

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ МАСТИТА КОРОВ

Ю.А. Ракевич,

аспирант каф. автоматизированных систем управления производством БГАТУ

В статье рассматриваются существующие способы и методы диагностирования мастита у коров, показаны их достоинства и недостатки. Выявлена взаимосвязь между калифорнийским тестом на мастит (СМТ) и средней максимальной температурой вымени коров, определяемой инфракрасной термографией (ИРТ). Экспериментальные данные обработаны методом математической статистики.

Ключевые слова: мастит, вымя, температура, калифорнийский тест на мастит, инфракрасная термография.

The existing methods for diagnosing mastitis in cows are considered, they show their advantages and disadvantages. The relationship between the California mastitis test (CMT) and the average maximum udder temperature of cows measured by infrared thermography (IRT) was revealed. The experimental data were processed using mathematical statistics.

Keywords: mastitis, udder, temperature, California mastitis test, infrared thermography.

Введение

Стратегической отраслью и локомотивом устойчивого экономического развития сельского хозяйства республики традиционно является молочное скотоводство. Несмотря на достигнутые результаты и положительную динамику в развитии молочной отрасли, в сельскохозяйственных организациях еще имеются проблемы и значительные резервы повышения экономической эффективности производства молока.

Производство молока в большинстве сельскохозяйственных предприятий определяет специализацию производства, является основным источником поступления финансовых средств и определяет уровень экономического развития.

На интенсификацию отрасли и ее развитие направляется 26 % материально-денежных средств, вкладываемых в развитие аграрного сектора, расходуется 43 % скармливаемых кормов и используется 22 % трудовых ресурсов, занятых в сельскохозяйственном производстве. От реализации молока сельскохозяйственной организации республики ежегодно получают почти 36 % выручки и 70 % общей суммы прибыли [1].

Получение качественного молока – актуальная задача для всех сельскохозяйственных организаций, занимающихся молочным скотоводством. Одной из причин низкого качества молока на молочно-товарных фермах является заболевание коров маститом. По этой причине снижается молочная продуктивность, качество молока, продуктивное долголетие коров, а в некоторых случаях становится причиной выбраковки животных.

По данным многочисленных исследований, поголовье больных коров в стаде может находиться при клинической форме заболевания до 25-30 %, а при субклинической – до 40-50 %, преждевременная выбраковка – до 3-8 %.

Снижение молочной продуктивности за лактацию может достигать от 10 до 25 % в зависимости от

возраста, продуктивности и длительности болезни. Причем от одной дойной коровы потери молока могут составлять до 300-400 кг за лактацию [2-6].

Цель настоящей работы – провести экспериментальную сравнительную диагностику двумя методами СМТ и ИРТ для определения мастита коров с помощью портативного тепловизора марки DT-9875, на основе оперативного анализа инфракрасных изображений вымени.

Основная часть

В ветеринарной практике, как золотой стандарт, обычно используется калифорнийский метод определения мастита, который косвенно измеряет количество соматических клеток (SCC) в образцах молока.

Механизм СМТ следующий: простой реагент добавляется в молоко, реагирует с частью лейкоцитов и образует видимое гелеобразное матричное вещество. Более активная инфекция представляет большее количество лейкоцитов и пропорционально более выработанное количество геля. Основным недостатком является то, что иногда полученные результаты трудно интерпретировать, а метод отличается относительно низкой чувствительностью. На проведение самого исследования требуется до 5-7 минут на корову. Таким образом, это не прямой экспресс-индикатор воспаления молочной железы, который относится к лабораторным методам диагностики мастита коров [7].

В то же время, развитие и внедрение компьютеризированных систем управления стадом требует средств диагностики мастита, работающих в реальном масштабе времени. Особый интерес и актуальность среди автоматизированных методов диагностики мастита у коров представляет термографический, в силу своей бесконтактности и многофункциональности (рис. 1) [8].

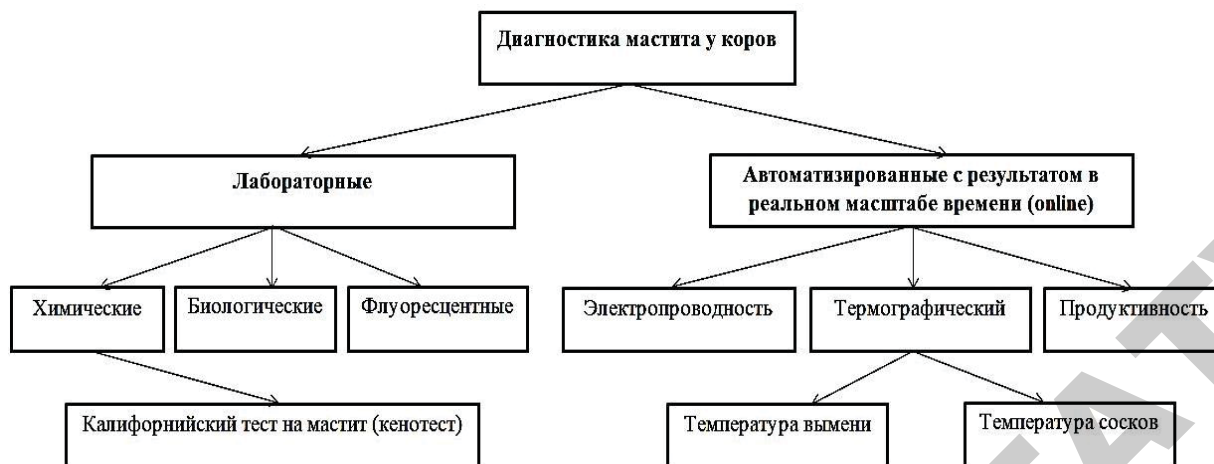


Рисунок 1. Классификация методов диагностики мастита коров

Экспериментальное исследование проводилось на молочно-товарной ферме «Дружба – Агро» Слонимского района Гродненской области. Исследования проводились в два этапа. Было обследовано 580 коров дойного стада. Для определения мастита в хозяйстве используют кенотест фирмы Inter Clean (контроль). На первом этапе животные предварительно подвергались комплексному клиническому обследованию, далее по калифорнийскому методу (кенотесту) были определены 4 группы по 30 коров с разными уровнями заболевания.

В первой группе были здоровые животные с отрицательной пробой по кенотесту (-). Во второй группе коровы с сомнительной пробой по кенотесту (+). Третья группа включала животных с субклинической стадией мастита (++) , а в четвертая – с клинической выраженной стадией мастита (+++).

На втором этапе проводились измерения максимальной температуры вымени коров с помощью портативного тепловизора марки DT- 9875 (табл. 1).

После проведения опытов важнейшим является обработка результатов экспериментальных исследований методом математической статистики [9]:

- 1) оценка параметров генеральной совокупности по выборке;
- 2) проверка выборки случайных величин на промах по критерию Смирнова – Грабса;
- 3) проверка случайных величин выборки на принадлежность их к нормальному закону распределения по критерию САО;

4) проверка дисперсий на однородность по критерию Кохрена.

Генеральная совокупность, подчиняющаяся нормальному закону распределения, характеризуется следующими параметрами: μ – генеральное среднее;

σ^2 – генеральная дисперсия; σ – генеральное стандартное отклонение.

Выборочное среднее \bar{Y} :

$$\bar{Y} = \frac{Y_1 + \dots + Y_i + \dots + Y_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}, \quad (1)$$

где n – объем выборки;

Y_1, \dots, Y_n – случайные значения выборки.

Выборочная дисперсия S^2 :

$$S^2 = \frac{(Y_1 - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_i - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_n - \bar{Y})^2}{n - 1} =$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}. \quad (2)$$

Таблица 1. Максимальная температура вымени коров в процессе доения в зависимости от оценки кенотеста

Отрицательная проба с кенотестом (-)	Сомнительная проба с кенотестом (+)	Субклиническая стадия мастита (++)	Клиническая выраженная стадия мастита (+++)
35,3	37,8	38,6	40,5
36,4	37,4	38,5	39,2
37,2	36,2	37,8	39,1
35,8	37,6	38,7	39,6
37	37,1	38,2	39,8
36,2	37,9	38,1	39,7
35,2	36,5	38,8	40,1
36,2	37,1	37,5	40
35,8	37	38,6	39
36,6	37,4	38	39,6

Выборочное стандартное отклонение S :

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}}. \quad (3)$$

Число степеней свободы выборочной дисперсии и выборочного стандартного отклонения f_s :

$$f_s = n - 1. \quad (4)$$

Для того чтобы использовать выборочные параметры для оценки параметров генеральной совокупности, необходимо убедиться в том, что в выборке нет промаха, а случайные значения выборки подчиняются нормальному закону распределения.

Анализ случайных значений выборки Y_1, \dots, Y_n на промах по критерию Смирнова – Граббса.

Экспериментальное значение критерия Смирнова – Граббса:

$$\tau_3 = \frac{\max |Y_i - \bar{Y}|}{S}. \quad (5)$$

Анализ случайных значений выборки Y_1, \dots, Y_n на принадлежность их к нормальному закону распределения по критерию среднего абсолютного отклонения (CAO).

Экспериментальное значения критерия CAO:

$$\theta_3 = \left| \frac{\text{CAO}}{S} - 0,7979 \right| = \left| \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \bar{Y}|}{nS} - 0,7979 \right|. \quad (6)$$

Табличное значения критерия CAO:

$$\theta_n = \frac{0,4}{\sqrt{n}}. \quad (7)$$

Критерий принадлежности случайных значений выборки Y_1, \dots, Y_n к нормальному закону распределения: если $\theta_3 < \theta_n$, то случайные значения выборки Y_1, \dots, Y_n принадлежат к нормальному закону распределения; если $\theta_3 > \theta_n$, то не принадлежат. В случае, когда все выборки имеют одинаковый объем n , проверка дисперсий на однородность производится по критерию Кохрена.

Экспериментальное значение критерия Кохрена G_3 :

$$G_3 = \frac{\max S_j^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}. \quad (8)$$

В результате обработки экспериментальных данных методом математической статистики были получены следующие данные (табл. 2).

После обработки результатов экспериментальных данных методом математической статистики было установлено, что плотность вероятности температур у всех 4 групп животных описывается нормальным законом распределения.

Получена взаимосвязь между калифорнийским тестом

на мастит и средней максимальной температурой вымени коров, определяемой инфракрасной термографией. При обработке результатов получено линейное уравнение регрессии, которое имеет вид:

$$y = 1,14x + 35,05, \quad (9)$$

где y – средняя максимальная температура вымени коров;

x – оценка состояния здоровья по кенотесту ($x=1,2,3,4$).

При этом точность аппроксимации достаточно высока и составляет $R^2 = 0,9997$ (рис. 2).

Полученные данные согласуются с результатами исследований отечественных и зарубежных ученых, занимающихся проблемами диагностики мастита коров термографическим методом в соответствии с кенотестом.

Заключение

1. Среди классифицированных методов диагностики мастита коров преимущества термографии заключаются в бесконтактности, низких затратах труда и времени, а также возможности интеграции с автоматизированной системой управления стадом.

2. Проведены экспериментальные исследования по измерению температуры вымени коров термографическим методом для 4 групп животных по степени заболевания маститом в соответствии с калифорнийским методом (кенотестом). В результате средняя максимальная температура вымени коров в процессе доения составила у здоровых животных $36,2^\circ\text{C}$, при субклинической стадий мастита – $38,5^\circ\text{C}$, а для клинической выраженной стадий мастита – $39,6^\circ\text{C}$.

3. В результате обработки экспериментальных данных методом математической статистики установлено, что плотность вероятности температур для всех 4 групп животных описывается нормальным законом распределения.

4. Получена взаимосвязь между калифорнийским тестом на мастит и средней максимальной температурой вымени коров, определяемой инфракрасной термографией. При обработке результатов получено линейное уравнение регрессии, где точность аппроксимации достаточно высока.

Таблица 2. Результаты экспериментальных данных, полученные при доверительной вероятности $p = 0,95\%$

Критерии	Отрицательная проба (-)	Сомнительная проба (+)	Субклиническая стадия (++)	Клиническая стадия (+++)
n	30	30	30	30
\bar{Y}	36,2	37,3	38,5	39,6
S^2	0,650	0,217	0,198	0,209
S	0,806	0,466	0,445	0,457
f_s	29	29	29	29
τ_3	2,005	2,556	2,533	1,895
θ_3	0,0081	0,0462	0,011	0,009
θ_n	0,073	0,073	0,073	0,073
G_3	0,076	0,076	0,076	0,076
G_m	0,159	0,159	0,159	0,159

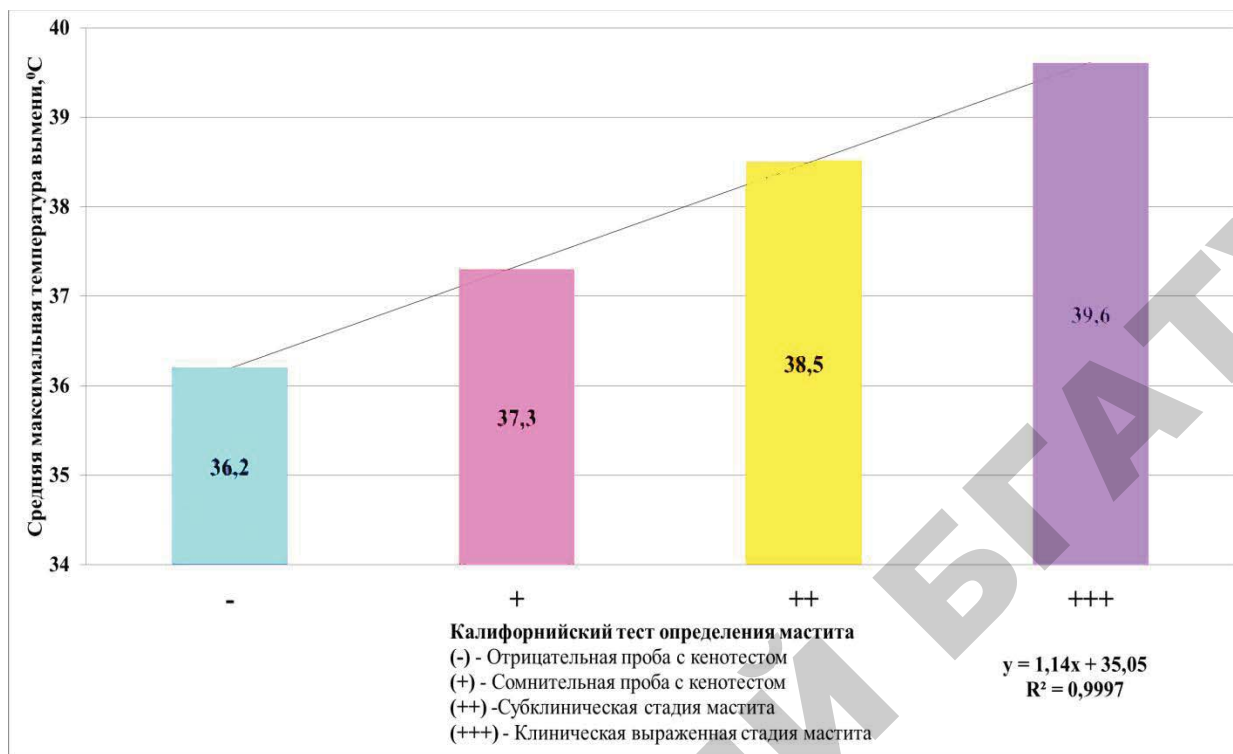


Рисунок 2. Взаимосвязь между калифорнийским тестом на мастит и средней максимальной температурой вымени коров, определяемой инфракрасной термографией

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Оценка экономической эффективности и проблемы инновационного развития молочного скотоводства Республики Беларусь / Н.С. Яковчик [и др.] // Агропанорама. – 2018. – № 6 (130). – С. 40-45.

2. Гируцкий, И.И. Анализ инфракрасного изображения вымени коров / И.И. Гируцкий, В.И. Передня, Ю.А. Ракевич // Агропанорама. – 2018. – № 6 (130). – С. 9-12.

3. Ракевич, Ю.А. Выбор оптимального вакууметрического давления для доения коров / Ю.А. Ракевич, В.И. Передня // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 21 – 23 ноября 2018 г. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 465-468.

4. Гируцкий, И.И. Перспективы развития средств механизации и автоматизации доильного оборудования / И.И. Гируцкий, В.И. Передня, Ю.А. Ракевич // Инновационные ресурсосберегающие технологии для производства биобезопасных комбикормов и конкурентоспособного молока: материалы академических чтений, посвященных 60-летию научной деятельности и 85-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора Владимира Ивановича Передни. –

Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2018. – С. 91-96.

5. Любимов, В.Е. Инженерный подход к решению проблемы лечения маститов коров / В.Е. Любимов, Д.В. Романов // Вестник ВНИИМЖ. – 2018. – № 3 (31). – С. 85-89.

6. Черенок, В.В. Эффективность разных методов диагностики мастита у коров / В.В. Черенок, М.А. Ткачев, Ю.Н. Черенок // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2019. – № 11 – С. 33-37.

7. Ракевич, Ю.А. Диагностика мастита коров термографическим методом / Ю.А. Ракевич // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Минск: Бизнесофсет, 2020. – С. 87-88.

8. Ракевич, Ю.А. Диагностика мастита коров термографическим методом / Ю.А. Ракевич // Актуальные проблемы инновационного развития и кадрового обеспечения АПК: материалы VII Международной научно-практической конференции, Минск, 4-5 июня 2020 г. – Минск: БГАТУ, 2020. – С. 123-126.

9. Леонов, А.Н. Основы моделирования: учебно-методическое пособие / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис; под общ. ред. А.Н. Леонова. – Минск: БГАТУ, 2020. – С. 26-63.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.09.2020