

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕЛЕКЦИОННОГО ИНДЕКСА ДЛЯ АЙРШИРСКОЙ ПОРОДЫ МОЛОЧНОГО СКОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Романова Елена Анатольевна, младший научный сотрудник отдела генетики и разведения крупного рогатого скота

Тулинова Ольга Васильевна, ведущий научный сотрудник отдела генетики и разведения крупного рогатого скота

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»

196601, Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а, тел.: 8(812)451-76-63, e-mail: splicing86@gmail.com, tulinova_59@mail.ru

Ключевые слова: индексная селекция, экстерьер, BLUP, варианты, ковариансы, корреляция, коэффициент наследуемости, айрширская порода

В статье представлены результаты эффективности отбора потенциальных родителей потомков будущего поколения в айрширской породе с использованием полифакторного селекционного индекса I_{AYR} , включающего в себя признаки продуктивности, такие как удои, выход жира и белка, и интегрированные показатели экстерьера: индекс вымени UDC и индекс ног FLC. В качестве исходного массива данных сгенерирована выборка с параметрами по молочной продуктивности и экстерьерным признакам 574 первотелок айрширской породы дочерей 21 быка ведущего племенного хозяйства Ленинградской области. В процессе исследования проведен расчет фенотипических и генетических корреляций, который выявил наибольшую паратипическую взаимосвязь между удоем и выходом жира $r_{g_{uj}} = 0,912$ при $p < 0,001$, а наивысшая генетическая взаимосвязь отмечена между удоем и выходом белка $r_{g_{ub}} = 0,960$ при $p < 0,001$. Установлено высокое значение коэффициента наследуемости по удою, который составил $h^2 = 0,506$, что связано с использованием для воспроизводства стада импортных производителей с высоким генетическим потенциалом. Для определения значений весовых коэффициентов индекса рассчитаны вариантные и ковариантные компоненты изменчивости исследуемых показателей. Сформированы экономические составляющие показателей, включенных в разрабатываемое уравнение. В результате моделирования отбора с интенсивностью 10% по построенному уравнению продуктивно-экстерьерного индекса IAYR установлено существенное и достоверное преимущество по молочной продуктивности на 1899 кг молока по сравнению с остальными животными, по выходу жира на 64,7 кг и выходу белка на 51,7 кг.

Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 0445-2021-0016

В исследованиях использованы материалы Селекционного центра по айрширской породе (ВНИИГРЖ)

Введение

Основной задачей современной молочной индустрии является получение и размножение животных с оптимальной комбинацией генов, поэтому при накоплении в стаде лучших генотипов и выбраковке особей с нежелательными признаками появляется возможность развития отрасли и повышения экономичности производства молока [1]. Главными составляющими селекционно-племенной работы с молочным стадом являются: генетическая оценка животных, отбор особей с наилучшими генотипами и осознанный подбор пар для получения ремонтного молодняка следующей генерации [11-12]. Поэтому все более широкое применение при отборе животных по комплексу хозяйственно-полезных признаков получают методы

индексной селекции при совершенствовании племенных стад молочного скота. Так для ускорения селекционного процесса используют индексы, отражающие экономическую ценность включенных в них признаков, уровень их связи с продуктивностью и другими интересующими селекционера показателями, влияющими на молочную продуктивность [2].

Известно, что молочная продуктивность коров зависит от множества генов и внешних факторов, что затрудняет прогноз будущей продуктивности отдельных особей. Для получения наиболее точного предсказания количественных признаков продуктивности животных существует метод математической статистики. Применение генетико-статистического и экономико-математического анализа популяций позво-

ляет оценить относительное влияние различных факторов на изменчивость показателей, что в свою очередь дает возможность для анализа и планирования селекционной работы со стадом [3].

Применение современных компьютерных программ, предназначенных для многофакторной статистической обработки биологических данных и генетической оценки животных, дает возможность определения генетической и фенотипической изменчивости и взаимосвязи признаков, выявления силы и достоверности влияния различных паратипических и генетических факторов, а также оценивать наследуемость и повторяемость для наиболее полной генетической характеристики стада [4, 13].

В настоящее время теоретические принципы путей коэффициентов в построении уравнений моделей селекционных индексов, принадлежащие выдающимся ученым Ч. Хендерсону и Л. Хейзелу, нашли широкое применение в практике мирового животноводства [14-15]. Анализ несбалансированных данных линейными моделями смешанного типа, с фиксированными и рандомизированными эффектами, оценка вариантов и коварианс, прогноз рандомизированных факторов являются наиболее обоснованными и объективными в оценке молочного скота. Расчет уравнений основывается на принципе максимизации величин коэффициентов корреляций генетической ценности животных и их оценкой по комплексу признаков, при этом каждому признаку присваивается определенный экономический вес.

Во избежание ошибок и недостаточно обоснованных выводов при проведении комплексной оценки племенной ценности коров важно понимать не только направление и силу взаимосвязей между селекционными признаками, но и наиболее точно определять весовые коэффициенты комплексного селекционного индекса, так как для разных пород скота структура уравнений племенной ценности изменяется [5-6].

В настоящее время проведение исследований по использованию полифакторных индексов на айрширской популяции молочного скота с включением в их структуру признаков экстерьера является актуальным, поскольку гармонично сложенное, пропорционально развитое животное, как правило, оказывается более продуктивным и здоровым, а также пользуется более высоким спросом на рынке племенной продукции [7-9].

Целью исследований явилось моделирование селекционного индекса для улучшения молочной продуктивности и экстерьерного типа коров отечественной популяции айрширской породы с использованием информационных и компьютерных технологий.

Материалы и методы исследований

В качестве исходного массива данных сгенерирована репрезентативная выборка с параметрами по молочной продуктивности и экстерьерным признакам 574 первотелок айрширской породы дочерей 21 быка ведущего племенного хозяйства Ленинградской области из электронной базы, созданной на основе баз «СЕЛЭКС» с использованием компьютерной программы «СГС-ВНИИГРЖ» [10].

Проведена биометрическая обработка данных, полученных в процессе исследования, с использованием программ для анализа данных Microsoft Office Excel и программы R-Studio.

Построение системы уравнений BLUP и оценка генетических вариантов и коварианс исследуемых признаков проведена с помощью процедуры ограниченного максимального правдоподобия (Restricted Maximum Likelihood) на основе Multi-trait в компьютерной программе REMLF90.

Нахождение весовых коэффициентов признаков проведены с применением методологии максимизации коэффициентов корреляции или минимизации ошибочной дисперсии, предложенных L. Hazel и C. Henderson.

Значения субиндексов рассчитывали по формулам:

$$SI_i = \beta_{i1}x_{i1} + \beta_{i2}x_{i2} + \beta_{i3}x_{i3} + \dots + \beta_{in}x_{in}$$

SI_i - селекционный субиндекс по i -му признаку;

β_{in} - весовые коэффициенты признаков в селекционных субиндексах;

x_n - значения оценки животных по исследуемым признакам (удой, выход молочного жира и белка, индексы вымени и ног).

Система уравнений для нахождения весовых коэффициентов субиндексов имела вид:

$$\sigma_{x1}^2\beta_1 + \sigma_{x2}^2\beta_2 + \sigma_{x3}^2\beta_3 + \dots + \sigma_{xn}\beta_n = \sigma_{x1T}$$

$$\sigma_{x1}\beta_1 + \sigma_{x2}^2\beta_2 + \sigma_{x3}\beta_3 + \dots + \sigma_{xn}\beta_n = \sigma_{x2T}$$

....

$$\sigma_{xn}\beta_1 + \sigma_{xn}\beta_2 + \sigma_{xn}\beta_3 + \dots + \sigma_{xn}^2\beta_n = \sigma_{xnT}$$

Вариансы и ковариансы в левосторонней и правосторонней частях системы уравнений определяли через соответствующие значения математического ожидания.

На основании суммы произведений стандартной передающей способности проведено

вычисление индекса строения или композиции вымени (UDC):

$UDC = 0,30 STA_{UD} + 0,16 STA_{FUA} + 0,16 STA_{FTP} + 0,16 STA_{RUH} + 0,12 STA_{RUW} + 0,10 STA_{UC}$, где 0,30; 0,16; 0,16; 0,16; 0,12; 0,10 – весовые коэффициенты соответствующих экстерьерных признаков вымени;

UD (Udder Depth) – глубина вымени;

FUA (Fore Udder Attachment) – прикрепление передней части вымени;

FTP (Front Teat Placement) – размещение передних сосков;

RUH (Rear Udder Height) – высота прикрепления задней части вымени;

RUW (Rear Udder Width) – ширина задней части вымени;

UC (Udder Cleft) – борозда вымени;

Аналогичным образом вычисляли индекс композиции конечностей (FLC) с помощью уравнения:

$FLC = 0,5 (0,48 STA_{FA} + 0,37 STA_{RLRV} - 0,15 STA_{RLSV}) + 0,5 STA_{FLS}$, где

0,5; 0,48; 0,37; 0,15; 0,5 – весовые коэффициенты соответствующих экстерьерных признаков конечностей;

FA (Foot Angle) – угол копыта;

RLRV (Rear Legs Rear View) – постановка задних ног при осмотре сзади;

RLSV (Rear Legs Side View) – постановка задних ног (вид сбоку),

FLS (Feet & Legs Score) – оценка ног при классификации.

Расчет коэффициента наследуемости, отражающего долю генетической изменчивости в общей фенотипической изменчивости признака, проведен по следующей формуле:

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_P^2}$$

Где σ_P^2 – среднее квадратическое отклонение или фенотипическая вариация признаков;

σ_G^2 – аддитивная генетическая вариация признаков.

Результаты исследований

Для ведения эффективной селекции необходимо выявлять взаимосвязи удою с молочным жиром и белком, признаками экстерьера и воспроизводства, а также другими хозяйственно полезными и экономически важными показателями. Ведение одностороннего отбора по молочной продуктивности часто приводит к снижению содержания качественных показателей, поэтому используют показатели выхода жира и белка с высокой положительной корреляцией с

удоем для одновременного их повышения. В исследованиях проведен расчет фенотипических и генетических корреляций, который показал (табл. 1), что наибольшая паратипическая взаимосвязь наблюдалась между удоем и выходом жира $r_p = 0,912$ при $p < 0,001$, удоем и выходом белка $r_p = 0,935$ при $p < 0,001$. Генетическая взаимосвязь удою и выхода жира оказалась несколько ниже, но тем не менее, высокодостоверной $r_g = 0,895$ при $p < 0,001$, а генетическая корреляция между удоем и выходом белка напротив выше $r_g = 0,960$ при $p < 0,001$. Высокая генетическая взаимосвязь между данными признаками указывает на аддитивное действие генов и явление плейотропии. Довольно низкие и недостоверные фенотипические корреляции отмечены между показателями молочной продуктивности и экстерьерными индексами, но при этом генетические взаимосвязи данных показателей оказались в основном достоверными. Так в случае взаимосвязи удою и выхода жира с индексом вымени UDC корреляции составили: $r_g = 0,146$ ($p < 0,01$) и $r_g = 0,128$ ($p < 0,01$) соответственно, что указывает на желательную взаимосвязь заложенного генетического потенциала высокопродуктивных по удою животных с наиболее оптимальными экстерьерными показателями вымени. Что касается индекса ног, низкая и недостоверная генетическая взаимосвязь выявлена с удоем – $r_g = 0,025$. Нужно отметить, что фенотипические и генетические корреляции совпадали по своему направлению за исключением выхода белка и индекса ног FLC: при отрицательной генетической взаимосвязи фенотипическая оказалась недостоверной, но положительной, и составила $r_p = 0,008$.

В процессе исследования рассчитаны фенотипические и генетические ковариансы (cov_p , cov_g), то есть среднее произведение отклонений исследуемых показателей от соответствующих средних. Как известно, их значения не всегда имеют одинаковую направленность. Это можно отметить в случае с выходом белка и индексом ног. Если фенотипическая коварианса имела значение $cov_p = -2,17$, то генетическая оказалась равна $+0,48$. Положительные значения как генетических, так и фенотипических коварианс отмечены между удоем и качественными показателями молока, при этом генетические значения оказались выше: $cov_{g(удой-жир)} = 32857,2$ и $cov_{g(удой-белок)} = 27019,1$ против $cov_{p(удой-жир)} = 11180,0$ и $cov_{p(удой-белок)} = 10220,0$. Напротив, значения фенотипических коварианс удою и экстерьерных индексов превышали их генетические значения

Таблица 1

Фенотипические и генетические корреляции хозяйственно полезных признаков первотелок айрширской породы (n=574)

Показатель	Удой, кг	Выход жира, кг	Выход белка, кг	UDC	FLC
Удой, кг		0,895***	0,960***	0,146***	0,025
Выход жира, кг	0,912***		0,923***	0,128**	-0,128**
Выход белка, кг	0,935***	0,912***		0,029	-0,149***
UDC	0,048	0,029	0,020		0,472***
FLC	0,004	-0,058	0,008	0,255***	

*Выше диагонали – генетические корреляции, ниже диагонали – фенотипические корреляции

Таблица 2

Результаты моделирования отбора в селекционную группу (n=574)

Группа	Удой, кг	Выход жира, кг	Выход белка, кг	UDC	FLC	I _{AVR}
Отобранная группа 10%	9076 ± 72,5	346,8 ± 3,02	288,6 ± 2,69	0,02 ± 0,14	0,14 ± 0,26	37,3 ± 1,61
Остальные животные	7177 ± 35,2	282,1 ± 1,44	236,9 ± 1,15	0,07 ± 0,04	0,04 ± 0,08	-1,7 ± 0,78
Разница между группами	1899***	64,7***	51,7***	-0,06	0,09	39,1***

$cov_{p(удой-UDC)} = 95,3$ и $cov_{p(удой-FLC)} = 13,35$ против $cov_{g(удой-UDC)} = 43,7$ и $cov_{g(удой-FLC)} = 8,2$.

В результате вычисления генетических и фенотипических varianс (σ_p^2, σ_G^2) рассчитаны коэффициенты наследуемости h^2 исследуемых признаков, которые помогают судить о степени гетерогенности стада и прогнозировать эффективность отбора. Коэффициент наследуемости по удою составил $h^2 = 0,506$, одной из причин довольно высокого показателя по данному признаку, вероятно, является факт использования для воспроизводства стада импортных производителей с высоким генетическим потенциалом, что способствовало повышению генетического разнообразия и продуктивных показателей за счёт отбора. Вместе с тем увеличилась степень генетического потенциала коров, связанная с улучшениями условий кормления и содержания. Коэффициенты наследуемости содержания жира и белка составили $h^2 = 0,350$ и $0,405$. Принято считать, что величина данных показателей по сравнению с коэффициентом наследуемости более высокая, но это характерно лишь для больших групп животных, в пределах же конкретных стад эта общая тенденция часто нарушается. Низкие коэффициенты наследуемости индексов вымени UDC и ног FLC $h^2 = 0,09$ и $h^2 = 0,02$ соответственно, обусловлены включением различных экстерьерных показателей, определяющих их, что значительно занижает уровень вычисляемых коэффициентов.

В результате последовательного вычис-

ления ряда систем уравнений на основе полученных результатов оценки селекционно-генетических параметров в исследуемой выборке рассчитаны субиндексы (SI) для молочной продуктивности, выхода жира и белка, индексов вымени и ног, которые имели вид:

$$SI_{удой} = 0.0471x_1 + 0.0020x_2 - 0.0006x_3 - 0.0001x_4 + 0.0001x_5;$$

$$SI_{жир} = 0.1244x_1 - 0.0605x_2 - 0.0014x_3 + 0.0002x_4 + 0.0001x_5;$$

$$SI_{белок} = 0.1244x_1 + 0.0605x_2 - 0.0014x_3 + 0.0002x_4 + 0x_5;$$

$$SI_{UDC} = 96.185x_1 + 4.5493x_2 - 1.8268x_3 + 1.0274x_4 + 0.0001x_5;$$

$$SI_{FLC} = 68.192x_1 - 6.8651x_2 - 4.7299x_3 - 0.0698x_4 + 1.0000x_5$$

Путем взвешивания субиндексов на экономическую ценность каждого признака проведена оценка весовых коэффициентов в соответствии с существующей на данный момент экономической ситуацией в регионе. Вместе с тем, руководствуясь закупочными ценами на сырое молоко, его качественные показатели, а так же учитывая затраты на его производство, установлены следующие экономические веса: для удою – 3; выхода жира – 3; выхода белка – 4; индекса вымени UDC – 1; индекса ног FLC - 1.

На основании полученных значений субиндексов построено итоговое уравнение продуктивно-экстерьерного селекционного индекса племенной ценности коров айрширской породы (I_{AVR}):

$$I_{AYR} = 18.60SI_{удой} + 1.71SI_{жир} + 1.14SI_{белок} + 0.96SI_{UDC} - 1.00SI_{FLC}$$

где I_{AYR} – индекс племенной ценности
 SI_n – субиндексы по показателям удою, выхода жира и белка, индексам вымени и ног

Обсуждение

При проведении моделирования отбора в селекционную группу с интенсивностью 10% лучших животных по построенному селекционному индексу I_{AYR} выявлена существенная разница между средними показателями двух исследуемых групп (табл. 2). Средний удой отобранной группы составил 9076 кг, выход жира -346,8 кг, выход белка -288,6 кг.

Установлено, что в отобранной группе коров превосходство по молочной продуктивности составило 1899 кг ($p < 0,001$) молока, выход молочного жира оказался больше на 64,7 кг ($p < 0,001$), а выход белка больше на 51,7 кг ($p < 0,001$). Несущественная и недостоверная разница сравниваемых групп отмечена по показателям индексов вымени и ног: -0,06 и 0,09 соответственно, что связано с низкой наследуемостью данных показателей и способствует более длительному процессу отбора по экстерьерным признакам. Но их включение в селекцию необходимо, так как даже незначительный сдвиг в сторону повышения генетического потенциала может оказаться единственно возможным способом для создания желательного типа животных.

Заключение

Индексная оценка животных, учитывающая генотипические и фенотипические особенности в популяции, а также экономическую значимость признаков в айрширских стадах и популяции в целом служит предпосылкой для разработки более совершенных методов и программ селекции. Применение продуктивно-экстерьерного индекса I_{AYR} в айрширских стадах молочного скота дает возможность получения наибольшей дополнительной экономической эффективности за счет повышения жирности и белковости молока, а также последовательного улучшения экстерьерных признаков животных.

Библиографический список

1. Кузнецов, В. М. Основы научных исследований в животноводстве / В. М. Кузнецов. – Киров НИИСХ Северо-Востока, 2006. - 568с.
2. Теоретические основы генетического совершенствования популяций животных. Руководство / С. Н. Харитонов, А. А. Сермягин, Е. Е. Мельникова, О. Ю. Осадчая, И. Н. Янчуков,

Н. С. Алтухова, А. Н. Ермилов, Ю. А. Иванов. – Дубровицы: ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2020. – 150с.

3. Контэ, А. Ф. Селекционно-генетические параметры продуктивности и оценка типа телосложения коров-первотелок голштинизированной черно-пестрой породы / А. Ф. Контэ, А.А. Сермягин, А. Н. Ермилов // Аграрный вестник Юго-Востока. - 2020. - № 1(24). - С. 37-39.

4. Селекционно-генетические параметры популяции животных палево-пестрого скота в российской федерации / С. Н. Харитонов, А. А. Сермягин, Л. П. Игнатъева, Е. Е. Мельникова, О. Ю. Осадчая // Генетика и разведение животных. - 2019. - № 2. - С. 63-70.

5. Селекционный индекс как экономическая составляющая основы племенной работы в молочном скотоводстве / Е. Е. Мельникова, С. Н. Харитонов, И. Н. Янчуков, Л. В. Ионова, А. Н. Ермилов, А. А. Сермягин, Н. А. Зиновьева // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. - 2018. - № 8. - С. 29-33.

6. Мировые тенденции в селекции молочного скота / К. И. Лукьянов, В. А. Солошенко, И. И. Клименок, Н. С. Юдин // Генетика и разведение животных. - 2015. - № 3. - С. 63-69.

7. Тулинова, О. В. Связь экстерьерной оценки с кровностью по родственным породам, участвующим в формировании генотипа животных / О. В. Тулинова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2020. - № 3(51). - С. 185-191.

8. Васильева, Е. Н. Экстерьерные особенности айрширских первотелок разной селекции / Е. Н. Васильева // Генетика и разведение животных. - 2018. - № 3. - С. 51-56.

9. Экстерьерные признаки айрширских коров разных региональных популяций и их связь с молочной продуктивностью / Е. А. Смотрова, Н. И. Абрамова, В. В. Березина, Е. В. Крысова // Генетика и разведение животных. - 2019. - № 2. - С. 17-23.

10. Сергеев, С. М. Селекционно-генетическая статистика – ВНИИГРЖ. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ, № 2015663613 / С. М. Сергеев, О. В. Тулинова. - 2015.

11. Economic assessment of Holstein-Friesian dairy cows of divergent Economic Breeding Index evaluated under seasonal calving pasture-based management / M. O'Sullivan, L. Shalloo, K. Pierce, F. Buckley // Journal of Dairy Science. NOV. - 2020. – Vol. 103, № 11. – P.10311-10320. - DOI: 10.3168/jds.2019-17544

12. Cole, J. B. Symposium review: Possibilities in an age of genomics: The future of selection indices / J. B. Cole, P. M. VanRaden // *Journal of Dairy Science*. APR. - 2018. - Vol. 101, № 4. - P.3686-3701. - DOI: 10.3168/jds.2017-13335

13. Evans, R. D. Genetic parameters for production and fertility in spring-calving Irish dairy cattle / R. D. Evans, F. Buckley, P. Dillon // *Irish*

journal of agricultural and food research. JUN. - 2002. – Vol. 41, № 1. - P.43-54.

14. Hazel, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes / L. N. Hazel // *Genetics*. NOV. – 1943. – Vol. 28, № 6. - P.476-490.

15. Henderson, C. R. Recent developments in variance and covariance estimation / C. R. Henderson // *Journal of animal science*. JUL. – 1986. ¶ Vol. 63, № 1. - P.208-216.

BREEDING INDEX MODELING FOR AIRSHIRE DAIRY CATTLE WITH APPLICATION OF EXTERIOR PARAMETRES

Romanova E.A., Tulinova O.V.

All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Animal Breeding - VIZh named after Academician L. K. Ernst"
196601, St. Petersburg, Tyarlevo village, Moskovskoe dr., 55a, tel.: 8 (812) 451-76-63, e-mail: splicing86@gmail.com, tulinova_59@mail.ru

Key words: index selection, exterior, BLUP, variance, covariances, correlation, heritability coefficient, Ayrshire breed

The article presents results of selection efficiency of potential parents in Ayrshire breed using IAYR multiple-factor selection index, which includes productivity traits such as milk yield, fat and protein yield and integrated exterior parameters: UDC udder index and FLC leg index. As an original data array, a sample was generated with parameters for milk productivity and exterior characteristics of 574 Ayrshire first-calf heifers, which are daughters of 21 bulls from the leading breeding farm of Leningrad region. Calculation of phenotypic and genetic correlations was carried out in the course of the study, which revealed the greatest paratypical relationship between milk yield and fat yield $r_p = 0.912$ at $p < 0.001$, and the highest genetic relationship was noted between milk yield and protein yield $r_g = 0.960$ at $p < 0.001$. A high value of heritability coefficient for milk yield was established, which amounted to $h^2 = 0.506$, which is connected with usage of imported servicing bulls with high genetic potential for herd reproduction. To determine the values of index weight coefficients, the variance and covariance components of variability of the studied parameters were calculated. Economic components of the parameters included in the developed equation are formed. As a result of selection modeling with an intensity of 10% according to the constructed equation of the productive-exterior index IAYR, a significant and reliable advantage in milk production by 1899 kg of milk was established in comparison with other animals, in terms of fat yield - by 64.7 kg and protein yield - by 51.7 kg.

Bibliography

1. Kuznetsov, V.M. *Fundamentals of scientific research in animal husbandry* / V.M. Kuznetsov. - Kirov: Research Institute of Agriculture of the North-East, 2006. - 568p.
2. *Theoretical foundations of genetic improvement of animal populations. Manual* / S. N. Kharitonov, A. A. Sermyagin, E. E. Melnikova, O. Yu. Osadchaya, I. N. Yanchukov, N. S. Altukhova, A. N. Ermilov, Yu. A. Ivanov. - Dubrovitsy: FSBEI Federal Research Center of Livestock - VIZh named after academician L.K. Ernst., 2020. -- 150p.
3. Konte, A. F. Selection and genetic parameters of productivity and assessment of first-calf heifer body type of the Holsteinized black-and-white breed / A. F. Konte, A. A. Sermyagin, A. N. Ermilov // *Agrarian Vestnik of the South-East ...* - 2020. - No. 1 (24). - P. 37-39.
4. Selection and genetic parameters of pale-spotted cattle population in the Russian Federation / S. N. Kharitonov, A. A. Sermyagin, L. P. Ignatieva, E. E. Melnikova, O. Yu. Osadchaya // *Genetics and breeding of animals*. - 2019. - No. 2. - P. 63-70.
5. Selection index as an economic component of the basis of selection work in dairy farming / E. E. Melnikova, S. N. Kharitonov, I. N. Yanchukov, L. V. Ionova, A. N. Ermilov, A. A. Sermyagin, N. A. Zinovieva // *Economy of agricultural and processing enterprises*. - 2018. - No. 8. - P. 29-33.
6. World tendencies in dairy cattle breeding / K.I. Lukyanov, V.A. Soloshenko, I.I. Klimenok, N.S. Yudin // *Genetics and breeding of animals*. - 2015. - No. 3. - P. 63-69.
7. Tulinova, O.V. Connection of the exterior assessment with blood of the affined breeds which participate in genotype formation of animals / O.V. Tulinova // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. - 2020. - No. 3 (51). - P. 185-191.
8. Vasilieva, E.N. Exterior traits of Ayrshire heifers of different breeding / E.N. Vasilieva // *Genetics and animal breeding*. - 2018. - No. 3. - P. 51-56.
9. Exterior traits of Ayrshire cows of different regional populations and their connection with milk productivity / E. A. Smotrova, N. I. Abramova, V. V. Berezina, E. V. Krysova // *Genetics and animal breeding*. - 2019. - No. 2. - P. 17-23.
10. Sergeev, S.M. Selection and genetic statistics - All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals. Certificate of state registration of a computer program of the Russian Federation, No. 2015663613 / S. M. Sergeev, O. V. Tulinova. - 2015.
11. Economic assessment of Holstein-Friesian dairy cows of divergent Economic Breeding Index evaluated under seasonal calving pasture-based management / M. O'Sullivan, L. Shalloo, K. Pierce, F. Buckley // *Journal of Dairy Science*. NOV. - 2020. - Vol. 103, No. 11. - P.10311-10320. - DOI: 10.3168/jds.2019-17544
12. Cole, J. B. Symposium review: Possibilities in an age of genomics: The future of selection indices / J. B. Cole, P. M. VanRaden // *Journal of Dairy Science*. APR. - 2018. - Vol. 101, No. 4. - P.3686-3701. - DOI: 10.3168/jds.2017-13335
13. Evans, R. D. Genetic parameters for production and fertility in spring-calving Irish dairy cattle / R. D. Evans, F. Buckley, P. Dillon // *Irish journal of agricultural and food research*. JUN. - 2002. - Vol. 41, No. 1. - P.43-54.
14. Hazel, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes / L. N. Hazel // *Genetics*. NOV. - 1943. - Vol. 28, No. 6. - P.476-490.
15. Henderson, C. R. Recent developments in variance and covariance estimation / C. R. Henderson // *Journal of animal science*. JUL. - 1986. - Vol. 63, No. 1. - P.208-216.