر اقلیم باشد. شرایط یاد شده اگر ادامه دار باشند می‌توانند منجر به شکل‌پذیری فنوتیپی و تغییر در ساختار ژنی جمعیت انگل شود. در حقیقت از دریچه فرگشت، همزیستی انگل-میزبان در مورد کنه واروآ و زنبور عسل هنوز یک همزیستی جوان است زیرا از زمان اولین آلودگی زنبور عسل غربی توسط واروآ دستراکتور، حدود ۶ دهه می‌گذرد و از زمان ورود انگل به ایران حدود ۴ دهه طی شده است. از این نظر، ماهیت کوچ‌رو بودن صنعت زنبورداری ایران و عمر جوان همزیستی انگل با میزبان در ایران را می‌توان دلیل وجود مورفوتیپ‌های محدود کنه در ایران دانست. مطالعه حاضر تایید کرد که بر اساس مطالعه مورفولوژیک گونه واروآ دستراکتور کلنی‌های زنبور عسل در ایران را آلوده می‌کند. فهرستی از برخی خصوصیات مورفولوژیکی این انگل برای امکان مقایسه بیشتر در مطالعات آینده ارائه شد. با توجه به اینکه نقشه مورفومتري را می‌توان به عنوان روشی موثر برای اندازه‌گیری همبستگی بین ریخت‌شناسی و موقعیت‌های جغرافیایی دانست، پیشنهاد می‌گردد ضمن یک مطالعه گسترده‌تر نقشه مورفومتري یاد شده برای تمامی مناطق جغرافیایی ایران مشخص گردد. همچنین با توجه به اهمیت مطالعات ژنتیکی در بررسی تنوع ژنتیکی گونه‌های مختلف این انگل، پیشنهاد می‌گردد استفاده از مارکرهای میتوکندریایی و هسته‌ای در پژوهش‌های آتی مورد توجه قرار گیرد. از طرفی با توجه به وجود اکوتیپ‌های مختلف آپیس ملیفرا در ایران و اینکه مورفوتیپ‌ها نتیجه همبستگی‌های مورفومتريک بین جمعیت‌های همزیست واروآ دستراکتور و آپیس ملیفرا هستند، پیشنهاد می‌گردد این رابطه در مطالعات آینده مورد بررسی قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌گردد به جهت تعدد مصرف کنه‌کش‌های سنتتیک در ایران و گزارش‌های متعدد از عدم اثربخشی مناسب این داروها در مناطق مختلف کشور، احتمال بروز مقاومت دارویی در کنه واروآ دور از انتظار نیست لذا پیشنهاد می‌شود در قالب یک طرح ملی احتمال بروز مقاومت دارویی و ارتباط بین مصرف کنه‌کش‌ها و مورفولوژی واروآ مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

از کلیه زنبورداران پرتلاش که از هیچ کمکی در فرایند نمونه گیری پژوهش حاضر دریغ نورزیدند کمال تشکر داریم. همچنین از دکتر علیرضا صبوری ضمن راهنمایی علمی در کلیه مراحل تحقیق امکان استفاده از امکانات آزمایشگاه کنه شناسی گروه گیاه پزشکی دانشگاه تهران را فراهم نمودند قدردانی می نماییم.

منابع

رفاهی، محمد و علیپور، محمد جواد (۱۳۹۷). گیاهان ارزشمند در زنبورداری ایران. چاپ اول. ویراست اول. مشهد: مؤسسه انتشارات ضریح آفتاب.

REFERENCES

- Abou-Shaara, H. F., & Tabikha, R. M. (2017). Morphological characterization and a morphometry map for Varroa mites from northwest of Egypt. *Cercetări Agronomice în Moldova*. Vol. XLIX, No. 4 (168), 75-84
- Akimov, I. A., Benedyk, S. V., & Zaloznaya, L. M. (2004). Complex analysis of morphological characters of gamasid mite *Varroa destructor* (Parasitiformes, Varroidae). *Vestnik Zoologii*, 38(5), 57–66.
- Adjlane, N., Benaziza, D., & Haddad, N. (2015). Population dynamic of *Varroa destructor* in the local honey bee *Apis mellifera* intermissa in Algeria. *Bulletin of Pure and Applied Sciences*, 34, 25–37.
- Anderson, D., & Trueman, J. (2000). *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied Acarology*, 24(3), 165-189.
- Anderson DL, Fuchs S (1998) Two genetically distinct populations of *Varroa jacobsoni* with contrasting reproductive abilities on *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research* 37:69–78.
- Brodschneider, R., A. Gray, N. Adjlane, A. Ballis, V. Brusbardis, J. D. Charrière, R. Chlebo, M. F. Coffey, B. Dahle, D. C. de Graaf, et al. 2018. Multi-country loss rates of honey bee colonies during winter 2016/2017 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research*, 57(2), 452-457.
- Davidson, G., Phelps, K., Sunderland, K. D., Pell, J. K., Ball, B. V., Shaw, K. E., & Chandler, D. (2003). Study of temperature–growth interactions of entomopathogenic fungi with potential for control of *Varroa destructor* (Acari: Mesostigmata) using a nonlinear model of poikilotherm development. *Journal of Applied Microbiology*, 94(5), 816-825.
- Dietemann, V., Francesco Nazzi, Stephen J Martin, Denis L Anderson, Barbara Locke, Keith S Delaplane, Quentin Wauquiez, Cindy Tannahill, Eva Frey, Bettina Ziegelmann, Peter Rosenkranz & James D Ellis (2013) Standard methods for varroa research, *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1-54.
- Düttmann, C., Flores, B., Sheleby-Elías, J., Castillo, G., Osejo, H., Bermudez, S., & Demedio, J. (2021). Morphotype and haplotype identification of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), and its importance for apiculture in Nicaragua. *Experimental and Applied Acarology*, 83, 527-544.
- Farjamfar, M., Saboori, A., Nozari, J., & Hosseinaveh, V. (2018). Morphometric analysis in different geographical populations of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) associated with *Apis mellifera* colonies in Iran. *Systematic and Applied Acarology*, 23(10), 1915–1930.
- Genersch, E., Von Der Ohe, W., Kaatz, H., Schroeder, A., Otten, C., Büchler, R., Berg, S., Ritter, W., Muhlen, W., Gisder, S., Meixner M., Liebing, G., & Rosenkranz, P. (2010). The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie*, 41(3), 332-352.
- Giacobino, A., Cagnolo, N. B., Merke, J., Orellano, E., Bertozzi, E., Masciangelo, G., & Signorini, M. (2014). Risk factors associated with the presence of *Varroa destructor* in honey bee colonies from east-central Argentina. *Preventive Veterinary Medicine*, 115(3), 280-87.

- Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Bugeja Douglas, A., & Brodschneider, R. (2023). Honey bee colony loss rates in 37 countries using the COLOSS survey for winter 2019–2020: the combined effects of operation size, migration and queen replacement. *Journal of Apicultural Research*, 62(2), 204-210.
- Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Charrière, J. D., & Brodschneider, R. (2020). Honey bee colony winter loss rates for 35 countries participating in the COLOSS survey for winter 2018–2019, and the effects of a new queen on the risk of colony winter loss. *Journal of Apicultural Research*, 59(5), 744-751.
- Hua, T., Chantawannakul, P., Tsai, C. L., & Yeh, W. B. (2023). Genetic Profile of the Parasitic Varroan Mite *Varroa destructor* (Arachnida: Mesostigmata: Varroidae) in Taiwan: A New Taiwanese Haplotype Intermediate Between the Highly Virulent Russian and Less Virulent Japanese Types Identified in the Honey Bee Host *Apis cerana*. *Zoological Studies*, 62, 1-12.
- Hung, K. L. J., Kingston, J. M., Albrecht, M., Holway, D. A., & Kohn, J. R. (2018). The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1870), 1-8.
- Jack, C. J., & Ellis, J. D. (2021). Integrated pest management control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), the most damaging pest of (*Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae)) colonies. *Journal of Insect Science*, 21(5), 1-32.
- Loeza-Concha H, Dominguez-Rebolledo A, Escalera-Valente F et al (2018) Morphometric identification of *Varroa destructor* and its plasticity by the exposure to thymol. *Abanico Vet* 8, 98–107.
- Maggi, M., Medici, S., Quintana, S., Ruffinengo, S., Marcángeli, J., Gimenez Martinez, P., & Eguaras, M. (2012). Genetic structure of *Varroa destructor* populations infesting *Apis mellifera* colonies in Argentina. *Experimental and Applied Acarology*, 56, 309-318.
- Maggi, M., Peralta, L., Ruffinengo, S., Fuselli, S., & Eguaras, M. (2012). Body size variability of *Varroa destructor* and its role in acaricide tolerance. *Parasitology research*, 110, 2333-2340.
- Maggi, M. D., Ruffinengo, S. R., Mendoza, Y., Ojeda, P., Ramallo, G., Floris, I., & Eguaras, M. J. (2011). Susceptibility of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) to synthetic acaricides in Uruguay: Varroa mites' potential to develop acaricide resistance. *Parasitology research*, 108, 815-821.
- Maggi, M. D., Sardella, N. H., Ruffinengo, S. R., & Eguaras, M. J. (2009). Morphotypes of *Varroa destructor* collected in *Apis mellifera* colonies from different geographic locations of Argentina. *Parasitology research*, 105, 1629-1636.
- Giménez Martínez, P., Mendoza, Y., Invenizzi, C., Fuselli, S., Alonso Salces, R., Fernández Iriarte, P., & Maggi, M. (2017). Morphometric correlation between *Apis mellifera* morphotypes (Hymenoptera) and *Varroa destructor* (Acari) from Uruguay. *Journal of Apicultural Research*, 56(2), 122-129.
- Mukogawa, B., & Nieh, J. C. (2024). The Varroa paradox: infestation levels and hygienic behavior in feral scutellata-hybrid and managed *Apis mellifera ligustica* honey bees. *Scientific Reports*, 14(1), 11-48.
- Peck, D. T., Smith, M. L., & Seeley, T. D. (2016). *Varroa destructor* mites can nimbly climb from flowers onto foraging honey bees. *PLoS one*, 11(12), 4-12.
- Plettner, E., Eliash, N., Singh, N. K., Pinnelli, G. R., & Soroker, V. (2017). The chemical ecology of host-parasite interaction as a target of *Varroa destructor* control agents. *Apidologie*, 48(1), 78-92.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 25(6), 345-353.
- Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., & vanEngelsdorp, D. (2019). *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(5), 1792-1801.

- Refahi, M. & Alipour, M. J. (2017). *Bee plants of Iran*, Mashhad: Zareeh Aftab Publishing Institute. (In Persian).
- Reyes-Quintana, M., Goodwin, P. H., Correa-Benítez, A., Pelaez-Hernández, R., & Guzman-Novoa, E. (2023). Genetic variability of the honey bee mite, *Varroa destructor*, from a humid continental climatic region of Canada, and temperate and tropical climatic regions of Mexico. *Experimental and Applied Acarology*, 91(4), 541-559.
- Rosiak, E., Madras-Majewska, B., Teper, D., Łepecka, A., & Zielińska, D. (2021). Cluster analysis classification of honey from two different climatic zones based on selected physicochemical and of microbiological parameters. *Molecules*, 26(8), 2361-2365.
- Seeley, T. D. (2017). Life-history traits of wild honey bee colonies living in forests around Ithaca, NY, USA. *Apidologie*, 48(6), 743–754.
- Shojaei, A., Nourian, A., Khanjani, M., & Mahmoodi, P. (2023). The first molecular characterization of Lake Sinai virus in honey bees (*Apis mellifera*) and *Varroa destructor* mites in Iran. *Journal of Apicultural Research*, 62(5), 1176-1182.
- Shrestha, N. (2021). Factor analysis as a tool for survey analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 9(1), 4-11.
- Yevstafieva, V. O., Nazarenko, O. S., Melnychuk, V. V., Zaloznaya, L. M., & Sobolta, A. G. (2020). Morphological variation of *Varroa destructor* (Parasitiformes, Varroidae) in different seasons. *Biosystems Diversity*, 28(1), 18-23.