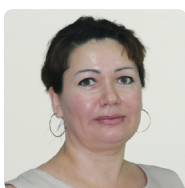


ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО ОБМЕНА В КРОВИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ В РАЗНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

© Корельская Л.А.,
Соснина Л.П., Коломиец С.А.



Лариса Александровна Корельская

Вологодский научный центр Российской академии наук
Вологда, Российская Федерация

e-mail: larisa030976@mail.ru

ORCID: [0000-0002-6651-0615](https://orcid.org/0000-0002-6651-0615)



Любовь Петровна Соснина

Вологодский научный центр Российской академии наук
Вологда, Российская Федерация

e-mail: szniibiohim@mail.ru



Светлана Анатольевна Коломиец

Вологодский научный центр Российской академии наук
Вологда, Российская Федерация

e-mail: lady.lana-2014@yandex.ru

В рамках темы НИР № FMGZ-2022-0003 исследовался биохимический состав сыворотки крови высокопродуктивных животных в периоды раздоя, разгара, затухания лактации, в сухостойный период, при привязном способе содержания и роботизированном способе доения в условиях Европейского Севера Российской Федерации, с постановкой производственного эксперимента в условиях Вологодской области, проведенного на базе сельскохозяйственного предприятия ПЗК «Аврора». Основная задача исследования – изучение динамики параметров энергетического обмена (глюкоза, кетоновые тела) и минерального обмена (кальций, фосфор). В ходе работы установлено, что при привязном методе содержания в период пика лактации количество кальция, фосфора и кетоновых тел у животных было в норме, но уровень глюкозы ниже нормы на 14,2%. В период раздоя наблюдается заметное снижение всех показателей, кроме кальция. В период сухостоя количество кальция, фосфора, кетоновых тел было немного понижено, а глюкозы – на 6,1% выше нормы. При роботизированном доении коров уровень фосфора, глюкозы и кетоновых тел выше референсных значений, кальций в пределах нормы. Значения всех показателей более высокие в сравнении с привязным содержанием животных. Анализируя результаты биохимии крови высокопродуктивных коров в различные физиологические циклы, можно своевременно выявить отклонения в минеральном и энергетическом об-

мене. Таким образом, показатели, полученные при биохимическом анализе крови коров, имеют практическое значение для составления и корректировки рационов с учетом физиологических потребностей животных в период раздоя, разгара, угасания лактации и сухостоя, для предупреждения нарушений обменных процессов и поддержания продуктивного здоровья высокоудойных животных.

Кровь, сыворотка крови, энергетический обмен, минеральный обмен, кальций, фосфор, глюкоза, кетоновые тела.

Благодарность

Статья подготовлена в рамках государственного задания № FMGZ-2022-0003.

Введение

Правильное кормление лежит в основе успешного животноводства. Корма оказывают решающее влияние на обменные процессы в организме, на здоровье животных и качество получаемой продукции. Высокая продуктивность в молочном животноводстве создает большую нагрузку на обменные процессы в организме коров и предъявляет высокие требования к качеству кормов, организации и поддержанию правильного кормления, а также к ранней диагностике нарушений обмена веществ (Амерханов и др., 2011).

Высокий уровень производства молока и нормальное физиологическое состояние высокоудойных коров возможны только при условии контроля и нормирования потребностей организма в энергии, питательных и биологически активных веществах, а также удовлетворения этих потребностей путем рационального подбора кормов и соответствующих добавок.

Увеличение производства молока часто напрямую связано с нарушениями обмена веществ и вспышками заболеваний у животных. Ошибки в кормлении быстрее проявляются у высокопродуктивных коров, чем у низкопродуктивных (Багинов и др., 2023).

В полноценном комплексе кормления сельскохозяйственных животных вопрос минерального обмена занимает важнейшее место в регуляции кислотно-щелочного ба-

ланса в их организме (Гусаров и др., 2018a; Гусаров и др., 2018b).

Важность фосфора для организма животных хорошо известна. Фосфор играет ключевую роль во всех важных метаболических процессах обмена веществ и поэтому присутствует во всех биологических веществах. Фосфор является структурным элементом костной и зубной ткани, его доля составляет в ней 83% у молодняка и 87% у взрослых коров от всего количества фосфора, находящегося в организме (Косолапов и др., 2019).

Кальций обеспечивает материал для формирования костной ткани и участвует в свертывании крови. Профилактическая роль кальция заключается в поддержании кислотно-щелочного равновесия, в процессах формирования минеральной части кости и в активизации защитных функций организма. Кальций плохо усваивается как при дефиците, так и при избытке фосфора (Косолапов и др., 2019; Корельская, 2021).

Фосфор и кальций очень тесно связаны между собой, являются ключевыми минералами и определяют структурную прочность костной ткани – основы всего организма (Нога, Савинова, 2021).

Глюкоза является основным энергетическим веществом организма для некоторых специализированных тканей, играет важную роль в обмене веществ, влияет на интенсивность жирового и белкового обмена, стимулирует функцию поджелу-

дочной железы и печени, обладает антикетонным действием. Когда животные голодают, выработка глюкозы снижается (Симакова, Рожков, 2023).

Углеводное кормление коров регулируется содержанием в кормовом рационе сырой клетчатки, легкоусвояемых углеводов, в частности сахара, соотношением углеводов и белков, сравнением с рекомендуемыми эталонными количествами и состоянием углеводного обмена у скота, о чем свидетельствуют биохимические показатели в сыворотке крови.

Характерными признаками кетоза являются снижение глюкозы в плазме, уменьшение содержания гликогена в печени, повышенная продукция и экскреция кетонных тел. Заболевание проявляется нарушениями пищеварения и обмена веществ. Измерение уровня кетонных тел у лактирующих и сухостойных коров помогает своевременно выявить нарушения в энергетическом обмене (Симакова, Рожков, 2023).

Данные, полученные при биохимическом анализе крови животных по разным способам содержания и по разнотипным периодам лактации, имеют практическое значение для составления и корректировки рационов, обеспечения физиологических потребностей коров в разные периоды лактации и сухостоя, предупреждения нарушений обменных процессов у высокоудойных коров, оценки метаболического статуса, проведения лечебно-профилактических мероприятий (Гусаров и др., 2021; Богатырева, Фоменко, 2022).

Поиск оптимальных значений параметров энергетического и минерального обмена в сыворотке крови высокоудойных коров в условиях Европейского Севера Российской Федерации составляет научную новизну исследования. Разработка направлений по повышению эффективности контроля над уровнем этих параметров и регулированию их концентрации позволяет оценить степень напряженности мета-

болизма энергетического и минерального процессов в организме животных.

Изучение энергетического и минерального обмена в сыворотке крови высокопродуктивных коров в разные физиологические периоды при привязном способе содержания и роботизированном способе доения играет важную роль и позволяет своевременно выявить отклонения. Полученные данные биохимического анализа крови животных имеют практическое значение для составления и корректировки рационов, профилактики нарушений обмена веществ, управления здоровьем высокопродуктивных коров, оценки метаболического статуса и проведения лечебно-профилактических мер (Тяпугин и др., 2016; Корельская и др., 2022).

Цель исследования – изучение динамики параметров энергетического (глюкоза, кетонные тела) и минерального обмена (кальций, фосфор), сравнение результатов в разные физиологические периоды и при разных способах содержания и доения коров в условиях Европейского Севера Российской Федерации. Исследования проведены на базе сельскохозяйственного предприятия с постановкой производственного эксперимента в условиях Вологодской области.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- 1) определить содержание кальция, фосфора, глюкозы, кетонных тел в крови высокоудойных животных в разные физиологические периоды, при привязном способе содержания и роботизированном способе доения коров;
- 2) провести сравнение полученных результатов.

Материалы и методы

На базе сельскохозяйственного предприятия Вологодской области был проведен производственный эксперимент по изучению биохимического состава сыво-

ротки крови высокопродуктивных животных в разные физиологические периоды и при различных способах содержания и доения в условиях Европейского Севера Российской Федерации.

Объектом исследования являлись 108 коров черно-пестрой голштинизированной породы продуктивностью свыше 8500 кг молока.

Предметом исследования служили кровь и сыворотка высокопродуктивных коров для изучения динамики содержания кальция, фосфора, глюкозы и кетонных тел в разные периоды физиологического цикла при различных методах содержания и доения животных.

Образцы крови взяты у животных подопытных групп в различные периоды лактации и сухостоя, при использовании различных методов содержания и доения. Кровь отбиралась из хвостовой вены перед утренним кормлением.

Исследование проводилось на базе лаборатории биохимии и физиологии животных СЗНИИМЛПХ имени А.С. Емельянова – обособленного подразделения ФГБУН ВолНЦ РАН в «Центре коллективного пользования» (ЦКП) в рамках темы государственного задания № FMGZ-2022-0003.

Изучалась динамика показателей энергетического и минерального обменов в сыворотке крови высокопродуктивных коров. Данные обрабатывались с помощью программы «Microsoft Access», «Microsoft Office Excel». В энергетическом обмене определялись глюкоза и кетонные тела, в минеральном обмене – кальций и фосфор.

Уровень кальция в сыворотке крови определяли колориметрическим методом с помощью набора «Кальций КФК Агат» с о-крезолфталеином плексоном (изготовитель ООО «Агат-Мед»).

Принцип метода: о-крезолфталеиновый комплекс (СРК) образует комплекс с кальцием в щелочной среде, давая красно-фиолетовый цвет, причем интенсивность

цвета при длине волны 575 нм пропорциональна концентрации кальция, измеряемой фотометрически при 575 нм (560–580 нм). В реакционную смесь добавляют 8-оксихинопин, который связывается с металлами (особенно магнием) и образует менее интенсивный комплекс с кальцием, чем СРК.

Содержание фосфора в сыворотке крови высокоудойных коров определяли колориметрическим методом, основанным на восстановлении фосфорномолибдата.

Содержание глюкозы в крови определяли с помощью диагностического набора «Глюкоза Агат 400», основанного на глюкозооксидазном методе (изготовитель ООО «Агат-Мед»). Принцип измерения: глюкозооксидаза окисляет D-глюкозу до глюкуроновой кислоты с образованием перекиси водорода, которая под действием пероксидазы реагирует с 4-аминоантипирином и фенолом с образованием красных соединений. Концентрация глюкозы измеряется фотометрически при длине волны 504 (490–550 нм).

Одним из методов измерения кетонных тел в крови высоколактующих коров является метод йодометрии. Принцип метода: ацетон, образовавшийся из свободного ацетона, ацетоуксусной кислоты и β-оксимасляной кислоты из безбелкового фильтрата, отгоняют путем добавления хромовой смеси и кипячения. Весь дистиллированный ацетон в дистилляте количественно определяют добавлением йода и щелочи. Ацетон с добавленным йодом образует йодоформ и йодистый натрий в щелочной среде. Избыток йода выделяется при добавлении серной кислоты и определяется титрованием раствором тиосульфата натрия. Разница между контролем и экспериментом используется для определения связанного йода.

Результаты исследований

Результаты исследований динамики энергетического и минерального обмен-

Таблица 1. Содержание глюкозы, кетоновых тел, кальция и фосфора в крови коров при роботизированном способе доения

Период физиологического цикла	Кальций (Ca)				Фосфор (P)				Глюкоза				Кетоновые тела			
	Ср. значение Ca, мг%, М+м	Референсные значения, мг%	Отклонение от референсных значений, %	Лимиты признака, min-max	Ср. значение P, мг%, М+м	Референсные значения, мг%	Отклонение от референсных значений, %	Лимиты признака, min-max	Ср. значение глюкоза, мг%, М+м	Референсные значения, мг%	Отклонение от референсных значений, %	Лимиты признака, min-max	Ср. значение кетоновые тела, мг%, М+м	Референсные значения, мг%	Отклонение от референсных значений, %	Лимиты признака, min-max
1–100 сутки (раздой)	8,87±0,67	9,3–9,9	95,4	4,63–10,74	4,05±0,11	3,6–4,1	112,5	4,05–4,55	45,79±4,04	40,0–47,0	97,4	33,64–63,4	9,58±0,56	11,0–13,0	87,1	7,75–13,5
101–200 сутки (разгар лактации)	10,1±0,5	9,7–10,0	104	7,65–11,97	4,32±0,09	3,5–4,0	123,4	4,03–4,72	50,51±3,12	43,0–45,0	112,2	38,69–66,52	10,0±0,79	9,0–13,0	111,1	8,5–14,75
201–300 сутки (затухание лактации)	9,96±0,61	9,42–9,7	105,7	7,68–13,89	4,31±0,14	3,8–4,0	113,4	3,89–5,24	47,81±4,45	42,8–45,0	106,2	29,16–67,64	11,03±1,27	9,9–11,6	111,4	8,5–19,5
Сухостойный период	9,21±0,4	9,6–10,0	95,9	7,46–11,28	4,19±0,12	3,3–3,9	126,9	3,82–4,84	53,80±4,59	42,0–46,0	117,0	34,21–78,26	9,50±0,42	9,0–13,0	105,6	8,25–11,75

Источник: исследования авторов.

Таблица 2. Содержание глюкозы, кетоновых тел, кальция и фосфора в крови коров при привязном способе содержания

Период физиологического цикла	Кальций (Ca)				Фосфор (P)				Глюкоза				Кетоновые тела			
	Ср. значение Ca, мг%, М+м	Референсные значения, мг%	Отклонение от референсных значений, %	Лимиты признака, min-max	Ср. значение P, мг%, М+м	Референсные значения, мг%	Отклонение от референсных значений, %	Лимиты признака, min-max	Ср. значение глюкоза, мг%, М+м	Референсные значения, мг%	Отклонение от референсных значений, %	Лимиты признака, min-max	Ср. значение кетоновые тела, мг%, М+м	Референсные значения, мг%	Отклонение от референсных значений, %	Лимиты признака, min-max
1–100 сутки (раздой)	10,19±0,42	9,3–9,9	102,9	7,89–12,0	3,36±0,09	3,6–4,1	93,3	3,02–3,75	38,85±3,55	40,0–47,0	97,1	20,68–54,95	9,72±0,62	11,0–13,0	88,4	7,5–13,25
101–200 сутки (разгар лактации)	9,54±0,83	9,7–10,0	98,4	7,13–13,74	3,66±0,15	3,5–4,0	104,6	2,86–4,48	36,91±3,27	43,0–45,0	85,8	20,12–48,22	9,00±0,40	9,0–13,0	100	7,5–11,0
201–300 сутки (затухание лактации)	9,92±0,57	9,42–9,7	102,3	8,23–12,32	3,75±0,18	3,8–4,0	98,7	3,02–4,69	40,12±4,68	42,8–45,0	93,7	19,57–57,17	8,72±0,26	9,9–11,6	88,1	7,5–10,0
Сухостойный период	8,22±0,6	9,6–10,0	85,6	5,82–10,64	3,64±0,10	3,3–3,9	93,3	2,94–4,05	48,82±6,03	42,0–46,0	106,1	17,89–62,8	8,69±0,30	9,0–13,0	95,6	7,5–10,0

Источник: исследования авторов.

на в крови коров, при роботизированном способе доения и при привязном способе содержания, представлены в табл. 1, 2.

При роботизированном способе доения в период первых 100 дней лактации наблюдается небольшое повышение фосфора на 12,5%, а остальные показатели незна-

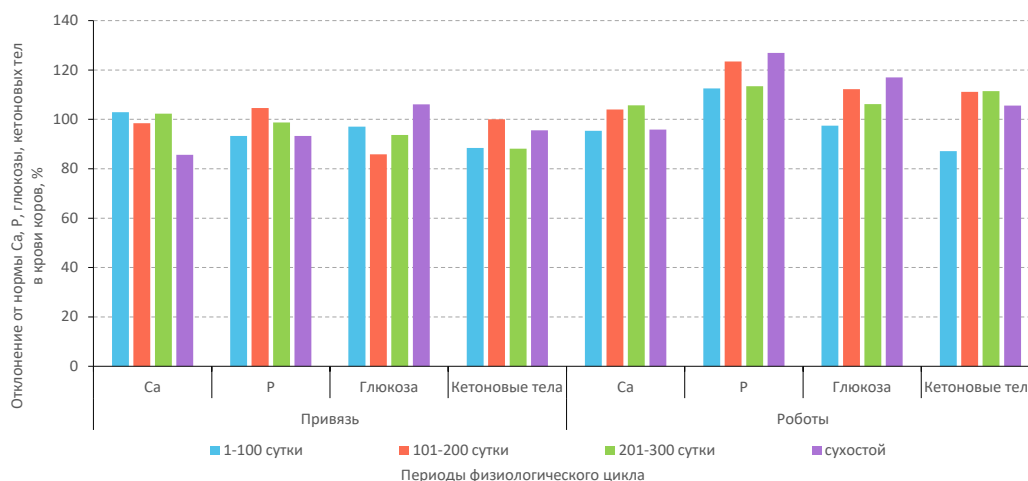


Рис. Отклонение от нормы содержания кальция, фосфора и глюкозы, кетоновых тел в крови коров в разные физиологические циклы, при привязном способе содержания и роботизированном способе доения, %

Источник: исследования авторов.

чительно ниже физиологических норм: кальций – на 4,6%, глюкоза – на 2,6%, кетоновые тела – на 12,9%. В период разгара и затухания лактации и сухостоя наблюдается небольшое повышение кетоновых тел – на 11,1, 11,4 и 5,6% соответственно. В сухостойный период содержание фосфора в крови высокопродуктивных коров повышается на 26,9%, глюкозы – на 17%, уровень кальция ниже нормы на 4,1%.

В период раздоя и затухания лактации отмечаются сильные колебания величины кальция в сыворотке крови внутри опытной группы животных: 4,63–10,74 мг% и 7,68–13,89 мг% соответственно. Лимиты признака фосфора колеблются от 3,89–5,24 мг% в период 201–300 дней лактации.

Лимиты содержания кетоновых тел в сыворотке крови животных в период раздоя колеблются в диапазоне 7,75–13,5 мг%, в период разгара – от 8,5–14,75 мг%, в период затухания лактации – от 8,5–19,5 мг% и в сухостойный период – от 8,25–11,75 мг%.

В период раздоя и период затухания при привязном способе содержания отмечается небольшое увеличение кальция в крови высокопродуктивных животных – на 2,9 и 2,3% соответственно; незначительное понижение от референсных значений содер-

жания фосфора в период раздоя на 6,7% и период затухания лактации на 1,3%; глюкозы в период раздоя на 2,9%, период затухания лактации – на 6,3%; кетоновых тел в период раздоя и затухания лактации – на 11,6 и 11,9%, соответственно. В период разгара лактации содержание кальция и глюкозы уменьшилось на 1,6 и 14,2% от нормы соответственно. Уровень фосфора увеличился на 4,6%. Кетоновые тела в пределах физиологических норм.

В период сухостоя показатели содержания кальция, фосфора, кетоновых тел ниже нормы на 14,4, 6,7 и 4,4% соответственно. Уровень глюкозы поднялся на 6,1% выше нормы.

Лимиты признака кальция, фосфора, глюкозы, кетоновых тел в сыворотке крови высокопродуктивных животных внутри опытных групп при привязном способе содержания сильно колеблются. В период раздоя, разгара и затухания лактации содержание кальция изменяется: 7,89–12,0 мг%, 7,13–13,74 мг%, 8,23–12,32 мг%; фосфора 3,02–3,75 мг%, 2,86–4,48 мг%, 3,38–4,0 мг%; глюкозы 20,68–54,95 мг%, 20,12–48,22 мг%, 19,57–57,17 мг%; кетоновых тел 7,5–13,25 мг%, 7,5–11,0 мг%, 7,5–10,0 мг% соответственно.

В сухостойный период лимиты признака кальция расходятся – 5,82–10,64 мг%, фосфора – 2,94–4,05 мг%, глюкозы – 17,89–62,8 мг%, кетоновых тел – 7,5–10,0 мг% (рис.).

При привязном способе содержания в период разгара лактации количество кальция, фосфора и кетоновых тел в норме, а глюкоза ниже нормы на 14,2%. В период раздоя заметно снижение всех показателей, за исключением кальция. В сухостойный период незначительно понижены показатели кальция, фосфора, кетоновых тел, а уровень глюкозы выше нормы на 6,1%.

При роботизированном способе доения высокопродуктивных животных заметно увеличение уровня выше физиологических норм содержания фосфора, глюкозы, кетоновых тел. Кальций в пределах нормы. Значения всех показателей более высокие в сравнении с показателями при привязном содержании животных.

Выводы

В ходе исследования установлено, что при привязном способе содержания в период разгара лактации количество кальция, фосфора и кетоновых тел находится в пределах референсных значений, а глюкозы – ниже нормы на 14,2%. В период раздоя заметно уменьшение всех показателей, за исключением кальция. В сухостойный период незначительно понижены показатели содержания кальция, фосфора, кетоновых тел, а уровень глюкозы выше нормы на 6,1%. При роботизированном способе доения высокопродуктивных животных заметно увеличение уровня выше физиологических норм содержания фосфора, глюкозы, кетоновых тел. Кальций в пределах нормы. Значения всех показателей более высокие в сравнении с показателями при привязном содержании животных.

ЛИТЕРАТУРА

- Амерханов Х.А., Тяпугин Е.А., Симонов Г.А., Тяпугин С.Е. (2011). Эффективность ведения молочного скотоводства в условиях Европейского Севера России: монография. Москва: СЗНИИМЛПХ. 155 с.
- Багинов Б.О., Гомбоева О.А., Жапов Ж.Н., Багинова О.Д. (2023). Динамика некоторых биохимических показателей крови крупного рогатого скота в связи с возрастом, стельностью и лактацией // Вестник Бурятской гос. с.-х. академии им. В.Р. Филиппова. № 4 (73). С. 38–45. DOI: 10.34655/bgsha.2023.73.4.005
- Богатырева Е.В., Фоменко П.А. (2022). Биохимический статус крови коров при использовании свекловичной патоки в условиях Вологодской области // Сельскохозяйственный журнал. № 4 (15). С. 75–83. DOI: 10.25930/2687-1254/008.4.15.2022
- Гусаров И.В., Фоменко П.А., Богатырева Е.В. (2018а). Система полноценного кормления КРС в Вологодской области // Сыроделие и маслоделие. № 4. С. 16–19.
- Гусаров И.В., Фоменко П.А., Богатырева Е.В., Шутова М.В. (2018b). Биохимическое исследование крови высокопродуктивных лактирующих коров в период раздоя в зависимости от системы содержания // Молочнохозяйственный вестник. № 3 (31). С. 16–23. DOI: 10.24411/2225-4269-2018-00017
- Гусаров И.В., Шутова М.В., Корельская Л.А., Смыслов В.М. (2021). Оценка биохимического статуса крови высокопродуктивных коров при разных способах содержания // Молочнохозяйственный вестник. № 4 (44). С. 34–47. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_4_34
- Корельская Л.А. (2021). Содержание кальция в крови высокопродуктивных коров // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы: мат-лы IV науч.-практ. конф. с междунар. участием, посв. 100-летию СЗНИИМЛПХ: в 2-х ч. С. 201–206.
- Корельская Л.А., Гусаров И.В., Обряева О.Д., Коломиец С.А. (2022). Содержание глюкозы в крови высокопродуктивных коров по периодам лактации и способам содержания как критерий оценки энергетического обмена // АгроЗооТехника. Т. 5. № 2. DOI: 10.15838/alt.2022.5.2.3

- Косолапов В.М., Чуйков В.А, Худякова Х.К., Косолапова В.Г. (2019). Минеральные элементы в кормах и методы их анализа: монография. Москва: ООО Угрешская типография. С. 272.
- Нога В.И., Савинова А.А. (2021). Основные особенности биохимического состава крови крупного рогатого скота // Инновационная наука. № 1. С. 142–146.
- Симакова А.И., Рожков А.А. (2023). Кетоз крупного рогатого скота // Инновационные идеи молодых – десятилетию науки и технологий: сб. мат-лов Междунар. науч.-практ. конф. Пенза. С. 477–480.
- Тяпугин Е.А., Маклахов А.В., Симонов Г.А. [и др.] (2016). Рацион и статус крови высокопродуктивных дойных коров в период затухания лактации // Тенденции развития молочного скотоводства в России: юбил. спецвып. науч. тр. СЗНИИМЛПХ, посв. 95-летию со дня образования института / ФГБНУ «Северо-Западный науч.-иссл. ин-т молочного и лугопастбищного хозяйства», ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА. Вологда – Молочное. С. 69–73.

Сведения об авторах

Лариса Александровна Корельская – научный сотрудник, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, д. 14; e-mail: larisa030976@mail.ru)

Любовь Петровна Соснина – лаборант, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, д. 14; e-mail: szniibiohim@mail.ru)

Светлана Анатольевна Коломиец – научный сотрудник, Вологодский научный центр Российской академии наук (Российская Федерация, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, д. 14; e-mail: lady.lana-2014@yandex.ru)

INDICATORS OF ENERGY AND MINERAL METABOLISM IN THE BLOOD OF HIGH-YIELDING COWS IN DIFFERENT PHYSIOLOGICAL PERIODS UNDER DIFFERENT TECHNOLOGIES

Korel'skaya L.A., Sosnina L.P., Kolomiets S.A.

We study the biochemical composition of blood serum of highly productive animals in the periods of milking, heat, fading of lactation, in the dry period, with the tethered method of housing and robotic method of milking in the conditions of the European North of the Russian Federation, with the production experiment in the conditions of the Vologda region, conducted on the basis of the agricultural enterprise PZK "Aurora" within the framework of the research project FMGZ-2022-0003. The main objective of the research is to study the dynamics of parameters of energy metabolism (glucose, ketone bodies) and mineral metabolism (calcium, phosphorus). In the course of the work, we found that the amount of calcium, phosphorus and ketone bodies in animals was normal in the period of peak lactation, but the level of glucose was lower than normal by 14.2%. During the milking period, we note a visible decrease in all indicators except calcium. The amount of calcium, phosphorus, ketone bodies was slightly lower, and glucose was 6.1% higher than normal during the dry period. The level of phosphorus, glucose and ketone

bodies is higher than reference values, calcium is within the normal range during robotic milking of cows. The values of all indicators are higher in comparison with tethered housing of animals. Analyzing the results of blood biochemistry of highly productive cows in different physiological cycles, it is possible to timely identify deviations in mineral and energy metabolism. Thus, the indicators obtained by biochemical analysis of cows' blood are of practical importance for preparation and adjustment of rations taking into account physiological needs of animals during the period of milking, heat, extinction of lactation and dry stool, for prevention of metabolic disorders and maintenance of productive health of high-yielding animals.

Blood, serum, energy metabolism, mineral metabolism, calcium, phosphorus, glucose, ketone bodies.

REFERENCES

- Amerkhanov Kh.A., Tyapugin E.A., Simonov G.A., Tyapugin S.E. (2011). *Effektivnost' vedeniya molochnogo skotovodstva v usloviyakh Evropeiskogo Severa Rossii: monografiya* [Efficiency of Dairy Cattle Breeding in the European North of Russia: Monograph]. Moscow: SZNIIMLPKh.
- Baginov B.O., Gomboeva O.A., Zhapov Zh.N., Baginova O.D. (2023). Dynamics of some biochemical indicators of cattle blood in connection with age, pregnancy and lactation. *Vestnik Buryatskoi gos. s.-kh. akademii im. V.R. Filippova*=*Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philoppov*, 4(73), 38–45. DOI: 10.34655/bgsha.2023.73.4.005 (in Russian).
- Bogatyreva E.V., Fomenko P.A. (2022). Biochemical blood status of cows when using beet molasses in the conditions of the Vologda region. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*=*Agricultural Journal*, 4(15), 75–83. DOI: 10.25930/2687-1254/008.4.15.2022 (in Russian).
- Gusarov I.V., Fomenko P.A., Bogatyreva E.V. (2018a). The system of high-grade cattle feeding in the Vologda Oblast. *Syrodelie i maslodolie*=*Cheesemaking and Buttermaking*, 4, 16–19 (in Russian).
- Gusarov I.V., Fomenko P.A., Bogatyreva E.V., Shutova M.V. (2018b). Biochemical blood test in high-yielding lactating cows during the initial stage of lactation depending on the housing system. *Molochnokhozyaistvenny vestnik*, 3(31), 16–23. DOI: 10.24411/2225-4269-2018-00017 (in Russian).
- Gusarov I.V., Shutova M.V., Korel'skaya L.A., Smyslov V.M. (2021). Assessment of biochemical blood status of highly productive cows kept under different confinement conditions. *Molochnokhozyaistvenny vestnik*, 4(44), 34–47. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_4_34 (in Russian).
- Korel'skaya L.A. (2021). Calcium content in the blood of high-yielding cows. In: *Agrarnaya nauka na sovremennom etape: sostoyanie, problemy, perspektivy: mat-ly IV nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, posv. 100-letiyu SZNIIMLPKh: v 2-kh ch.* [Agrarian Science at the Present Stage: State, Problems, Prospects: materials of 4th Scientific-Practical Conference with International Participation. 100th anniversary of NDFGMRI: in 2 Parts] (in Russian).
- Korel'skaya L.A., Gusarov I.V., Obryaeva O.D., Kolomiets S.A. (2022). Glucose content in the blood of highly productive cattle by lactation periods and housing methods as a criterion for assessing energy metabolism. *AgroZooTekhnika*=*Agricultural and Lifestock Technology*, 5(2). DOI: 10.15838/alt.2022.5.2.3 (in Russian).
- Kosolapov V.M., Chuikov V.A., Khudyakova Kh.K., Kosolapova V.G. (2019). *Mineral'nye elementy v kormakh i metody ikh analiza: monografiya* [Mineral Elements in Forages and Methods of Their Analysis: Monograph]. Moscow: OOO Ugreshskaya tipografiya.
- Noga V.I., Savinova A.A. (2021). Main features of biochemical composition of blood of cattle. *Innovatsionnaya nauka*, 1, 142–146 (in Russian).
- Simakova A.I., Rozhkov A.A. (2023). Bovine ketosis. In: *Innovatsionnye idei molodykh – desyatiletiyu nauki i tekhnologii: sb. mat-lov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Innovative Ideas of Young People – the Decade of Science and Technology: Collection of Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. Penza (in Russian).
- Tyapugin E.A., Maklakhov A.V., Simonov G.A. et al. (2016). Diet and blood status of high-yielding dairy cows during fading lactation. In: *Tendentsii razvitiya molochnogo skotovodstva v Rossii: yubil. spetsvyp.*

nauch. tr. SZNIIMLPKh, posv. 95-letiyu so dnya obrazovaniya instituta [Trends in the Development of Dairy Cattle Breeding in Russia: Jubilee Special Issue of Scientific Papers of the North-West Research Institute of Dairy and Meadow Pasture Farming. 95th Anniversary of the Institute]. Vologda – Molochnoe (in Russian).

Information about the authors

Larisa A. Korel'skaya – Researcher, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (14, Lenin Street, Vologda, Molochnoe Rural Settlement, 160555, Russian Federation; e-mail: larisa030976@mail.ru)

Lyubov' P. Sosnina – Laboratory Assistant, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (14, Lenin Street, Vologda, Molochnoe Rural Settlement, 160555, Russian Federation; e-mail: szniibiohim@mail.ru)

Svetlana A. Kolomiets – Researcher, Vologda Research Center, Russian Academy of Sciences (14, Lenin Street, Vologda, Molochnoe Rural Settlement, 160555, Russian Federation; e-mail: lady.lana-2014@yandex.ru)