

Научная статья

УДК 636.082.4:591.166.1

doi:10.33284/2658-3135-106-1-122

Динамика гормонального фона в организме тёлочек казахской белоголовой породы при использовании различных схем синхронизации половой охоты

Павел Игоревич Христиановский¹, Сергей Сергеевич Щетинин²

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹paor1953@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3902-4379>

²Shchetinin261184@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3959-1525>

Аннотация. Для интенсификации мясного скотоводства необходим перевод системы воспроизводства стада на сезонную основу. Для получения сезонных отёлов применяются различные схемы синхронизации половой охоты. Их общим недостатком является невысокая оплодотворяемость от фронтального осеменения. Для разработки оптимальных схем синхронизации необходим тщательный анализ гормональных соотношений при индуцированных половых циклах. Целью исследования являлось изучение динамики половых гормонов в организме тёлочек казахской белоголовой породы при синхронизации половой охоты по двум схемам. Для достижения данной цели были сформированы две группы тёлочек случного возраста по 40 голов в каждой. В первой группе применяли двукратное внутримышечное введение эстрофана с интервалом 11 суток, во второй группе – схему Ovsynch. Кровь на гормоны исследовали перед стимуляцией, за двое суток до осеменения и в день осеменения. Выявлено более значительное повышение фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), эстрадиола и лютеинизирующего гормона (ЛГ) в крови тёлочек при двукратном введении эстрофана, чем при схеме Ovsynch. Предположительно, пониженный гормональный ответ на стимулирующие препараты обусловлен более сильным стрессовым воздействием при выполнении схемы Ovsynch. Оплодотворяемость тёлочек в этой группе была на 2,5 % ниже.

Ключевые слова: тёлки, казахская белоголовая порода, синхронизация половой охоты, прогестерон, ФСГ, ЛГ, эстрадиол, оплодотворяемость

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом НИР за 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0006).

Для цитирования: Христиановский П.И., Щетинин С.С. Динамика гормонального фона в организме тёлочек казахской белоголовой породы при использовании различных схем синхронизации половой охоты // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 1. С. 122-131. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-122>

Original article

The dynamics of the hormonal background in organism of Kazakh White-Headed heifers when using various schemes of estrus synchronization

Pavel I Khristianovsky¹, Sergey S Shchetinin²

¹Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹paor1953@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3902-4379>

²Shchetinin261184@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3959-1525>

Abstract. The transfer of the herd reproduction system to a seasonal basis is necessary for the intensification of beef cattle breeding. Various schemes of estrus synchronization are used to obtain seasonal

calving. Their common disadvantage is low fertilization from frontal insemination. A thorough analysis of hormonal ratios in induced sexual cycles is necessary to develop optimal synchronization schemes. The aim of the research was to study the dynamics of sex hormones in organism of Kazakh White-Headed heifers during estrus synchronization according to two schemes. Two groups of heifers of a mating age of 40 heads each were formed to achieve this goal. In the first group a double intramuscular injection of estrophan was used with an interval of 11 days, in the second group the Ovsynch scheme was used. The blood was tested for hormones before stimulation, two days before insemination and on the day of insemination. A more significant increase in follicle-stimulating hormone (FSH), estradiol and luteinizing hormone (LH) was in the blood of heifers with double injection of estrophan than with the Ovsynch scheme. Presumably, the decreased hormonal response to stimulant drugs is due to a stronger stress effect when performing the Ovsynch scheme. The fertilization rate of heifers in this group was 2.5% lower.

Keywords: heifers, Kazakh White-Headed breed, estrus synchronization, progesterone, FSH, LH, estradiol, fertilization

Acknowledgements: the work was performed in accordance to the plan of research works for 2021-2023 FSBR FRC BST RAS (No. 0761-2019-0006).

For citation: Khristianovsky PI, Shchetinin SS. The dynamics of the hormonal background in organism of Kazakh White-Headed heifers when using various schemes of estrus synchronization. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):122-131. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-122>

Введение.

В настоящее время для эффективного ведения скотоводства важнейшее значение приобретает возможность управления процессами воспроизводства (Аминова А.Л. и др., 2019). В современных условиях широко используются методы синхронизации половой охоты коров и тёлочек, из которых наиболее эффективным является применение синтетических аналогов простагландина F2 α и их сочетание с гонадотропинами (Николаев С.В. и Конопельцев И.Г., 2019; Wijma R et al., 2016; Qin X et al., 2020).

В мясном скотоводстве наиболее часто применяются двукратная внутримышечная инъекция простагландинов с последующим фронтальным осеменением, оплодотворяемость варьирует от 30 до 45 %. В молочном скотоводстве чаще используют схему Ovsynch, которая представляет собой сочетание релизинг-гормона и простагландина, при этом получают 40-50 % оплодотворяемости от фронтального осеменения (Кулакова Т.В. и др., 2017; Helguera IL et al., 2018; eSilva LO et al., 2021).

Изучение механизма синхронизирующего действия, основанного на взаимоотношениях специфических половых гормонов, позволит оптимизировать схемы синхронизации и повысить эффективность их применения в молочном и мясном скотоводстве.

Цель исследования.

Изучить в сравнительном аспекте динамику прогестерона, ФСГ, ЛГ и эстрадиола при синхронизации половой охоты у тёлочек мясной породы по схеме Ovsynch и при двукратной инъекции простагландина.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования. Тёлочки казахской белоголовой породы.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.: Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследо-

ваний были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проводились в СПК им. Фурманова Оренбургской области. Были сформированы две группы тёлочек по 40 голов каждая по принципу групп-аналогов. Возраст тёлочек – 16-20 месяцев, живая масса – 340-350 кг. Предварительным гинекологическим обследованием установлено нормальное состояние гениталий. В этих группах провели синхронизацию половой охоты по различным схемам. Перед началом опыта в обеих группах животным инъецировали витаминный препарат Е-селен в дозе 5 мл.

В I группе тёлочкам применили двукратную инъекцию эстрофана в дозе 2 мл, первая инъекция – на 1-й день, вторая – на 11-й день, затем через 72 часа ввели 4 мл сурфагона и провели двукратное фронтальное осеменение: первый раз сразу после введения сурфагона и второй – через 24 часа. Во II группе использовали схему Ovsynch, включающую в себя следующие операции: в 1-й день – сурфагон 4 мл, на 8-й день – эстрофан 2мл, на 11-й день – сурфагон 4 мл и искусственное осеменение (ИО). При первичном осеменении всем тёлочкам дополнительно вводили сурфагон в дозе 4 мл для синхронизации овуляции (табл. 1).

Таблица 1. Схема опыта
Table 1. Scheme of the experiment

№ группы/ <i>No. of group</i>	Число животных в группе/ <i>Number of animals in the group</i>	Дни эксперимента/ <i>Days of experiment</i>					
		1	8	11	12	14	15
I	40	Витамины, эстрофан/ <i>Vitamins, estrophan</i>		Эстрофан/ <i>estrophan</i>		Сурфагон, ИО/ <i>surfagon, artificial insemination</i>	ИО <i>/artificial insemination</i>
II	40	Витамины, сурфагон/ <i>Vitamins, surfagon</i>	Эстрофан/ <i>estrophan</i>	Сурфагон, ИО/ <i>surfagon, artificial insemination</i>	ИО / <i>artificial insemination</i>		

В обеих группах тёлочек осеменяли глубокозамороженной спермой быка казахской белоголовой породы ректоцервикальным способом.

Для изучения динамики гормонов у десяти тёлочек I группы брали кровь в 1-й, 11-й и 14-й дни опыта, у десяти тёлочек II группы – в 1-й, 8-й и 11-й дни. В обеих группах рubeжными исследованиями крови являлись: 1 – перед синхронизацией, 2 – при введении эстрофана за 48 часов до ИО, 3 – в день ИО.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены в ЦКП БСТ РАН <http://цкп-бст.рф> при помощи автоматического микропланшетного анализатора Infinite F200 PRO (Тесан, Австрия); набора реагентов для иммуоферментного определения фолликулостимулирующего гормона в сыворотке (плазме) крови «ФСГ-ИФА» (К 203) (Хема, Россия); набора реагентов для иммуоферментного определения лютеотропного гормона в сыворотке и плазме крови "ЛГ-ИФА" (К 202) (Хема, Россия); набора реагентов для иммуоферментного определения гормона прогестерона в сыворотке и плазме крови "ПГ-ИФА" (К 209) (Хема, Россия); пробирки вакуумные RusTech 7 мл, с активатором свёртывания; пробирка вакуумная RusTech 6 мл с ЭДТА К3; игла

инъекционная одноразовая стерильная 18G; игла двусторонняя RusTech 18G 1/2 (1,2*38мм); шприц одноразовый 20 мл 3-комп. с иглой 21G×1 1/2" (0,8 × 40 мм).

Статистическая обработка. Полученные данные обрабатывали с использованием приложения «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Анализ включал определение средней арифметической величины (M), стандартной ошибки средней (m). Достоверными считали различия при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований.

Полученные данные по уровню гормонов при синхронизации половой охоты тёлочек I группы приведены в таблице 2.

Таблица 2. Изменения содержания половых гормонов в сыворотке крови тёлочек I группы по периодам опыта, M+m

Table 2. Changes in sex hormones content in the blood serum of heifers of I group by periods of experiment, M+m

Показатель / <i>Indicator</i>	Исследования крови / <i>Blood analysis</i>		
	перед синхронизацией / <i>before synchronization</i>	за 48 часов до ИО / <i>48 hours before AI</i>	в день ИО / <i>in the day of AI</i>
Прогестерон, нмоль/л / <i>Progesterone, nmol/l</i>	3,58±0,969	5,00±0,917 *	0,91±0,194 ***
ФСГ, МЕ/л / <i>FSH, IU/l</i>	2,00±0,289	1,11±0,178 **	2,42±0,260 **
ЛГ, МЕ/л / <i>LH, IU/l</i>	1,11±0,356	0,84±0,360 *	1,85±0,787 ***
Эстрадиол, нмоль/л / <i>Estradiol, nmol/l</i>	0,43±0,034	0,42±0,042	0,65±0,131 **

Примечание: * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$

Note: * – $P \leq 0.05$, ** – $P \leq 0.01$; *** – $P \leq 0.001$

Из таблицы 2 следует, что у животных I группы уровень прогестерона к 11 дню синхронизации повысился на 39,7 % ($P \leq 0,05$), что говорит об активном функционировании жёлтых тел в яичниках животных. После повторного введения эстрофана, к моменту проведения искусственного осеменения, уровень прогестерона понизился на 81,8 % ($P \leq 0,001$) по сравнению с предыдущим. В этот же период содержание ФСГ изменялось противоположным образом. К 11 дню опыта оно снизилось на 44,5 % ($P \leq 0,01$), а перед ИО возросло на 118,0 % ($P \leq 0,01$). Динамика содержания ЛГ была аналогичной по ФСГ: к 11 дню опыта оно снижалось на 24,3 % ($P \leq 0,05$), а затем повышалось на 120,2 % ($P \leq 0,001$) к моменту осеменения.

Подобные взаимоотношения прогестерона и гонадотропинов характерны для половых циклов крупного рогатого скота. При этом решающее значение для реализации овуляции имеет именно выброс ЛГ. В этот же период у опытных животных отмечено повышение уровня эстрадиола на 54,8 % ($P \leq 0,01$).

Результаты исследований крови по II группе животных показаны в таблице 3. При анализе этих данных выявлены аналогичные I группе закономерности динамики гормонов. Уровень прогестерона повышался на 32,7 % к моменту введения эстрофана, после чего происходило резкое снижение количества гормона на 82,2 %. Изменения были достоверными ($P \leq 0,05$).

Количество ФСГ и ЛГ к 8 дню опыта снижалось на 25,9 и 21,7 %, а к моменту осеменения повышалось на 62,1 и 53,8 % соответственно ($P \leq 0,05$). Содержание эстрадиола при этом изменилось очень незначительно и недостоверно на 5,1 % ($P \geq 0,05$).

Таблица 3. Изменения содержания половых гормонов в сыворотке крови тёлоч II группы по периодам опыта, М+m

Table 3. Changes in the content of sex hormones in the blood serum of heifers of group II by periods of experience, M+m

Показатель / Indicator	Исследования крови / Blood analysis		
	перед синхронизацией / before synchronization	за 48 часов до ИО / 48 hours before AI	в день ИО / in the day of AI
Прогестерон, нмоль/л / Progesterone, nmol/l	3,85±0,648	5,11±0,843	0,91±0,428 **
ФСГ, МЕ/л / FSH, IU/l	1,89±0,687	1,40±0,421	2,27±0,658 *
ЛГ, МЕ/л / LH, IU/l	0,83±0,266	0,65±0,251	1,00±0,362 *
Эстрадиол, нмоль/л / Estradiol, nmol/l	0,52±0,135	0,59±0,096	0,62±0,134

Примечание: * – P≤0,05, ** – P≤0,01; *** – P≤0,001

Note: * – P≤0.05, ** – P≤0.01; *** – P≤0.001

Более наглядно изменения содержания гормонов в обеих группах животных показаны на графиках (рис. 1, 2).

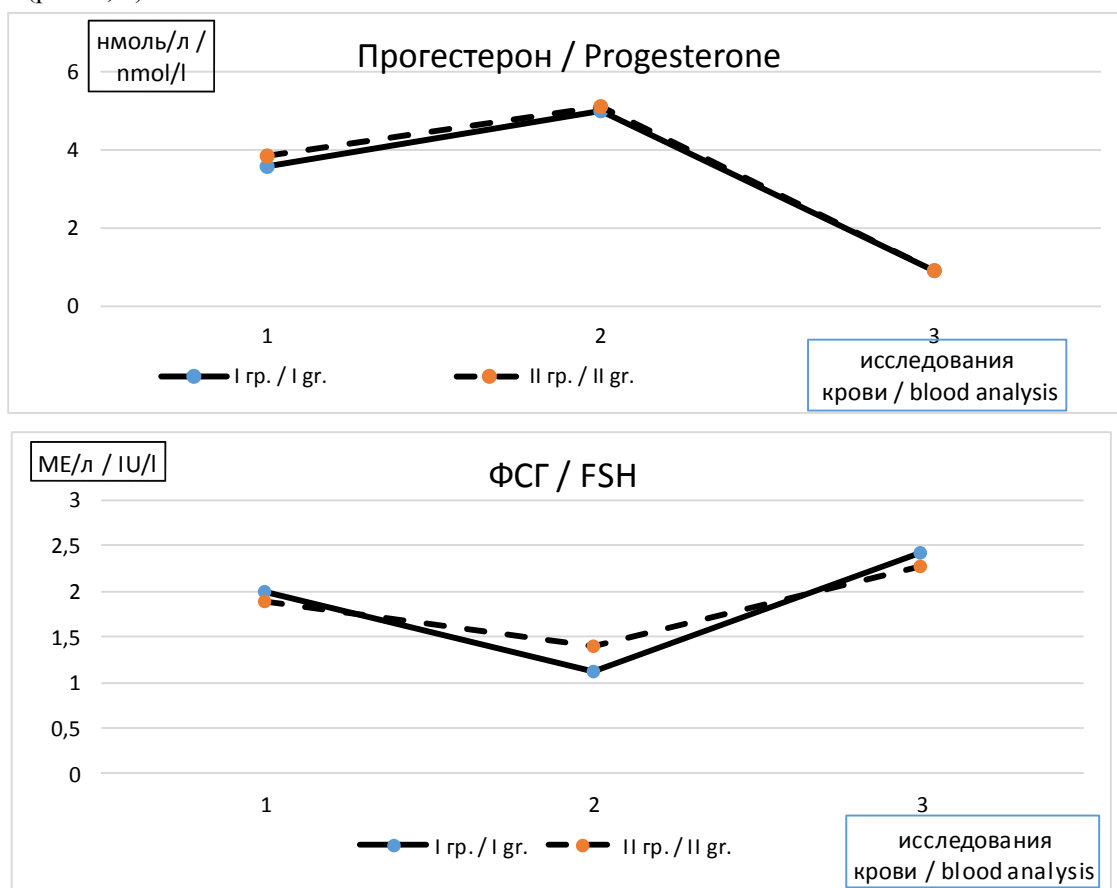


Рис. 1 – Динамика содержания прогестерона и фолликулостимулирующего гормона в сыворотке крови тёлоч по периодам опыта

Figure 1 – Dynamics of progesterone and follicle-stimulating hormone content in the blood serum of heifers by periods of experiment

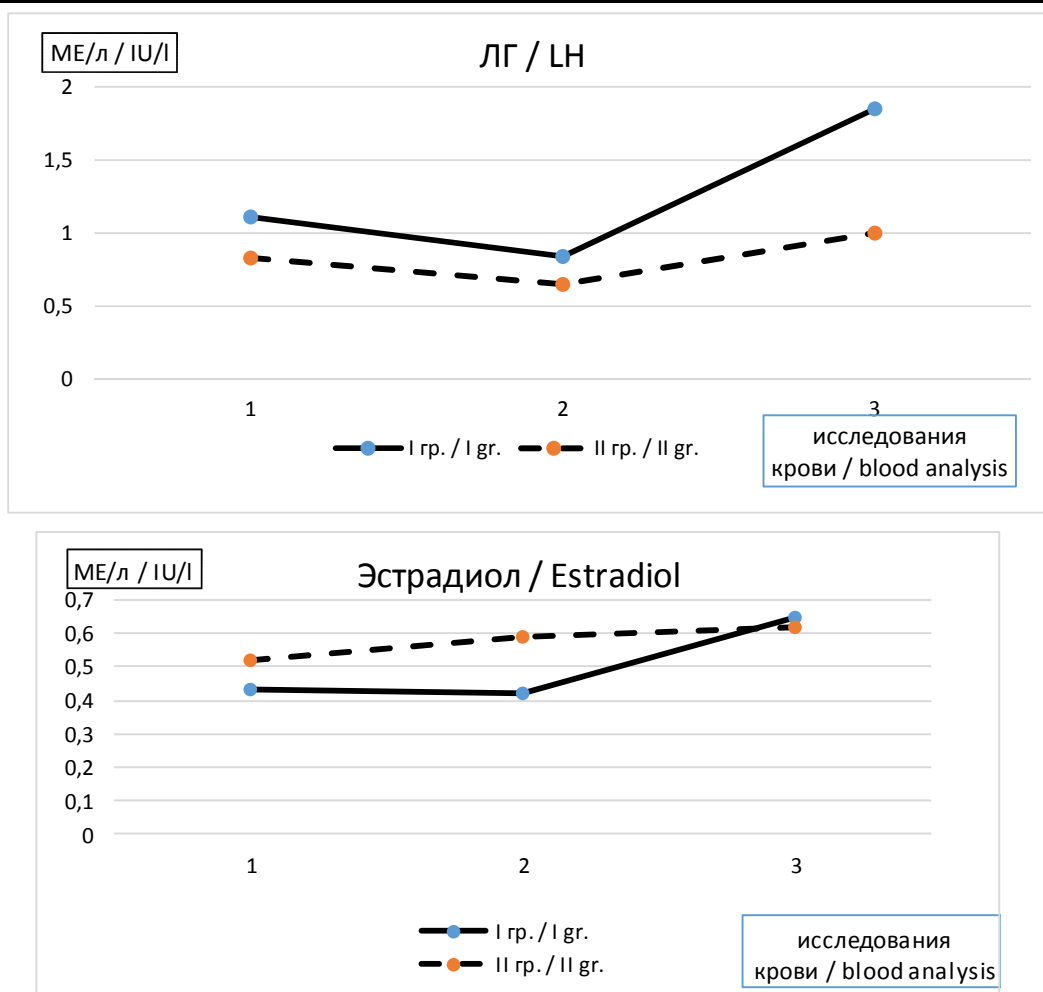


Рис. 2 – Динамика содержания лютеинизирующего гормона и эстрадиола в сыворотке крови тёлоч по периодам опыта
Figure 2 – Dynamics of luteinizing hormone and estradiol content in the blood serum of heifers by the periods of the experiment

Из графиков следует, что в процессе синхронизации изменения содержания гормонов в обеих группах тёлоч подчинялись общим закономерностям, однако в I группе к моменту осеменения повышения уровня ФСГ, эстрадиола и ЛГ были более значительными. Это отразилось и на оплодотворяемости животных (табл. 4).

Таблица 4. Результаты оплодотворяемости тёлоч при различных схемах синхронизации половой охоты

Table 4. The fertilization results of heifers with different schemes of estrus synchronization

Группа / Group	Количество голов / Number of heads	Оплодотворяемость от фронтального осеменения / Fertilization from frontal insemination	% оплодотворения / % of fertility
I	40	17	42,5
II	40	16	40,0

Обсуждение полученных результатов.

Сравнительный анализ полученных данных по синхронизации половой охоты тёлочек с применением различных схем на примере двух групп показывает, что изменения содержания прогестерона, ФСГ и ЛГ в организме животных обеих групп происходили по общим закономерностям, присущим и спонтанным, и индуцированным половым циклам у крупного рогатого скота. При этом повышение уровня прогестерона соответствует снижению содержания ФСГ и ЛГ и наоборот (Colazo MG et al., 2009; Wiltbank MC et al., 2014).

Наблюдаемое непосредственно перед осеменением резкое повышение количества ЛГ в крови тёлочек сопровождалось подъёмом уровня эстрадиола. По многочисленным сообщениям, повышение содержания эстрогенов в крови предшествует предовуляторному выбросу ЛГ и является необходимым звеном в цепи реакций, осуществляющих процесс овуляции у самок животных (Stevenson JL et al., 2008; Христиановский П.И. и др., 2022).

При синхронизации половой охоты все феномены полового цикла проходят в ускоренном режиме, причём протокол схемы синхронизации оказывает существенное влияние на овуляцию у животных и, как следствие, на оплодотворяемость (Downing JA et al., 1995; Христиановский П.И. и др., 2021).

В нашем опыте использованы две схемы синхронизации половой охоты. Обе схемы включают четыре подхода к животным. В мясном скотоводстве «подход» к животным означает прогон через раскол и грубые манипуляции на фиксаторе, а перед этим возможен длительный перегон с пастбища к месту работы. Всё это оказывает сильное стрессовое влияние на организм животных, которое негативно воздействует на процессы воспроизводства (Семкив М.В. и др., 2016; Каплунов В.Р. и Гавриченко Н.И., 2017; Kasimanickam R and Kasimanickam V, 2021). В I группе (схема с двукратным введением эстрофана) эти четыре подхода распределены на 15 дней, а во II группе (схема Ovsynch) – на 12 дней, т. е. в этой группе стрессовое воздействие было более уплотнённым, а стало быть, и более сильным. Предположительно, это послужило фактором дополнительного влияния на оплодотворяемость тёлочек при синхронизации половой охоты по схеме Ovsynch.

В дальнейшем было бы целесообразно пронаблюдать за динамикой гормонов и оплодотворяемостью коров и тёлочек при включении антистрессовых препаратов (адаптогенов) в схемы синхронизации половой охоты.

Заключение.

При синхронизации половой охоты тёлочек казахской белоголовой породы по схеме с двукратным применением эстрофана и по схеме Ovsynch выявлена аналогичная динамика содержания гормонов в сыворотке крови.

У тёлочек I группы (синхронизация с двукратным применением эстрофана через 11 дней) отмечены более значительные изменения уровня гонадотропинов и эстрогенов, чем у животных II группы (синхронизация по схеме Ovsynch). Более значительное увеличение уровня гонадотропинов и эстрогенов в крови животных I группы обусловило и более высокую оплодотворяемость тёлочек этой группы от фронтального осеменения.

Схему синхронизации половой охоты с двукратным применением эстрофана через 11 суток можно считать более технологичной для мясного скотоводства.

Список источников

1. Влияние некоторых стресс-факторов на воспроизводительную функцию коров чернопестрой породы в условиях ОАО «Ермолинское» / М.В. Семкив, В.Н. Витвицкий, А.В. Вихарева, Д.Ю. Никитюк // Эффективный менеджмент в молочном скотоводстве – условие конкурентоспособности производства молока: материалы Всерос. науч.-практ. конф. 02-03 ноября 2016 г. Великий Новгород, 2016. С. 141-144. [Semkiv MV, Vitvickij VN, Vihareva AV, Nikitjuk DJu. Vlijanie nekotoryh stress-faktorov na vosproizvoditel'nuju funkciju korov cherno-pestroj породы v uslovijah ОАО

«Ermolinskoe» (Conference proceedings) *Jeffektivnyj menedzhement v molochnom skotovodstve – uslovie konkurentosposobnosti proizvodstva moloka: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. 02-03 nojabrja 2016 g. Velikij Novgorod; 2016:141-144. (in Russ.)*].

2. Каплунов В.Р., Гавриченко Н.И. Особенности течения фолликулогенеза у коров с разным типом стрессоустойчивости // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. № 20-2. С. 319-325. [Kaplunov VR, Gavrichenko NI. Osobennosti techeniya follikulogeneza u korov s raznym tipom stressoustoichivosti. Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva. 2017;20-2:319-325. (in Russ.)*].

3. Кулакова Т.В., Ефимова Л.В., Иванова О.В. Влияние способов содержания на молочную продуктивность и воспроизводительную способность коров // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8(154). С. 127-132. [Kulakova TV, Yefimova LV, Ivanova OV. Effect of housing techniques on milk production and reproductive ability of cows. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017;8(154):127-132. (in Russ.)*].

4. Николаев С.В., Конопельцев И.Г. Эффективность различных способов терапии коров с гипофункцией яичников // *Ветеринария. 2019. № 4. С. 33-37. [Nikolaev SV, Konopeltsev IG. Efficiency of various therapeutic methods in cows with hypovarianism. Veterinary. 2019;4:33-37. (in Russ.)*]. doi: 10.30896/0042-4846.2019.22.4.33-37

5. Репродуктивный статус коров в зависимости от продуктивности и количества лактаций / А.Л. Аминова, И.Ф. Юмагузин, Н.Г. Фенченко и др. // *Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 6. С. 29-31. [Aminova AL, Yumaguzin IF, Fenchenko NG et al. Dependence of cow reproduction status on the productivity and the quantity of lactation periods. Dairy and Beef Cattle Farming. 2019;6:29-31. (in Russ.)*]. doi: 10.33943/MMS.2019.6.39674

6. Сравнительный анализ эффективности фронтального осеменения коров при различных схемах синхронизации половой охоты / П.И. Христиановский, М.С. Сеитов, С.А. Платонов, Е.С. Медетов, Т.Б. Алдыяров // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6(92). С. 217-220. [Khristianovsky PI, Seitov MS, Platonov SA, Medetov ES, Aldyarov TB. Comparative analysis of the effectiveness of frontal insemination of cows with different schemes of synchronization of sexual heat. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2021;6(92):217-220. (in Russ.)*]. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-217-221

7. Христиановский П.И., Платонов С.А., Алдыяров Т.Б. Взаимодействие гонадотропинов и эстрогенов в организме овец при стимуляции половой охоты / *Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105. № 4. С. 101-110. [Khristianovskiy PI, Platonov SA, Aldyarov TB. Gonadotropins and estrogens interaction in the body of sheep during sexual estrus stimulation. Animal Husbandry and Fodder Production. 2022;105(4):101-110. (In Russ.)*. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-101>

8. Colazo MG, Gordon MB, Rajamahendran R, Mapletoft RJ, Ambrose DJ. Pregnancy rates to timed artificial insemination in dairy cows treated with gonadotropin-releasing hormone or porcine luteinizing hormone. *Theriogenology. 2009;72(2):262-270. doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.02.017*

9. Downing JA, Joss J, Connell P, Scaramuzzi RJ. Ovulation rate and the concentrations of gonadotrophic and metabolic hormones in ewes fed lupin grain. *J Reprod Fertil. 1995;103(1):137-145. doi: 10.1530/jrf.0.1030137*

10. Helguera IL, Whittaker P, Behrouzi A, Mapletoft RJ, Colazo MG. Effect of initial GnRH and time of insemination on reproductive performance in cyclic and acyclic beef heifers subjected to a 5-d Co-synch plus progesterone protocol. *Theriogenology. 2018;106:39-45. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.10.001*

11. Kasimanickam R, Kasimanickam V. Impact of heat stress on embryonic development during first 16 days of gestation in dairy cows. *Sci Rep. 2021;11(1):14839. doi: 10.1038/s41598-021-94278-2*

12. Qin X, Yang S, Zhang Y, Li L, Li P, Long M, Guo Y. Effects of non-esterified fatty acids on relative abundance of prostaglandin E₂ and F_{2a} synthesis-related mRNA transcripts and protein in endometrial cells of cattle *in vitro*. *Anim Reprod Sci. 2020;221:106549. doi: 10.1016/j.anireprosci.2020.106549*

13. eSilva LO, Valenza A, Alves RLOR, da Silva MA, da Silva TJB, Motta JCL, Drum JN, Madureira G, de Souza AH, Sartori R. Progesterone release profile and follicular development in Holstein cows receiving intravaginal progesterone devices. *Theriogenology*. 2021;172:207-215. doi: 10.1016/j.theriogenology.2021.07.001
14. Stevenson JL, Dalton JC, Santos JEP, Sartori R, Ahmadzadeh A, Chebel RC. Effect of synchronization protocols on follicular development and estradiol and progesterone concentrations of dairy heifers. *J Dairy Sci*. 2008;91(8):3045-3056. doi: 10.3168/jds.2007-0625
15. Wijma R, Stangaferro ML, Giordano JO. Circulating progesterone dynamics after intravaginal instillation of prostaglandin-F2a to lactating dairy cows. *Theriogenology*. 2016;85(9):1660-1668. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.01.025
16. Wiltbank MC, Souza AH, Carvalho PD, Cunha AP, Giordano JO, Fricke PM, Baez GM, Diskin MG. Physiological and practical effects of progesterone on reproduction in dairy cattle. *Animal*. 2014;8(Suppl 1):70-81. doi: 10.1017/S1751731114000585

References

1. Semkiv MV, Vitvickiy VN, Vihareva AV, Nikityuk DYU. The effect of some stress factors on the reproductive function in Black-and-White cows in the conditions of OJSC “Ermolinskoye” (Conference proceedings). Effective management in dairy cattle breeding is a condition for the competitiveness of milk production: The materials of All-Russian scientific and research conference. 2-3 November 2016. Velikiy Novgorod; 2016:141-144.
2. Kaplunov VR, Gavrichenko NI. The peculiarities of the folliculogenesis course in cows with a different type of stressology-resistance. *Actual Problems of Intensive Development of Animal Husbandry*. 2017;20-2:319-325.
3. Kulakova TV, Yefimova LV, Ivanova OV. Effect of housing techniques on milk production and reproductive ability of cows. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2017;8(154):127-132.
4. Nikolaev SV, Konopeltsev IG. Efficiency of various therapeutic methods in cows with hypovarianism. *Veterinary*. 2019;4:33-37. doi: 10.30896/0042-4846.2019.22.4.33-37
5. Aminova AL, Yumaguzin IF, Fenchenko NG et al. Dependence of cow reproduction status on the productivity and the quantity of lactation periods. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2019;6:29-31. doi: 10.33943/MMS.2019.6.39674
6. Khristianovsky PI, Seitov MS, Platonov SA, Medetov ES, Aldyarov TB. Comparative analysis of the effectiveness of frontal insemination of cows with different schemes of synchronization of sexual heat. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;6(92):217-220. doi: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-217-221
7. Khristianovskiy PI, Platonov SA, Aldyarov TB. Gonadotropins and estrogens interaction in the body of sheep during sexual estrus stimulation. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022;105(4):101-110. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-105-4-101>
8. Colazo MG, Gordon MB, Rajamahendran R, Mapletoft RJ, Ambrose DJ. Pregnancy rates to timed artificial insemination in dairy cows treated with gonadotropin-releasing hormone or porcine luteinizing hormone. *Theriogenology*. 2009;72(2):262-270. doi: 10.1016/j.theriogenology.2009.02.017
9. Downing JA, Joss J, Connell P, Scaramuzzi RJ. Ovulation rate and the concentrations of gonadotrophic and metabolic hormones in ewes fed lupin grain. *J Reprod Fertil*. 1995;103(1):137-145. doi: 10.1530/jrf.0.1030137
10. Helguera IL, Whittaker P, Behrouzi A, Mapletoft RJ, Colazo MG. Effect of initial GnRH and time of insemination on reproductive performance in cyclic and acyclic beef heifers subjected to a 5-d Co-synch plus progesterone protocol. *Theriogenology*. 2018;106:39-45. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.10.001
11. Kasimanickam R, Kasimanickam V. Impact of heat stress on embryonic development during first 16 days of gestation in dairy cows. *Sci Rep*. 2021;11(1):14839. doi: 10.1038/s41598-021-94278-2

12. Qin X, Yang S, Zhang Y, Li L, Li P, Long M, Guo Y. Effects of non-esterified fatty acids on relative abundance of prostaglandin E₂ and F_{2a} synthesis-related mRNA transcripts and protein in endometrial cells of cattle *in vitro*. Anim Reprod Sci. 2020;221:106549. doi: 10.1016/j.anireprosci.2020.106549

13. eSilva LO, Valenza A, Alves RLOR, da Silva MA, da Silva TJB, Motta JCL, Drum JN, Madureira G, de Souza AH, Sartori R. Progesterone release profile and follicular development in Holstein cows receiving intravaginal progesterone devices. Theriogenology. 2021;172:207-215. doi: 10.1016/j.theriogenology.2021.07.001

14. Stevenson JL, Dalton JC, Santos JEP, Sartori R, Ahmadzadeh A, Chebel RC. Effect of synchronization protocols on follicular development and estradiol and progesterone concentrations of dairy heifers. J Dairy Sci. 2008;91(8):3045-3056. doi: 10.3168/jds.2007-0625

15. Wijma R, Stangaferro ML, Giordano JO. Circulating progesterone dynamics after intravaginal instillation of prostaglandin-F_{2a} to lactating dairy cows. Theriogenology. 2016;85(9):1660-1668. doi: 10.1016/j.theriogenology.2016.01.025

16. Wiltbank MC, Souza AH, Carvalho PD, Cunha AP, Giordano JO, Fricke PM, Baez GM, Diskin MG. Physiological and practical effects of progesterone on reproduction in dairy cattle. Animal. 2014;8(Suppl 1):70-81. doi: 10.1017/S1751731114000585

Информация об авторах:

Павел Игоревич Христиановский, доктор биологических наук, старший научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, тел.: 8(3532)43-46-78, сот.: 89877814269.

Сергей Сергеевич Щетинин, аспирант, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; тел.: 89878775922.

Information about authors:

Pavel I Khristianovsky, Dr. Sci. (Biology), Senior Researcher of the Department of Technology of Beef Cattle Breeding and Beef Production, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8(3532)43-46-78, tel.: 89877814269.

Sergey S Shchetinin, post-graduate student, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000; tel.: 89878775922.

Статья поступила в редакцию 23.01.2023; одобрена после рецензирования 07.02.2023; принята к публикации 20.03.2023.

The article was submitted 23.01.2023; approved after reviewing 07.02.2023; accepted for publication 20.03.2023.