



Науковий вісник Львівського національного університету  
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.  
Серія: Сільськогосподарські науки

Scientific Messenger of Lviv National University  
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.  
Series: Agricultural sciences

ISSN 2519-2698 print

ISSN 2707-5834 online

doi: 10.32718/nvlvet-a9810

<https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture>

UDC 636.598:575

## Prediction of laying hens of different genetic origins

V. P. Khvostik<sup>1</sup>, Yu. V. Bondarenko<sup>1</sup>, G. A. Paskevych<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

<sup>2</sup>Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies, Lviv, Ukraine

### Article info

Received 08.02.2023

Received in revised form

09.03.2023

Accepted 10.03.2023

State Institution Institute  
of grain crops of NAAS,  
V. Vernadsky Str., 14, Dnipro,  
49027, Ukraine.  
Tel.: +38-067-892-44-04  
E-mail: v16kh91@gmail.com

Stepan Gzhytskyi National  
University of Veterinary Medicine  
and Biotechnologies Lviv,  
Pekarska Str., 50, Lviv,  
79010, Ukraine.  
Tel.: +38-068-136-20-54  
E-mail: bvh@ukr.net

**Khvostik, V. P., Bondarenko, Yu. V., & Paskevych, G. A. (2023). Prediction of laying hens of different genetic origins. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural sciences, 25(98), 60–65. doi: 10.32718/nvlvet-a9810**

The article presents the results of predicting the laying capacity of hens of different genotypes during an experiment to study the effectiveness of crossing roosters of imported meat crosses with meat-egg females of domestic selection. The average percentage of deviations of the actual bearing capacity values from the theoretically calculated values was generally low. It amounted to 0.82–4.55 % according to the model of T. Bridges and 0.8–3.28 % according to F. Richards. In the same group of chickens, the last model showed slightly more minor deviations than the model of T. Bridges. The most remarkable correspondence between the actual values of laying and those predicted by both models was determined in F1 chickens of the “K-2” group. Insignificant differences between the actual laying values and those predicted by both models were noted in F10 meat-egg chickens of the original maternal form, their F1 offspring, and chickens of the “K-5” group – 0.82–1.96 % according to the model of T. Bridges, 0.81–0.91 % according to the model of F. Richards. It is possible that the actual laying level of the birds of these groups determined in our research corresponded to the active paratypic factors in their maintenance, which is shown by the applied mathematical models by the high degree of coincidence of the calculated values with the actual ones. In a somewhat specific way, the models predicted laying in hens of other experimental groups. Thus, the model of T. Bridges underestimated the predicted bearing capacity by 3.59–8.25 %. Whereas the model of F. Richards also underestimated egg laying in the 5–7 months by 0.75–3.59 %, and in the last month, on the contrary, overestimated it – by 1.79–4.33 %. Although, in the end, the deviations of the predicted values from the actual values were slight – 2.82–4.55 % according to T. Bridges and 2.15–3.28 % according to F. Richards. The analysis of load-carrying curves calculated according to models showed a significant coincidence of actual and theoretical values – the R2 value, which determined the degree of correspondence between empirical and calculated load-carrying values, was high and amounted to 99.63–99.92 % according to the model of T. Bridges and 99.65–99.98 % according to the function of F. Richards.

**Key words:** meat and egg hens, egg-laying, forecast, T. Bridges model, F. Richards model.

## Прогнозування несучості курей різного генетичного походження

В. П. Хвостик<sup>1</sup>, Ю. В. Бондаренко<sup>1</sup>, Г. А. Паскевич<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

<sup>2</sup>Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

У статті наведено результати прогнозування несучості курей різних генотипів у ході дослідження ефективності схрещування півнів імпортованих м'ясних кросів з м'ясо-яєчними самками вітчизняної селекції. Середній відсоток відхилень фактичних значень несучості з теоретично розрахованими загалом був невисоким і становив за моделлю Т. Бріджеса 0,82–4,55 %, за моделлю Ф. Річардса – 0,81–3,28 %. Зазначимо, що в тій самій групі курей остання модель продемонструвала навіть децю менші відхилення, ніж модель Т. Бріджеса. Найбільшу відповідність фактичних значень несучості з прогнозованими за обома моделями визначено у курей F1 групи “К-2”. Несуттєві відмінності між фактичними значеннями несучості та прогнозованими за обома моделями виявлено у м'ясо-яєчних курей F10 вихідної материнської форми, їх нащадків F1 та курей групи “К-5” – 0,82–1,96 % за моделлю

*Т. Бріджеса, 0,81–0,91 % за моделлю Ф. Річардса. Можливо, що фактично визначений у наших дослідженнях рівень несучості птиці цих груп відповідав діючим паратиповим факторам при їх утриманні, що і показано застосованими математичними моделями високим ступенем збігу розрахункових значень з фактичними. Децю специфічним чином моделі прогнозували несучість у курей інших дослідних груп. Так, модель Т. Бріджеса занижувала прогнозовану несучість на 3,59–8,25 %. Водночас модель Ф. Річардса також занижувала на 5–7 місяців яйцекладки на 0,75–3,59 %, а на останньому місяці, навпаки, завищувала – на 1,79–4,33 %. Хоча у кінцевому підсумку відхилення прогнозованих значень від фактичних були невисокими – 2,82–4,55 % за Т. Бріджесом та 2,15–3,28 % за Ф. Річардсом. Аналіз кривих несучості, розрахованих за моделями, показав значний збіг фактичних і теоретичних значень – значення  $R^2$ , за яким визначали ступінь відповідності емпіричних і розрахункових значень несучості, були високими й становили 99,63–99,92 % за моделлю Т. Бріджеса та 99,65–99,98 % за функцією Ф. Річардса.*

**Ключові слова:** кури, несучість, прогноз, модель Т. Бріджеса, модель Ф. Річардса.

## Вступ

У селекційній практиці при вирішенні питання повнішої реалізації генетичного потенціалу птиці останнім часом все більше поширення набуває використання сучасних генетико-математичних методів (Kerr et al., 2001). Математичне моделювання базується на вивченні об'єктів, явищ, процесів за допомогою застосування різноманітних моделей, які виступають особливою системою математичних співвідношень (Narinc et al., 2011; Narinc et al., 2013; Leksrisompong et al., 2014; Narinc et al., 2014; Ferreira et al., 2015; Javid et al., 2016). Класичними роботами доведено (Breslavetz & Gyrevich, 1977), що за допомогою методу моделювання можна успішно проводити дослідження фактичних об'єктів на їх моделях. Висновки, отримані за використання правильно визначеної моделі, дають змогу знизити енергетичні та економічні витрати на виробництво продукції (Otwinowska-Mindur et al., 2016).

Вибір адекватної моделі дає змогу з високою точністю описувати теоретично розрахованими даними експериментально отримані показники, проводити оцінку особин у ранньому віці, скоротивши період зміни генерацій, отримуючи ефект селекції внаслідок більш високої племінної цінності відібраних генотипів (Wenczek et al., 2015; Wolc et al., 2015).

В ідеалі для кожної селекціонованої ознаки необхідно визначити модель, яка найбільш точно описувала б динаміку продуктивності у процесі онтогенезу. Це дозволить оцінити фенотип кожної особини за різницею між реалізованою продуктивністю і теоретично очікуваною, використовуючи при цьому оптимальні сполучення параметрів конкретної моделі. Правильно вибравши модель, можна прогнозувати продуктивні якості птиці на основі даних за початковий період, що дозволить своєю чергою вести відбір її у ранньому віці, прискорити темп зміни поколінь і тим самим раніше досягти бажаного селекційного прогресу. Виходячи з теоретичних передумов, одним із шляхів прискорення селекційного процесу є відбір за елементами складних полігенних ознак, до яких належить більша частина селекційно значущих параметрів сільськогосподарської птиці (Kovalenko & Bolelaja, 1997; Boroday et al., 1998).

Отже, у птахівництві широкого застосування набуло математичне моделювання за використання цілої низки моделей. Використання компонентів моделей несучості та росту птиці, а також встановлення їх оптимальних поєднань дає змогу з високою точністю описувати експериментальні дані та прогнозувати

фінальну живу масу і яєчну продуктивність птиці, виходячи з даних, отриманих у початковий період вирощування (Prybuzkiy, 2012). Особливої актуальності застосування математичного моделювання набуває за їх використання на новостворених селекційних формах сільськогосподарської птиці, оскільки дозволить виділити особливості кривих росту і несучості у кожного генотипу та доповнити їх комплексну оцінку.

## Мета дослідження

Метою досліджень було провести прогнозування полігенно зумовленої ознаки “несучість” у м'ясо-яєчних курей різного генетичного походження, отриманих у ході дослідів з вивчення ефективності схрещування півнів імпортованих м'ясних кросів з м'ясо-яєчними самками вітчизняної селекції.

## Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено на базі Державного підприємства “Дослідне господарство “Бірки” Інституту птахівництва НААН. За схрещування півнів м'ясних кросів “Кобб-500” та “Росс-308” з м'ясо-яєчними курми отримано нащадків першої генерації ( $F_1$ ) відповідно груп “К-1” та “К-2”. За зворотного схрещування перячих півнів кросів “Кобб-500” та “Росс-308” з молодими гібридними курми  $F_1$  груп “К-1” і “К-2” одержано гібридів другого покоління ( $F_2$ ) відповідно груп “К-51” та “К-32”. Крім цього, гібриди  $F_1$  груп “К-1” і “К-2” розводилися “у собі”, внаслідок чого отримали їхніх нащадків  $F_2$  груп “К-11” та “К-22”. Шляхом об'єднання курей  $F_2$  різних генотипових груп створено гетерогенну синтетичну популяцію “К-5” (Bondarenko & Khvostyk, 2020).

Для прогнозування несучості птиці використано рівняння функції Т. Бріджеса (Bridges et al., 1986) та Ф. Річардса (Richards, 1959).

Усі експериментальні втручання проводили з дотриманням вимог “Європейської конвенції про захист хребетних тварин, яких використовують для експериментальних та наукових цілей” (Страсбург, 1985) та ухвали Першого національного конгресу з біоетики (Київ, 2001).

## Результати та їх обговорення

У наших дослідженнях використано математичні моделі Т. Бріджеса і Ф. Річардса для встановлення можливості прогнозування несучості курей досліджених груп протягом останніх 3–4 місяців продуктивно-

го періоду, виходячи з фактичних значень за перші 4 місяці яйцекладки. За результатами досліджень у загальному підсумку можна зазначити, що передбачається доцільним застосування цих математичних функцій для прогнозування несучості курей, оскільки вони з досить високою точністю дали змогу провести математичне моделювання даної ознаки. Середній відсоток відхилень фактичних значень несучості з

теоретично розрахованими загалом був невисоким і становив за моделлю Т. Бріджеса 0,82–4,55 %, за моделлю Ф. Річардса – 0,81–3,28 % (табл. 1–9). Можна зазначити, що в тій самій групі курей остання модель продемонструвала навіть дещо менші відхилення, ніж модель Т. Бріджеса. Найбільшу відповідність фактичних значень несучості з прогнозованими за обома моделями визначено у курей F<sub>1</sub> групи „К-2”.

**Таблиця 1**

Прогнозування несучості м'ясо-яєчних курей субпопуляції “К” (F<sub>10</sub>)

Місяць несучості	Фактичні дані	Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
1	1,20	1,20	0,00	1,20	0,00
2	14,50	14,79	-2,00	14,66	-1,10
3	33,00	32,67	1,00	32,81	0,58
4	51,30	51,44	-0,27	51,38	-0,16
Прогнозовані					
5	68,80	69,02	-0,32	69,02	-0,32
6	86,70	84,53	2,50	84,50	2,54
7	96,30	97,78	-1,54	97,93	-1,69
$\bar{X}$	x	x	1,09	x	0,91
R <sup>2</sup> , %	x		99,91		99,90

**Таблиця 2**

Прогнозування несучості курей F<sub>1</sub> групи “К-1”

Місяць несучості	Фактичні дані	Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
1	1,60	1,60	0,00	1,60	0,00
2	12,20	12,38	-1,48	12,25	-0,41
3	26,70	26,49	0,79	26,64	0,22
4	41,60	41,69	-0,22	41,62	-0,05
Прогнозовані					
5	55,60	56,21	-1,10	55,82	-0,40
6	70,40	69,21	1,69	68,45	2,77
7	78,00	80,41	-3,09	79,45	-1,86
$\bar{X}$	x	x	1,20	x	0,82
R <sup>2</sup> , %	x		99,88		99,88

**Таблиця 3**

Прогнозування несучості курей F<sub>1</sub> групи “К-2”

Місяць несучості	Фактичні дані	Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
1	3,20	3,20	0,00	3,20	0,00
2	16,00	16,01	-0,06	15,83	1,06
3	32,40	32,39	0,03	32,59	-0,59
4	50,40	50,40	0,00	50,32	0,16
Прогнозовані					
5	67,00	68,10	-1,64	67,23	-0,34
6	84,40	84,35	0,06	82,60	2,13
7	94,90	98,63	-3,93	96,23	-1,40
$\bar{X}$	x	x	0,82	x	0,81
R <sup>2</sup> , %	x		99,91		99,93

Несуттєві відмінності між фактичними значеннями несучості та прогнозованими за обома моделями виявлено у м'ясо-яєчних курей F<sub>10</sub> вихідної материнської форми, їх нащадків F<sub>1</sub> та курей групи “К-5” – 0,8–1,96 % за моделлю Т. Бріджеса, 0,81–0,91 % за моделлю Ф. Річардса. Можливо, що фактично визначений у наших дослідженнях рівень несучості птиці

цих груп відповідав діючим паратиповим факторам за їх утримання, що і показано застосованими математичними моделями високим ступенем збігу розрахункових значень з фактичними.

Дещо специфічним чином моделі прогнозували несучість у курей інших дослідних груп. Так, модель Т. Бріджеса занижувала прогнозовану несучість на

3,59–8,25 %. Тимчасом модель Ф. Річардса також занижувала на 5–7 місяцях яйцекладки на 0,75–3,59 %, а на останньому місяці, навпаки, завищувала – на 1,79–4,33 %. Хоча у кінцевому підсумку відхилення прогнозованих значень від фактичних були невисокими – 2,82–4,55 % за Т. Бріджесом та 2,15–3,28 % за Ф. Річардсом.

Аналіз кривих несучості, розрахованих за моделями, показав значний збіг фактичних і теоретичних значень – значення  $R^2$ , за яким визначали ступінь відповідності емпіричних і розрахункових значень несучості, були високими й становили 99,63–99,92 % за моделлю Т. Бріджеса та 99,65–99,98 % за функцією Ф. Річардса.

**Таблиця 4**  
Прогнозування несучості м'ясо-яєчних курей субпопуляції “К” ( $F_{11}$ )

Місяць несучості	Фактичні дані	Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
1	1,20	1,20	0,00	1,20	0,00
2	15,90	14,71	7,48	14,63	7,99
3	29,90	31,35	-4,85	31,50	-5,35
4	49,10	48,47	1,28	48,40	1,43
Прогнозовані					
5	67,60	64,46	4,64	66,34	1,86
6	82,10	78,67	4,18	81,08	1,24
7	96,40	90,95	5,65	93,93	2,56
8	101,70	101,43	0,27	104,95	-3,20
$\bar{X}$	x	x	3,54	x	2,95
$R^2, \%$	x		99,75		99,76

**Таблиця 5**  
Прогнозування несучості курей  $F_2$  групи “К-11”

Місяць несучості	Фактичні дані	Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
1	0,60	0,60	0,00	0,60	0,00
2	12,40	11,48	7,42	11,42	7,90
3	25,70	26,75	-4,09	26,86	-4,51
4	43,50	43,05	1,03	43,00	1,15
Прогнозовані					
5	61,90	58,44	5,59	59,68	3,59
6	75,50	72,11	4,49	73,38	2,81
7	87,00	83,88	3,59	85,32	1,93
8	91,60	93,83	-2,43	95,57	-4,33
$\bar{X}$	x	x	3,58	X	3,28
$R^2, \%$	x		99,63		99,65

**Таблиця 6**  
Прогнозування несучості курей  $F_2$  групи “К-22”

Місяць несучості	Фактичні дані	Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
1	2,60	2,60	0,00	2,60	0,00
2	22,30	21,19	4,98	21,13	5,25
3	38,10	39,64	-4,04	39,80	-4,46
4	57,50	56,78	1,25	56,69	1,41
Прогнозовані					
5	76,80	71,78	6,54	75,70	1,43
6	90,70	84,55	6,78	89,90	0,88
7	103,80	95,24	8,25	101,72	2,00
8	109,10	104,15	4,54	111,44	-2,14
$\bar{X}$	x	x	4,55	X	2,20
$R^2, \%$	x		99,73		99,85

**Таблиця 7**  
Прогнозування несучості курей F<sub>зв</sub> групи “К-51”

Місяць несучості	Фактичні дані	Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
1	3,00	3,00	0,00	3,00	0,00
2	23,90	22,74	4,85	22,74	4,85
3	36,40	38,25	-5,08	38,35	-5,36
4	52,20	51,26	1,80	51,20	1,92
Прогнозовані					
5	69,40	65,02	6,31	68,73	0,97
6	80,50	74,86	7,01	79,90	0,75
7	91,50	87,15	4,75	88,75	3,01
8	94,00	90,16	4,09	95,68	-1,79
$\bar{X}$	x	x	4,24	X	2,33
R <sup>2</sup> , %	x		99,74		99,79

**Таблиця 8**  
Прогнозування несучості курей F<sub>зв</sub> групи “К-32”

Місяць несучості	Фактичні дані	Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
1	1,80	1,80	0,00	1,80	0,00
2	21,80	20,98	3,76	20,95	3,90
3	40,70	41,84	-2,80	41,94	-3,05
4	61,40	60,85	0,90	60,79	0,99
Прогнозовані					
5	80,70	76,76	4,88	79,02	2,08
6	94,70	89,60	5,39	92,54	2,28
7	104,70	99,78	4,70	103,29	1,35
8	107,90	107,80	0,10	111,73	-3,55
$\bar{X}$	x	x	2,82	X	2,15
R <sup>2</sup> , %	x		99,74		99,76

**Таблиця 9**  
Прогнозування несучості курей групи “К-5”

Місяць несучості	Фактичні дані	Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
1	9,20	9,20	0,00	9,20	0,00
2	31,60	31,09	1,61	30,91	2,18
3	50,80	51,53	-1,44	51,77	-1,91
4	70,70	70,36	0,48	70,24	0,65
Прогнозовані					
5	89,20	86,76	2,74	89,31	-0,12
6	104,50	100,58	3,75	103,97	0,51
7	116,30	111,99	3,71	115,96	0,29
$\bar{X}$	x	x	1,96	X	0,81
R <sup>2</sup> , %	x		99,92		99,98

### Висновки

Використані математичні моделі Т. Бріджеса та Ф. Річардса довели перспективність їхнього застосування для прогнозування несучості курей різних генотипових груп для визначення майбутньої потенційної яєчної продуктивності. Варто звернути увагу на невелику перевагу другої функції, що підтверджується меншим середнім відсотком відхилень фактичних кривих з теоретичними, а також більшими значеннями коефіцієнтів детермінації за всіма групами курей.

*Перспективи подальших досліджень.* Перспективним напрямом досліджень буде проведення прогнозу-

вання несучості курей різного напрямку продуктивності (яєчного, м'ясного).

**Відомості про конфлікт інтересів.** Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

### References

Bondarenko, Yu. V., & Khvostyk, V. P. (2020). Pokrashennya produktyvnosti m'yaso-yayechnykh kurej vitchyznyanoi selekciyi. Visnyk SNAU. Seriya "Tvarynnytstvo", 2(41), 29–32 (in Ukrainian).

- Boroday, V. P., Kovalenko, V. P., & Bolelaja, S. Yu. (1998). Modelirovanie dinamiki rosta pticy myasnyh krossov. *Visnyk agrarnoyi nauky*, 9, 38–40 (in Russian).
- Breslavez, M. E., & Gyrevich, T. F. (1977). *Kibernetica*, 324 (in Russian).
- Kovalenko, V. P., & Bolelaja, S. Yu. (1997). Rekomendacii po ispol'zovaniyu modelej osnovnyh selekcioniruemyh priznakov sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i pticy. *Kherson* (in Russian).
- Prybuzkiy, M. (2012). Krosy m'yasnoyi pticy. *Nashe ptaxivnyctvo*, 1, 26–27 (in Ukrainian).
- Bridges, T. C., Turner, L. W., & Smith E. M. (1986). A mathematical procedure for estimating animal growth and body composition. *Trans. ASAE*, 29(5), 1342–1347. DOI: 10.13031/2013.30320.
- Ferreira, N. T., Nilva, K., & Sakomura, N. K. (2015). Modelling the egg components and laying patterns of broiler breeder hens. *Animal Production Science*, 78(10), 342–360. DOI: 10.1071/AN1437.
- Javid, I., Sohai, H. K., & Nasir, M. (2016). Effects of egg size (weight) and age on hatching performance and chick quality of broiler breeder. *J. Appl. Anim. Res.*, 44, 354–364. DOI: 10.1080/09712119.2014.987294.
- Kerr, C. L., Hammerstedt, H., & Barbato, H. G. F. (2001). Effects of selection for exponential growth rate at different ages on reproduction in chickens. *Poultry and Avian Biology Reviews*, 12(3), 127–134. DOI: 10.3184/147020601783698503.
- Leksrisompong, N., Romero-Sanchez, H., & Oviedo-Rondón, E.O. (2014). Effects of feeder space allocations during rearing, female strain, and feed increase rate from photo stimulation to peak egg production on broiler breeder female performance. *Poultry Sci*, 93(5), 1045–1052. DOI: 10.3382/ps.2013-03219.
- Narinc, D., Karaman, E., & Aksoy, T. (2013). Investigation of nonlinear models to describe long-term egg production in Japanese quail. *Poultry Sci*, 92(6), 1676–1682. DOI: 10.3382/ps.2012-02511.
- Narinc, D., Karaman, E., & Firat, Z. M. (2011). Comparison of non-linear growth models to describe the growth in Japanese quail. *J. Anim. Vet. Adv*, 14, 1961–1966. DOI: 10.3923/javaa.2010.1961.1966.
- Narinc, D., Uckardes, F., & Aslan, E. (2014). Egg production curve analysis in poultry science. *World Poultry Sci. J*, 70(4), 817–828. DOI: 10.1017/S0043933914000877.
- Otwinowska-Mindur, A., Gumulka, M., & Kania-Gierdziewicz, J. (2016). Mathematical models for egg production in broiler breeder hens. *Ann. Anim. Sci*, 16(4), 1185–1198. DOI: 10.1515/aoas-2016-0037.
- Richards, F. J. (1959). A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany*, 10, 290–300. URL: <https://www.jstor.org/stable/23686557>.
- Wencek, E., Kałużna, I., & Koźlecka, M. (2015). Performance assessment of the utilitarian and breeding values of meat-type hens. The results of the assessment of the utilitarian value of poultry in 2014 (in Polish). The National Poultry Council – Chamber of Commerce, Warsaw, 1243–1387.
- Wolc, A., Graczyk, M., & Settar, P. (2015). Modified Wilmink curve for egg production analysis in layers. XXVII International Poultry Science Symposium PB WPSA “Science to practice – practice to science”.