

ЗООТЕХНИЯ

УДК 636.22/.28.034(476)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИИ СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ПО ПРИЗНАКАМ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Р. В. Березовик, Н. М. Храмченко

УО «Гродненский государственный аграрный университет»
г. Гродно, Республика Беларусь (Республика Беларусь, 230008,
г. Гродно, ул. Терешковой, 28; e-mail: ggau@ggau.by)

Ключевые слова: молочный скот, признаки молочной продуктивности, дисперсионный анализ, нормальность распределения.

Аннотация. В статье рассматриваются различные способы формирования совокупности данных молочной продуктивности голштинской породы молочного скота для использования при разработке статистических линейных моделей смешанного типа. Изучены параметры изменчивости и нормальности распределения признаков молочной продуктивности.

STATISTICAL ANALYSIS OF HOLSTEIN CATTLE POPULATION BY MILK PRODUCTIVITY TRAITS

R. V. Berezovik, N. M. Khrumchenko

EI «Grodno state agrarian university»
Grodno, Republic of Belarus (Republic of Belarus, 230008, Grodno,
28 Tereshkova st.; e-mail: ggau@ggau.by)

Key words: dairy cattle, milk productivity traits, analysis of variance, normality of distribution.

Summary. The scientific article considers various ways of forming a set of data on milk productivity of Holstein dairy breed for use in the development of statistical linear models of mixed type. The parameters of variability and normality of milk productivity traits are studied.

(Поступила в редакцию 08.05.2024 г.)

Введение. Селекция сельскохозяйственных животных направлена на генетическое улучшение хозяйственно полезных признаков. Животные, имеющие лучшие генетические свойства, используются в качестве родителей следующих поколений, а животные с наименьшими – выбраковываются. Генетически лучших животных невозможно определить путем простого измерения у них величин хозяйственно полезных признаков (фенотипа), для этого используются различные методы оценки

племенной (генетической) ценности, в основе которых лежат законы популяционной, а в последнее время и молекулярной генетики.

В основе современных методов определения племенной (генетической) ценности лежат статистические генетические модели, которые состоят:

а) из математической функции, связывающей фенотип (величина хозяйственно полезного признака) животного с факторами окружающей среды и случайными эффектами, чаще всего используется линейная модель смешанного типа (исключение составляет Байесовский подход, который рассматривает все эффекты как случайные). Случайные эффекты включают генетические (аддитивную генетическую ценность), доминирование и эпистатические отклонения;

б) параметров генетической дисперсии и дисперсии окружающей среды, соотношение которых определяет генетическую основу наследования хозяйственно полезного признака и возможность селекции по нему;

в) предположения о том, что фенотипы и влияющие на их величину случайные эффекты имеют совместное нормальное распределение в популяции. Нормальность распределения фенотипических значений признака в популяции чрезвычайно важна. Это связано с тем, что многие хозяйственно полезные признаки, предположительно, наследуются многофакторным образом, за счет большого числа генов, при этом эффект каждого из генов является аддитивными и бесконечно малыми. Развитие геномных исследований доказало, что это предположение обоснованно [1].

Для определения доли влияния и закономерности изменчивости факторов среды на фенотипическую величину селекционируемых признаков используется дисперсионный анализ (ANOVA) [2]. Однако для качественного использования дисперсионного анализа и минимизации риска неправильной оценки в случае множественных сравнений необходимо убедиться в соблюдении ряда условий: количественный непрерывный тип данных, дискретные данные менее желательны; нормальное распределение признака в статистических совокупностях, равенство (гомогенность) дисперсий изучаемого признака в статистических совокупностях, независимость наблюдений [3].

Базы данных, фенотипических значений селекционируемых признаков, используемые для определения племенной (генетической) ценности насчитывают миллионы записей, что делает использование дисперсионного анализа для определения значимости факторов и их комбинаций (которые могут насчитывать десятки тысяч градаций) затруднительным по причине необходимости использования большого объема

памяти. Поэтому при определении значимости используются выборки данных, которые имеют такие же свойства (дисперсия, нормальность), как и начальная совокупность, из которой проведена выборка.

Цель работы – определение статистических параметров дисперсии и нормальность распределения совокупности данных признаков молочной продуктивности коров голштинской породы первой лактации для дальнейшего использования при разработке статистических генетических моделей смешанного типа.

Материал и методика исследований. На основании информации ИС «Племдело КРС» сформированы четыре генетически связанные совокупности данных признаков молочной продуктивности коров, имеющих записи признаков молочной продуктивности за 305 дней первой лактации, удовлетворяющие условиям, описанным в зоотехнических правилах оценки селекционируемых признаков племенного животного, племенного стада, их расчета и измерения [4]: 1) все животные (племенные и товарные предприятия) за 10 лет наблюдений – 2 233 078 голов; 2) все животные за последние 5 лет наблюдений – 1 167 874 головы; 3) животные только из племенных хозяйств за последние 10 лет наблюдений – 253 454 головы, 4) животные из племенных хозяйств за последние 5 лет наблюдений – 133 887 голов, по состоянию на 01.07.2023 года. Необходимо подчеркнуть, что последние три совокупности по сути являются выборками из всех животных за 10 лет наблюдений.

Статистическая обработка данных, расчет корреляций, дисперсий и коэффициентов, характеризующих нормальность распределения, а также построение графиков плотности распределения и диаграмм размаха (box plot) осуществлены в среде статистического программирования R.

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам проведенного корреляционного анализа признаков молочной продуктивности (таблица 1) установлено, что по всем исследуемым совокупностям между признаками удоя, содержания жира и белка в килограммах коэффициенты корреляции были на очень высоком уровне (0,90-0,98).

Это свидетельствует о том, что статистические закономерности, определенные для любого из данных признаков, будут соответствовать оставшимся. Слабый уровень взаимосвязи (0,20-0,40) отмечен между признаками содержания жира и белка в килограммах и процентах по всем исследуемым совокупностям. Между признаками удоя и содержания жира и белка в процентах корреляция отсутствовала.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции признаков молочной продуктивности

	Удой, кг	Жир, кг	Белок, кг	Жир, %	Белок, %	Удой, кг	Жир, кг	Белок, кг	Жир, %	Белок, %
Удой, кг		0,95	0,98	0,04	0,15		0,94	0,98	0,02	0,13
Жир, кг	0,95		0,95	0,33	0,20	0,94		0,94	0,35	0,20
Белок, кг	0,98	0,95		0,09	0,34	0,98	0,94		0,07	0,31
Жир, %	0,04	0,33	0,09		0,22	0,02	0,35	0,07		0,24
Белок, %	0,15	0,20	0,34	0,22		0,13	0,20	0,31	0,24	
Удой, кг		0,92	0,98	-0,03	0,06		0,90	0,97	-0,02	0,01
Жир, кг	0,92		0,92	0,34	0,15	0,90		0,91	0,40	0,12
Белок, кг	0,98	0,92		0,03	0,27	0,97	0,91		0,05	0,23
Жир, %	-0,03	0,34	0,02		0,27	-0,02	0,40	0,05		0,28
Белок, %	0,06	0,15	0,27	0,27		0,01	0,12	0,23	0,28	

Примечание – * верхний левый угол (ВЛ) – вся популяция за 10 лет наблюдений; верхний правый угол (ВП) – вся популяция за 5 лет наблюдений; нижний левый угол (НЛ) – племенные хозяйства за 10 лет наблюдений; нижний правый угол (НП) – племенные хозяйства за 5 лет наблюдений

Ввиду очень высокой взаимосвязи между удоем и содержанием жира и белка в килограммах для дальнейшего статистического анализа достаточным будет провести исследования селекционируемых признаков удоя, содержания молочного жира и белка в процентах, которые не имеют корреляционной зависимости и распределяются не зависимо друг от друга.

В таблице 2 приведены статические данные оцениваемых совокупностей селекционируемых признаков молочной продуктивности. Племенные хозяйства имели в среднем более высокие показатели удоя относительно всей популяции на 1736 и 1802 кг для данных за 10 и 5 лет наблюдений соответственно. Также отмечен рост удоев, в зависимости от лет оценки, на 424 и 490 кг для всей популяции и только племенных хозяйств соответственно, что связано с наличием тренда на увеличение продуктивности животных как за счет проводимой селекционной работы, так и за счет улучшения условий кормления и содержания.

В то же время показатели содержания жира и белка в молоке имели минимальные различия между оцениваемыми совокупностями, разница в величинах средних значений находилась в пределах от 0,03 до 0,06 % в пользу племенных хозяйств и практически не изменились со временем оценки, улучшение на 0,03-0,04 % отмечено только совокупности данных, включающей всех животных за 10 лет наблюдений.

Таблица 2 – Статистические данные оцениваемых совокупностей

Спастические показатели	Удой, кг	Жир, %	Белок, %	Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Среднее	5667	3,77	3,31	6091	3,80	3,35
Стандартное отклонение	1732	0,34	0,22	1830	0,39	0,20
Медиана	5462	3,79	3,30	5960	3,80	3,33
Среднее	7403	3,83	3,34	7893	3,83	3,38
Стандартное отклонение	1839	0,37	0,19	1858	0,41	0,19
Медиана	7310	3,81	3,32	7815	3,81	3,36

*Примечание – * верхний левый угол (ВЛ) – вся популяция за 10 лет наблюдений; верхний правый угол (ВП) – вся популяция за 5 лет наблюдений; нижний левый угол (НЛ) – племенные хозяйства за 10 лет наблюдений; нижний правый угол (НП) – племенные хозяйства за 5 лет наблюдений*

Гораздо больший интерес для решения поставленных целей исследований представляют значения изменчивости (дисперсия и стандартное отклонение), с помощью которых можно сравнить разброс случайной величины вокруг ее математического ожидания. При нормальном распределении случайных измерений, которыми является значения признаков молочной продуктивности, выборочное среднее стремится к значению математического ожидания случайной величины при стремлении объема выборки признаков молочной продуктивности к бесконечности.

Равенство дисперсий – это одно из фундаментальных понятий в статистике, которое позволяет оценить разброс данных в выборке. Если дисперсии двух выборок равны, то можно сделать вывод о том, что эти выборки имеют одинаковый разброс данных. Значение дисперсии является основой для ряда других статистических показателей, таких как стандартное отклонение, среднеквадратическое отклонение и ковариация. Она позволяет оценить различия между наборами данных и сделать выводы о их распределении. Значимость равенства дисперсий заключается в том, что она является предпосылкой для применения некоторых статистических методов, таких как t-критерий Стьюдента.

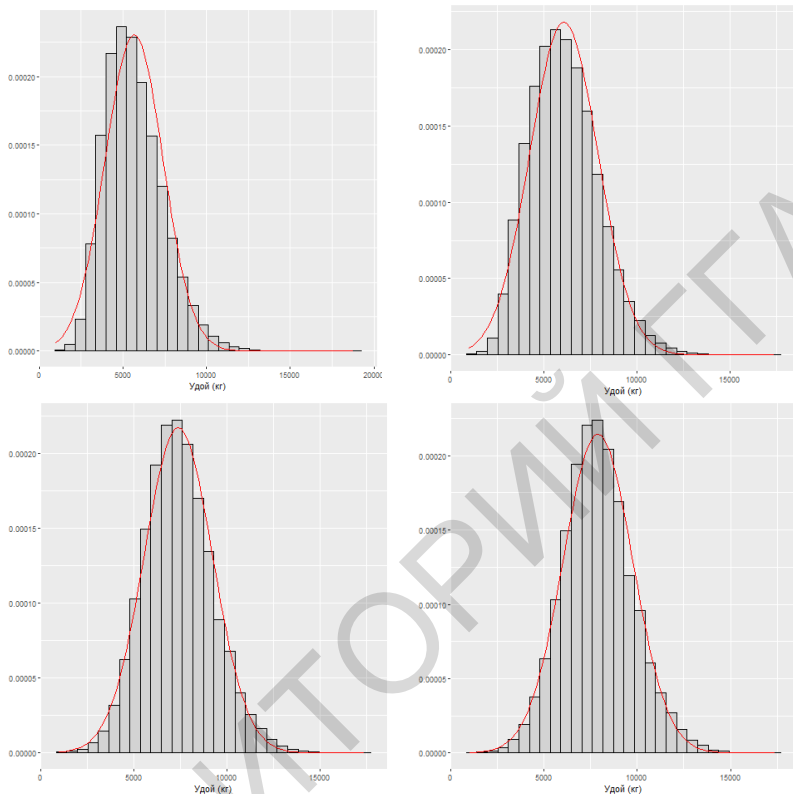
Для характеристики дисперсии мы будем использовать стандартное отклонение (квадратный корень из дисперсии). Следует отметить, что существенные различия между стандартными отклонениями наблюдались только по признаку «удой». У животных за 10 лет наблюдений данный показатель был самый низкий (1732 кг), что на 98-126 кг ниже остальных исследуемых совокупностей данных. По содержанию жира и белка в молоке в процентах данные были более выравнены, различия в стандартном отклонении составили 0,07 и 0,03 % соответственно.

Важно понимать, что дисперсия может быть искажена выбросами в данных или нерепрезентативным образом выборки. Поэтому для

анализа рекомендуется использовать несколько статистических показателей для проведения дополнительной проверки на адекватность выборки.

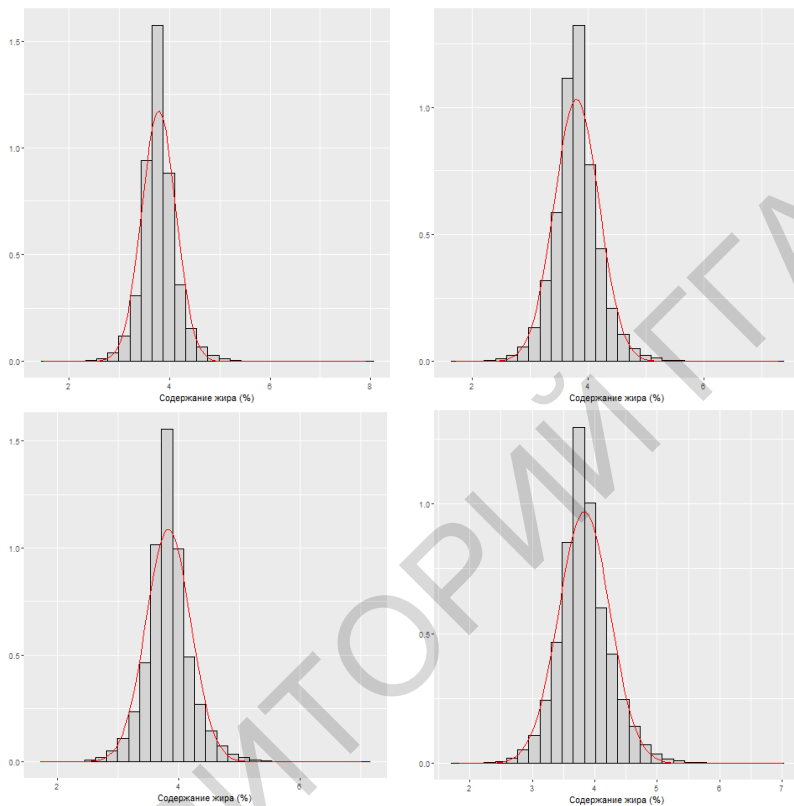
Одним из вариантов таких проверок является визуальная оценка распределения исследуемых совокупностей, а также использование коэффициентов асимметрии и эксцесса которые позволяют измерить форму распределения. Асимметрия – это мера асимметричного распределения. Значение коэффициента может быть положительным и отрицательным. Отрицательная асимметрия указывает на то, что хвост распределения находится в левой части, положительная асимметрия указывает на то, что хвост находится на правой стороне распределения, нулевое значение указывает на то, что в распределении вообще нет асимметрии и оно совершенно симметрично. Коэффициент эксцесса – эксцесс нормального распределения равен нулю. Если распределение имеет отрицательные значения эксцесса, говорят, что оно имеет тенденцию производить мало экстремальных выбросов, в сравнении с нормальным распределением, в то время как при положительных коэффициентах эксцесса распределение склонно производить больше экстремальных выбросов в сравнении с нормальным. Чем меньше показатель эксцесса, тем ближе распределение к нормальному [5, 6].

Для визуальной оценки нормальности распределения на рисунках 1-3 приведены графики плотности распределения изучаемых признаков в четырех исследуемых совокупностях.



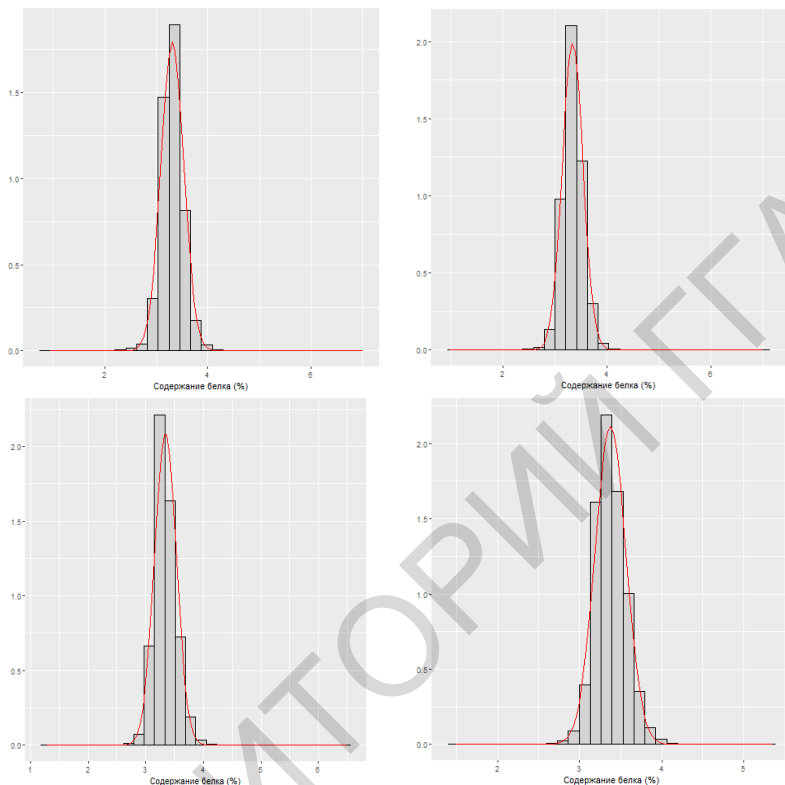
Верхний левый угол (ВЛ) – вся популяция за 10 лет наблюдений; верхний правый угол (ВП) – вся популяция за 5 лет наблюдений; нижний левый угол (НЛ) – племенные хозяйства за 10 лет наблюдений; нижний правый угол (НП) – племенные хозяйства за 5 лет наблюдений

Рисунок 1 – Графики плотности распределения уdoa



Верхний левый угол (ВЛ) – вся популяция за 10 лет наблюдений; верхний правый угол (ВП) – вся популяция за 5 лет наблюдений; нижний левый угол (НЛ) – племенные хозяйства за 10 лет наблюдений; нижний правый угол (НП) – племенные хозяйства за 5 лет наблюдений

Рисунок 2 – Графики плотности распределения содержания жира в процентах



Верхний левый угол (ВЛ) – вся популяция за 10 лет наблюдений; верхний правый угол (ВП) – вся популяция за 5 лет наблюдений; нижний левый угол (НЛ) – племенные хозяйства за 10 лет наблюдений; нижний правый угол (НП) – племенные хозяйства за 5 лет наблюдений

Рисунок 3 – Графики плотности распределения содержания жира в процентах

На представленных графиках видно, что кривые плотности распределения удоя и содержания жира и белка в молоке смещены в левую сторону (сторону меньших значений) по всем исследуемым совокупностям, что говорит о наличии большого числа животных с высокими значениями исследуемых признаков, наиболее близко к нормальному распределению оказались данные из племенных хозяйств за 5 лет наблюдений. Данный вывод подтверждается положительными значениями коэффициентов асимметрии по всем исследуемым совокупностям (таблица 3), это свидетельствуют о том, что хвост выборки находится в стороне

более высоких фенотипических значений исследуемых признаков молочной продуктивности.

Таблица 3 – Коэффициенты асимметрии признаков молочной продуктивности по исследуемым совокупностям

Совокупности данных	Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Все животные за 10 лет наблюдений	0,65	0,48	0,55
Все животные за 5 лет наблюдений	0,48	0,34	0,41
Животные из племенных хозяйств за 10 лет наблюдений	0,29	0,40	0,45
Животные из племенных хозяйств за 5 лет наблюдений	0,24	0,41	0,35

Анализ коэффициентов эксцесса (таблица 4) показывает, что по всем исследуемым признакам значения коэффициентов были значительно выше нуля, что характеризует совокупности как склонные к выбросам. Наиболее близким к нормальному распределению был признак «удой» по всем исследуемым совокупностям, коэффициенты эксцесса составили 3,28-3,53. По признакам содержания жира и белка в молоке величина данных коэффициентов находилась в пределах 4,54-6,49 и 4,11-13,14 единиц.

Таблица 4 – Коэффициенты эксцесса признаков молочной продуктивности по исследуемым совокупностям

Совокупности данных	Удой, кг	Жир, %	Белок, %
Все животные за 10 лет наблюдений	3,53	6,49	13,14
Все животные за 5 лет наблюдений	3,27	5,29	8,55
Животные из племенных хозяйств за 10 лет наблюдений	3,28	5,39	5,35
Животные из племенных хозяйств за 5 лет наблюдений	3,28	4,54	4,11

Самыми низкими коэффициентами эксцесса характеризовались данные, полученные от племенных животных за последние 5 лет наблюдений, что подтверждает сделанный ранее вывод о целесообразности использования данной совокупности для разработки оптимальных статистических моделей, характеризующих изменчивость признаков молочной продуктивности белорусской популяции скота голштинского направления продуктивности. Для минимизации влияния выбросов на результаты дисперсионного анализа нами проведена нормализация данных в данной совокупности. С целью очистки данных от выбросов мы ограничили значения признаков молочной продуктивности 25 и 75 перцентилями, отбраковав данные, которые имеют +/- 1,5 межквартильного размаха. В результате у очищенной от выбросов популяции коэффициенты эксцесса признаков удоя, содержания жира и белка составили

0,125; 0,140; 0,219 соответственно, что свидетельствует о близкой к нормальному распределению исследуемой совокупности. На рисунке 4 представлены диаграммы размаха исследуемых признаков в очищенной от выбросов совокупности данных животных из племенных хозяйств за 5 лет наблюдений.

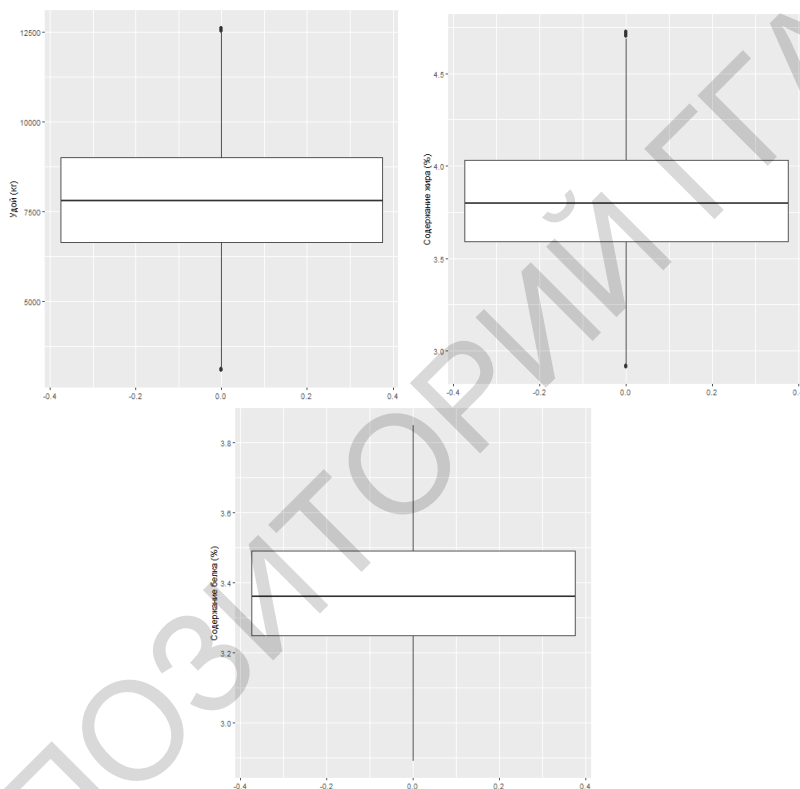


Рисунок 4 – Диаграммы размаха признаков молочной продуктивности очищенной от выбросов совокупности данных из племенных хозяйств за 5 лет наблюдений

По представленным графикам можно сделать вывод, что данные по всем признакам симметричны относительно медианы и имеют минимальное количество выбросов.

Дополнительно нами были сформированы из очищенной от выбросов совокупности данных племенных хозяйств за 5 лет наблюдений пять

случайных выборок по 5000 записей, которые были проверены на нормальность распределения при помощи теста Шапиро-Уилка, во всех тестах подтверждена нулевая гипотеза при критическом уровне значимость $P > 0,05$, что свидетельствует о нормальном распределении данных.

Вывод. Установлено, что данные, полученные в племенных хозяйствах, имели более высокую изменчивость показателей удоя и содержания жира относительно совокупности измерений, включающих данные за последние 10 лет наблюдений, что свидетельствует о том, что, несмотря на статус племенного, в данной категории хозяйств существуют существенные различия в уровне продуктивности животных. Низкая дисперсия данных за 10 лет наблюдений делает ее предпочтительной для расчета племенной ценности на популяционном уровне. Однако проведение дисперсионного и регрессионного анализа для разработки оптимальных статистических моделей, характеризующих изменчивость признаков в популяции на данной совокупности, ограничено объемом вычислений, связанных с большим количеством градиций факторов и их комбинаций, для этих целей следует использовать выборку из племенных хозяйств за последние 5 лет наблюдений, очищенную от выбросов, которая статистически близка всем исследуемым совокупностям и имеет лучшие показатели нормальности распределения значений признаков молочной продуктивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gianola, D. (2000). Statistics in Animal Breeding. Journal of the American Statistical Association, 95(449), 296–299. doi:10.1080/01621459.2000.10473.
2. Борисевич, М. Н. Построение однофакторного дисперсионного комплекса в зоотехнии. / М. Н. Борисевич // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сборник научных трудов / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Главное управление образования, науки и кадров, Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия». – Горки: [б. и.], [2000] – С. 55-65. – ISSN 2079-6668.
3. Мильчаков, К. С. Дисперсионный анализ Analysis Of Variance (ANOVA) просто о сложном / К. С. Мильчаков // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://litreview.ru/biostatistika/dispersionnyjj-analiz-anova/>.
4. Зоотехнические правила оценки селекционируемых признаков племенного животного, племенного стада, их расчета и измерения от 17.08.2022 № 84. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mshp.gov.by/ru/documents_plem-ru/view/zootexnicheskie-pravila-otsenki-selektcioniruemyx-priznakov-plemennogo-zhivotnogo-plemennogo-stada-ix-rasc-8697/.
5. Карпиченко, А. А. Математические методы в Географии / А. А. Карпиченко // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geo.bsu.by/images/pres/soil/mmg/mmg02.pdf>.
6. Тамбовцева, А. Основы программирования в R. Описательные статистики / А. Тамбовцева // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rpubs.com/AllaT/rprog-descriptives>.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ТЕЛЯТ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

И. В. Богданович

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству»

г. Жодино, Республика Беларусь (Республика Беларусь, 222160,

г. Жодино, ул. Фрунзе, 11; e-mail: labkrs@mail.ru)

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, зерно, рационы, продуктивность, эффективность.

Аннотация. Результаты, полученные в ходе проведения производственной проверки по установлению зависимости продуктивности и физиологического состояния телят от скармливания зерна в цельном и дробленном виде, подтвердили сделанные ранее выводы о возможности эффективного включения зерна в состав комбикормов в соотношении 70 : 30 %. Установлено, что выращивание животных в молочный период на комбикормах с вводом цельного и дробленного зерна кукурузы в количестве 30 % по массе позволяет в послемолочный период получить среднесуточные приросты на уровне 888 и 871 г, или на 5,5 и 3,5 % выше контроля, при снижении себестоимости прироста на 4,8 и 2,7 %.

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF CALVES WHEN FEEDING CORN GRAINS

I. V. Bogdanovich

RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
Belarus on animal husbandry»

Zhodino, Republic of Belarus (Republic of Belarus, 222160, Zhodino,

11Frunze str.; e-mail: labkrs@mail.ru)

Key words: young cattle, grain, rations, productivity, efficiency.

Summary. The results obtained during the production inspection to establish the dependence of productivity and physiological condition of calves on feeding grain in whole and crushed form confirmed the previously made conclusions about the possibility of effective inclusion of grain in the composition of compound feeds in a ratio of 70 : 30 %. It was found that the cultivation of animals in the dairy period on compound feeds with the introduction of whole and crushed corn grains in the amount of 30 % by weight, allows in the post-dairy period to obtain average daily increases at the level of 888 and 871 g or 5,5 and 3,5 % higher than control, while reducing the cost of growth by 4,8 and 2,7 percent.

(Поступила в редакцию 13.06.2024 г.)