

Katedra Biologicznych Podstaw Produkcji Zwierzęcej Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt
Akademii Rolniczej w Lublinie

JERZY PALEOLOG

*Badania nad czynnikami wpływającymi na wyniki uzyskane
podczas terenowej oceny różnych matek pszczelich*

Studies of the Factors Influencing Results of the Productivity Field Test in Different
Honey Bee Queens

Celem prowadzonej w Polsce Terenowej Oceny Matek Pszczelich jest porównanie materiału wprowadzanego do hodowli przez pasieki zarodowe z pszczołami utrzymywanymi w terenie w różnych warunkach. W Polsce wyniki takiej oceny, pomimo podzielonych zdań na temat jej skuteczności, nie były dotąd przedmiotem badań naukowych. Dlatego postanowiono dokonać statystycznej analizy wyników oceny terenowej, porównując matki zarodowe z kontrolnymi i zwracając jednocześnie uwagę na wpływ sezonu. W pszczelnictwie, jak w żadnej innej gałęzi hodowli, znaczny wpływ mają zmienne czynniki środowiska (8). Dlatego opierając się na matkach czystorasowych i dwustronnych mieszańcach postanowiono zbadać interakcje genetyczno-środowiskowe przy zwróceniu uwagi na agresywność i oporność (3, 5) genotypów.

MATERIAŁ I METODY

Materiały pochodziły z oryginalnych arkuszy oceny 1075 matek pszczelich (1) testowanych na terenie kilku województw podczas trzech kolejnych sezonów (S1, S2, S3). W każdej pasiece oceniającej utrzymywano grupę testową, czyli 8-10 matek będących córkami testowanej matki zarodowej (ZAR) i grupę kontrolną (KON), czyli 8-10 matek miejscowych utrzymywanych jako fto, na którym sprawdza się pszczoły zarodowe. Materiał zarodowy pochodził z jednego źródła – SHIUZ-Żelków. Pod uwagę wzięto trzy cechy subiektywnie oceniane przez pszczelarzy w czteropunktowej skali: rojliwość (ROJ), agresywność (AGR), zimotrwałość (ZIM) oraz cechy dające się

zmierzyć: miodność (MID), pierwszy i drugi pomiar czerwiu (Cz.I, Cz.II), pierwszy i drugi pomiar pszczoł (PI, PII), przyrost czerwiu mierzony jako Cz.II - Cz.I (GCz), przyrost pszczoł mierzony jako PII - PI (GP). Pierwszego pomiaru pszczoł i czerwiu dokonywano w pełni kwitnienia jabłoni, a drugiego 21 dni później. Te same dane testowano wieloma różnymi modelami ANOVA, co daje możliwość szerszej interpretacji, wychycenia czynników wchodzących w skład komponentu „błąd” oraz relatywnie zwiększa liczebność podgrup.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Na początku przeprowadzono ANOVA dla trzech modeli; 1) $x_{ijk} = x + GRU_i + e_{ijk}$ 2) $x_{jk} = x + SEZ_j + e_{jk}$ 3) $x_{ijk} = x + GRU_i + SEZ_j + GRU(SEZ)_{i(j)} + e_{ijk}$. Modele 1,2 (tab. 1) miały na celu zbadanie wpływu grupy (GRU_i oznacza wpływ i-tej grupy) i sezonu (SEZ_j oznacza wpływ j-tego sezonu) niezależnie od siebie. W tym przypadku

Tab. 1. Średnie wartości badanych cech u matek zarodowych i kontrolnych (ZAR i KON) oraz w kolejnych sezonach badawczych (S1, S2, S3) wraz z istotnością poszczególnych porównań; modele 1 i 2
Mean values for examined traits for breeding and control queens (ZAR and KON) and also for the following experimental seasons (S1, S2, S3) including the significance of comparisons; models 1 and 2

Cecha	ZAR	KON	S1	S2	S3	Poziom istotności dla porównań			
						ZAR-KON	S1-S2	S2-S3	S3-S1
ROJ	3,43	3,18	3,28	3,46	3,15	xx	xx	x	xx
AGR	3,25	2,98	3,11	3,00	3,18	xx	xx		xx
ZIM	3,56	3,48	3,43	3,50	3,60			x	x
Cz.I	5,60	6,10	5,22	5,99	6,19	xx	xx	xx	
Cz.II	8,14	8,59	7,16	8,22	9,45	x	xx	xx	xx
PI	8,70	9,54	8,47	9,47	9,27	xx	xx	xx	x
PII	13,07	14,00	11,73	13,63	14,85	xx	xx	xx	xx
MID	26,64	28,56	26,41	25,55	30,73	x		x	xx
GC	2,53	2,50	1,94	2,23	3,36			xx	xx
GP	4,37	4,46	3,26	4,16	5,58		x	xx	xx

(xx) – Istotne dla $P < 0,01$. (x) – Istotne dla $P < 0,05$. Rojliwość: ROJ, agresywność: AGR, zimotrwałość: ZIM, miodność: MID, pierwszy i drugi pomiar czerwiu: Cz.I, Cz.II, pierwszy i drugi pomiar pszczoł: PI, PII, przyrost czerwiu i pszczoł: GC, GP.

wpływ wszystkich innych czynników wchodzi w komponent błędu (e_{jk} , e_{ijk} odpowiednio w modelach 1, 2), a wszystkie dane (duża liczebność podklas) są analizowane raz pod względem efektu grupy, a raz sezonu. Porównanie z modelem 3 (tab. 2, 3), gdzie badano wpływ czynników sezon i grupa razem podczas jednej analizy oraz dodatkowo efekt GRU wewnątrz każdego SEZ osobno (oznaczenie $GRU(SEZ)_{i(j)}$), mówi o wpływie grupy, ale mierzonym niezależnie w każdym z kolejnych sezonów), miało dać obraz wzajemnych powiązań (interakcji) SEZ i

Tab. 2. Porównanie badanych cech u matek zarodowych i kontrolnych (ZAR, KON) osobno wewnątrz każdego sezonu (S1, S2, S3); model 3

Comparison of the examined traits in breeding and control queens (ZAR, KON) separately within each season (S1, S2, S3); model 3

Cecha	ZAR	S1 KON	Istotność	ZAR	S2 KON	Istotność	ZAR	S3 KON	Istotność
ROJ	3,32	2,89	xx	3,16	2,85	x	3,29	3,07	xx
AGR	3,46	3,09	xx	3,47	3,44		3,35	2,95	xx
ZIM	3,48	3,37		3,54	3,47	x	3,63	3,57	
Cz.I	4,95	5,52	xx	5,60	6,35	xx	6,16	6,22	
Cz.II	7,10	7,23		7,89	8,53	xx	9,26	9,63	
PI	7,94	9,06	xx	8,89	10,01	xx	9,13	9,31	
PII	11,30	12,21		13,26	13,99		14,34	15,34	
MID	24,97	28,01	x	25,46	25,64		29,27	32,16	
GC	2,15	1,71		2,29	2,18		3,10	3,42	
GP	3,36	3,15		4,37	3,98		5,20	5,95	

(x) – Istotne dla $P < 0,05$. (xx) – Istotne dla $P < 0,01$. ROJ, AGR, ZIM, MID, Cz.I, Cz.II, PI, PII, GC, GP: patrz tab. 1.

GRU. Taki układ zastosowanych modeli pozwala pośrednio wnioskować o interakcjach, pomimo że mamy do czynienia z klasyfikacją hierarchiczną, a nie krzyżową.

Okazało się, że matki ZAR charakteryzowała mniejsza ROJ i AGR, a nieco większa ZIM niż matki KON, a zatem pod względem tych cech, niezależnie od wpływu sezonu, matki z pasieki zarodowej były lepsze. Dla AGR i ROJ różnice były statystycznie istotne. Cechy te (8) należą do wysoko odziedziczalnych, były oceniane subiektywnie w skali punktowej, często są selekcionowane przez eliminowanie minus wariantów, co przypomina metodę niezależnych poziomów brakowania. Ponadto cechy, które u pszczoł ZAR były zawsze lepsze, należą do cech, w których doskonaleniu ważną rolę odgrywa komponent ojcowski (9). Z kolei MID, Cz.I, Cz.II, PI, PII należą do cech kompleksowych, mierzalnych, niżej odziedziczalnych i bardziej zależnych od strony matecznej (8, 9), a kryteria ich selekcji nie były tak jednoznaczne. Pod względem tych właśnie cech lepsze okazały się pszczoły KON. Możliwe, że różnice w architekturze genetycznej, sposobie oceny i selekcji tych dwu grup cech spowodowały różnice w ich poziomie u ZAR i KON. Interesujące, że choć rodziny KON były od początku silniejsze (większe Cz.I i PI), to dynamika ich rozwoju (GC i GP) była podobna, a nawet nieco mniejsza niż ZAR. Tak więc przyrost biomasy nie korelował w sposób prosty z siłą rodzin.

Porównanie modeli 1, 2 z modelem 3 (tab. 3) wskazuje, że dla wszystkich cech wpływ SEZ nie był maskowany przez wpływ GRU, ale dla niektórych cech wpływ GRU był zaciemniany przez wpływ SEZ. Zatem wpływ SEZ był większy niż GRU, co było nieco mniej widoczne dla AGR, ROJ, GP i GC. SEZ był nieistotny dla

Tab. 3. Statystyczna istotność efektów grupy matek (GRU), sezonu (SEZ) i grupy wewnątrz sezonu ((GRU(SEZ))); porównanie wyników uzyskanych w modelach 1, 2, 3
 Statistical significance of effects of the group of queens (GRU), the season (SEZ) and a group within a season ((GRU(SEZ))); Comparison of the results from models 1, 2, 3

Cecha	Model 3			Model 1	Model 2
	GRU	SEZ	GRU(SEZ)	GRU	SEZ
ROJ	0,000	0,000	0,022	0,000	0,000
AGR	0,000	0,000	0,092	0,000	0,000
ZIM	0,067	0,006	0,868	0,776	0,006
Cz.I	0,001	0,000	0,095	0,000	0,000
Cz.II	0,023	0,000	0,514	0,017	0,000
PI	0,000	0,001	0,193	0,000	0,002
PII	0,006	0,000	0,931	0,004	0,000
MID	0,033	0,000	0,324	0,035	0,000
GC	0,744	0,000	0,106	0,826	0,000
GP	0,799	0,000	0,073	0,692	0,000

ROJ, AGR, ZIM, MID, Cz.I, Cz.II, PI, PII, GC, GP: patrz tab. 1.

ZIM, jedynej cechy, dla której wpływ GRU był większy. Najlepszy okazał się sezon S3. Porównanie przedstawione w tab. 3 nie wskazuje na istnienie większych interakcji SEZ x GRU dla ZIM, ROJ, AGR. Przy zastosowaniu obecnej oceny punktowej można chyba w przypadku tych cech zrezygnować z tła grup kontrolnych. Można dopatrzeć się natomiast niezbyt wielkich interakcji SEZ x GRU dla pozostałych cech, czyli relatywna wartość materiału ZAR mogła zmieniać się w każdym z sezonów. Bezpośrednie oddziaływanie SEZ i GRU było jednak silniejsze niż ich interakcji. Nieco konfundujące jest, że MID, Cz.I, Cz.II, PI, PII w ciągu trzech kolejnych sezonów, mimo wpływów SEZ, były zawsze gorsze. Zjawisko to wykracza poza granice efektów losowych. Przyczyn należałoby upatrywać w prowadzeniu i doborze KON, które w obecnym układzie nie muszą być najlepszym tłem dla ZAR. Pszczoły tych grup bywają lepiej zaadaptowane i często w większym stopniu heterozygotyczne niż ZAR, co może podwyższać wartość właśnie cech związanych z przystosowalnością (6). Znalezienie innych punktów odniesienia mogłoby zwiększyć wiarygodność oceny terenowej.

Przebadano także, jaki był wpływ SEZ i GRU na zmienność badanych cech. Nieco większą zmienność dla większości cech wykazano dla KON, ale zależności te kształtowały się odmiennie w każdym sezonie i dla każdej cechy. Aby porównać zmienność tak wielu różnych cech wyrażanych w różnych skalach, wartość każdej z nich wyrażono w punktach i zważono wskaźnikiem wagi. Sumę punktów wszystkich cech dla każdej ocenianej matki określono mianem indeksu (WSK). W każdym z sezonów (tab. 4) zmienność cechy WSK była nieznacznie niższa w ZAR

niż w KON, co nie znalazło jednak potwierdzenia statystycznego (*homogeneity test*), ale może sugerować większą jednolitość ZAR. Natomiast zmienności w S1, S2, S3 różniły się znacznie i istotnie pomiędzy sobą. Jeśli idzie o wpływ czynników SEZ i GRU na wielkość WSK, to tylko SEZ okazał się wysokoistotny we wszystkich zastosowanych modelach 1, 2, 3. Przy okazji nasuwa się spostrzeżenie, że w ocenie

Tab. 4. Odchylenia standardowe (SD) i współczynniki zmienności (W%) dla indeksu (WSK) u matek zarodowych i kontrolnych (ZAR, KON) w kolejnych sezonach (S1, S2, S3)

Standard deviations (SD) and coefficients of variability (W%) for the index (WSK) in breeding and control queens (ZAR, KON) in the following seasons (S1, S2, S3)

Sezon	S1		S2		S3	
Grupa	ZAR	KON	ZAR	KON	ZAR	KON
SD	5,06	5,47	6,42	6,59	6,59	6,88
W%	19%	22%	22%	24%	21%	22%

terenowej ponad 60% cech to cechy związane z dynamiką rozwoju (czy nie za dużo), a mierzone są one ze zbyt małą dokładnością (do jednego plastra).

Problem interakcji genetyczno-środowiskowych w hodowli ma dwa aspekty. Genotypy odporne wykazują dobrą wydajność w niekorzystnych środowiskach, ale w optymalnych niewiele ją zwiększają, a agresywne, doskonałe w optymalnych, są bardzo słabe w niekorzystnych. Na co stawiać przy ujemnej korelacji oporności i

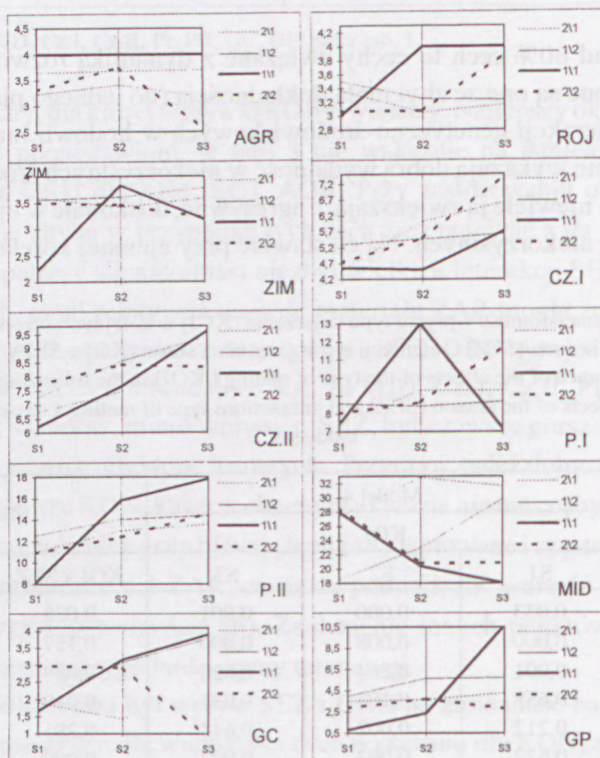
Tab. 5. Statystyczna istotność wpływu typu kojarzenia (KOJ) w kolejnych sezonach (S1, S2, S3) oraz wpływu sezonu (SEZ) i interakcji typ kojarzenia x sezon (KOJ x SEZ), modele 5 i 6

Statistical significance of the effects of the type of mating (KOJ) in the following seasons (S1, S2, S3) as well as effects of the season (SEZ) and interactions type of mating x season (KOJ x SEZ), models 4, 5

Cecha	Model 4			Model 5	
	KOJ				
	S1	S2	S3	KOJ x SEZ	KOJ
ROJ	0,033	0,000	0,001	0,028	0,009
AGR	0,000	0,008	0,000	0,157	0,013
ZIM	0,001	0,284	0,020	0,089	0,128
Cz.I	0,658	0,153	0,031	0,049	0,001
Cz.II	0,212	0,002	0,644	0,281	0,000
PI	0,622	0,003	0,002	0,000	0,003
PII	0,140	0,018	0,046	0,028	0,000
MID	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001
GC	0,101	0,000	0,000	0,007	0,000
GP	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000

ROJ, AGR, ZIM, MID, Cz.I, Cz.II, PI, PII, GC, GP: patrz tab. 1.

agresywności (3)? Adaptacja do nisz polega na gromadzeniu korzystnych dla danych warunków genów, a adaptacja przez heterozygotyczność – na wykorzystaniu plastyczności, homeostazy i heterozji mieszańców (5). Co i kiedy zatem preferować? W pszczelarstwie problemy te nabierają znaczenia, gdy wprowadzamy programy hybrydacyjne lub hodowlę w zamkniętych populacjach (2, 7). Dlatego przeanalizowano wpływ czterech podstawowych typów kojarzeń stosowanych wśród pszczół ZAR; caucasion x caucasion (1\1), carniolian x carniolian (2\2) i carniolian x caucasion (2\1), caucasion x carniolian (1\2) i postanowiono przyrzeć się tym zagadnieniom. W celu ich interpretacji posłużono się dwoma modelami: 5) $x_{jk} = x + KOJ_j + e_{jk}$ oraz 6) $x_{ijk} = x + SEZ_i + KOJ_j + SEZ \times KOJ_{ij} + e_{ijk}$, gdzie KOJ to wpływ rodzaju kojarzenia (genotyp), SEZ sezonu (środowisko), a $SEZ \times KOJ$ ich interakcji. Model 5 liczone osobno dla S1, S2, i S3, aby uniknąć wcześniej stwierdzonego wpływu sezonu. Wyniki przedstawia tab. 5 i ryc. 1.



Ryc. 1. Średnie wartości badanych cech u pszczół z czterech typów kojarzeń {caucasion x caucasion (1\1), carniolian x carniolian (2\2) i carniolian x caucasion (2\1), caucasion x carniolian (1\2)} w kolejnych sezonach (S1, S2, S3). Diagram interakcji sezon x typ kojarzenia
Mean values for the examined traits in bees from the four types of matings {Caucasion x Caucasion (1\1), Carniolian x Carniolian (2\2) and Carniolian x Caucasion (2\1), Caucasion x Carniolian (1\2)} in the following seasons (S1, S2, S3). Diagram of the interactions season x type of mating

Dla wielu cech, szczególnie MID, PI, PII, AGR, GP i ZIM, mieszańce (1/2 i 2/1) okazały się stabilniejsze i średnio nieco lepsze, wykazując większą oporność. Ich produkcyjność mniej zależała od interakcji KOJ x SEZ. Pszczoły 1/1 i 2/2 (czystorasowe), szczególnie dla ROJ, GC, AGR, PI, PII, wykazywały większą labilność, w jednym sezonie będąc gorsze, a w innym lepsze od mieszańców (1/2, 2/1), tak jakby były agresywniejsze. Dla rozprzodzonego materiału w różnych środowiskach SHIUZ może to być ważna wskazówka. KOJ, SEZ i interakcja KOJ x SEZ miały nieznaczny wpływ na ZIM, czyli podobnie do modeli 1, 2, 3 w modelach 4, 5 ZIM nie zmieniała się znacząco pod wpływem czynników doświadczalnych. Albo nie zależy ona tak bardzo od genotypu i środowiska, jak się uważa (4), albo metoda jej oceny nie jest najlepsza. Wyraźny wpływ KOJ, a mniejszy, ale istotny SEZ obserwowano dla ROJ i AGR, co także koresponduje z wynikami modelu 1, 2, 3 (ROJ wykazała niewielką interakcję KOJ x SEZ). Z kolei na MID duży wpływ miały SEZ, KOJ i interakcja KOJ x SEZ. MID najbardziej podlegała wpływom wszystkich czynników (modele 1-5), co prognozuje trudności dla selekjonerów, wskazując na duży udział zdolności kombinacyjnej, heterozji i adaptacji. Podobnie było w przypadku GC, GP i PI. Mały wpływ typu kojarzenia i interakcji KOJ x SEZ przy dużym wpływie SEZ obserwowano dla Cz.I, Cz.II, PII.

WNIOSKI

1. Pod względem niektórych cech lepsze były matki zarodowe, jednak cechy bezpośrednio związane z produkcją lepsze były u kontrolnych pszczół miejscowych, gdzie obserwowano nieznacznie większą zmienność.
2. Na wszystkie cechy poza zimotrwałością ogromny wpływ miał sezon, a na miodność i cechy związane z siłą rodziny interakcje sezon x grupa pszczół.
3. Typ kojarzenia miał wpływ na produkcyjność w interakcji z konkretnym sezonem. Mieszańce były stabilniejsze i oporniejsze, a pszczoły czystorasowe agresywniejsze i bardziej wrażliwe.
4. Przydatność grup kontrolnych w ich obecnym kształcie jest wątpliwa.

PIŚMIENNICTWO

1. CSHZ: Instrukcja prowadzenia terenowej oceny wartości użytkowej pszczół. CSHZ, Warszawa 1995.
2. Greenleaf M.: Stock Selection in Hibri-Bees. Amer. Bee J., 128(2), 136-138, 1988.
3. Mather K., Caligari P.: Pressure and Response in Competitive Interactions. Heredity 51, 435-454, 1983.
4. Muszyńska J.: Zimowanie pszczół. Rozprawa hab., PWRiT, Warszawa 1989.

5. Paleolog J., Lorkiewicz M.: Selection for Female Fecundity in *Drosophila* Test Crosses and Lines Selected in Different Environments. II. Response to Stress and Top-crossing. J. Anim. Breed. Genet., 108, 363-368, 1991.
6. Paleolog J.: Interpretation of the Data in the Control Lines in Selection Experiments on the Example of *Drosophila Melanogaster*. Zwierzęta Laboratoryjne, 27, 103-107, 1988.
7. Page R., Laidlaw H.: Closed Population Honeybee Breeding. Bee World, 22(5), 102-109, 1985
8. Rinderer T.: Bee Genetics and Breeding. Acad. Press., London 1986.
9. Taber S.: Honey Bee Genetics. II-Breeding programs. Glean. in Bee Cult. 2, 68-69, 1988.

SUMMARY

Five statistical models were used to study the results of field tests of bee queens. The effects of the environment and genotypes were estimated. Breeding queens were better in some traits (aggressiveness, swarming, overwintering abilities) but most of the traits connected directly with the productivity were better in the control (native) queens. In the native bees a higher variability was observed. An experimental season considerably influenced all of the traits, excluding overwintering ability. The honey yield and traits connected with the colony strength were also influenced by the interactions season x group of bees. The type of mating influenced productivity but also showed interactions with the adequate season. Hybrid-bees were more resistant and stable whereas pure-breed bees were more variable and aggressive in relation to environmental factors. Usefulness of the control groups seems to be doubtful.