

ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ /
RESEARCH ACTIVITY OF YOUNG SCIENTISTS

Научная статья / *Original article*

УДК 636.2.034:57.087.1

DOI: 10.31208/2618-7353-2024-27-77-89

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ
КОРОВ КРАСНОЙ СТЕПНОЙ ПОРОДЫ НА ОСНОВЕ
КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ И РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ**

***THE PREDICTION OF RED STEPPE COWS DAIRY PRODUCTIVITY
BASED ON CORRELATION RELATIONSHIP
AND REGRESSION MODELS***

Елена Ю. Анисимова, кандидат биологических наук
Екатерина В. Карпенко, кандидат биологических наук
Владимир С. Гришин, кандидат сельскохозяйственных наук
Наталья А. Ткаченко, аспирант
Елена Ю. Лазарева, младший научный сотрудник
Мария А. Орехова, лаборант-исследователь

Elena Yu. Anisimova, PhD (Biology)
Ekaterina V. Karpenko, PhD (Biology)
Vladimir S. Grishin, PhD (Agriculture)
Natalia A. Tkachenkova, Postgraduate student
Elena Yu. Lazareva, Junior Researcher
Maria A. Orekhova, Research Lab Assistant

Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, Волгоград

*Volga Region Research Institute of Manufacture
and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia*

Контактное лицо: Анисимова Елена Юрьевна, ведущий научный сотрудник, комплексная аналитическая лаборатория, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6;
e-mail: elanis1009@mail.ru; тел.: 8 (8442) 39-35-66; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7508-3897>.

Для цитирования: Анисимова Е.Ю., Карпенко Е.В., Гришин В.С., Ткаченко Н.А., Лазарева Е.Ю., Орехова М.А. Прогнозирование молочной продуктивности коров красной степной породы на основе корреляционных связей и регрессионных моделей // Аграрно-пищевые инновации. 2024. Т. 27, № 3. С. 77-89.
<https://doi.org/10.31208/2618-7353-2024-27-77-89>.

Principal Contact: Elena Yu. Anisimova, Leading Researcher, Complex Analytical Laboratory, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation;
e-mail: elanis1009@mail.ru; tel.: +7 (8442) 39-35-66; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7508-3897>.

For citation: Anisimova E.Yu., Karpenko E.V., Grishin V.S., Tkachenkova N.A., Lazareva E.Yu., Orekhova M.A. The prediction of Red Steppe cows dairy productivity based on correlation relationship and regression models. *Agrarno-pishchevye innovacii = Agrarian-and-food innovations*. 2024;27(3):77-89. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31208/2618-7353-2024-27-77-89>.

Резюме

Цель. Установление величины и достоверности корреляционных связей между гематологическими показателями, интенсивностью трансформации азота, кальция и фосфора, коэффи-

циентами переваримости сухого вещества, сырого протеина, сырой клетчатки и уровнем молочной продуктивности коров красной степной породы, разводимых в Волгоградской области, для сильных корреляционных связей – построение регрессионных уравнений линейной зависимости.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт проводили в условиях промышленного комплекса по выращиванию молочного скота красной степной породы и производству молока «Племенной завод-колхоз им. Ленина». По принципу аналогов были подобраны 20 лактирующих коров-первотелок со средней живой массой $490,0 \pm 1,54$ кг. Показатели изучались с начала лактационного периода в течение первых трех месяцев (90 дней). Переваримость питательных веществ кормов у лактирующих коров оценивали по результатам балансового опыта в соответствии с рекомендациями Всероссийского института животноводства. Молочную продуктивность регистрировали индивидуально от каждой коровы еженедельно на основании контрольных доек, содержание жира и белка в молоке определяли на автоматизированном измерительном комплексе «Лактан» (ООО ВПК «СибagroПРИБОР», Россия). Морфологический анализ крови проводили на автоматическом анализаторе URIT-3020 Vet (Urit Medical Electronic Co., Ltd., Китай), биохимический анализ – на полуавтоматическом анализаторе URIT-800 Vet (Urit Medical Electronic Co., Ltd., Китай), аскорбиновую кислоту в сыворотке крови определяли на хроматографе Agilent 1200 (Agilent Technologies Inc., США).

Результаты. Наиболее высокий коэффициент положительной корреляции установлен между массовой долей железа и содержанием гемоглобина в крови лактирующих коров. С уровнем удоя самая высокая положительная связь установлена для количества эритроцитов. Выявлены высокие положительные связи между уровнями потребления кальция и фосфора из корма, содержанием их в крови, молоке и удоем. Очень сильная положительная корреляция установлена между содержанием общего белка в сыворотке крови лактирующих коров и их удоем, в то время как между белковомолочностью и обильномолочностью – слабая отрицательная. Установлена сильная положительная связь между содержанием жира в молоке и переваримостью сухого вещества корма, а также между переваримостью сырого протеина корма и удоем. На основании полученных данных были построены регрессионные уравнения линейной зависимости между изученными показателями для прогнозирования количественных и качественных признаков продуктивности.

Заключение. Использование коэффициентов корреляции и регрессии, а также методов дисперсионного и регрессионного анализа дает возможность селекционерам оценить взаимосвязь между различными признаками и принимать обоснованные решения относительно способов повышения продуктивных показателей животных. Понимание коррелятивных связей и их использование в селекционной работе позволяет проводить тандемную селекцию по нескольким признакам одновременно. Таким образом, выполненные исследования имеют не только научную, но и практическую значимость.

Ключевые слова: корреляция, лактация, молочное скотоводство, обмен веществ, удой, уравнение регрессии

Abstract

Purpose. The estimation of the value and probability level of correlations between hematological parameters, nitrogen, calcium and phosphorus balances, the digestibility of dry matter, crude protein, crude fiber and the dairy productivity of Red Steppe cows bred in Volgograd region, the regression equations of linear dependence were found for high correlations.

Materials and Methods. The scientific and economic experiment was conducted in the conditions of the industrial complex for raising dairy cattle of the Red Steppe breed and producing milk "Lenin

Breeding Plant-Collective Farm". According to the principle of analogues, 20 lactating first-calf cows with an average live weight of 490.0 ± 1.54 kg were selected. The indicators were studied from the beginning of the lactation period during the first three months (90 days). The digestibility of nutrients in feed in lactating cows was assessed based on the results of the balance experiment in accordance with the recommendations of the All-Russian Institute of Animal Husbandry. Milk productivity was recorded individually for each cow every ten days based on control milkings, the fat and protein content in milk was determined on the automated measuring complex "Laktan" (OOO VPK "SibagroPRIBOR", Russia). Morphological blood analysis was performed on the automatic analyzer URIT-3020 Vet (Urit Medical Electronic Co., Ltd., China), biochemical analysis – on the semi-automatic analyzer URIT-800 Vet (Urit Medical Electronic Co., Ltd., China), ascorbic acid in blood serum was determined on the chromatograph Agilent 1200 (Agilent Technologies Inc., USA).

Results. *The highest positive correlation coefficient between the serum iron level and the hemoglobin content in the blood of lactating cows was established. Also the highest positive relationship between milk yield and red blood cells was found. The correlations between dietary calcium and phosphorus intake, its levels in serum, in milk and milk yield were very strong or complete and statistically very significant. The correlation coefficient between serum total protein and milk yield was very strong, meanwhile a weak negative correlation between milk protein content and milk yield was found. A strong positive relationship was established between milk fat content and dry matter digestibility, as well as between crude protein digestibility and milk yield. Linear regression equations based on the data obtained were modeling aimed to predict quantitative and qualitative indicators of milk productivity.*

Conclusion. *The use of correlation coefficients and linear regression models, as well as variance and regression analysis, allows dairy breeders to assess the relationship between different traits and make informed decisions about ways to increase the productive performance of cows. Understanding correlative relationships and their use in breeding work makes it possible to carry out tandem breeding of a lot of parameters at the same time. Therefore, this research has not only scientific, but also practical significance.*

Keywords: *correlation, lactation, dairy husbandry, metabolism, milk yield, regression equation*

Введение. В Российской Федерации и в Волгоградской области, в частности, селекционная работа сосредоточена на улучшении таких важных характеристик, как молочная продуктивность. Коррелятивные связи между различными признаками скота, особенно с удоем, имеют большое значение для селекционеров. Это позволяет им определить, какие признаки могут влиять на производство молока, и как эти знания можно использовать для улучшения качества и увеличения количества молочной продукции. Например, если установлена положительная корреляция между удоем и другими признаками, такими как общее здоровье животного или его питание, селекционеры могут использовать эту информацию для разработки программ питания и ухода, которые будут способствовать увеличению молочной продуктивности. Таким образом, понимание этих связей является ключевым для успеха в селекционной работе. На сегодняшний день наиболее изученным аспектом является коррелятивная связь между удоем и массовой долей белка и жира в молоке коров различных пород (Foksha V et al., 2020; Федосеева Н.А. и др., 2020; Мухтарова О.М., 2022; Прищеп Е.А. и др., 2024); некоторыми воспроизводительными характеристиками, живой массой и молочной продуктивностью (Бакай Ф.Р. и Мкртчян Г.В., 2021; Кадзаева З.А., 2021; Троценко И.В. и Иванова И.П., 2022; Akhtamova MT et al., 2023); между продуктивностью, параметрами линейной оценки экстерьера, молочными формами коров различных пород (Батанов С.Д. и др., 2019; Смотрова Е.А. и др., 2019; Игнатьева Н.Л. и Лаврентьев А.Ю., 2020); между коэффициентом

молочности, технологическими свойствами вымени, продолжительностью продуктивного использования и пожизненным удоём (Анисимова Е.И. и Катмаков П.С., 2018).

Согласно общепринятой классификации, выделяют отсутствие связи (при коэффициенте корреляции r от 0,00 до 0,10), очень слабую связь (0,10-0,25), слабую (0,25-0,40), умеренную (0,40-0,50), сильную (0,50-0,75), очень сильную (0,75-0,90), коэффициент корреляции от 0,95 до 1 указывает на наличие функциональной связи, где одна переменная полностью зависит от другой (Petrovic DM et al., 2012).

Так, у лактирующих коров голштинской и красной степной пород были установлены корреляционные связи между удоём и содержанием жира и белка в молоке (слабые отрицательные), а также между содержанием жира и белка в молоке (очень слабая положительная); между удоём и валовым количеством молочного жира и белка (высокая положительная); между молочной продуктивностью и индифференс-периодом – очень слабая положительная, при этом между молочной продуктивностью и сервис-периодом – высокая положительная; сильная отрицательная – между обильномолочностью и коэффициентом воспроизводительной способности (Троценко И.В. и Иванова И.П., 2022). По мнению исследователей, наличие в стаде особей, сочетающих изучаемые признаки, свидетельствует о возможности путем подбора и отбора получать животных с положительной связью для повышения продуктивности лактирующего поголовья (Прищеп Е.А. и др., 2024).

Корреляционный анализ показал наличие взаимосвязей различного характера между обильномолочностью и некоторыми промерами, а также между удоём и живой массой голштинизированных коров черно-пестрой породы в зависимости от их происхождения (Игнатъева Н.Л. и Лаврентьев А.Ю., 2020). Установлено наличие очень слабой связи либо её отсутствие между удоём, качественными показателями молока и экстерьерными признаками, слабая положительная связь между экстерьерным индексом телосложения и продуктивным индексом (Батанов С.Д. и др., 2019). Выявлены также взаимосвязи показателей живой массы и морфофункциональных особенностей вымени с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы: установлена положительная корреляция между живой массой и удоём за лактацию, а также между размером вымени и молочной продуктивностью; отрицательная корреляция – между величиной удоя и содержанием жира и белка в молоке коров (Akhtamova MT et al., 2023).

Установлены корреляционные связи между коэффициентами молочности коров симментальской породы различных производственных типов, удоями (высокая положительная), содержанием жира в молоке (слабая положительная), живой массой (слабая положительная по первой лактации, недостоверно слабая отрицательная – по второй и третьей), продолжительностью продуктивного использования и пожизненным удоём коров (положительная), экстерьером вымени и интенсивностью молокоотдачи (слабая положительная) (Анисимова Е.И. и Катмаков П.С., 2018). Слабая положительная корреляция выявлена между обильномолочностью, шириной задних и длиной передних долей вымени, глубиной тела и молочных форм; при этом между положением таза и удоём – очень слабая отрицательная связь (Смотров Е.А. и др., 2019). Сообщается также о наличии положительной корреляции между развитием тёлочек при выращивании и их будущей продуктивностью (Кадзаева З.А., 2021).

Важно помнить, что хотя коэффициент корреляции может указывать на наличие связи, он не обязательно указывает на причинно-следственную связь (Foksha V et al., 2020). Для более глубокого понимания взаимосвязей между признаками необходимо проводить дополнительные исследования, включая эксперименты и долгосрочные наблюдения. Кроме того, на силу связи оказывают влияние породный и наследственный фактор, а также условия, в кото-

рых может быть реализован генетический потенциал животного (Троценко И.В. и Иванова И.П., 2022).

Таким образом, основной путь изменения корреляций в стаде – выявление быков, дающих дочерей с желательным типом взаимосвязи, и широкое их использование. Отбор таких производителей и спаривание с животными, сочетающими повышенные показатели молочной продуктивности, окажут положительное влияние на характер корреляций между признаками и, как следствие, на величину абсолютных показателей молочной продуктивности и получение животных, сочетающих желательные качества (Мухтарова О.М., 2022).

Однако до сих пор недостаточно изученным остается вопрос взаимосвязи таких физиологических показателей, как степень усвоения питательных веществ кормов, баланс азота, обмен кальция и фосфора в организме лактирующих животных, гематологические параметры с уровнем их молочной продуктивности.

В связи с этим **целью** работы являлось установление величины и достоверности корреляционных связей между гематологическими показателями, интенсивностью трансформации азота, кальция и фосфора, коэффициентами переваримости сухого вещества, сырого протеина, сырой клетчатки и уровнем молочной продуктивности коров красной степной породы, разводимых в Волгоградской области, для высоких коэффициентов корреляции построение регрессионных уравнений линейной зависимости.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2023 году в условиях промышленного комплекса по выращиванию молочного скота красной степной породы и производству молока «Племенной завод-колхоз им. Ленина», расположенного в южной части России с резко континентальным климатом.

Для изучения корреляционных связей между перечисленными показателями по принципу аналогов были подобраны 20 лактирующих коров-первотелок. Средняя живая масса животных была $490,0 \pm 1,54$ кг. Все животные были клинически здоровыми и содержались в одинаковых условиях.

Показатели изучались с начала лактационного периода в течение первых трех месяцев (90 дней). Объем рациона был рассчитан для коров массой 500 кг с уровнем молочной продуктивности 18 кг в сутки.

Переваримость питательных веществ кормов у лактирующих коров оценивали по результатам балансового опыта в соответствии с рекомендациями Всероссийского института животноводства. В течение пяти дней подряд до окончания эксперимента отбирали репрезентативные пробы молока, мочи и кала для изучения химического состава, усвояемости и среднесуточного баланса азота. Коэффициенты кажущейся усвояемости (ДС, %) оценивали с использованием уравнения:

$$ДС = \frac{\text{количество потребленного} - \text{количество выделенного}}{\text{количество потребленного}} \cdot 100\%.$$

Молочную продуктивность регистрировали индивидуально от каждой коровы еженедельно на основании контрольных доек, содержание жира и белка в молоке определяли на автоматизированном измерительном комплексе «Лактан» (ООО ВПК «СибagroПРИБОР», Россия).

Гематологические показатели подопытных животных определяли в начале и в конце опыта. Для этого из яремной вены отбирали пробы крови в две вакуумные пробирки по 5 мл: с консервантом – для морфологического анализа на автоматическом анализаторе URIT-3020 Vet (Urit Medical Electronic Co., Ltd., Китай), и без консерванта – для биохимического анализа на полуавтоматическом анализаторе URIT-800 Vet (Urit Medical Electronic Co., Ltd., Китай). В

крови лактирующих коров определяли содержание эритроцитов, гемоглобина, общего белка, железа. Аскорбиновую кислоту в сыворотке крови определяли методом ВЭЖХ на хроматографе Agilent 1200 (Agilent Technologies Inc., США). Для получения сыворотки образцы крови без консерванта выдерживали при 30°C в течение часа, затем центрифугировали в течение 15 минут при 4°C и оборотах 3000 на центрифуге Sigma 2-16KL (Sigma Laborzentrifugen GmbH, Германия).

Статистическую обработку полученных данных выполняли в программе Statistica 10.0 (Statsoft Inc., USA). Оценку корреляционных связей между изучаемыми показателями проводили с использованием коэффициента Пирсона с учетом нормальности распределения данных на основании теста Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса и W-критерия Шапиро-Уилка. Наличие статистически значимой разницы устанавливалось при: *** = $P \leq 0,001$; ** = $P \leq 0,01$; * = $P \leq 0,05$. Уравнения регрессии между признаками в случае линейного характера связи строили на основе формулы: $y = a + b \cdot x$, где y и x – анализируемые признаки, a – свободный член уравнения, b – коэффициент регрессии.

Результаты и обсуждение. Значения коэффициента корреляции помогают понять степень линейной зависимости между двумя переменными. Полученную информацию можно использовать для прогнозирования одного признака на основе другого или для выявления потенциальных причинно-следственных связей (Горлов И.Ф. и др., 2023).

Для достижения поставленной цели были рассчитаны коэффициенты корреляции между содержанием эритроцитов, общего белка, железа, аскорбиновой кислоты в крови, кальция и фосфора в корме, крови, молоке, переваримостью сухих веществ, сырого протеина и сырой клетчатки, белка и жира в молоке, величиной удоя.

В результате выполненных исследований установлены очень сильные положительные связи (таблица 1) между содержанием эритроцитов, гемоглобина, железа, аскорбиновой кислотой в крови лактирующих коров и их удоем.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции между гематологическими показателями и уровнем продуктивности коров (r)

Table 1. Correlation coefficients between hematological indices and the milk yield (r)

Показатель <i>Parameter</i>	Hb	Fe	RBC	АК <i>AA</i>	Удой (90 дн.) <i>Milk yield (90 DIM)</i>
Hb	-	+0,961***	+0,955***	+0,887***	+0,801***
Fe	+0,961***	-	+0,955***	+0,924***	+0,797***
RBC	+0,955***	+0,955***	-	+0,896***	+0,877***
АК <i>AA</i>	+0,887***	+0,924***	+0,896***	-	+0,831***
Удой (90 дн.) <i>Milk yield (90 DIM)</i>	+0,801***	+0,797***	+0,877***	+0,831***	-

Примечание / Notice: Hb = гемоглобин / Hemoglobin
RBC = эритроциты / Red Blood Cells
АК / AA = аскорбиновая кислота / Ascorbic Acid
DIM = дней лактации / Days in Milk

Изучение взаимосвязи между гематологическими показателями и продуктивностью молочного скота имеет большое значение, так как данные признаки отражают способность животного к молокообразованию (Игнатьева Н.Л. и Лаврентьев А.Ю., 2020).

Наиболее высокий коэффициент положительной корреляции установлен между массовой долей железа и содержанием гемоглобина в крови лактирующих коров (+0,96, $P \leq 0,001$). С уровнем удоя самая высокая положительная связь установлена для количества эритроцитов (+0,88, $P \leq 0,001$).

Известно, что степень усвоения питательных веществ из кормов, баланс азота, обмен кальция и фосфора в организме коров играет решающую роль в процессе их жизнедеятельности, способствует улучшению общего состояния здоровья, увеличению удоев и повышению качества молока. Выявлены высокодостоверные очень сильные положительные связи между потреблением кальция и фосфора из корма, их содержанием в крови, в молоке и удоем (таблицы 2 и 3).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между уровнем потребления кальция, его содержанием в крови, молоке и уровнем продуктивности коров (r)

Table 2. Correlation coefficients between dietary calcium intake, serum calcium level, calcium content in milk and the milk yield (r)

Показатель <i>Parameter</i>	Ca (потребл.) <i>Ca (intake)</i>	Ca (кровь) <i>Ca (serum)</i>	Ca (молоко) <i>Ca (milk)</i>	Удой (90 дн.) <i>Milk yield (90 DIM)</i>
Ca (потребл.) <i>Ca (intake)</i>	-	0,877***	0,867***	0,853***
Ca (кровь) <i>Ca (serum)</i>	0,877***	-	0,813***	0,930***
Ca (молоко) <i>Ca (milk)</i>	0,867***	0,813***	-	0,916***
Удой (90 дн.) <i>Milk yield (90 DIM)</i>	0,853***	0,930***	0,916***	-

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между уровнем потребления фосфора, его содержанием в крови, молоке и уровнем продуктивности коров (r)

Table 3. Correlation coefficients between dietary phosphorus intake, serum phosphorus level, phosphorus content in milk and the milk yield (r)

Показатель <i>Parameter</i>	P (потребл.) <i>P (intake)</i>	P (кровь) <i>P (serum)</i>	P (молоко) <i>P (milk)</i>	Удой (90 дн.) <i>Milk yield (90 DIM)</i>
P (потребл.) <i>P (intake)</i>	-	0,907***	0,924***	0,936***
P (кровь) <i>P (serum)</i>	0,907***	-	0,881***	0,900***
P (молоко) <i>P (milk)</i>	0,924***	0,881***	-	0,960***
Удой (90 дн.) <i>Milk yield (90 DIM)</i>	0,936***	0,900***	0,960***	-

При этом следует отметить, что, согласно исследованиям баланса азота в организме лактирующих коров и уровнем удоя за период опыта, связь между белкомолочностью и обильномолочностью – слабая отрицательная, что может свидетельствовать о тенденции одностороннего отбора животных в хозяйстве по второму признаку без учета первого. Таким образом, чтобы повысить содержание белка в молоке необходимо проводить отбор матерей и подбор быков-производителей с учетом не только их молочной продуктивности, но и каче-

ственных характеристик молока. Сильная положительная корреляция установлена между содержанием общего белка в сыворотке крови лактирующих коров и их удоем (таблица 4).

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между уровнем потребления азота, общего белка крови, белка в молоке и уровнем продуктивности коров (r)

Table 4. Correlation coefficients between dietary nitrogen intake, serum total protein, total protein in milk and the milk yield (r)

Показатель <i>Parameter</i>	N (потребл.) <i>N (intake)</i>	ОБ (кровь) <i>STP</i>	Б (молоко) <i>PIM</i>	Удой (90 дн.) <i>Milk yield (90 DIM)</i>
N (потребл.) <i>N (intake)</i>	-	0,077 ^{ns}	-0,016 ^{ns}	0,063 ^{ns}
ОБ (кровь) <i>STP</i>	0,077 ^{ns}	-	-0,010 ^{ns}	0,824 ^{ns}
Б (молоко) <i>PIM</i>	-0,016 ^{ns}	-0,010 ^{ns}	-	-0,282 ^{ns}
Удой (90 дн.) <i>Milk yield (90 DIM)</i>	0,063 ^{ns}	0,824 ^{ns}	-0,282 ^{ns}	-

Примечание / Notice: ОБ (кровь) / *STP* = Общий белок сыворотки крови / *Serum Total Protein*;
Б (молоко) / *PIM* = белок молока / *Protein in Milk*

С целью анализа влияния эффективности использования основных питательных веществ корма (сухого вещества, сырого протеина, сырой клетчатки) на уровень обильномолочности, белковомолочности и жирномолочности были рассчитаны коэффициенты корреляции, приведенные в таблице 5. Установлена сильная положительная связь между содержанием жира в молоке и переваримостью сухого вещества корма (+0,57, $P \leq 0,01$), а также между переваримостью сырого протеина корма и удоем (+0,50, $P \leq 0,05$).

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между переваримостью сухого вещества, сырого протеина и сырой клетчатки корма, содержанием белка, жира в молоке и уровнем продуктивности коров (r)

Table 5. Correlation coefficients between digestibility of dry matter, crude protein, crude fiber, milk fat, protein in milk, in milk and the milk yield (r)

Показатель <i>Parameter</i>	Жир <i>Milk fat</i>	Белок <i>Milk protein</i>	Удой (90 дн.) <i>Milk yield (90 DIM)</i>
ПСВ <i>DMD</i>	0,567**	0,272 ^{ns}	0,150 ^{ns}
ПСП <i>CPD</i>	0,363 ^{ns}	0,145 ^{ns}	0,499*
ПСК <i>CFD</i>	0,294 ^{ns}	0,061 ^{ns}	0,255 ^{ns}

Примечание / Notice: ПСВ / *DMD* = переваримость сухого вещества / *Digestibility of Dry Matter*;
ПСП / *CPD* = переваримость сырого протеина / *Digestibility of Crude Protein*;
ПСК / *CFD* = переваримость сырой клетчатки / *Digestibility of Crude Fiber*

Таким образом, интегрированный подход к кормлению и управлению рационами может способствовать повышению продуктивности и улучшению здоровья животных. При проявлении положительной корреляционной связи улучшение одного из показателей способствует

улучшению другого, при отрицательной – ведет к ухудшению, при слабой связи или её отсутствии динамика показателей взаимонезависима.

Известно, что построение регрессионных уравнений дает возможность осуществлять прогнозирование количественных и качественных признаков продуктивности (Горлов И.Ф. и др., 2017), в связи с чем были построены модели линейной зависимости между изученными показателями (таблица 6).

Таблица 6. Регрессионные уравнения линейной зависимости между изученными показателями
Table 6. Linear regression equations for studied parameters

$y(x) = a+b \cdot x$
$Fe(Hb) = -66,23+0,78 \cdot Hb$
$RBC(Hb) = -7,80+0,12 \cdot Hb$
$AK(Hb) = -90,07+0,95 \cdot Hb$
$удой(Hb) = -4132,0+49,6 \cdot Hb$
$Fe(RBC) = -15,30+5,95 \cdot RBC$
$Fe(AK) = 9,492+0,694 \cdot AK$
$удой(Fe) = 177,39+61,26 \cdot Fe$
$AK(RBC) = -28,23+7,43 \cdot RBC$
$удой(RBC) = -1120,0+419,7 \cdot RBC$
$удой(AK) = 647,93+47,98 \cdot AK$
$Ca_{\text{кровь}}(Ca_{\text{корм}}) = 0,163+0,026 \cdot Ca_{\text{корм}}$
$Ca_{\text{молоко}}(Ca_{\text{корм}}) = -510,2+16,9 \cdot Ca_{\text{корм}}$
$удой(Ca_{\text{корм}}) = -1500,0+31,0 \cdot Ca_{\text{корм}}$
$Ca_{\text{молоко}}(Ca_{\text{кровь}}) = -295,3+538,6 \cdot Ca_{\text{кровь}}$
$удой(Ca_{\text{кровь}}) = -1550,0+1145,9 \cdot Ca_{\text{кровь}}$
$удой(Ca_{\text{молоко}}) = -416,2+1,7 \cdot Ca_{\text{молоко}}$
$P_{\text{кровь}}(P_{\text{корм}}) = 0,83+0,02 \cdot P_{\text{корм}}$
$P_{\text{молоко}}(P_{\text{корм}}) = 41,569+18,007 \cdot P_{\text{корм}}$
$удой(P_{\text{корм}}) = -474,4+45,3 \cdot P_{\text{корм}}$
$P_{\text{молоко}}(P_{\text{кровь}}) = -495,40+783,96 \cdot P_{\text{кровь}}$
$удой(P_{\text{кровь}}) = -1856,0+1990,8 \cdot P_{\text{кровь}}$
$удой(P_{\text{молоко}}) = -463,3+2,4 \cdot P_{\text{молоко}}$
$удой(OB_{\text{кровь}}) = -5248,0+84,1 \cdot OB_{\text{кровь}}$
$Ж(ПСВ) = 1,755+0,031 \cdot ПСВ$
$У(ПСП) = -1036,0+41,7 \cdot ПСП$

Данные регрессионные уравнения линейной зависимости позволяют прогнозировать показатели, указанные в левой части уравнения, имея информацию о показателях, указанных в правой его части. Соответственно, содержание эритроцитов, общего белка, железа, аскорбиновой кислоты в крови, кальция и фосфора в корме, крови, молоке, переваримость сухих веществ и сырого протеина, жира в молоке, величина удоя находятся в определенной линейной зависимости, могут быть описаны с помощью указанных уравнений и спрогнозированы.

Заключение. Использование коэффициентов корреляции и регрессии, а также методов дисперсионного и регрессионного анализа позволяет селекционерам оценить взаимосвязь между различными признаками и принимать обоснованные решения относительно способов повышения продуктивных показателей животных. Понимание коррелятивных связей и их

использование в селекционной работе позволяет проводить тандемную селекцию по нескольким признакам одновременно.

Таким образом, выполненные исследования имеют не только научную, но и практическую значимость:

- определены связи между такими важными признаками для улучшения, как гематологические показатели, степень усвоения питательных веществ из кормов, баланс азота, обмен кальция и фосфора в организме коров, качество молока, удои;

- построены регрессионные уравнения линейной зависимости, позволяющие прогнозировать будущую продуктивность животных, используя вышеперечисленные показатели.

Все это позволит в будущем оптимизировать селекционные программы с учетом выявленных взаимосвязей, минимизировать негативные корреляции между желательными признаками, чтобы избежать ухудшения одного признака при улучшении другого. Комплексный подход к анализу данных и их применение в селекционной работе способствует не только повышению продуктивности, но и улучшению общего здоровья и благополучия животных, что, в свою очередь, ведет к более устойчивому и эффективному ведению животноводства.

Список источников

1. Анисимова Е.И., Катмаков П.С. Взаимосвязь между селекционными признаками у симментальских коров разных внутрипородных типов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2 (42). С. 104-109. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-2-104-109>.
2. Бакай Ф.Р., Мкртчян Г.В. Наследование и корреляционная связь между удоем и белково-молочностью у коров // The Scientific Heritage. 2021. № 3(65). С. 7-9. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-65-3-7-9>.
3. Батанов С.Д., Баранова И.А., Старостина О.С. Модель прогнозирования молочной продуктивности коров по их экстерьерным особенностям // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (49). С. 55-62. <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-49-1-55-62>.
4. Взаимосвязь минерального состава говядины и продуктивности бычков разных генотипов / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Е.Ю. Анисимова, Д.А. Мосолова, О.П. Шахбазова, Р.Г. Раджабов // Зоотехния. 2023. № 5. С. 15-19. <https://doi.org/10.25708/ZT.2023.95.52.005>.
5. Игнатьева Н.Л., Лаврентьев А.Ю. Хозяйственно-полезные признаки голштинизированных коров черно-пестрой породы и корреляционная связь между ними // Молочно-хозяйственный вестник. 2020. № 1 (37). С. 35-45.
6. Кадзаева З.А. Изменчивость и корреляция признаков молочной продуктивности коров // Известия Горского государственного аграрного университета. 2021. Т. 58-2. С. 87-90.
7. Моделирование показателей мясной продуктивности в зависимости от типов телосложения бычков калмыцкой породы / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, О.П. Шахбазова, В.В. Губарева, Б.К. Болаев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 97-102.
8. Мухтарова О.М. Взаимосвязь признаков молочной продуктивности коров при интенсивной селекции // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 11 (125). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.60>.

9. Прищеп Е.А., Герасимова А.С., Сысоинкова Д.В. Связь признаков молочной продуктивности коров-первотелок швицкой породы СПК «Суворовский» Смоленской области // Аграрный научный журнал. 2024. № 5. С. 118-124. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i5pp118-124>.
10. Троценко И.В., Иванова И.П. Параметры корреляционной взаимосвязи продуктивных признаков молочного скота // Молочнохозяйственный вестник. 2022. № 1 (45). С. 116-127. https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_3_116.
11. Федосеева Н.А., Усов В.П., Шепинёв Д.А. Связь между признаками молочной продуктивности в стаде голштинизированных коров черно-пестрой породы // Главный зоотехник. 2020. № 7. С. 21-27. <https://doi.org/10.33920/sel-03-2007-03>.
12. Экстерьерные признаки айрширских коров разных региональных популяций и их связь с молочной продуктивностью / Е.А. Смотровая, Н.И. Абрамова, В.В. Березина, Е.В. Крысова // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 17-23. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-2-17-23>.
13. Correlation between some economic traits of Holstein breed cows / MT Akhtamova, SE Kurbanova, CS Sadikova, ST Gapparov // International Journal of Biological Engineering and Agriculture. 2023. Vol. 2, No. 11. P. 90-93. <https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i11.2939>.
14. Correlation analysis of milk production traits across three generations of Simmental cows / DM Petrovic, V Bogdanovic, R Djedovic, Z Skalicki, MM Petrovic, S Bogosavljevic-Boskovic, R Djokovic // African Journal of Biotechnology. 2012. Vol. 11(47). P. 10804-10808. <https://doi.org/10.5897/AJB11.1634>.
15. Foksha V, Konstandoglo A, Morar G. Correlation link of indices of dairy productivity of cows of Holstein breed of different origin // Scientific Papers. Series D. Animal Science. 2020. Vol. LXIII, No. 1. P. 30-36.

References

1. Anisimova EI, Katmakov PS. Interrelation among selection traits of Symmental cows of different intrabreeding types. *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2018;42(2):104-109. (In Russ.). <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-2-104-109>.
2. Bakai F, Mkrtchyan G. Inheritance and correlation between yield and protein milk in cows. *The Scientific Heritage*. 2021;65(3):7-9. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-65-3-7-9>.
3. Batanov S, Baranova I, Starostina O. Prediction model for milk production of cows by their exterior features. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 2019;49(1):55-62. (In Russ.). <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2019-49-1-55-62>.
4. Gorlov IF, Slozhenkina MI, Anisimova EY, Mosolova DA, Shahbazova OP, Radzhabov RG. Correlations between the mineral profile of beef and the productivity of steers with different genotypes. *Zootekhniya = Zootechniya*. 2023;(5):15-19. (In Russ.). <https://doi.org/10.25708/ZT.2023.95.52.005>.
5. Ignat'eva NL, Lavrent'ev AYu. Economically useful characteristics of Holsteinized Black-and-White cows and correlations between them. *Molochnohozyajstvennyj vestnik = Molochnokhozyaistvenny Vestnik*. 2020;37(1):35-45. (In Russ.).

6. Kadzaeva ZA. Variability and correlation of milk yield traits in cows. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2021;58(2):87-90. (In Russ.).
7. Gorlov IF, Slozhenkina MI, Shahbazova OP, Gubareva VV, Bolaev BK. Modelirovanie pokazatelej myasnoj produktivnosti v zavisimosti ot tipov teloslozheniya bychkov kalmyckoj porody [Modeling of meat productivity indicators depending on the body types of Kalmyk bulls]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie = Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2017;45(1):97-102. (In Russ.).
8. Mukhtarova OM. The correlation of milk productivity traits of cows under intensive breeding. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal = International Research Journal*. 2022;125(11). (In Russ.). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.60>.
9. Prishchep EA, Gerasimova AS, Sysoinkova DV. The relationship of dairy productivity indexes of first-calf cows of the Schwyz breed in the SPK «Suvorovsky» of the Smolensk region. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal = Agrarian scientific journal*. 2024;(5):118-124. (In Russ.). <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i5pp118-124>.
10. Trotsenko IV, Ivanova IP. Correlation relationship parameters of productive traits in dairy cattle. *Molochnohozyajstvennyj vestnik = Molochnokhozyaistvenny Vestnik*. 2022;45(1):116-127. (In Russ.). https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_3_116.
11. Fedoseeva NA, Usov VP, Shepinyev DA. The correlation between dairy productivity traits in the herd of Holsteinized cows of Black and White breed. *Glavnyj zootekhnik = Head of Animal Breeding*. 2020;(7):21-27. (In Russ.). <https://doi.org/10.33920/sel-03-2007-03>.
12. Smotrova E, Abramova N, Berezina V, Krysova E. Type traits of Ayrshire cows in different regional populations and their relationship with milk production. *Genetika i razvedenie zhivotnyh = Genetics and Animal Breeding*. 2019;(2):17-23. (In Russ.). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-2-17-23>.
13. Akhtamova MT, Kurbanova SE, Sadikova CS, Gapparov ST. Correlation between some economic traits of Holstein breed cows. *International Journal of Biological Engineering and Agriculture*. 2023;11(2):90-93. <https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i11.2939>.
14. Petrovic DM, Bogdanovic V, Djedovic R, Skalicki Z, Petrovic MM, Bogosavljevic-Boskovic S, Djokovic R. Correlation analysis of milk production traits across three generations of Simmental cows. *African Journal of Biotechnology*. 2012;47(11):10804-10808. <https://doi.org/10.5897/AJB11.1634>.
15. Foksha V, Konstandoglo A, Morar G. Correlation link of indices of dairy productivity of cows of Holstein breed of different origin. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. 2020;LXIII(1):30-36.

Вклад авторов: Елена Ю. Анисимова: концепция, подготовка рукописи; Екатерина В. Карпенко: методология, литературный обзор; Владимир С. Гришин: научно-хозяйственный опыт, отбор проб; Наталия А. Ткаченко: обработка данных; Елена Ю. Лазарева и Мария А. Орехова: выполнение лабораторных исследований.

Contribution of the authors: Elena Yu. Anisimova: conceptualization, manuscript preparation; Ekaterina V. Karpenko: methodology, literature search; Vladimir S. Grishin: farm experience, sample collection; Natalia A. Tkachenkova: data analysis; Elena Yu. Lazareva and Maria A. Orekhova: laboratory analysis.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Информация об авторах (за исключением контактного лица):

Карпенко Екатерина Владимировна – ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией, комплексная аналитическая лаборатория, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6; e-mail: ekatkarpenko@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3643-6431>;

Гришин Владимир Сергеевич – старший научный сотрудник, комплексная аналитическая лаборатория, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6; e-mail: gnuniimmp.lab@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4057-5930>;

Ткаченко Наталья Андреевна – научный сотрудник, отдел по хранению и переработке продукции животноводства, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, 6; e-mail: natashka34rus@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2324-4222>;

Лазарева Елена Юрьевна – младший научный сотрудник, комплексная аналитическая лаборатория, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, 6; e-mail: lenabond1@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4931-3756>;

Орехова Мария Александровна – лаборант-исследователь, комплексная аналитическая лаборатория, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции; 400066, Россия, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6; e-mail: morehova196@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2330-9644>.

Information about the authors (excluding the contact person):

Ekaterina V. Karpenko – Leading Researcher, Head of Laboratory, Complex Analytical Laboratory, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation; e-mail: ekatkarpenko@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3643-6431>;

Vladimir S. Grishin – Senior Researcher, Complex Analytical Laboratory, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation; e-mail: gnuniimmp.lab@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4057-5930>;

Natalia A. Tkachenkova – Researcher, Department for Storage and Processing of Livestock Products, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation; e-mail: natashka34rus@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2324-4222>;

Elena Yu. Lazareva – Junior Researcher, Complex Analytical Laboratory, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation; e-mail: lenabond1@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4931-3756>;

Maria A. Orekhova – Research Lab Assistant, Complex Analytical Laboratory, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production; 6, Rokossovsky st., Volgograd, 400066, Russian Federation; e-mail: morehova196@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2330-9644>.

Статья поступила в редакцию / *The article was submitted:* 03.07.2024;
одобрена после рецензирования / *approved after reviewing:* 08.10.2024;
принята к публикации / *accepted for publication:* 10.10.2024