

<https://doi.org/10.3176/biol.1983.1.04>

Рейн ТЕЙНБЕРГ

УДК 636.081.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И СЕЛЕКЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ПРИ КРУПНОМАСШТАБНОЙ СЕЛЕКЦИИ МОЛОЧНОГО СКОТА

В современных условиях концентрации животноводства селекция скота должна базироваться преимущественно на цифровых данных количественной оценки селекционных признаков, получаемых из системы контроля продуктивности. Для обработки этих данных необходимо использовать ЭВМ и современные методы генетики популяций, предлагаемые теорией селекции (Эрнст, Прудов, 1982; Эйсер, 1982; Цалитис, 1982). Только на основании детального селекционно-генетического анализа информации о признаках селекции можно объективно оценить племенную (генетическую) ценность животных и провести направленный отбор.

В странах с развитым молочным скотоводством уже с 60-х годов данные контроля молочной продуктивности вводят в ЭВМ, сохраняют и обрабатывают методами генетики популяций с целью получения информации для селекции животных (Лернер, Дональд, 1970; Джеймс, 1978). Благодаря использованию объективной информации о генотипе животных, особенно племенных производителей, и их целенаправленному отбору достигнуты выдающиеся успехи по усовершенствованию пород животных, в том числе и крупного рогатого скота. В качестве примера можно привести голштино-фризскую молочную породу скота, удой коров которой в США достигает в среднем более 6000 кг в год.

Материал и методика

Материалом наших исследований служили данные контроля продуктивности 19 лучших племенных хозяйств эстонской черно-пестрой и красной пород крупного рогатого скота за 1980 г. (10 130 коров). Для вычисления генетических параметров (наследуемости, генетических и фенотипических корреляций, показателей варьирования), а также селекционных индексов с целью отбора коров по признакам продуктивности и экстерьера составлены алгоритмы и программы (программисты А. Корьюс и П. Линдемани) для ЭВМ ЕС-1020. Селекционно-генетический анализ проводили по 7 признакам: удой, содержание жира в молоке, количество жира за лактацию, содержание белка в молоке, количество белка, живая масса, скорость молокоотдачи.

При вычислении генетических параметров использовали дисперсионный анализ групп полусестер (дочерей быков-производителей), подробно изложенный ранее (Рокицкий, 1974; Тейнберг, 1974; Weber, 1967). Коэффициент наследуемости (h^2) вычисляли по формуле (Le Roy, 1966)

$$h^2 = \frac{4(MS_{bs} - MS_{ws})}{MS_{bs} + (n_i - 1) \cdot MS_{ws}}$$

где MS_{bs} — средний квадрат отклонений между отцами;
 MS_{ws} — средний квадрат отклонений внутри группы дочерей одного отца;
 \bar{n}_i — среднее число дочерей на каждого отца.

Стандартную ошибку коэффициента наследуемости вычисляли по В. Шталю и др. (1973)

$$s_{h^2} = \frac{4\{(1-r_i)[1+r_i(\bar{n}_i-1)]\}}{\sqrt{1/2(\bar{n}_i-1) \cdot \Sigma n_i}}$$

где r_i — коэффициент внутриклассовой корреляции;
 Σn_i — общее число животных.

Коэффициент генетической корреляции (r_G) вычисляли также по группам полусестер по отцу, используя формулу, рекомендованную В. Шталем и др. (1973),

$$r_G = \frac{\text{Cov}(XY)_s}{\sqrt{s^2_{X_s} \cdot s^2_{Y_s}}}$$

где $\text{Cov}(XY)_s$ — внутриотцовский компонент ковариации между признаками X и Y ;

$s^2_{X_s}$, $s^2_{Y_s}$ — внутриотцовские дисперсии признаков X и Y .

При определении стандартной ошибки коэффициента генетической корреляции исходили из формулы (Le Roy, 1966)

$$s_{r_G} = (1-r_G^2) \sqrt{\frac{s_{h^2_X} \cdot s_{h^2_Y}}{2h^2_X h^2_Y}}$$

Линейный селекционный индекс (СИ) вычислен по методике, рекомендованной Н. З. Басовским и др. (1976) и использованной нами ранее (Тейнберг, 1974; Тейнберг, Каск, 1980). СИ является суммой произведений отклонений признаков у конкретного животного от средней по популяции с коэффициентами регрессии (β_i) индекса

$$\text{СИ} = \sum [\beta_i(x_j - \bar{x}_P)],$$

где x_j — показатель для коровы;

\bar{x}_P — средний показатель по популяции.

Составлена программа для оценки быков-производителей по качеству потомства, а одновременно также по среднему значению СИ их дочерей. Оценка быков проводилась методом сравнения их дочерей со сверстницами.

Результаты и обсуждение

В табл. 1 приведены данные о средней продуктивности коров в исследованных хозяйствах по лактациям, а также фенотипические стандартные отклонения признаков. Средняя продуктивность коров в исследованных хозяйствах высокая (удой разновозрастных коров от 3600 до 5500 кг за 305-дневную лактацию). Фенотипическое стандартное отклонение (s_P) удоя варьирует от 621 до 1243 кг, что соответствует коэффициенту вариации около 20—30%. Соответствующие данные для содержания жира в молоке 0,17—0,38% и 5—10%, для содержания белка в молоке 0,13—0,23% и 4—7%, для живой массы 17—94 кг и 3—15%. Как правило, удой I лактации составляет около 80—90% удою разновозрастных коров (III лактация). Определенной направленности изме-

Средняя продуктивность коров в разных хозяйствах по лактациям и показатели фенотипического варьирования признаков

Хозяйство	Лактация	Кол-во коров	Удой,* кг	Процент жира	Жир, кг	Процент белка	Белок, кг	Живая масса, кг	Скорость молокоотдачи, кг/мин.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эстонская черно-пестрая порода									
Вядраский опытный совхоз	I	109	4111 749	3,92 0,24	162 32	3,36 0,13	138 25	582 62	1,51 0,32
	II	60	4333 833	3,93 0,25	171 35	3,34 0,14	145 26	661 84	1,65 0,35
	III	68	4788 869	3,87 0,32	186 38	3,33 0,16	159 28	661 74	1,52 0,37
Колхоз «Эстония»	I	214	4188 763	4,04 0,25	169 32	3,25 0,19	136 24	590 70	1,74 0,44
	II	157	4616 1010	4,21 0,34	194 45	3,33 0,23	153 32	670 80	1,62 0,48
	III	126	4571 931	4,11 0,34	189 43	3,27 0,18	149 30	713 82	1,71 0,43
Совхоз «Пыдрангу»	I	249	4346 818	4,02 0,27	175 34	3,19 0,17	138 26	551 64	—
	II	153	4887 913	4,14 0,41	202 41	3,29 0,19	160 29	593 64	—
	III	76	5534 842	4,08 0,34	226 38	3,26 0,18	180 29	622 72	—
Колхоз им. 9 мая	I	261	4094 735	3,78 0,32	154 29	—	—	546 59	1,40 0,42
	II	200	5000 952	3,98 0,35	199 39	—	—	593 61	1,53 0,53
	III	111	5439 849	4,02 0,36	219 38	—	—	604 57	1,67 0,57
Винниский показательный совхоз-техникум	I	582	4088 773	3,71 0,19	151 29	—	—	561 65	—
	II	347	4586 848	3,65 0,22	167 30	—	—	604 72	—
	III	160	5015 1027	3,62 0,23	181 38	—	—	634 72	—
Колхоз «Вяйке-Маарья»	I	220	4246 950	3,95 0,29	167 37	—	—	523 46	1,13 0,23
	II	136	4728 929	4,00 0,33	188 36	—	—	573 46	1,25 0,24
	III	50	4619 997	4,00 0,30	185 43	—	—	590 44	1,19 0,21
Колхоз «Энергия»	I	268	4297 1031	3,61 0,24	155 37	—	—	540 64	—
	II	178	4576 1243	3,58 0,24	164 45	—	—	606 74	—
	III	93	4553 1226	3,58 0,28	164 50	—	—	639 83	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Совхоз «Аравете»	I	245	3946 696	3,74 0,28	147 25	—	—	562 57	1,70 0,40
	II	215	4047 892	3,85 0,34	155 34	—	—	598 77	1,39 0,44
	III	153	4532 860	3,76 0,28	170 35	—	—	603 78	1,53 0,52
Совхоз «Аллику»	I	253	3814 793	3,92 0,28	149 32	3,18 0,17	121 26	493 62	1,40 0,50
	II	187	4606 947	3,95 0,29	182 39	3,23 0,20	149 29	546 69	1,49 0,48
	III	105	4700 882	4,00 0,31	188 37	3,29 0,21	154 28	570 73	1,48 0,44
Колхоз «Виру»	I	352	3637 735	3,62 0,57	132 27	—	—	563 59	1,33 0,40
	II	340	3988 851	3,57 0,18	143 30	—	—	595 63	1,26 0,40
	III	204	4658 1103	3,60 0,19	167 38	—	—	626 71	1,58 0,41
Кехтнаский показательный совхоз-техникум	I	320	3490 897	3,97 0,24	138 35	3,28 0,17	114 29	533 47	1,61 0,38
	II	120	3678 1017	4,03 0,27	147 40	3,37 0,18	123 32	563 42	1,66 0,33
	III	76	4324 941	3,99 0,27	172 37	3,37 0,19	145 31	581 63	1,49 0,37
Тюриский показательный совхоз-техникум	I	129	3354 755	3,87 0,37	130 35	3,26 0,17	109 24	588 65	1,37 0,49
	II	78	3730 927	3,87 0,33	145 40	3,29 0,16	123 30	631 67	1,38 0,53
	III	28	3633 1038	3,66 0,28	133 41	3,24 0,15	117 33	662 93	1,78 0,21
Ториский показательный совхоз	I	158	3195 783	3,80 0,30	121 33	3,37 0,13	107 25	535 62	1,39 0,28
	II	104	3941 1047	3,86 0,36	153 47	3,32 0,15	131 35	573 69	1,54 0,33
	III	32	4105 1273	3,95 0,38	163 55	3,40 0,22	139 40	619 94	1,37 0,53
Совхоз «Аудру»	I	242	3096 635	4,07 0,23	126 26	—	—	503 59	1,52 0,23
	II	182	3769 870	4,08 0,26	154 37	—	—	572 63	1,53 0,19
	III	95	4160 970	4,04 0,27	168 40	—	—	597 76	1,43 0,17
Колхоз «Ленинлик теэ»	I	242	3184 621	3,87 0,31	123 27	—	—	491 24	1,63 0,20
	II	226	3444 682	3,84 0,32	132 28	—	—	520 25	1,53 0,24
	III	114	3968 844	3,74 0,37	149 36	—	—	540 17	1,73 0,24
Колхоз «Кайю»	I	291	3270 835	3,83 0,27	125 31	—	—	516 48	1,37 0,29
	II	160	3808 937	3,90 0,28	148 35	—	—	564 47	1,41 0,30
	III	188	4567 976	3,74 0,31	174 35	—	—	601 57	1,42 0,42

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Совхоз «Кохила»	I	210	3225 800	3,71 0,25	119 29	—	—	515 46	1,57 0,44
	II	228	3595 843	3,86 0,23	139 34	—	—	592 61	1,54 0,45
	III	158	3915 1038	3,92 0,26	153 39	—	—	611 58	1,46 0,51
Колхоз им. В. И. Ленина	I	249	3554 752	3,94 0,28	140 30	—	—	558 79	—
	II	286	3958 890	4,08 0,30	161 38	—	—	605 78	—
	III	136	3987 779	4,05 0,32	161 34	—	—	649 86	—
Эстонская красная порода									
Колхоз «Эстония»	I	92	4529 760	4,02 0,26	182 28	3,26 0,16	148 25	586 74	1,75 0,40
	II	74	5022 956	4,14 0,30	207 39	3,33 0,19	166 30	660 84	1,73 0,41
	III	40	5325 993	4,11 0,33	218 42	3,27 0,15	174 33	694 79	1,70 0,55

Примечание: * Первые цифры в графе — \bar{x}_p ; вторые — s_p .

нений содержания жира в зависимости от номера лактации не наблюдается. То же можно сказать о содержании белка в молоке. Живая масса коров с возрастом увеличивается с I по III лактацию на 10—15%. Судя по полученным результатам нельзя сказать, что скорость молокоотдачи с возрастом коров увеличивается.

В табл. 2 приведены данные о наследуемости признаков, критерии достоверности влияния отца на изменчивость признаков и стандартные ошибки коэффициента наследуемости (h^2). Из результатов выясняется, что коэффициенты наследуемости признаков по хозяйствам варьируют в довольно широких пределах: для удоя от 0,021 до 0,786 (среднее значение 0,319), для содержания жира от 0,022 до 0,806 (среднее 0,330), для содержания белка от 0,053 до 0,805 (среднее 0,283). Что касается удоя, то здесь среднее значение коэффициента наследуемости хорошо согласуется с аналогичными данными других авторов (Жебровский, 1971; Ильинский, 1971; Васильева, 1972; Finland и др., 1972; Franz и др., 1973). Показатели наследуемости содержания жира и белка в нашем случае были несколько ниже общепринятых величин. Наследуемость живой массы коров составляла в среднем 0,265, что близко к данным других авторов. Средняя наследуемость скорости молокоотдачи была 0,179.

Что касается фенотипических корреляций между признаками, то между удоем и жирностью молока связь близка к нулю, а для большинства стад — отрицательная. То же можно сказать о корреляции между удоем и содержанием белка в молоке, где отрицательная связь еще теснее. Корреляция между содержанием жира и белка в молоке положительная (от 0,1473 до 0,5997), что хорошо согласуется с нашими предыдущими результатами (Тейнберг, 1974). Между удоем и живой массой также существует слабая положительная корреляция, хотя для некоторых хозяйств такая связь практически отсутствует. Слабая положительная корреляция обнаружена также между удоем и скоростью молокоотдачи (табл. 2).

Наследуемость признаков и фенотипические корреляции между ними

Хозяйство	Кол-во коров	Кол-во быков	Удой*	Жирность	Белковость	Живая масса	Скорость молокоотдачи	Коэффициенты фенотипических корреляций**
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Эстонская черно-пестрая порода								
Вяндраский опытный совхоз	237	9	3,54	4,16	1,89	2,88	2,58	+0,0919
			0,37	0,45	0,14	0,28	0,24	-0,1829
			0,22	0,25	0,13	0,19	0,15	+0,3767
								+0,0162
								+0,1617
								-0,2728
								-0,2705
Колхоз «Эстония»	497	15	4,59	3,29	2,36	3,36	1,09	+0,5454
			0,42	0,28	0,17	0,29	0,01	-0,0744
			0,17	0,13	0,10	0,14	0,05	+0,0353
Совхоз «Пыдрангу»	478	15	7,44	1,17	1,79	1,45	—	-0,1102
			0,70	0,02	0,10	0,06	—	-0,1912
			0,24	0,06	0,08	0,07	—	+0,5003
								+0,0229
Колхоз им. 9 Мая	572	8	5,88	3,02	—	1,06	—	-0,1341
			0,27	0,12	—	0,01	—	—
			0,15	0,08	—	0,03	—	—
								-0,0777
Винниский показательный совхоз-техникум	1089	26	4,04	6,13	—	4,45	—	+0,1620
			0,31	0,50	—	0,35	—	—
			0,10	0,14	—	0,11	—	—
								-0,0431
Колхоз «Вяйке-Маарья»	406	19	2,27	2,26	—	3,18	1,41	-0,1574
			0,23	0,23	—	0,17	0,11	—
			0,13	0,13	—	0,17	0,12	—
								+0,0723
Колхоз «Энергия»	539	11	5,14	4,54	—	1,39	—	+0,0996
			0,34	0,30	—	0,04	—	+0,0074
			0,16	0,15	—	0,05	—	—
								+0,1699
Совхоз «Аравете»	613	25	4,04	4,85	—	4,83	2,20	-0,1699
			0,45	0,55	—	0,56	0,37	—
			0,15	0,17	—	0,17	0,18	—
								+0,0506
Совхоз «Аллику»	545	12	1,53	2,51	1,57	1,60	1,22	+0,0696
			0,05	0,14	0,05	0,06	0,02	-0,0240
			0,06	0,09	0,06	0,06	0,05	-0,1693
								+0,5234
Колхоз «Виру»	896	22	3,55	3,24	—	3,96	—	-0,1225
			0,24	0,22	—	0,28	—	+0,0889
			0,10	0,09	—	0,11	—	—
								-0,1591
							—	
								+0,0489

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кехтнаский показательный совхоз-техникум	516	30	5,15	5,28	5,27	4,96	1,80	-0,1768
			0,79	0,81	0,81	0,38	0,29	-0,2143
			0,21	0,21	0,21	0,27	0,16	+0,5997
Тюриский показательный совхоз-техникум	235	12	2,10	2,07	2,89	2,83	—	+0,1864
			0,22	0,21	0,36	0,35	—	-0,1535
			0,16	0,16	0,21	0,21	—	+0,3704
Ториский показательный совхоз	294	13	2,37	4,77	3,08	1,27	2,33	+0,1088
			0,25	0,62	0,37	0,05	0,26	-0,2589
			0,16	0,25	0,19	0,09	0,16	+0,4853
Совхоз «Аудру»	519	12	2,46	2,70	—	3,00	1,83	-0,0640
			0,14	0,16	—	0,19	0,08	—
			0,09	0,10	—	0,11	0,07	—
Колхоз «Ленинлик тез»	582	14	3,21	6,20	—	10,69	2,56	+0,0098
			0,21	0,47	—	0,79	0,15	+0,0257
			0,11	0,18	—	0,26	0,09	—
Колхоз «Кайю»	639	19	4,96	4,74	—	2,57	1,18	-0,2382
			0,45	0,43	—	0,19	0,05	—
			0,16	0,15	—	0,10	0,11	—
Совхоз «Кохила»	596	13	1,22	2,05	—	7,26	—	-0,1087
			0,02	0,09	—	0,52	—	—
			0,04	0,07	—	0,20	—	—
Колхоз им. В. И. Ленина	671	17	3,76	3,92	—	2,34	—	-0,1012
			0,28	0,29	—	0,14	—	—
			0,12	0,12	—	0,08	—	—
Эстонская красная порода								
Колхоз «Эстония»	206	7	3,55	4,15	3,03	2,01	2,59	-0,2728
			0,33	0,40	0,27	0,14	0,22	-0,2705
			0,23	0,25	0,20	0,14	0,18	+0,4253
								+0,0269
								+0,1276

Примечание:

* В данной графе первые цифры — критерий достоверности F , вторые — коэффициенты наследуемости h^2 , третьи — стандартная ошибка наследуемости sh^2 .

** Первые цифры — коэффициент корреляции удой \times жирность, вторые — удой \times белковость, третьи — жирность \times белковость, четвертые — удой \times живая масса и пятые — удой \times скорость молокоотдачи.

Генетическая корреляция между удоём и жирностью составляла в среднем $-0,1$, между жирностью и белковостью $-0,2$.

СИ, вычисленный на основе найденных генетических параметров, был следующим:

$$СИ = 0,1655p_1 + 187,3485p_2 + 1,5746p_3 + 121,0227p_4 + \\ + 0,2370p_5 + 0,7454p_6 + 41,1987p_7,$$

- где p_1 — разница между удоем коровы и средним удоем популяции;
 p_2 — разница между жирностью молока коровы и средним показателем для популяции;
 p_3 — разница между количеством молочного жира коровы и средним показателем для популяции;
 p_4 — разница между белковостью молока коровы и средним показателем для популяции;
 p_5 — разница между количеством молочного белка коровы и средним показателем для популяции;
 p_6 — разница между живой массой коровы и средней для популяции;
 p_7 — разница между скоростью молокоотдачи коровы и средним показателем для популяции.

По приведенному СИ вычислены индексы для каждой коровы в отдельности и на основе их значений ранжированы. Проведена также оценка быков-производителей по средним СИ их дочерей.

Материалы по вычислению генетических параметров популяций и СИ переданы хозяйствам для уточнения отбора коров и быков-производителей.

ЛИТЕРАТУРА

- Басовский Н. Э., Попов В. П., Рудаков А. Н., Завертяев Б. П. Методические рекомендации по использованию селекционных индексов в племенной работе и анализу селекционно-генетических параметров признаков с альтернативной изменчивостью. Ленинград, 1976.
- Васильева Л. А. Использование селекционно-генетических параметров в оценке генетической структуры популяции. — Тез. докл. II съезда ВОГИС. М., 1972, 210.
- Жебровский Л. С. Селекционно-генетические параметры белкомолочности крупного рогатого скота. — Автореф. дис. докт. биол. н. Таллин, 1971.
- Ильинский А. А. Оценки генетических параметров и их использование при отборе в заводском стаде молочного скота. — Автореф. дис. докт. с.-х. н. Кострома, 1971.
- Лернер И. М., Дональд Х. П. Современные достижения в разведении животных. М., 1970.
- Рокицкий П. Ф. Введение в статистическую генетику. Минск, 1974.
- Тейнберг Р. Р. Теоретические основы определения генетических параметров популяций и селекционных индексов и их использование при отборе молочного скота в Эстонской ССР. — Дис. докт. с.-х. н. Тарту, 1974.
- Тейнберг Р. Р., Каск В. О. Селекционные индексы и их оптимизация на теоретических моделях. — Изв. АН ЭССР. Биол., 1980, 29, 277—289.
- Цалитис А. А. Информационно-вычислительная система управления крупномасштабной селекцией в животноводстве. — Тез. симп. докл. IV съезда ВОГИС. М., 1982, 188.
- Шталь В., Раш Д., Шилер Р., Вахал Я. Популяционная генетика для животноводов-селекционеров. М., 1973.
- Эйснер Ф. Ф. Моделирование процессов селекции в скотоводстве. — Тез. симп. докл. IV съезда ВОГИС. М., 1982, 189—190.
- Эрнст Л. К., Прудов А. И. Крупномасштабная селекция в молочном скотоводстве. — Тез. симп. докл. IV съезда ВОГИС. М., 1982, 190.
- Джеймс Д. У. Селекционный индекс при одновременной селекции по нескольким признакам. — Тез. докл. XIV Междунар. генетического конгресса. Пленарные заседания и симпозиумы. М., 1978, 132—133.
- Fimland, E. A., Bar-Anan, R., Harvey, W. R. Studies on dairy records from Israeli-Friesian cattle. 1. Influence of some environmental effects. — Acta Agric. Scand., 1972, 22, 34—48.
- Franz, H., Droese, N., Just, M., Schüler, E.-M., Lenschow, J. Zur Einbeziehung der Milchweißeleistung in das Rinderzuchtprogramm der DDR. 2. Selektionsparameter und Selektionsindices. — Arch. Tierz., 1973, 16, 15—24.
- Le Roy, H. L. Elemente der Tierzucht. Genetik—Mathematik—Populationsgenetik. München, Basel und Wien, 1966.
- Weber, E. Mathematische Grundlagen der Genetik. Jena, 1967.

GENEETILISTE PARAMEETRITE JA SELEKTSIOONIINDEKSITE KASUTAMINE PIIMAKARJA VALIKUL

Artiklis on esitatud geneetiliste parameetrite (päritavuskoefitsiendi, fenotüübilise varieeruvuse, fenotüübiliste ja geneetiliste korrelatsioonide) ja selektsiooniindeksite arvutamise tulemused 19 veisekarjas (kokku 10 130 lehma) ning vaadeldud vastavate arvutiprogrammide praktilise rakendamise võimalusi.

Rein TEINBERG

THE USE OF GENETIC PARAMETERS AND SELECTION INDEXES IN LARGE- SCALE SELECTION OF DAIRY CATTLE

The results of computing genetic parameters (heritability, phenotypic variation, genetic and phenotypic correlation) and selection indexes in 19 dairy herds (10130 cows) are presented. The possibilities of a practical application of special electronic computer programs are discussed.