Animal Production Research

Vol. 12, No. 4, 2023 (89-103)
doi: 10.22124/AR.2024.7392
eISSN: 2538-6107 pISSN: 2252-0872

University of Guilan

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Commercial silkworm hybrids comparison based on cocoons and silk thread performance of Guilan sericulturists

M. R. Khordadi[1], S. H. Hosseini Moghaddam[2,3*], A. Sabouri[4], K. Mahfoozi[5,6]

1. Former MSc Student, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Associate Professor, Department of Sericulture, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
4. Associate Professor, Department of Plant Genetics and Production, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
5. Instructor, Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran
6. Instructor, Department of Sericulture, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

(Received: 19-04-2023 – Revised: 25-06-2023 – Accepted: 09-07-2023)

Introduction: The assessment of commercial silkworm hybrids based on cocoon characteristics will provide only profit to the sericulturists. However, the profits of sericulturists and silk spinners can be guaranteed by paying more attention to quality and quantity characteristics in both cocoons and fibers. In silkworms, the paternal and maternal lines of commercial hybrids are crossed reciprocally. That is the reason that hybrids of silkworms raised by sericulturists are not so identical. This genetic difference causes a difference in the final quantity and quality of the productive cocoon and silk thread. This study aimed to compare commercial silkworm hybrids based on cocoons and silk thread performance of Guilan sericulturists.

Materials and methods: In this study, the silk filament characteristics of 12 imported silkworm hybrids and two domestic hybrids were compared in two regions of Guilan province. The weight, size, length, and strength (Tensile strengths and Elongation percentage) of the silk filament in addition to the raw silk percentage were investigated. The cocoon characters were the performance of each box, cocoon weight, cocoon shell weight, cocoon shell ratio, the percentage of good cocoons, the number of cocoons per liter, pupal mortality, cocoon length, and cocoon width. Statistical analysis was done using the GLM procedure of SAS software. The hybrids from reciprocal mating were compared by t-test. To clustering, the WARD method was applied based on the deviation from the standardized number (Z-score) using the SPSS software.

Results and discussion: Variance analysis of traits showed that geographical region has a significant effect on thread diameter (P<0.05). The highest silk filament weight was related to hybrid 871×872, and two Iranian hybrids (154×153 and 104×103) with 5.01, 4.89, and 4.88 grams, respectively, and the lowest for BxQ hybrid with 3.57 grams. For filament diameter, the Iranian hybrids (104×103 and 154×153) had the highest filament size with 69.63 and 61.05 deniers, respectively. Higher diameter in Iranian silk filament fits the silk thread consumption type in Iran. The silk thread in Iran is used to produce silk carpets and rugs, therefore, it needs a larger thread diameter than when the goal is to produce high-quality silk fabrics that require fine thread. The Iranian hybrid 154×153 was excellent in terms of all the important features of the silk filaments, including strength, weight, diameter, and length. M×S, HB×JA, and B×Q hybrids had the smallest thread diameter with 53.72, 54.60, and 54.76 deniers, respectively. Hybrid Q×B was superior to some hybrids but for reciprocal hybrid (B×Q), the overall performance was not favorable. This hybrid had the lowest yield of silk filament weight, diameter, and length. A comparison of hybrids resulting from reciprocal

* Corresponding author: hosseini@guilan.ac.ir

crossing showed that the famous hybrids Q×B and B×Q had the highest differences among six-pair imported hybrids. The difference was observed between the two hybrids for six characteristics including cocoon shell weight, cocoon weight, the number of cocoons per liter, the percentage of good cocoons, the weight and size of the silk filament, and the raw silk percentage. It certainly affects the profits of both sericulturists and silk spinners. The classification of hybrids based on the WARD method led to three groups and the Iranian hybrids were in one group. Q×B and B×Q hybrids and their rejuvenated hybrids (BB×QA and QA×BB) were in the third group. M×S and S×M along with 871×872 and 872×871 hybrids were in the same group. Therefore, if necessary replacing hybrids within the group will be possible. The cocoon production of imported hybrids showed that there is a big difference between the performance mentioned in the catalog and what was produced under the conditions of rural silkworm rearing in Guilan province. Elongation percentage, raw silk percentage, filament length, cocoon width, pupal mortality, cocoon weight based on total good cocoons, and number of cocoons per liter had no significant difference between domestic and imported hybrids.

Conclusions: Due to the better performance of BB×QA and QA×BB, especially the similarity of reciprocal hybrids, these rejuvenated hybrids can replace the old ones (Q×B and B×Q). M×S and S×M hybrids, which had the advantage of uniformity between direct and reverse hybrids, can be considered more due to more silk filament weight and raw silk percentage. The results of this study showed that the most important factors in silkworm rearing are the performance of the silkworm box and the raw silk percentage to be improved for Iranian hybrids.

Keywords: Reciprocal crosses, Cocoon traits, Silk filament traits, Sericulturists, Imported hybrid

Conflicts of interest: The authors declare no conflicts of interest.

Funding: This research was supported by the Research Committee of Guilan Province with the ID number 16129-167812.

Acknowledgments: The cooperation of the Fiber Physics Laboratory of the Textile Engineering Department of the University of Guilan is hereby acknowledged.

How to cite this article:

Khordadi, M. R., Hosseini Moghaddam, S. H., Sabouri, A., & Mahfoozi, K. (2023). Commercial silkworm hybrids comparison based on cocoons and silk thread performance of Guilan sericulturists. *Animal Production Research*, *12*(4), 89-103. doi: 10.22124/AR.2024.7392

تحقیقات تولیدات دامی

سال دوازدهم/شماره چهارم/زمستان ۱۴۰۲ (۱۰۳-۸۹)

Animal Production Research

دانشگاه گیلان

مقاله پژوهشی

مقایسه کرم ابریشم وارداتی و داخلی بر مبنای ویژگی‌های نخ حاصل از پیله‌های تولیدی نوغانداران گیلان

محمدرضا خردادی[۱]، سید حسین حسینی مقدم[۲و۳*]، عاطفه صبوری[۴]، کامران محفوظی[۵و۶]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم دامی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲- دانشیار، گروه علوم دامی ، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳- دانشیار، گروه پژوهشی ابریشم، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۴- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۵- مربی، گروه مهندسی نساجی، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

۶- مربی، گروه پژوهشی ابریشم، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۳۰ – تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴ – تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۸)

چکیده

مقایسه هیبریدهای تجاری کرم ابریشم چنانچه بر مبنای صفات پیله باشد تنها منافع نوغانداران را تأمین می‌کند. لیکن، توجه به ویژگی‌های کمّی و کیفی پیله و نخ ابریشم می‌تواند هم منافع نوغانداران و هم ریسندگان نخ را تضمین نماید. در این بررسی، ویژگی‌های نخ دوازده هیبرید کرم ابریشم وارداتی و دو هیبرید داخلی در دو منطقه استان گیلان مقایسه شدند. ویژگی‌های مورد بررسی شامل وزن، ظرافت، طول و استحکام نخ به‌علاوه میزان نخ‌دهی یا درصد ابریشم خام بودند. تجزیه واریانس صفات نشان داد که منطقه جغرافیایی، اثر معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بر قطر نخ دارد. مقایسه هیبریدهای حاصل از تلاقی مستقیم و معکوس نشان داد که هیبرید مشهور Q×B و B×Q بیشترین تفاوت را دارد که این موضوع می‌تواند منافع پرورش‌دهندگان و ریسندگان نخ را تحت تأثیر قرار دهد. گروه‌بندی هیبریدها بر مبنای تمام صفات نخ و پیله با روش WARD منجر به ایجاد سه گروه شد که هیبریدهای ایرانی در یک گروه و هیبریدهای چینی در دو گروه دیگر قرار گرفتند. چون هیبریدهای Q×B و B×Q و نوترکیب‌های آن (BB×QA و QA×BB) در یک گروه بودند، با توجه به عملکرد بهتر نوترکیب‌ها به ویژه مشابهت نتاج تلاقی دوطرفه، این هیبریدها می‌توانند جایگزین هیبریدهای قدیمی شوند. هیبریدهای M×S و S×M با دارا بودن وزن نخ و نخ‌دهی بیشتر نسبت به سایر هیبریدها و مشابهت نتاج تلاقی دوطرفه می‌توانند مورد توجه بیشتر قرار گیرند. تفاوت سه کیلوگرمی در عملکرد یک جعبه کرم ابریشم داخلی و وارداتی، معرفی هیبریدهای جدید ایرانی را ضروری می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: آمیزش‌های دوطرفه، صفات پیله، صفات نخ ابریشم، نوغانداران، هیبرید وارداتی

* نویسندهٔ مسئول: hosseini@guilan.ac.ir

doi: 10.22124/AR.2024.7392

مقدمه

ابریشم یک پروتئین رشته‌ای است که به وسیله برخی از بندپایان برای استفاده در خارج از بدن موجود زنده از قسمت دهانی ترشح و به الیاف طبیعی تبدیل می‌شود. ابریشم که یک پلیمر طبیعی با انعطاف‌پذیری بالا است، پلی‌فیبروئین نیز نامیده می‌شود (Altman and Farrell, 2022). کیفیت ابریشم در نژادهای مختلف کرم ابریشم متفاوت است. به‌علاوه مصارف مختلف ابریشم نظیر منسوجات ابریشمی، فرش و مصارف صنعتی نیازمند ویژگی‌های متفاوت و خاص از این الیاف پروتئینی است. به عبارتی، شاخص‌های کیفی نخ ابریشم وابستگی زیادی به محصول نهایی زنجیره ارزش کرم ابریشم دارد. در ایران، عمده نخ ابریشم در تولید فرش و تابلو فرش‌های ابریشمی استفاده شده، لیکن در کشور چین، نخ ابریشم بیشتر صرف تولید منسوجات ابریشمی می‌شود. با توجه به اینکه کیفیت نخ مورد نیاز برای بافت فرش و منسوجات ابریشمی متفاوت است، لذا برنامه‌های اصلاح نژادی برای بهبود ویژگی‌های نخ لازم است با اهداف تولیدی متناسب باشد. به‌علاوه، در زمان معرفی هیبریدهای برتر کرم ابریشم لازم است به کیفیت نخ حاصل از پیله‌های تولیدی توجه شود. در عمل این در شرایطی محقق می‌شود که در برنامه‌های اصلاح نژادی کرم ابریشم و به منظور انتخاب لاین‌های برتر و یا انتخاب و معرفی هیبریدهای برتر، ویژگی‌های کمّی و کیفی نخ اندازه گیری شود.

میزان نخ‌دهی یا درصد ابریشم خام به‌علاوه وزن، قطر، طول و استحکام نخ ابریشم از جمله ویژگی‌های معمول کمّی و کیفی نخ ابریشم است که در ارزیابی ژنوتیپ‌های کرم ابریشم اندازه‌گیری می‌شود. با این وجود برای تولید نخ ابریشم ظریف نیاز به اندازه‌گیری ویژگی‌های دیگری نظیر یکنواختی (Evenness)، پاکیزگی (Cleanness) و آراستگی (Neatness) تار ابریشم است (Hosseini Moghaddam, 2013). در آزمایشگاه‌های ابریشم برای انجام آزمون‌های یکنواختی، تمیزی و آراستگی ابریشم خام از عکس‌های استاندارد جهت مقایسه استفاده می‌شود (Shams-Natery, 2005).

در کرم ابریشم، پایه‌های پدری و مادری (P) هیبریدهای تجاری به نام چینی و ژاپنی معروف بوده و برای تولید هیبرید این والدین به‌صورت دو طرفه (Reciprocal) تلاقی داده می‌شوند، یعنی هر دو جنس نر و ماده والدین ژاپنی و چینی به‌صورت ضربدری استفاده می‌شوند. این موضوع سبب می‌شود که هیبریدهای کرم ابریشمی که نوغانداران پرورش می‌دهند همگی از نظر ژنتیکی یکسان نباشند. این تفاوت ژنتیکی در عمل سبب تفاوت در عملکرد نهایی و کمیت و کیفیت پیله و نخ استحصالی نیز می‌شود. معمولاً در ارزیابی هیبریدهای کرم ابریشم، هر دو هیبرید مستقیم و معکوس استفاده می‌شوند تا اثر آمیزش دوطرفه مشخص شود. در تحقیقی، دو والد دو نسله (Bivoltine) شامل NB_4D_2 و CSR_2 و دو والد چند نسله (Multivoltine) شامل Pure Mysore(PM) و Nistari با یکدیگر تلاقی داده شدند. دو هیبرید مستقیم و دو هیبرید معکوس حاصل از تلاقی والدین مشابه از نظر تعداد نسل (ولتنیسم) و چهار هیبرید مستقیم و چهار هیبرید معکوس حاصل از تلاقی والدین غیرمشابه مقایسه شدند. نتایج تجزیه ترکیب‌پذیری صفات (Talebi and Kamjoo, 2013) و تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات (Talebi *et al.*, 2011) در این تحقیق نشان داد که اثر پایه مادری برای برخی صفات اعم از پیله و نخ ابریشم معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$).

برنامه‌ریزی‌هایی برای توسعه نوغانداری در سراسر کشور در حال انجام است، با این وجود، استان گیلان از گذشته تا به حال، سهم عمده‌ای در تولید پیله و نخ ابریشم دارد. بر اساس آمار داخلی مرکز توسعه نوغانداری کشور (رشت، گیلان) در سال ۱۴۰۱، در شرایطی که ۴۵۱۳۳ جعبه تخم نوغان در فصل بهار در کشور توزیع شد، ۱۴۹۲۷ جعبه از آن مربوط به استان گیلان بود که با احتساب ۱۹۰ جعبه عرضه شده در فصل پاییز، بیش از یک سوم پرورش کرم ابریشم کشور در استان گیلان انجام شد. به‌علاوه در حال حاضر، کارخانه صنایع ابریشم گیلان (صومعه سرا) و کارخانه صنایع ابریشم شرق گیلان (لنگرود)، نخ مرغوب صنعتی در کشور تولید می‌نمایند. در سال‌های اخیر، انواع مختلف هیبریدهای تجاری کرم ابریشم در مناطق مختلف ایران عرضه می‌شوند که شامل هیبریدهای وارداتی از کشور چین (۹۰ درصد) و هیبریدهای ایرانی (۱۰ درصد) هستند (آمار داخلی مرکز توسعه نوغانداری کشور). تلاش‌های مستمری برای بهبود زیر ساخت‌ها در مزارع والدینی کرم ابریشم استان گیلان در حال انجام است که سهم

عرضه هیبریدهای ایرانی افزایش یابد. بعلاوه با انجام طرح‌های اصلاح نژادی هیبریدهای جدیدی معرفی شده است تا مقدار تولید پیله افزایش یابد (Mirhoseini *et al.*, 2022). با این وجود، تا تحقق کامل تأمین تخم نوغان مورد نیاز کشور از هیبریدهای داخلی چند سالی زمان نیاز است.

در کشورهای با سابقه طولانی در صنعت ابریشم به‌طور معمول هم صفات پیله و هم ویژگی‌های نخ ارزیابی می‌شوند (Escap, 1993; Li *et al.*, 2001). حتی در کشورهایی با جرم پلاسم محدودتر نسبت به ایران نیز برای بررسی عملکرد لاین‌ها و هیبریدهای کرم ابریشم، ویژگی‌های نخ ابریشم اندازه‌گیری می‌شود (Taha *et al.*, 2017; Sajgotra and Gupta, 2018; Bajwa *et al.*, 2019). اما در ایران تاکنون این ارزیابی‌ها به دلیل نداشتن دستگاه نخ‌ریسی آزمایشگاهی در مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی انجام نشده و این نخستین گزارش از معرفی ویژگی‌های نخ هیبریدهای کرم ابریشم است. به‌علاوه طی سال‌های اخیر، علی‌رغم رضایت نسبی نوغانداران از عملکرد کمّی هیبریدهای وارداتی کرم ابریشم، کیفیت پیله و راندمان نخ‌دهی برخی از آن‌ها مورد اعتراض ریسندگان نخ قرار گرفت. بنابراین لازم بود ارزیابی دقیقی از ویژگی‌های مهم کیفی نخ ابریشم هیبریدهای وارداتی و داخلی انجام شود تا نقاط ضعف و قوت آن مشخص و هیبریدهایی معرفی شوند که منافع پرورش‌دهندگان و ریسندگان نخ به‌طور همزمان تأمین شود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲۳۲ جعبه تخم نوغان از ۱۴ هیبرید کرم ابریشم تجاری شامل ۱۲ هیبرید وارداتی از کشور چین به نام‌های Baiyue×Qiufeng(B×Q)، Qiufeng×Baiyue (Q×B)، ۸۷۱×۸۷۲، ۸۷۲×۸۷۱، Jinysong×Haoyue (J×H)، Haoyue×Jinysong (H×J)، Suju×Minghu (S×M)، Minghu×Suju (M×S)، BaiyuB×QiufengA (BB×QA)، QiufengA×BaiyuB (QA×BB)، HaoyuB×JingsongA (HB×JA)، JingsongA×HaoyuB (JA×HB) و دو هیبرید ایرانی شامل ۱۰۴×۱۰۳ و ۱۵۴×۱۵۳ در ۶۷ روستای استان گیلان توزیع و پرورش داده شدند. تقریباً نیمی از روستاها در شرق و نیمی دیگر در غرب استان بودند. تعداد تکرار برای هر هیبرید از ۱۲ تکرار تا ۱۹ تکرار متفاوت بود. در پایان دوره پرورش، پیله تولیدی هر جعبه کرم ابریشم توزین (عملکرد هر جعبه) شد و برای اندازه‌گیری صفات پیله و نخ، ۲۰۰ پیله از پیله‌های تولیدی هر نوغاندار به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شدند و به آزمایشگاه کرم ابریشم دانشگاه گیلان جهت ارزیابی ویژگی‌های پیله منتقل شدند.

ارزیابی پیله با تفکیک پیله‌ها به پیله‌های خوب، متوسط، ضعیف و دوبل شروع و در ادامه، درصد هر گروه و وزن آنها مشخص می‌شود. در این بررسی، صفات ارزیابی شده پیله به‌جز عملکرد هر جعبه عبارت بودند از: نسبت وزن پیله‌های خوب به تعداد پیله‌های خوب (وزن پیله-۱)، درصد پیله‌های خوب، تعداد پیله در لیتر، درصد تلفات شفیرگی، نسبت وزن پیله در یک لیتر به تعداد پیله در یک لیتر (وزن پیله-۲)، طول پیله، عرض پیله، وزن انفرادی پیله، وزن انفرادی قشر پیله و درصد قشر پیله. برای اندازه‌گیری طول و عرض پیله از دستگاه کولیس دیجیتال استفاده شد. از هر تکرار، تعداد ۲۱ عدد پیله به‌طور تصادفی از بین پیله‌های خوب (پیله‌های هم شکل و هم اندازه) انتخاب و توزین شدند. سپس پیله‌ها به مدت سه ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس داخل آون خشک و توزین شدند. مراحل پخت و نخ‌ریسی با استفاده از دستگاه نخ‌ریسی آزمایشگاهی در آزمایشگاه فیزیک الیاف دانشگاه گیلان انجام شد. این دستگاه در سال ۱۳۹۷ در گروه پژوهشی ابریشم دانشگاه گیلان ساخته شد. صفات کیفی نخ ابریشم شامل وزن، طول، قطر، درصد کشیدگی، استحکام کششی و درصد ابریشم خام بودند.

پس از نخ‌ریسی پیله‌ها، فرآیند انتقال نخ از قرقره بزرگ دستگاه نخ‌ریسی به دوک مخصوص با استفاده از دستگاه بوبین پیچ انجام شد. از هرکدام از دوک‌های نخ، مقدار ۵۰ متر نخ با دستگاه کلاف پیچ (Shirly(TC48)- England) جدا و توزین شد تا طول و قطر نخ اندازه‌گیری شود. استحکام نخ با دو شاخص درصد کشیدگی و استحکام کششی با استفاده از دستگاه مقاومت سنج (Shirly(Micro 250)- England) اندازه‌گیری شد. افزایش نیرویی که به نخ وارد می‌شود باعث کش آمدن نخ شده و در نقطه‌ای سبب پارگی نخ می‌شود. مقدار استحکام کششی بر مبنای گرم بر دنیر محاسبه شد (Lee, 1999). درصد کشیدگی نخ و استحکام کششی که

معیارهای استحکام نخ هستند در دسته خصوصیات فیزیکی نخ قرار می‌گیرند. راندمان نخ‌دهی و یا درصد ابریشم خام نیز با دو شاخص اندازه‌گیری شد. درصد ابریشم خام ۱ از تقسیم وزن خشک نخ بر وزن خشک ۲۱ پیله نخ‌ریسی شده و درصد ابریشم خام ۲ از تقسیم وزن خشک نخ بر وزن قشر ۲۱ پیله خوب از همان تکرار مربوطه حاصل شد. شاخص اول، معیار مرسوم بوده و شاخص دوم با هدف معرفی شاخص جدید که تفاوت‌ها را بهتر نشان دهد اندازه‌گیری شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از تجزیه مرکب (دو مکان شامل شرق و غرب استان) در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از رویه GLM نرم افزار SAS و برای مقایسه میانگین صفات در بین دو منطقه و همچنین هیبریدهای مختلف، از آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد. میانگین هیبریدهای حاصل از آمیزش دوطرفه و همچنین مقایسه هیبریدهای داخلی و وارداتی با استفاده از آزمون t انجام شد. به منظور گروه‌بندی هیبریدها از تجزیه خوشه‌ای به روش WARD با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی از نرم افزار SPSS استفاده شد. برای مقایسه گروه‌های منفک از تجزیه خوشه‌ای از نمره استاندارد (Z-score) استفاده شد. در مدل آماری، اثر منطقه، اثر هیبرید و اثر متقابل منطقه و هیبرید در نظر گرفته شد.

نتایج

مقایسه مناطق و هیبریدهای مختلف: بر اساس نتایج تجزیه واریانس و آزمون F برای منبع تغییر منطقه (با درجه آزادی یک)، فقط اختلاف برای قطر نخ بین دو منطقه شرق و غرب معنی‌دار و برای سایر صفات، اختلاف غیرمعنی‌دار بود. مقایسه میانگین صفات مرتبط با نخ ابریشم برای دو منطقه شرق و غرب گیلان در جدول ۱ ارائه شده است. اثر منطقه بر تمام صفات مرتبط با نخ ابریشم به‌جز قطر نخ، تفاوت معنی‌داری نداشت و در مورد صفت قطر نخ ابریشم، به‌طور کلی هیبریدهای ناحیه غرب گیلان قطر بیشتری داشتند ($P<۰/۰۵$).

میانگین صفات مختلف نخ ابریشم در هیبریدهای مورد بررسی در جدول ۲ مقایسه شده‌اند. مقایسه قطر نخ در هیبریدهای مورد بررسی نشان داد که هیبریدهای ایرانی ۱۰۴×۱۰۳ و ۱۵۴×۱۵۳ به ترتیب با ۶۳/۶۹ و ۶۱/۰۵ دنیر، بالاترین قطر نخ و هیبریدهای M×S، HB×JA و B×Q به ترتیب با ۵۳/۷۲، ۵۴/۶۰ و ۵۴/۷۶ دنیر، کم‌ترین قطر نخ را دارا بودند. برای وزن نخ، بالاترین عملکرد مربوط به هیبریدهای ۸۷۲×۸۷۱، ۱۵۴×۱۵۳ و ۱۰۴ ×۱۰۳ به ترتیب با ۵/۰۱، ۴/۸۹ و ۴/۸۸ گرم و کم‌ترین برای هیبرید B×Q با ۳/۵۷ گرم بود. بیشترین طول نخ مربوط به هیبریدهای ۸۷۲×۸۷۱ و H×J به ترتیب با ۸۵۵/۰۴ متر و ۸۵۴/۷۷ متر و کمترین طول مربوط به هیبرید B×Q با طول ۶۴۱/۱۷ متر بود که تفاوت بین بیشترین و کمترین نیز معنی دار بود ($P<۰/۰۵$). بر اساس جدول ۲ که مقایسه همزمان میانگین ۱۴ هیبرید مورد بررسی است، تفاوت طول نخ هیبریدهای Q×B و B×Q از نظر آماری معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$)، لیکن مقایسه تلاقی‌های دوطرفه بر اساس آزمون t (جدول ۳) نشان داد که تفاوت طول و وزن نخ این دو هیبرید معنی‌دار بود ($P<۰/۰۱$).

نتایج دو صفت مرتبط با استحکام نخ نشان داد که بالاترین عملکرد ویژگی درصد کشیدگی مربوط به هیبرید ایرانی ۱۵۴×۱۵۳ به مقدار ۱۸/۵۵ و سپس هیبرید وارداتی QA×BB به مقدار ۱۸/۳۰ بود. کمترین عملکرد در این صفت متعلق به هیبرید J×H به مقدار ۱۵/۳۷ بود. هیبریدهای J×H و M×S (با کم‌ترین عملکرد در درصد کشیدگی) با هیبرید-های ۱۵۴×۱۵۳ و QA×BB (با بیش‌ترین عملکرد) اختلاف معنی‌دار داشتند ($P<۰/۰۵$). استحکام کششی، صفت دیگر مرتبط با استحکام، در هیبریدهای Q×B و B×Q به ترتیب با ۳/۴۸ و ۳/۴۵ گرم بر دنیر، بیشترین مقدار و برای هیبرید ۱۰۴×۱۰۳ با ۳/۱۱ گرم بر دنیر، کمترین مقدار را داشت. تفاوت هیبریدهای Q×B و B×Q با هیبریدهای ۱۰۴×۱۰۳، M×S و S×M (کمترین عملکرد) معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$).

برای درصد ابریشم خام ۱، هیبریدهای JA×HB و ۸۷۲×۸۷۱ به ترتیب با ۴۲/۰۱ و ۴۱/۹۵ درصد بالاترین مقدار و هیبرید B×Q و ۱۰۴×۱۰۳ به ترتیب با ۳۷/۰۶ و ۳۷/۱۸ درصد کمترین مقدار را داشتند که تفاوت این دو گروه هم از نظر آماری معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). برای درصد ابریشم خام ۲ که بر اساس میزان نخ استحصالی از قشر پیله است هیبریدهای H×J و ۸۷۲×۸۷۱ به ترتیب با ۸۳/۲۲ و ۸۱/۹۰ درصد، بیشترین و هیبرید ۱۰۴×۱۰۳ و B×Q به ترتیب با

۷۲/۲۳ و ۷۴/۷۰ درصد کمترین بازده را دارا بودند (جدول ۲).

اثر والد مادری در آمیزش‌های متقابل: هیبریدهای وارداتی در بررسی حاضر دارای هر دو پایه مادری (پایه مادری چینی و ژاپنی) بودند. در جدول ۳، تفاوت‌های میانگین صفات پیله و نخ ابریشم بین دو هیبرید حاصل از تلاقی مستقیم و معکوس ارائه شده است. هدف از ارائه این جدول این است که تعداد صفاتی که تفاوت معنی‌داری برای هر جفت هیبرید نشان داده‌اند مشخص شود و با مقایسه جفت هیبریدها (شش جفت هیبرید)، عملکرد اصلاح نژادی مربوط به آن جفت هیبرید و به‌طور کلی، وضعیت آمیزش‌های متقابل در کرم ابریشم بررسی شود.

بیشترین اثر پایه مادری بر عملکرد نتاج حاصل از آمیزش‌های دوطرفه مربوط به هیبریدهای B×Q و Q×B بود که برای چهار مورد از صفات نخ (وزن نخ، طول نخ و درصد ابریشم خام ۱ و درصد ابریشم خام ۲) و برای چهار مورد از صفات پیله (درصد پیله های خوب، تعداد در لیتر، وزن پیله ۲ و درصد قشر پیله) و در مجموع هشت مورد تفاوت معنی‌دار نشان داد ($P<۰/۰۵$). هیبریدهای H×J و J×H در دو ویژگی شامل درصد کشیدگی و درصد تلفات شفیرگی، هیبریدهای HB×JA و JA×HB در درصد ابریشم خام ۱ و هیبریدهای ۸۷۲×۸۷۱ و ۸۷۲×۸۷۲۱ در درصد تلفات شفیرگی، اختلاف معنی‌دار نشان دادند. هیبریدهای M×S و S×M و همچنین BB×QA و QA×BB، عملکرد مشابهی بین هیبریدهای مستقیم و معکوس برای تمامی صفات اعم از صفات پیله و صفات نخ داشتند. بنابراین برای این دو جفت هیبرید می‌توان بیان کرد که اثر پایه مادری غیر معنی‌دار است ($P>۰/۰۵$). نتایج جدول ۳ نشان داد که برای یک جفت هیبرید (BB×QA و QA×BB) بین دو معیار میزان نخ دهی (درصد ابریشم خام)، تفاوت وجود دارد که البته مقادیر درصد ابریشم خام ۱ توانسته است تفاوت‌ها را بهتر نشان دهد.

گروه‌بندی هیبریدها: گروه‌بندی با استفاده تجزیه خوشه‌ای به روش WARD بر مبنای تمام صفات رکوردگیری شده مربوط به پیله و نخ ابریشم انجام شد (شکل ۱ و جدول ۴). برش نمودار درختی حاصل با در نظر داشتن بیشترین فاصله بین محل ادغام گروه‌ها، در محلی انتخاب شد که ۱۴ هیبرید مورد بررسی در سه گروه مجزا قرار گرفتند. به منظور مقایسه گروه-ها، نمرات استاندارد (Z-score) برای تمامی صفات برای سه گروه محاسبه شد تا بتوان گروه‌ها را از لحاظ صفات مختلف بدون تاثیر واحد مورد مقایسه قرار داد. دو هیبرید ایرانی که بر اساس اطلاعات ارائه شده در جدول ۵ از نظر کمیت پیله (هم وزن پیله و هم وزن قشر پیله) و نخ ابریشم بالاتر از هیبریدهای وارداتی بودند، در یک گروه (گروه اول) قرار گرفتند.

هیبریدهای Q×B و B×Q و دو هیبرید مشابه با آن یعنی BB×QA و QA×BB (چهار هیبرید) به همراه سه هیبرید دیگر (در مجموع، هفت هیبرید) در گروه سوم قرار گرفتند (شکل ۱). قرار گرفتن چهار هیبرید مذکور در یک گروه این امکان را فراهم می‌کند که جفت هیبرید دوم به راحتی جایگزین جفت هیبرید اول شود. هیبریدهای ۸۷۲×۸۷۱ و ۸۷۲×۸۷۲۱ و هیبریدهای M×S و S×M نیز در یک گروه قرار گرفتند (گروه دوم). در این گروه نیز همانند گروه سوم می‌توان تشابه درون گروهی را دلیلی بر عملکرد نزدیک به هم آنها دانست. بنابراین در صورت لزوم، امکان جایگزینی هیبریدهای درون گروهی فراهم خواهد بود. گروه اول از لحاظ بسیاری از صفات از نمره استاندارد بالاتری برخودار بود، ولی گروه سوم از نظر بیشتر صفات ممتاز برای گروه اول (وزن پیله، وزن قشر پیله و وزن نخ)، عملکرد ضعیفی نشان داد و برای صفاتی نظیر عملکرد کلی یک جعبه کرم ابریشم و درصد تلفات شفیرگی (شاخص ماندگاری)، بهتر از گروه اول بود. به عبارتی رابطه معکوس صفات تولیدی و ماندگاری به خوبی در این تحقیق نمایان می‌شود.

عملکرد کلی هیبریدهای داخلی و وارداتی: اطلاعات کلی هیبریدهای کرم ابریشم مورد بررسی برای صفات مختلف پیله و ویژگی های نخ ابریشم در جدول ۵ ارائه شده است تا در یک نگاه کلی، عملکرد کرم ابریشم وارداتی با ایرانی مقایسه شود. نتایج نشان داد که تولید پیله از هر جعبه کرم ابریشم وارداتی بیشتر از ایرانی است ($P<۰/۰۱$). وزن پیله (ردیف‌های ۶ و ۷ در جدول ۵)، وزن قشر پیله و درصد قشرپیله در هیبریدهای ایرانی بیشتر از وارداتی است ($P<۰/۰۱$). مقایسه تعداد پیله در لیتر و طول پیله به‌عنوان شاخص‌های اندازه پیله نشان می‌دهد که تفاوت پیله‌های وارداتی و داخلی بر مبنای

شاخص اول، غیر معنی‌دار بوده، ولی بر مبنای طول پیله، اندازه پیله‌های داخلی بزرگ‌تر از وارداتی است. نتایج نشان داد که استحکام کششی پیله‌های وارداتی بیشتر از داخلی است (P<۰/۰۵). ظرافت یا همان قطر نخ در هیبریدهای وارداتی نسبت به ایرانی بیشتر بود، ولی همانند وزن پیله، وزن نخ پیله‌های ایرانی بیشتر از خارجی بود.

درصد کشیدگی به‌عنوان شاخص دیگری از استحکام نخ، درصد ابریشم خام که معیاری از میزان نخ دهی پیله است (با دو شیوه اندازه‌گیری)، طول نخ، عرض پیله، درصد تلفات شفیرگی، وزن پیله بر مبنای کل پیله‌های خوب و تعداد پیله در یک لیتر صفاتی بودند که تفاوت بین هیبرید داخلی و وارداتی در آنها معنی‌دار نبود.

بحث

در این بررسی، ضمن مقایسه انواع مختلف هیبریدهای وارداتی و داخلی و همچنین اثر آمیزش‌های متقابل، تأثیر جغرافیای شرق و غرب استان گیلان بر ویژگی‌های کمّی و کیفی نخ ابریشم بررسی شد. در بررسی قبلی مشخص شد که عوامل محیطی و جغرافیایی حاکم بر فعالیت‌های نوغانداری بر عملکرد تمام صفات پیله تاثیر دارد (Khordadi *et al.*, 2021)، ولی در بررسی حاضر، شاخص‌های کیفی نخ ابریشم کمتر تحت تأثیر منطقه جغرافیایی قرار گرفت و تنها ضخامت (قطر) نخ متأثر از مکان پرورش کرم ابریشم (شرق و غرب استان گیلان) بود. بر این اساس به نظر می‌رسد حساسیت‌پذیری این

جدول ۱- میانگین صفات نخ ابریشم در دو منطقه شرق و غرب استان گیلان

Table 1. Mean of silk thread characteristics in two regions of east and west of Guilan province

Region	Raw silk-2 (%)	Raw silk-1 (%)	Tensile strength (g/denier)	Elongation percentage (%)	Weight (g)	Length (m)	Diameter (denier)
Guilan-East	78.58±0.79	39.21±0.35	3.23±0.03	16.88±0.24	4.42±0.09	757.30±12.63	55.49^{b}±0.56
Guilan-West	78.65±0.77	39.53±0.41	3.28±0.03	16.93±0.28	4.59±0.10	760.72±15.57	57.29^{a}±0.73
P-value	0.953	0.550	0.341	0.900	0.087	0.304	0.047

[a-b] Different superscripts in the same column represent a significant difference (P<0.05).

جدول ۲- میانگین صفات نخ ابریشم در هیبریدهای مورد بررسی

Table 2. Mean of silk thread characteristics in the studied hybrids

Hybrids	Raw silk-2 (%)	Raw silk-1 (%)	Tensile strength (g/denier)	Elongation percentage(%)	Weight (g)	Length (m)	Diameter (denier)
Q×B	79.87^{abc}±1.23	39.28^{abc}±0.67	3.48^{a}±0.14	16.96^{abc}±0.73	4.31^{ab}±0.18	736^{bc}±25.80	56.28^{bc}±1.80
B×Q	74.70^{dc}±1.27	37.06^{c}±0.55	3.45^{a}±0.05	17.59^{abc}±0.43	3.57^{c}±0.10	641^{c}±16.96	54.76^{c}±1.14
871×872	81.90^{ab}±1.77	41.95^{a}±1.44	3.35^{ab}±0.07	17.03^{abc}±0.65	5.01^{a}±0.24	855^{a}±28.99	55.08^{c}±1.09
872×871	78.07^{abcd}±2.24	38.36^{bc}±1.21	3.35^{ab}±0.05	16.10^{bc}±0.61	4.62^{ab}±0.22	788^{ab}±34.98	55.71^{c}±1.60
J×H	79.56^{abc}±1.28	40.56^{ab}±0.88	3.30^{ab}±0.08	15.37^{c}±0.46	4.55^{ab}±0.22	813^{ab}±26.20	54.90^{c}±2.07
H×J	83.22^{a}±1.77	40.50^{ab}±0.49	3.29^{ab}±0.06	17.30^{abc}±0.63	4.85^{a}±0.12	855^{a}±26.77	54.90^{c}±1.05
S×M	80.63^{abc}±1.58	40.80^{ab}±0.66	3.11^{b}±0.10	16.11^{bc}±0.78	4.75^{ab}±0.35	769^{ab}±43.38	55.29^{c}±2.51
M×S	77.78^{abcd}±2.42	39.83^{abc}±0.79	3.15^{b}±0.08	15.90^{c}±0.61	4.72^{ab}±0.28	816^{ab}±44.53	53.72^{c}±1.15
BB×QA	76.00^{bcd}±1.91	37.96^{bc}±0.84	3.36^{ab}±0.06	16.85^{abc}±0.38	4.11^{bc}±0.23	715^{bc}±35.30	55.58^{c}±0.96
QA×BB	79.14^{abc}±2.04	39.20^{abc}±0.59	3.30^{ab}±0.05	18.30^{ab}±0.70	4.49^{ab}±0.21	744^{bc}±25.79	58.50^{bc}±1.10
HB×JA	78.14^{abcd}±2.74	38.32^{bc}±1.26	3.24^{ab}±0.08	17.43^{abc}±0.65	4.28^{ab}±0.30	723^{bc}±44.51	54.60^{c}±1.96
JA×HB	79.59^{abc}±1.85	42.01^{a}±0.87	3.33^{ab}±0.09	16.47^{abc}±0.86	4.37^{ab}±0.29	733^{bc}±37.45	56.40^{bc}±1.02
103×104	72.23^{d}±3.27	37.18^{c}±1.36	3.11^{b}±0.07	16.38^{abc}±1.07	4.88^{a}±0.35	743^{bc}±33.37	63.69^{a}±2.66
153×154	79.64^{abc}±1.67	38.82^{bc}±0.92	3.26^{ab}±0.10	18.55^{a}±0.76	4.89^{a}±0.28	755^{ab}±43.19	61.05^{ab}±1.81
CVe	10.08	9.23	9.37	15.33	19.74	10.72	11.44

[a-d] Different superscripts in the same column represent a significant difference (P<0.05). CVe: Coefficient of variation for experimental error

ویژگی نخ ابریشم نسبت به تغییر شرایط محیط از سایر ویژگی‌های نخ بیشتر باشد. بررسی‌های دیگر نشان داد که دمای محیط بر تولید فیبروئین (Shams-Natery, 2005) و درصد قشر پیله (Chanda *et al.*, 2013) تأثیر زیادی دارد. صفات درصد ابریشم خام ۱ و ۲ را می‌توان ویژگی‌های وابسته به ژنتیک و محیط دانست که یکی از عوامل محیطی، عملکرد دستگاه نخ‌ریسی نیز محسوب می‌شود. بنابراین، ممکن است بین اندازه‌گیری‌های مختلف به وسیله دستگاه‌های متفاوت، عملکردها تغییر نماید. کمترین راندمان نخ‌دهی (درصد ابریشم خام) متعلق به هیبریدهای ۱۰۴×۱۰۳ و B×Q بود. این نشان می‌دهد که عوامل محیطی، نقش زیادی بر عملکرد این صفت دارند. نتایج حاصل از پژوهشی روی چهار هیبرید کرم ابریشم با والدین دو نسله و چند نسله نشان داد که میزان نخ‌دهی (بر حسب وزن پیله تر مورد نیاز برای تولید یک کیلو نخ ابریشم) در هیبریدهای مختلف کرم ابریشم متفاوت بود و در فصول مختلف نیز این شاخص تغییر کرد، اما ویژگی قطر نخ (بر حسب دنیر) از تنوع کمتری نه تنها در بین هیبریدها بلکه در فصول مختلف سال برخوردار بود (Chanda *et al.*, 2013).

مقایسه استحکام نخ در هیبریدهای مورد بررسی نشان داد که دو هیبرید M×S و S×M در هر دو صفت درصد کشیدگی و استحکام کششی، عملکرد ضعیفی دارند. دو هیبرید Q×B و B×Q که طی سال‌های اخیر به‌طور گسترده در استان گیلان توزیع شده‌اند و بر اساس گزارش‌های موجود، بهترین عملکرد در هر جعبه را داشته‌اند (Nematollahian *et al.*, 2016; Khordadi *et al.*, 2021)، از نظر استحکام نخ نیز ممتاز هستند. با توجه به استحکام زیاد نخ ابریشم دو هیبرید Q×B و B×Q در برابر ریز بودن و وزن حداقلی پیله و قشر پیله آن از یک سو و استحکام کم نخ در هیبرید ۱۰۴×۱۰۳ و وزن حداکثری پیله و قشر پیله آن از سوی دیگر، احتمال دارد رابطه معکوس یا همبستگی منفی بین استحکام نخ و وزن و اندازه پیله وجود داشته باشد که این موضوع لازم است طی آزمایشات دیگری در شرایط استاندارد و کنترل شده پرورشی مورد بررسی قرار گیرد.

در کرم ابریشم، هر دو نوع هیبرید مستقیم و معکوس به‌عنوان هیبرید تجاری عرضه می‌شوند. بنابراین، ضروری است در ارزیابی و مقایسه هیبریدها، عملکرد هر دو نوع هیبرید حاصل از آمیزش متقابل بررسی شود تا تأثیر پایه والد مادری بر عملکرد مشخص شود. در بررسی حاضر مشخص شد که برخی هیبریدها (جفت هیبریدها) علی‌رغم برخی شایستگی‌ها، تفاوت معنی‌داری در بین دو هیبرید مستقیم و معکوس دارند. این سبب انتفاع و سود نهایی ناهمسان برای دریافت‌کنندگان تخم نوغان می‌شود. به‌علاوه وزن نخ و طول نخ نیز در برخی هیبریدها، تفاوت معنی‌دار نشان داد ($P<۰/۰۱$)، بنابراین انتفاع ریسندگان نخ نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به‌طور کلی، این موضوع یکی از مباحث کلیدی در اصلاح نژاد کرم ابریشم است که تلاقی دوطرفه نباید منجر به تفاوت فاحش عملکرد شود، لیکن در این تحقیق مشخص شد که این اثر در عمل بیشتر از انتظار بوده و لازم است در انتخاب آتی هیبریدها جهت عرضه به نوغانداران مد نظر قرار گیرد.

نتایج نشان داد که هیبرید B×Q کمترین عملکرد وزن، قطر و طول نخ را دارا است. این هیبرید که به دلیل برتری در صفت ماندگاری مورد اقبال قرار گرفته است از نظر این سه صفت مهم، عملکرد نامطلوبی دارد. هیبرید معکوس یعنی Q×B، اگرچه از نظر وزن نخ نسبت به برخی هیبریدها برتری دارد، ولی از آنجایی که در مراکز فروش تخم نوغان، هیبرید مستقیم و معکوس با هم توزیع می‌شوند، عملکرد تلفیقی آنها مطلوب نیست. هیبریدهای Q×B و B×Q علی‌رغم تفاوت بسیار در هشت صفت از ۱۷ صفت مورد بررسی (جدول ۳) در یک گروه قرار گرفتند که نشان‌دهنده تشابه ژنتیکی بین این دو هیبرید نسبت به تفاوت بین گروه‌ها است، اما هیبریدهای H×J و J×H با دو ویژگی متفاوت (درصد کشیدگی و درصد تلفات شفیرگی) در دو گروه مجزا قرار گرفتند. این نشان می‌دهد که تمامی متغیرها در تجزیه خوشه‌ای در نظر گرفته می شوند و چون این دو هیبرید در سایر متغیرها، شباهت قابل توجهی نداشتند در یک گروه قرار نگرفتند.

جدول ۳- مقایسه بین دو هیبرید حاصل از آمیزش دو طرفه برای تمامی صفات پیله و نخ ابریشم

Table 3. Comparison between two hybrids obtained from reciprocal crosses for all cocoon and silk thread traits*

Hybrids	Cocoon shell percentage	Cocoon shell weight	Cocoon weight-3	Cocoon weight-2	Cocoon number / liter	Pupal mortality percentage	Good cocoons percentage	Cocoon weight - 1	Performance of each box	Raw silk-2	Raw silk-1	Tensile strength	Elongation percentage	Filament Weight	Filament length	Filament size
Q×B B×Q	0.254	**0.041**	0.053	**0.029**	**0.050**	0.305	**0.026**	0.054	0.063	**0.007**	**0.014**	0.882	0.463	**0.001**	**0.003**	0.462
J×H H×J	0.113	0.709	0.194	0.060	0.533	**0.027**	0.97	0.058	0.48	0.104	0.956	0.907	**0.020**	0.201	0.159	1
871×872 872×871	0.095	0.956	0.316	0.671	0.482	**0.030**	0.331	0.475	0.097	0.206	0.066	0.921	0.309	0.148	0.065	0.763
HB×JA JA×HB	0.397	0.755	0.398	0.521	0.208	0.163	0.973	0.745	0.742	0.676	**0.027**	0.452	1	0.491	0.596	0.448
S×M M×S	0.535	0.822	0.963	0.833	0.744	0.499	0.108	0.765	0.769	0.326	0.355	0.767	0.838	0.931	0.378	0.578
BB×QA QA×BB	0.699	0.445	0.421	0.281	0.821	0.614	0.797	0.403	0.157	0.272	0.228	0.395	0.083	0.185	0.521	0.056

* The items that showed a significant difference (P<0.05) are in bold.

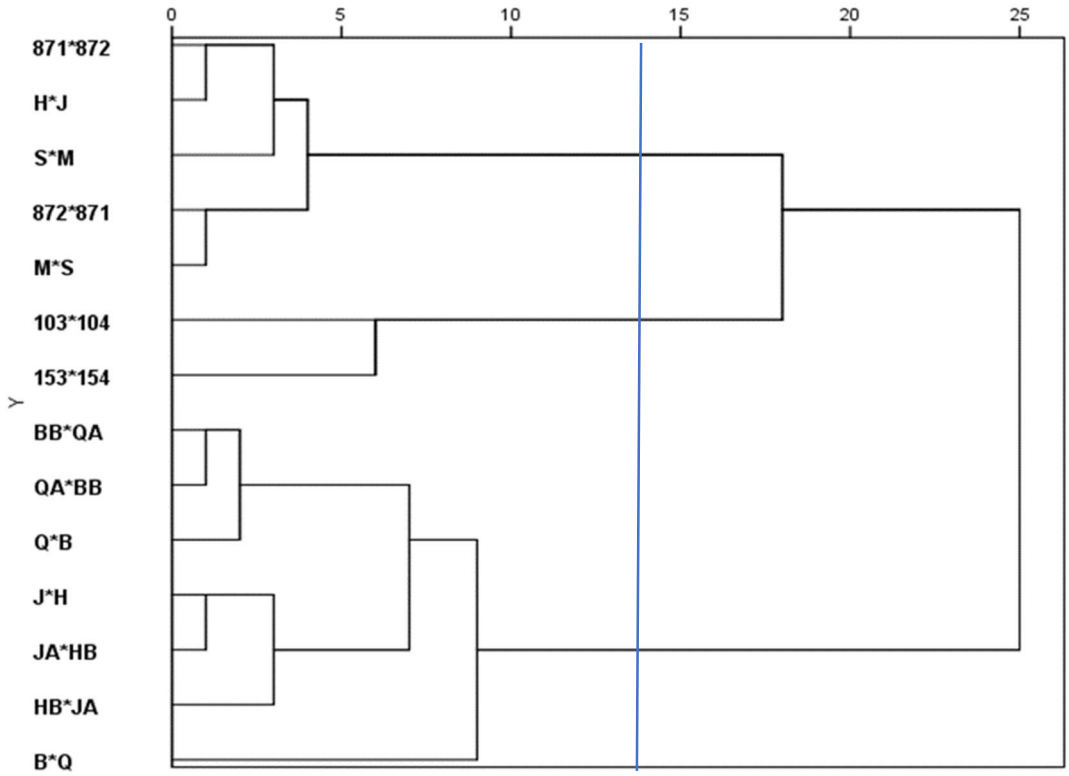

Fig. 1. Grouping of silkworm hybrids based on cluster analysis by WARD method

شکل ۱- گروه‌بندی هیبریدهای کرم ابریشم بر مبنای تجزیه خوشه‌ای به روش WARD

در تحقیقی، اثر آمیزش دوطرفه برای شش صفت مورد بررسی زمانی که والدین هر دو دو نسله باشند (C108 و NB4D2) بررسی و مشخص شد که معنی‌دار نیست، ولی زمانی که والدین هر دو چند نسله بودند (Nistari وPm)، تفاوت برای صفات درصد قشر پیله و قطر نخ معنی‌دار بود ($P<۰/۰۱$). همچنین، در این بررسی نشان داده شد که در تلاقی دو نسله و چند نسله، تفاوت‌های بین آمیزش‌های مستقیم و معکوس برای صفات بررسی شده بیشتر است (Talebi *et al.*, 2011). تجزیه ترکیب‌پذیری شش صفت کمّی در کرم ابریشم (Talebi and Kamjoo, 2013) نشان داد که اثر تلاقی متقابل برای صفات وزن پیله و وزن قشر پیله معنی‌دار است ($P<۰/۰۱$). این نتایج، اهمیت اثر پایه مادری بر عملکرد هیبریدهای کرم ابریشم را نشان می‌دهد. آثار متقابل در هیبریدهای F_1 سه نژاد کرم ابریشم بومی و یک نژاد تک نسله گرمسیری بررسی و مشخص شد که بیشترین طول نخ با ۶۰۳ متر در Barapat×PM، ۵۶۳ متر در Sarupat×Barapat و ۵۱۲ متر در Barapat×Sarupat بود (Singh *et al.*, 2014).

هیبرید ایرانی ۱۵۴×۱۵۳ از نظر تمام ویژگی‌های مهم نخ اعم از استحکام، وزن، قطر و طول نخ، ممتاز بود. به‌طور کلی، قطر نخ هیبریدهای ایرانی بیشتر از چینی است که این متناسب با نوع مصرف نخ ابریشم در ایران است. با توجه به اینکه نخ ابریشم در ایران صرف تولید فرش و قالیچه ابریشمی می‌شود، لذا لازم است پیله‌های تولیدی دارای قطر نخ بیشتر نسبت به زمانی باشند که هدف تولید پارچه‌های ابریشمی مرغوب است که نخ ظریف نیاز دارد. با توجه به نحوه محاسبه قطر نخ، این صفت مرتبط با وزن نخ است. بررسی قطر و وزن نخ هیبریدهای مختلف وارداتی و ایرانی نشان داد که هیبریدهای ایرانی، هم قطر و هم وزن نخ بیشتری داشتند. وزن نخ می‌تواند برای کارگاه‌ها و کارخانه‌های نخ‌ریسی و قطر نخ برای تجار نخ ابریشم و بافندگان حائز اهمیت باشد. قطر نخ بر اساس نتایج جدول ۱ تحت تأثیر ناحیه پرورش قرار گرفت و در ناحیه غرب

گیلان، عملکرد بالاتری داشت. این موضوع می‌تواند به دلایل متعددی از جمله تأثیر دما و رطوبت، کیفیت برگ توت و چگونگی پیله‌تنی ایجاد شود.

علی‌رغم اینکه تفاوت عملکرد یک جعبه کرم ابریشم در شرایط پرورش روستایی استان گیلان برای هیبریدهای داخلی و وارداتی بیش از سه کیلوگرم اختلاف نشان داد، ولی بیشترین عملکرد هیبریدها اعم از داخلی و وارداتی بیش از ۳۰ کیلوگرم پیله در هر جعبه نبود. البته بر اساس بروشور، عملکرد اسمی هیبریدهای وارداتی حدود ۴۵ کیلوگرم است که نتایج این تحقیق نشان‌دهنده عملکرد کمتر تمام هیبریدها در استان گیلان است. البته، نتایج حاصل از پژوهشی نشان داد که وزن پیله تولیدی به ازای یک جعبه برای هیبریدهای ایرانی و چینی به ترتیب ۳۵/۰۳ و ۳۶/۶۸ کیلوگرم بود که این رقم بر مبنای پرورش در شرایط آزمایشگاهی (پرورش ۲۰۰ لارو در سینی) حاصل شد (Nematollahian and Alipanah, 2022). به عبارتی، عملکرد یک جعبه تخم نوغان در شرایط پرورش روستایی (حدود ۲۵۰۰۰ تخم) در استان گیلان مقادیر کمتری نسبت به شرایط کنترل شده آزمایشگاهی دارد. در تحقیق مذکور، متوسط وزن پیله تولیدی به ازای یک جعبه برای هیبریدهای مختلف چینی (وارداتی) در منطقه تربت حیدریه، ۴۰/۵ کیلوگرم گزارش شد که این رقم نزدیک‌تر به اعداد بروشور است. بنابراین، مقادیر معرفی شده در بروشورهای خارجی بر اساس عملکرد در شرایط آزمایشگاهی (پرورش در سینی‌های کوچک آزمایشگاهی) محاسبه و اعلام می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

مقایسه کرم ابریشم وارداتی و داخلی نشان داد که پیله‌های داخلی، سنگین‌تر و بزرگ‌تر از وارداتی بوده، به‌علاوه وزن و قطر نخ نیز بیشتر است که این موارد نشان‌دهنده مرغوب بودن پیله‌های داخلی است، ولی شاخص‌های مهم عملکردی در پرورش کرم ابریشم شامل عملکرد یک جعبه و میزان نخ‌دهی پیله در استان گیلان در هیبریدهای وارداتی بیشتر از ایرانی است. بنابراین لازم است در برنامه‌های اصلاح نژادی داخلی تلاش شود این شاخص‌ها بهبود یابند. همچنین، ارزیابی کلی هیبریدهای وارداتی برای شاخص‌های مهم عملکردی و تفاوت‌های ناشی از اثر والد مادری نشان داد که هیبریدهای S×M و QA×BB (همراه با هیبرید معکوس آن‌ها) که در گروه‌بندی نیز در یک گروه واحد بودند (گروه دوم)، شایستگی عرضه بیشتر و جایگزینی با هیبریدهای Q×B و B×Q را دارا هستند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت کمیته پژوهش استان گیلان با شناسه ۱۶۷۸۱۲ -۱۶۱۲۹ و همکاری آزمایشگاه فیزیک الیاف گروه مهندسی نساجی دانشگاه گیلان انجام شد که بدین‌وسیله قدردانی می‌شود.

جدول ۴- گروه‌بندی هیبریدها همراه با متوسط تمام صفات بررسی شده در هر گروه

Table 4. Classification of hybrids and the mean of all studied characters in each group

Groups	Hybrids	Traits	Unit	Mean	Z-score
1	103×104	Performance of each box	kg	25.01	-1.385
	153*154	Cocoon weight - 1	g	1.47	0.943
		Good cocoons percentage	%	80.29	0.109
		Pupal mortality percentage	%	122.68	-0.703
		Cocoon number per liter	numeral	1.49	1.167
		Cocoon weight -2	g	1.51	1.281
		Individual cocoon weight	g	0.33	1.545
		Individual cocoon shell weight	g	22.01	1.478
		Cocoon shell percentage	%	7.32	0.024
		Cocoon length	mm	32.87	2.058
		Cocoon width	mm	17.14	-0.059
		Elongation percentage	%	17.46	0.640
		Tensile strengths	g/denier	3.18	-0.969
		Filament size	denier	62.37	2.121
		Filament length	m	761.47	-0.232
		Filament weight	g	4.89	0.928
		Raw silk percentage-1	%	38.00	-0.887
		Raw silk percentage-2	%	75.93	-0.940
2	871*872	Performance of each box	kg	29.22	0.806
	872*871	Cocoon weight - 1	g	1.45	0.674
	H*J	Good cocoons percentage	%	80.17	0.070
	M*S	Pupal mortality percentage	%	122.20	-0.760
	S*M	Cocoon number per liter	numeral	1.45	0.602
		Cocoon weight -2	g	1.45	0.546
		Individual cocoon weight	g	0.31	0.421
		Individual cocoon shell weight	g	21.05	0.138
		Cocoon shell percentage	%	7.94	0.241
		Cocoon length	mm	31.01	-0.087
		Cocoon width	mm	17.74	1.078
		Elongation percentage	%	16.49	-0.433
		Tensile strengths	g/denier	3.25	-0.363
		Filament size	denier	54.94	-0.546
		Filament length	m	841.26	0.969
		Filament weight	g	4.79	0.680
		Raw silk percentage-1	%	40.29	0.545
		Raw silk percentage-2	%	80.32	0.603
3	B*Q	Performance of each box	kg	27.32	-0.180
	BB*QA	Cocoon weight - 1	g	1.35	-0.751
	HB*JA	Good cocoons percentage	%	79.69	-0.082
	J*H	Pupal mortality percentage	%	134.97	0.744
	JA*HB	Cocoon number per liter	numeral	1.34	-0.763
	Q*B	Cocoon weight -2	g	1.35	-0.756
	QA*BB	Individual cocoon weight	g	0.28	-0.742
		Individual cocoon shell weight	g	20.57	-0.521
		Cocoon shell percentage	%	6.74	-0.179
		Cocoon length	mm	30.63	-0.526
		Cocoon width	mm	16.78	-0.753
		Elongation percentage	%	17.00	0.127
		Tensile strengths	g/denier	3.35	0.536
		Filament size	denier	55.86	-0.216
		Filament length	m	735.25	-0.626
		Filament weight	g	4.24	-0.751
		Raw silk percentage-1	%	39.20	-0.136
		Raw silk percentage-2	%	78.14	-0.162

جدول ۵- مقایسه صفات یا ویژگی های هیبریدهای کرم ابریشم وارداتی و داخلی در گیلان

Table 5. Comparison of traits or characteristics of imported and internal silkworm hybrids in Guilan

Trait/Character	Unit	Imported	Internal	Std. Error Difference	*P*-value
Performance of each silkworm box	kg	28.071	24.957	1.158	0.008
Cocoon weight – 1	g	1.391	1.469	0.042	**0.065**
Good cocoons percentage	%	79.847	80.556	2.125	**0.741**
Pupal mortality percentage	%	7.173	7.263	1.810	**0.960**
Cocoon number per liter	numeral	129.754	122.720	4.729	**0.138**
Cocoon weight -2	g	1.386	1.490	0.040	0.011
Individual cocoon weight	g	1.393	1.510	0.042	0.006
Individual cocoon shell weight	g	0.289	0.334	0.011	0.000
Cocoon shell percentage	%	20.732	22.069	0.337	0.000
Cocoon length	mm	30.784	32.887	0.302	0.000
Cocoon width	mm	17.154	17.153	0.2184	**0.998**
Elongation percentage	%	16.841	17.370	0.576	**0.359**
Tensile strengths	g/denier	3.315	3.182	0.068	0.050
Filament size	denier	55.512	62.424	1.347	0.000
Filament length	m	775.973	760.752	30.514	**0.618**
Filament weight	g	4.449	4.885	0.193	0.025
Raw silk percentage-1	%	39.531	37.969	0.828	**0.061**
Raw silk percentage-2	%	78.983	75.783	1.721	**0.064**

فهرست منابع

Altman, G. H., & Farrell, B. D. (2022). Sericulture as a sustainable agroindustry. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, *2*, 100011. doi: 10.1016/j.clcb.2022.100011

Bajwa, G. A., Nawab, Y., Umair, M., & Rizwan, Z. (2019). Techno-mechanical properties of cocoon, raw silk and filament of two mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.) strains. *Materials Science and Engineering Technology*, *50*, 1287-1294. doi: 10.1002/mawe.201800052

Chanda, S., Saha, L. M., Kumar, Das, N., Bikash Kar, N., & Bhusan Bindroo, B. (2013). Correlation among shell percent, cocoon yield and reeling parameters of multi x bi cocoon under different agro-climatic conditions of West Bengal, India. *International Journal of Industrial Entomology*, *26*, 74-80. doi: 10.7852/ijie.2013.26.2.74

Escap. (1993). Principles and techniques of silkworm breeding, United Nations, New York.

Hosseini Moghaddam, S. H. (2013). Principles of Silkworm Rearing. 2nd Edition. University of Guilan Press. [In Persian]

Khordadi, M. R., Hosseini Moghaddam, S. H., Sabouri, A., & Mahfoozi, K. (2021). Introducing superior silkworm hybrids for different geographical regions of Guilan province. *Animal production Research*, *10*, 25-38. doi: 10.22124/ar.2021.17506.1556 [In Persian]

Lee, Y. W. (1999). Silk reeling and testing manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Li, M. W., Yao, Q., Hou, C. X., Lin, C. Q., & Chen, K. P. (2001). Studies of some special characters in the silkworm (*Bombyx mori* L.) germplasm in China. *Sericologia*, *41*, 527-535.

Mirhoseini, S. Z., Nematollahian, S., Hosseini Moghaddam, S. H., Ghavi Hossein-Zadeh, N., Abdoli, R., & Kheirkhah, Y. (2022). Comparison of performance of hybrids obtained by crossbreeding of new lines of Iranian silkworm and identification of superior hybrids. *Animal production*, *24*, 1-11. doi: 10.22059/jap.2022.86895 [In Persian]

Nematollahian, S., Torfeh, A., Mavvajpour, M., Hosseini Moghadam, S. H., & Seidavi, A. (2016). Study of production potential of Iranian and non-Iranian different silkworm hybrids. *Journal of Animal Environment*, *8*, 85-94. [In Persian]

Nematollahian, S., & Alipanah, M. (2022). Some production traits performance of Iranian and Chinese silkworm hybrids in two regions of Iran. *Animal Production*, *24*, 139-149. doi: 10.22059/jap.2022.332425.623648 [In Persian]

Sajgotra, M., & Gupta, V. (2018). Evaluation of indigenous bivoltine silkworm (*Bombyx mori* L.) hybrids under sub-tropical conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *6*, 1714-1719.

Shams-Natery, A. (2005). Textile fibers properties (silk). Jahad Daneshgahi Publication, Amirkabir University of Technology. [In Persian]

Singh, R., Vemananda Reddy, G., Vijaya Kumari, K. M., Angadi, B. S., & Sivaprasad V. (2014). Reciprocal effect in hybrids between univoltine and multivoltine breeds of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Munis Entomology & Zoology*, *9*, 942-946.

Taha, R., Hassan, E., & Moustafa, M. (2017). Assessment of different imported hybrids of mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. in Egypt. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology*, *10*, 99-105. doi: 10.21608/eajb.2017.12097

Talebi, E., Khademi, M., Subramanya, G., & Mahesha, H. B. (2011). A study on straight and reciprocal crossing in F_1 hybrids using bivoltine and multivoltine silkworm, *Bombyx mori* L. (Lep., Bombycidae) races. *Journal of Entomological Research*, *3*, 43-50. [In Persian]

Talebi, E., & Kamjoo, B. (2013). A study on combining ability for six quantitative traits in the Silkworm, *Bombyx mori* L. *Journal of Animal Research*, *26*, 326-332. [In Persian]