

Híbridos y líneas endocriadas de gusanos de seda (Lepidoptera: *Bombyx mori* L.): resultados productivos preliminares

Hybrids and inbred lines of silkworm (Lepidoptera: *Bombyx mori* L.): preliminary
productive results

Basso, CP¹; Dobler, S¹; Lopez Zieher, X¹ y Bartoloni, N²

Cátedra de Producciones Animales Alternativas, Departamento de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información: Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, CABA, Argentina.

RESUMEN

En Argentina la sericultura es una actividad novedosa y es llevada a cabo por pequeños productores como actividad complementaria. La utilización del vigor híbrido en la producción de seda se emplea en la mayoría de los países desarrollados y la productividad y calidad dependen del híbrido involucrado. El objetivo del trabajo es evaluar, en forma preliminar, algunas características productivas de híbridos obtenidos a partir de líneas endocriadas en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Se utilizaron 4 líneas endocriadas y 6 cruzamientos entre ellas, criadas en condiciones de temperatura y humedad controladas. La alimentación se realizó 4 veces al día con hojas frescas de moreras. En una muestra de 20 individuos, se midieron 4 variables cuantitativas: *peso larval en el 5º estadio*, *peso del capullo entero*, *peso del capullo sin pupa* y *largo de capullos*. Se detectaron diferencias significativas entre las medias de los 10 genotipos para todas las variables analizadas. Los cruzamientos realizados han exhibido diferentes resultados según el cruzamiento y el carácter estudiado. El resultado general es que la productividad de los híbridos en estas pruebas preliminares muestra la superioridad de determinados cruzamientos sobre otros y sobre las líneas endocriadas.

Palabras clave: (Sericultura), (*Bombyx mori*), (híbridos), (productividad).

Correspondencia *e-mail*: Claudio Pedro Basso cbasso@agro.uba.ar

Recibido: 16-07-2014

Aceptado: 22-12-2014

SUMMARY

In Argentina sericulture is a new activity and is carried out by small producers as a complementary activity. The use of hybrid vigor in the silk production is used in several developed countries and the productivity and the quality depend on the hybrid involved. The objective of this work is to evaluate, in a preliminary way, some productive features of hybrids derived from inbred lines from the Faculty of Agronomy of the University of Buenos Aires. Were used four inbred and six crosses between them were bred in controlled conditions of temperature and humidity. Were fed four times a day with fresh mulberry leaves. In a 20 individuals sample four quantitative variables were measured: larval weight in the 5th stage, whole cocoon weight, cocoon without pupa weight and cocoon length. Significant differences between the means of the 10 genotypes for all the variables analyzed were detected. The crosses have shown different results depending on the crossing and the studied character. The overall result is that the hybrids productivity in these preliminary trials shows the superiority of some crosses over others and over the inbred lines.

Key words: (silkworm), (hybrids), (cocoon), (*Bombyx mori*).

INTRODUCCIÓN

El gusano de seda *Bombyx mori* es un insecto de la familia bombycidae, orden Lepidóptera, el orden más grande de la clase Insecta. Es holometábolo y presenta una metamorfosis completa desde huevo hasta la etapa de adulto. En Argentina la sericultura es una actividad novedosa y de desarrollo incipiente ya que fue desestimada hace décadas, luego de la segunda Guerra Mundial en la que el país exportaba hilo de seda para la confección de paracaídas. Es llevada a cabo por pequeños productores como actividad complementaria de otras. Es prácticamente inexistente la producción de huevos con calidad, productividad y sanidad garantizada y los pocos productores que se dedican a esta actividad multiplican sus propias progenies para la obtención de huevos para la siguiente generación, con los inconvenientes que esto genera¹, en particular por el aumento de la consaguinidad que determina la depresión en la productividad. La utilización del *vigor híbrido* en la producción del gusano de seda comenzó a principios del siglo pasado en la mayoría de los países desarrollados⁹. La productividad y calidad del hilo de seda está determinado por

el nivel de heterosis del híbrido involucrado¹⁰; así, los híbridos más productivos son aquellos con mayor peso de capullo y mayor contenido de seda. Los países que poseen programas de desarrollo de sericultura más avanzados, atribuyen los mayores niveles de productividad al uso de híbridos¹¹ con mayor producción de seda en cantidad y calidad.

Numerosos autores determinaron un alto nivel de heterosis en híbridos de gusanos de seda para la mayoría de los caracteres biológicos y productivos relacionados con la producción de seda, así como distinta aptitud combinatoria de las diferentes líneas utilizadas^{2-4,6,7,9,12,16,18-22,24,25}. Otros investigadores comprobaron mayores niveles de productividad con la utilización de híbridos en la producción comercial de seda^{2,4,5,7,12,16}. En Argentina²⁶, en cruzamientos preliminares, se encontró heterosis sobredominante para caracteres de importancia económica, como el peso del capullo entero, el de la corteza y el porcentaje de seda bruta, para la mayoría de los cruzamientos y heterosis dominante para el resto.

El objetivo del presente trabajo es evaluar, en forma preliminar, algunas características

productivas de híbridos obtenidos a partir de líneas endocriadas en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló entre octubre y diciembre de 2012. Se utilizaron 4 líneas endocriadas (FJ, FC, EC y RAY) y 6 cruzamientos entre ellas (σ^7 FC \times φ FJ; σ^7 FC \times φ RAY; σ^7 EC \times φ RAY y sus recíprocos, σ^7 FJ \times φ FC; σ^7 RAY \times φ FC; σ^7 RAY \times φ EC) criados en condiciones de temperatura y humedad controladas ($22,0 \pm 1,6$ °C y $72,7 \pm 9,3\%$, respectivamente); condiciones medias que se verifican en varias regiones de la Argentina y se corresponden con el rango óptimo para la época de cría requerido por este insecto. Las larvas fueron alojadas en cajas plásticas con fondo recubierto con papel absorbente. Se realizaron 3 repeticiones de cada línea y cruzamiento distribuidas al azar en estanterías en el galpón de cría de la FA-UBA. La alimentación se realizó 4 veces al día con hojas de moreras (*Morus alba* L.) frescas, cosechadas diariamente en los horarios mencionados, cuya composición química fue la siguiente: Materia seca, 25,25%; Nitrógeno Total: 3,65%; Proteína Cruda: 22,83%; Grasas: 2,86%; Carbohidratos Solubles: 7,19%. Sobre una muestra de 20 capullos para cada línea y cruzamiento se midieron 4 variables cuantitativas: peso larval en el 5º estadio (PL), el peso del capullo entero (CE), del capullo sin pupa (C) y el largo de los capullos (L). También se determinó el peso de 20.000 capullos frescos, que se corresponde a la producción de un telaino (unidad de comercialización que contiene 20.000 huevos) (PE).

Los datos fueron analizados por ANOVA¹⁵ con los genotipos (líneas endocriadas e híbridos) como el efecto principal. Se planificó una serie de contrastes ortogonales con el fin de estimar el efecto de heterosis entre las líneas endocriadas. Se realizó una prueba de hipótesis $C_i = 0$ para cada uno de los contrastes planificados conjuntamente con sus respectivos intervalos de confianza del 95%. Se estimaron los grados de dominancia (GD) para cada cruzamiento

expresados como

$$GD = \frac{\overline{F_1} - \frac{\overline{P_1} + \overline{P_2}}{2}}{\overline{P_1} - \frac{\overline{P_1} + \overline{P_2}}{2}}$$

donde $\overline{P_1}$ es la media del progenitor de mayor valor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos analizados por ANOVA¹⁵ con los genotipos (líneas endocriadas e híbridos) como el efecto principal se muestran en el gráfico 1. Los contrastes ortogonales que estiman el efecto de heterosis entre las líneas endocriadas se muestran en la tabla 1. En la tabla 2 se presentan los resultados de las pruebas de hipótesis $C_i = 0$ para cada uno de los contrastes planificados conjuntamente con sus respectivos intervalos de confianza del 95%. En el gráfico 2 se presentan los grados de dominancia (GD) para cada cruzamiento.

El Análisis de Variancia, detectó diferencias estadísticas muy significativas ($p < 0.00001$) entre las medias de los 10 genotipos para todas las variables analizadas.

Para el *peso de las larvas*, se rechazaron las hipótesis nulas con un nivel de significación del 1% para los contrastes C_1 , C_2 , C_3 y C_4 , y del 5% para C_6 . Esto significa que para los cruzamientos σ^7 FJ \times φ FC, σ^7 FC \times φ FJ, σ^7 RAY \times φ FC y σ^7 FC \times φ RAY, las medias de los respectivos híbridos se diferencian significativamente del promedio de las medias de sus respectivos padres, al 1% de significación estadística, mientras que la correspondiente al cruzamiento σ^7 EC \times φ RAY, fue al 5% de significación. Según el resultado del contraste C_5 , el híbrido σ^7 RAY \times φ EC no se diferencia en promedio de la media de sus padres, para este carácter.

Para el *peso del capullo entero*, resultaron estadísticamente significativos (al 1%) los contrastes C_1 (entre σ^7 FJ \times φ FC y sus padres), C_2 (entre σ^7 FC \times φ FJ y sus padres), C_4 (entre σ^7 FC \times φ RAY y sus padres) y C_6 (entre σ^7 EC \times φ RAY y sus padres). Los contrastes C_3 (entre σ^7 RAY \times φ FC y sus padres) y C_5 (entre

♂RAY × ♀EC y sus padres), no resultaron estadísticamente significativos.

Para el *peso del capullo sin pupa*, resultaron estadísticamente significativos (al 1%) los contrastes C₁ (entre ♂FJ × ♀FC y sus padres), C₂ (entre ♂FC × ♀FJ y sus padres), C₃ (entre ♂RAY × ♀FC y sus padres) y C₄ (entre ♂FC × ♀RAY y sus padres). Los dos restantes, no resultaron estadísticamente significativos.

Finalmente, para el *largo de capullo*, solo resultaron significativos (al 1%) los contrastes C₄ y C₆.

En el gráfico 2, puede observarse que, para algunos cruzamientos, la heterosis expresó una muy fuerte sobredominancia (♂RAY × ♀FC y ♂FC × ♀RAY, para peso larval, y ♂FC × ♀RAY para peso del capullo entero).

En cuanto a los híbridos y la habilidad

combinatoria de las líneas, los resultados concuerdan con los trabajos de otros autores^{3,5,6, 8,9,14,17-25}, que informan que en general se verifica una superioridad de los híbridos sobre las líneas puras que los originan, para las variables cuantitativas estudiadas y que existen diferencias de aptitud combinatoria para las distintas líneas empleadas. Asimismo, los híbridos obtenidos en la presente evaluación presentan para las variables analizadas valores menores o similares que los informados por los autores citados.

En el gráfico 3 se muestran los rendimientos expresados como peso de 20.000 capullos frescos, obtenidos de la cría de una “caja” de 20.000 huevos, denominada “telaino”; para el caso de los híbridos, los rendimientos fueron similares a los citados por algunos investigadores⁵, pero inferiores a los mencionados por otros^{8,14,23}.

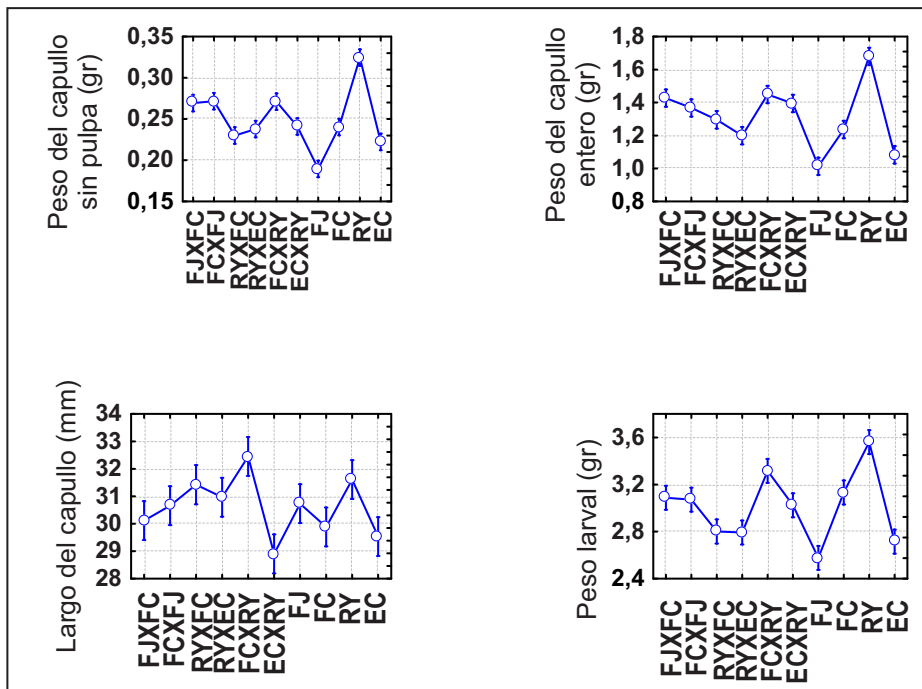


Gráfico 1. Promedios correspondientes a cada uno de los genotipos

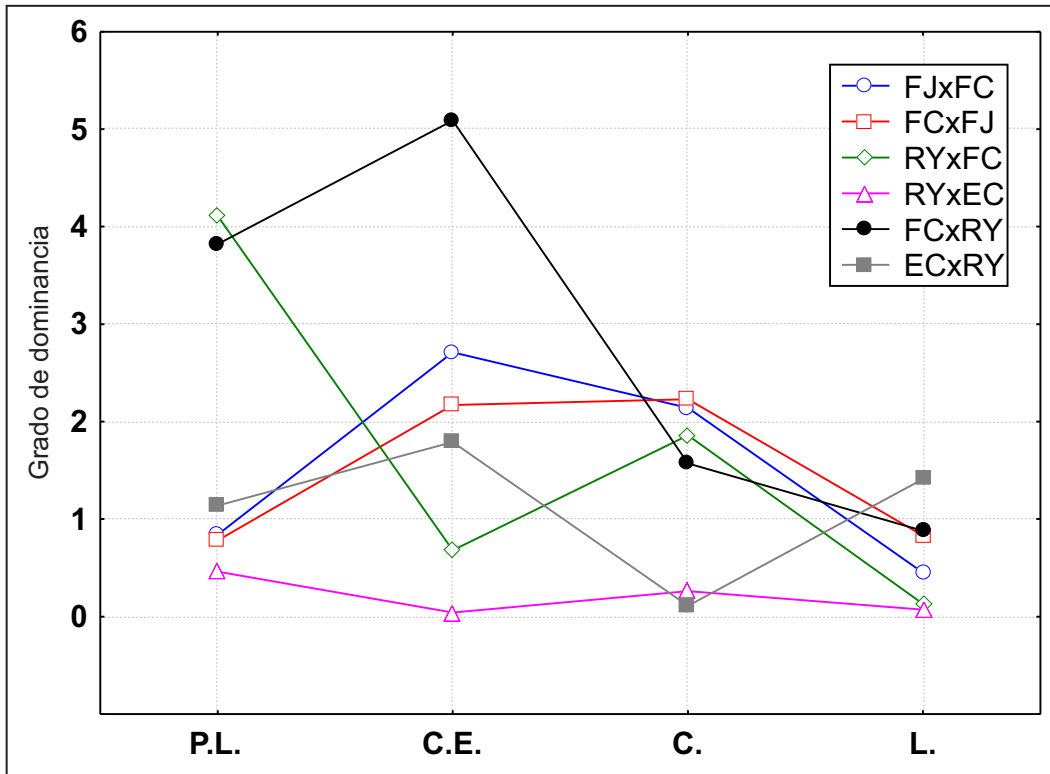


Gráfico 2. Grado de dominancia expresado por los 6 cruzamientos.



Gráfico 3. Rendimientos expresados como peso de 20.000 capullos frescos (en kg)

Tabla 1. Coeficientes de los contrastes ortogonales (C_i) planificados con el fin de estimar los posibles efectos de heterosis entre las líneas endocriadas.

GENOTIPO	N	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
FJXFC	60	+ 2	0	0	0	0	0
FCXFJ	60	0	+ 2	0	0	0	0
RYXFC	59	0	0	+ 2	0	0	0
RYXEC	60	0	0	0	0	+ 2	0
FCXRY	60	0	0	0	+ 2	0	0
ECXRY	60	0	0	0	0	0	+ 2
FJ	60	-1	-1	0	0	0	0
FC	60	-1	-1	-1	-1	0	0
RY	60	0	0	-1	-1	-1	-1
EC	60	0	0	0	0	-1	-1

Tabla 2. Estimaciones de los valores de cada uno de los 6 contrastes planificados (C_i), resultados de las pruebas de hipótesis $C_i = 0$, valores p de las mismas y límites de los intervalos de confianza del 95% para cada uno de ellos.

		Estimación	E. S.	t	Valor p	LI IC ₉₅	LS IC ₉₅
Peso larval	C_1	+ 0,4663	0,1483	+ 3,1438	0,0017	+ 0,1750	+ 0,7576
	C_2	+ 0,4333	0,1483	+ 2,9213	0,0036	+ 0,1420	+ 0,7246
	C_3	- 0,5329	0,1491	- 3,5728	0,0003	- 0,8259	- 0,2399
	C_4	+ 0,4953	0,1483	+ 3,3393	0,0008	+ 0,2040	+ 0,7866
	C_5	- 0,1331	0,1483	- 0,8977	0,3696	- 0,4244	+ 0,1581
	C_6	+ 0,3288	0,1483	+ 2,2168	0,0270	+ 0,0375	+ 0,6201
Peso del Capullo entero	C_1	+ 0,6036	0,0657	+ 9,1761	0,0001	+ 0,4744	+ 0,7328
	C_2	+ 0,4846	0,0657	+ 7,3672	0,0001	+ 0,3554	+ 0,6138
	C_3	+ 0,0476	0,0661	+ 0,7206	0,4714	- 0,0822	+ 0,1776
	C_4	+ 0,3551	0,0657	+ 5,3987	0,0001	+ 0,2259	+ 0,4843
	C_5	+ 0,0090	0,0657	+ 0,1368	0,8912	- 0,1202	+ 0,1382
	C_6	+ 0,3993	0,0657	+ 6,0701	0,0000	+ 0,2701	+ 0,5285
Peso del capullo sin pupa	C_1	+ 0,1088	0,0129	+ 8,4120	0,0001	+ 0,0834	+ 0,1342
	C_2	+ 0,1135	0,0129	+ 8,7734	0,0001	+ 0,0880	+ 0,1389
	C_3	- 0,0446	0,0130	- 3,4333	0,0006	- 0,0702	- 0,0191
	C_4	+ 0,0376	0,0129	+ 2,9115	0,0037	+ 0,0122	+ 0,0630
	C_5	- 0,0108	0,0129	- 0,8374	0,4027	- 0,0362	+ 0,0145
	C_6	- 0,0045	0,0129	- 0,3478	0,7280	- 0,0299	+ 0,0209
Largo del capullo	C_1	- 0,3817	0,8905	- 0,4285	0,6683	- 2,1307	+ 1,3673
	C_2	+ 0,7016	0,8905	+ 0,7879	0,4310	- 1,0473	+ 2,4507
	C_3	+ 0,3441	0,8955	+ 0,3842	0,7009	- 1,4147	+ 2,1030
	C_4	+ 2,3966	0,8905	+ 2,6912	0,0073	+ 0,6476	+ 4,1457
	C_5	- 0,2216	0,8905	- 0,2489	0,8035	- 1,9707	+ 1,5273
	C_6	- 4,3483	0,8905	- 4,8827	0,0001	- 6,0973	- 2,5993

CONCLUSIONES

Los cruzamientos realizados con las líneas empleadas han exhibido diferentes resultados según el cruzamiento y el carácter estudiado. El resultado general es que la productividad, expresada como peso de capullos enteros, de la corteza y del porcentaje de seda bruta, de los híbridos en estas pruebas preliminares muestra la superioridad de determinados cruzamientos sobre otros y sobre las líneas endocriadas; si bien los niveles logrados son similares a aquellos que se obtienen en algunos países, resultaron inferiores a los logrados en otros países de sericultura avanzada. Esto demuestra la necesidad de continuar trabajando en programas de selección de diferentes líneas a través de su aptitud combinatoria para la obtención de híbridos con mayor potencial productivo, posibles de criar a nivel comercial en Argentina.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acerbi, M., G. Mozeris, C. y Vieites, C. M. 2005. Análisis FODA del sistema sericícola argentino. *Revista Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires* 25:31-39.
2. Begum A, Basavaraja H, Dandin S, Joge P and Palit A. (2008). Multiple traits evaluation and selection of promising polyvoltine × bivoltine hybrids of silkworm (*Bombyx mori* L.). *Uttar Pradesh Journal of Zoology* 28(3): 269-280
3. Bhargava, S.K; Thiagarajan, V; Data, R.K. 1993. Hybrid vigour in the silkworm, *Bombix mori* (L). *Giornale Italiano di Entomologia* 6(35):449-453.
4. Choudary N and Singh R. (2006). Heterosis in relation to combining ability in hybrids between multivoltine and bivoltine breeds of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Uttar Pradesh Journal of Zoology* 26(1): 23-28
5. Dayananda and Rao, P. 2009. In-house evaluation of nex bivoltine hybrids of silkworm, *Bombix mori* L. Under large scale testing. *Uttar Pradesh Journal of Zoology* 29(1):51-56
6. Grekov D. (2003). A study on the principles of inheritance of productive traits in reciprocal solkworm hybrids (*Bombyx mori* L.) with participation of lines. *Zhivotnovdni Nauki* 40(5): 110-113.
7. Kariappa, B.K and Rajan, R.K. 2004. Development of multivoltine silkworm breeds/hybrids in India for commercial exploitation. *Indian Journal of Sericulture* 25(3):261-264.
8. Krause, H.B and Garcia, C.J. 1992. Cría comparativa de dos híbridos de gusano de seda. *CENICAFE, Chinchiná, Colombia*. 17 pp.
9. Kumar N, Basavaraja H, Joge P, Kalpana G and Reddy N. (2008). Heterosis studies on hybrids on cocoon sex-limitd breed of the silkworm, *Bombyx mori* L. under different environments of temperature. *Journal of Entomological Research Society* 10(1): 1-12
10. Kumar N; Basavaraja H; Gowda, B.; Joge P; Kalpana, G.V; Reddy N. And Kiarappa, B.K. 2004. Effect of high temperature and high humidity on the post cocoon parameters of parents, foundation crosses, single and double hybrids of bivoltine silkworm, *Bombix mori* L. *Indian Journal of Sericulture* 42(2):162-168
11. Malik, G.N.; Rufaie, S.Z; Baqual, M.F; Kamili, A; Dar, H.U. 2006. Comparative performance of some bivoltine silkworm (*Bombix mori* L.) hybrids. *Entomol.* 31(1):61-64.
12. Malik, M.A.; Shaheen, A. Sofi, A.M.; Malik, G.N.; Sabhat, A. Malik, F.A. 2010. Evaluation and identification of region/season specific bivoltine hybrids of the silkworm, *Bombix mori* L. Suitable for Kashmir climatic conditions. *Journal of Experimental Zoology India.* 13(1):171-176
13. Malik, M.A.; Shaheen, A. Sofi, A.M.; Malik, G.N.; Sabhat, A. Malik, F.A. 2010. Evaluation and identification of region/season specific bivoltine hybrids of the silkworm, *Bombix mori* L. Suitable for Kashmir climatic conditions. *Journal of Experimental Zoology India.* 13(1):171-176
14. Martos Tupes, A. 2010. Evaluación morfológica, biológica y rendimiento en capullo y fibra de seda de líneas e híbridos F1 de gusano de seda, *Bombix mori* L. *Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Trujillo, Perú.* 109 pp.

15. Montgomery, DC. (2004). *Design and analysis of experiments. 6th ed. Wiley: NY*
16. Nirupama R, Singh R and Kamble C. (2008). Identification of silkworm breeds and hybrids through evaluation indices and cocoon size variability. *Indian Journal of Sericulture* 47(2): 183-187
17. Petkov N and Petkov Z. 2006a. Study of heterosis and its components at silkworm (*Bombix mori* L.) Hybrids with participation of genetically sex-marked at larva stage lines. II Silkworm pupation rate and productivity of fresh cocoon. *Zhivotnovdni Nauki* 43(6):41-45
18. Petkov N and Petkov Z. 2006b. Study of heterosis and its components at silkworm (*Bombix mori* L.) Hybrids with participation of genetically sex-marked at larva stage lines. I Cocoon weight and shell ratio characters. *Zhivotnovdni Nauki* 43(6):36-41
19. Petkov N, Petkov Z, Nacheva Y, Vasilieva Y, Matei A, Tanase D and Dinita G. (2005). Productive characters inheritance and transgressions in *Bombyx mori* L. hybrids of genetically sex-limited lines. *Genetics and Breeding* 34(3-4): 59-62
20. Petkov N, Petkov Z, Natcheva Y, Grekov D and Arnaudova K. (2004a). An analysis of heterosis and vigour and its components in silkworm (*Bombyx mori* L.) hybrids, created from sex-limited lines. I. Technological characters of cocoon. *Genetics and Breeding* 33(1-2): 37-43
21. Petkov N, Petkov Z, Natcheva Y, Grekov D and Arnaudova K. (2004b). An analysis of heterosis and vigour and its components in silkworm (*Bombyx mori* L.) hybrids, created from sex-limited lines. II. Technological characters of filament. *Genetics and Breeding* 33(1-2): 45-50
22. Petkov N, Petkov Z, Natcheva Y, Grekov D and Arnaudova K. (2004c). An analysis of heterosis and vigour and its components in silkworm (*Bombyx mori* L.) hybrids, created from sex-limited lines. IV. Productivity of cocoons and raw silk. *Genetics and Breeding* 33(1-2): 49-53
23. Rajashekhargouda, R.; Gopalan, M; Jayaraj, S. and Natarajan, N. 1997. Feat of pure breeds and single cross hybrids of *Bombyx mori* L. *Entomon.* 22(3-4):223-227.
24. Seshagiri S, Ramesh C and Rao C. (2009). Genetic manifestation of hybrid vigor in cross breeds of mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. *International Journal of Zoological Research* 5(4): 150-160
25. Tsenov, P.; Vasileva, J; Pantaleeva, D. 2010. Silk shell fibroin content heterosis expression in Bulgarian F-silkworm *Bombyx mori* L. Hybrids. *Indian Journal of Sericulture* 49(2):110-114
26. Basso, C.P. y Bartoloni, N. 2013. *Comunicación personal.*