

НОВЫЕ АСПЕКТЫ В ТРАКТОВКЕ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИИ ГОМПЕРТЦА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫЖИВАЕМОСТИ И РАЗВЕДЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ

Черепанов Г.Г.

ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных - филиал ФНЦ животноводства - ВИЖ им. ак. Л.К. Эрнста, Боровск Калужской обл., Российская Федерация

Аннотация. Показано, что продолжительность продуктивной жизни в группах и популяциях молочных коров в значительной степени определяется уровнем жизнеспособности, сформированным к возрасту репродуктивной зрелости. Обоснованы биологические механизмы выявленной закономерности и перспективы использования полученных данных в системах ведения продуктивного животноводства.

Введение

Разработка программ научно-технологического развития имеет важнейшее значение для подотраслей АПК, обеспечивающих продовольственную безопасность, в том числе для молочного скотоводства. Учитывая ряд негативных тенденций в этой отрасли в РФ в плане сокращения численности популяций, качества, пищевой безопасности молочной продукции и рентабельности производства, целевым ориентиром должна стать задача создания и устойчивого воспроизводства популяций молочных коров нового типа со сбалансированным соотношением параметров продуктивности, жизнеспособности и плодовитости. Для этого нужны ясные количественные критерии для раннего прогнозирования племенных и продуктивных качеств и проведения скринингового исследования физиологического статуса животных на всех этапах онтогенеза.

Цель данной работы – анализ эмпирических данных по динамике выживаемости в неоднородной популяции молочных коров, выявление закономерностей в соотношении параметров функции

Гомпертца и формулирование на этой основе ориентиров для разведения и устойчивого воспроизводства популяций молочных коров нового типа.

Материал и методы

Для анализа выживаемости использован метод поперечного исследования; в качестве материала исследования использовали данные производственного учёта возрастного состава стада коров по региональным производственным подразделениям Ленинградской области в период 1985-1990 гг., усреднённые за 5 лет с целью компенсации отклонений от стационарности условий обновления стада. При этом последовательные возрастные группы представляют собой остатки соответствующих когорт (совокупностей генетически однородных особей одного и того же года рождения). Интенсивность выбытия из когорты (выбраковки по сумме причин) описывалась функцией Гомпертца:

$$y_c(t) = \Delta S / (S \Delta t) = B \exp(ct),$$

где S – численность когорты в момент времени t (номер лактации), ΔS – величина уменьшения численности за отрезок $\Delta t = 1$. В расчётах выживаемости использовали «усечённое» распределение Гомпертца – без учёта небольшого количества особей – «рекордных долгожителей». Наибольшее значение t (номер последней завершённой лактации) в оставшейся части когорты принималось в качестве максимальной продолжительности продуктивной жизни.

Для проверки корректности этого приёма производилось сравнение приближённого решения (аппроксимация с использованием «усечённого» распределения, дискретной шкалы времени и численных расчётов) и точного аналитического прогноза по формуле:

$$T = c - 1 \exp(e - c/(c/y_1)) * [Ei(e - c/(c/y_1)) - Ei(e(t_{max} - 1)c/(c/y_1))],$$

где T – средняя продолжительность продуктивной жизни (порядковый номер лактации); y_1 – интенсивность выбытия на первой лактации, $Ei(x) = \int_x^\infty \frac{e^{-y}}{y} dy$ – интегральная экспонента).

Сравнительный анализ полученных результатов показал, что для практических целей можно использовать методику приближённого численного расчёта (Черепанов и др., 2017).

Результаты и обсуждение

Динамика выбытия коров из дойного стада в координатах интенсивность выбытия – номер лактации аппроксимировалась функцией Гомпертца при среднем значении R^2 , равном 0,79 для 15 проанализированных производственных подразделений и в целом по области. При этом отмечен более высокий уровень вариабельности параметра B (интенсивность выбытия на первой лактации), по сравнению с величиной c (для B и c относительный размах значений (max-min)/среднее арифм. = 0,76 и 0,48 соответственно).

Ранее были получены определённые основания для трактовки величины, обратной y_{c1} в качестве показателя, характеризующего потенциал жизнеспособности («сопротивляемости смертности» по Б. Гомпертцу) популяции или группы животных (Черепанов и др., 2017). Эта эмпирически выявленная закономерность подтверждается теоретическим анализом, т.е. аналитическим прогнозом зависимости средней продолжительности жизни T от интенсивности выбытия на первой лактации, $1/y_1$. Иными словами, различия в уровне жизнеспособности, сформированном к началу репродуктивной деятельности, могут определять (в среднем по группе или популяции) различия в показателях продолжительности продуктивной жизни животных, т.е. в значениях T и t_{max} (Cherepanov, 2018).

Эта взаимосвязь наиболее чётко выражена, если сравниваемые группы или популяции имеют схожие значения показателя экспоненты « c » в функции Гомпертца. Такое теоретически возможно в ситуации, если «темп старения», характеризуемый показателем экспоненты, определяется, в основном, устойчивыми генетическими факторами, в том числе породой. Поэтому было предположено, что исследованная популяция в целом характеризовалась одним и тем же значением c , а наблюдаемые вариации этого параметра в региональных подразделениях данной популяции объясняются либо статистической погрешностью полученных оценок, либо влиянием других факторов, например, гетерогенностью исследованных стад по параметру B . Определённым доводом в пользу этой трактовки можно считать линейную обратную взаимосвязь между параметрами c и B , установленную по 16 исследованным производственным группам: $c = 0,19 - 0,45 * B$, $R^2 = 0,70$, $P < 0,001$.

Для проверки корректности сделанных предположений были проведены расчёты по анализу выживаемости для четырёх модельных гетерогенных популяций, имеющих одно и то же значение параметра $c = 0,1$, но различающихся по значению параметра B . В каждой из четырёх серий расчёта

варьировали значения B и начальную численность N . Для доказательства корректности исходных предположений требовалось по результатам расчётов показать следующее: 1) динамика интенсивности выбытия в четырёх вариантах общей популяции аппроксимируется функцией Гомпертца с достаточно высоким значением коэффициента детерминации, и 2) по четырём вариантам модельных популяций выявляется линейная обратная взаимосвязь между параметрами c и B , аналогичная установленной при анализе эмпирических данных.

Динамика интенсивности выбытия для четырёх модельных гетерогенных популяций аппроксимировалась функцией Гомпертца с высоким коэффициентом детерминации ($R^2 = 0,81-0,92$), значения показателя экспоненты c для этих гетерогенных популяций варьировали в пределах 0,079-0,113, при этом имела место отрицательная корреляция между значениями c и B : $c = -0,610*B + 0,264$, $R^2 = 0,96$, $P < 0,001$.

Аналогичная отрицательная взаимосвязь выявлена по всему массиву из 16 модельных субпопуляций между средней длительностью продуктивной жизни T и параметром B в функции Гомпертца: $T = -6,73*B + 5,12$, $R^2 = 0,74$, $P < 0,001$.

Результаты проведенного численного моделирования свидетельствует в пользу сделанного предположения о том, что в исследованной популяции коров «темп старения», характеризуемый показателем экспоненты в эмпирической функции Гомпертца, определяется, в основном, устойчивыми генетическими факторами, в том числе породными особенностями, тогда как фактически наблюдаемая популяционная вариабельность длительности продуктивной жизни животных в значительной степени зависит от «потенциала» жизнеспособности, сформированного к началу репродуктивного периода. На рисунке 1 в качестве иллюстрации с непрерывной шкалой времени показаны два варианта динамики жизнеспособности в когортах, имеющих разные значения параметра B (0,1 и 0,2) и одно значение c (0,2). Значения t , соответствующие достижению нижней границы защитных сил и исчерпанию соответствующих когорт (длительность продуктивной жизни) для двух вариантов равны 6,2 и 2,5 лактации.

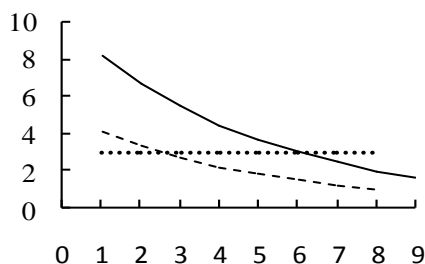


Рис. 1. Два варианта динамики жизнеспособности в когортах, имеющих разные значения параметра B (0,1 и 0,2) и одно значение c (0,2) в функции Гомпертца $y_c(t)$. По оси абсцисс – t (номер лактации), по оси ординат – показатель жизнеспособности (величина, обратная начальной интенсивности выбытия), $1/y_c(t)$ – нижняя граница жизнеспособности, определяющая сроки исчерпания когорт.

Такая трактовка полученных результатов согласуется с данными научных исследований и эмпирических наблюдений, свидетельствующих о том, что «начальный» уровень жизнеспособности является результатом взаимодействия между генетически обусловленными эффектами и эпигенетическими модификациями, фиксирующимися в ответ на воздействие эндогенных и экзогенных факторов на этапах онтогенеза, предшествующих возрасту репродуктивной зрелости (Odent, 1986; Один, 2011; Вайсерман и др., 2011; Джагаров, 2018). Поскольку результат этих эффектов и взаимодействий зависит не только от наследуемых генетических структур, но и от «истории» событий, происходящих в критические периоды развития, то у коров рождаются потомки, а в стадах и в популяциях к началу репродуктивной зрелости возникают группы (субпопуляции) с разным потенциалом жизнеспособности.

Заключение

Для создания и устойчивого воспроизводства популяций молочных коров со сбалансированным соотношением параметров продуктивности, жизнеспособности и плодовитости нужны ясные количественные критерии для определения принадлежности животных к различным внутрипородным группам, субпопуляциям и породам, а также эффективные тесты для учёта биологических механизмов «взаимодействия генотипа и среды». Проведенное исследование динамики

выживаемости коров новые аспекты в трактовке параметров функции Гомпертца, которые можно использовать для ранней оценки племенных качеств животных, разработки критериев отбора, количественного прогнозирования и совершенствования управления стадом.

Величина, обратная интенсивности выбытия на первой лактации, характеризует потенциал жизнеспособности данной группы животных; различия в уровне жизнеспособности, сформированном к началу репродуктивной деятельности, могут определять (в среднем по группе или популяции) различия в показателях продолжительности продуктивной жизни животных.

Для получения достаточного поголовья молочного скота оптимального типа необходимо создавать систему мониторинга внешних воздействий и физиологического статуса животных на всех этапах онтогенеза, а также соответствующие технологии архивации и анализа данных для поиска прогностических тестов и разработки эффективных селекционных стратегий.

Литература

1. *Вайсерман А.М., Войтенко В.П., Мехова Л.В.* Эпигенетическая эпидемиология возрастзависимых заболеваний // *Онтогенез*, 2011, 42(1): 30-50.
2. *Один В.И.* Кризис геронтологии: к вопросу о первичном здоровье в XX веке // *Успехи геронтологии*, 2011, 24(1): 11-23.
3. *Черепанов Г.Г., Михальский А.И., Новосельцева Ж.А.* Оценка параметров выживаемости для составляющих неоднородной популяции продуктивных животных: анализ проблемы, варианты приближённого решения // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2017, 4: 81-95.
4. *Cherepanov G.G.* Prediction of viability of cows: a new look at the old problem // *Agr. Res. Techn. Open Access J.* 2018, 14(5) DOI: 10.19080/ARTOAJ.2018.14.555931
5. *Odent M.* Primal Health. – London: Century Hutchinson, 1986.