

М.И. Клементьев,
М.Г. Чабаев, ✉
Е.Ю. Цис,
Р.В. Некрасов

Федеральный исследовательский центр
животноводства — ВИЖ им. академика
Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы,
Московская обл., Россия

✉ chabaev.m.g-1@mail.ru

Поступила в редакцию:
25.10.2022

Одобрена после рецензирования:
15.01.2023

Принята к публикации:
28.02.2023

Влияние различных соединений селена на продуктивность, обменные процессы молодняка крупного рогатого скота

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В современных условиях интенсивного ведения животноводства первостепенное значение придается скармливанию хелатных форм микроэлементов, в частности селену (Se). Цель исследований заключалась в разработке норм скармливания органического Se для телят молочного и послемолочного периодов выращивания.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный и балансовый опыт в АО «Молоди» Чеховского района Московской области на 55 головах молодняка крупного рогатого скота черно-пестрой голштинизированной породы. При проведении исследований телятам 1-й контрольной группы (С-) скармливали корма основного рациона (ОР) без каких-либо добавок Se, тогда как телятам 2-й опытной группы (С+) скармливали ОР и Se в количестве 0,30 мг/кг сухого вещества (СВ) рациона (дополнительно задавался премикс, содержащий селенит натрия), животным 3-й опытной группы (Е100) скармливали дополнительно к ОР Se в органической форме плюс 0,30 мг/кг СВ рациона (в молочный и послемолочный периоды, аналогам из 4-й опытной группы (Е75) скармливали ОР плюс 0,22 мг/кг СВ рациона Se (в органической форме), телятам 5-й опытной группы (Е50) скармливали в составе ОР 0,15 мг/кг Se (в органической форме).

Результат. В среднем за период проведения эксперимента общий среднесуточный прирост живой массы телят опытных групп составил, соответственно, 719 г, 736 г, 781 г, 710 г (или на 6,8%, 9,4%, 16%, 5,5%) и на 8,6% больше по сравнению с контролем и телятами 2-й опытной группы, получавшими неорганическую форму Se согласно нормам потребностей молочного скота.

Ключевые слова: телята молочные, откорм, органический Se, прирост, переваримость, морфологические показатели крови, биохимические показатели крови

Для цитирования: Клементьев М.И., Чабаев М.Г., Цис Е.Ю., Некрасов Р.В. Влияние различных соединений селена на продуктивность, обменные процессы молодняка крупного рогатого скота. *Аграрная наука*. 2023; 369(4): 87–93. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-87-93>

© Клементьев М.И., Чабаев М.Г., Цис Е.Ю., Некрасов Р.В.

Influence different form of selenium to production and metatabolic process of young cattle

ABSTRACT

Relevance. In modern conditions of intensive animal husbandry, primary importance is attached to the feeding of chelated forms of trace elements, in particular selenium. The purpose of the research was to develop norms for feeding organic selenium for calves in the dairy and post-dairy growing periods.

Materials and methods. Scientific, economic and balance experience in JSC «Molodi» of the Chekhov district of the Moscow region on 55 heads of young cattle of a black-and-white Holstein breed. During the studies, the calves of the 1st control group (C-) were fed the feed of the main diet (OR) without any Se additives, while the calves of the 2nd experimental group (C+) were fed OR and Se in an amount of 0.30 mg/kg of dry matter (CB) of the diet (additionally, a premix was set, containing sodium selenite), animals of the 3rd experimental group (E100) were fed in addition to OR Se in organic form plus 0.30 mg/kg of the ration (in the dairy and post-dairy periods, analogues from the 4th experimental group (E75) were fed OR plus 0.22 mg/kg of the Se ration (in organic form), calves of the 5th experimental group (E50) were fed as a part of OR 0.15 mg/kg Se (in organic form).

Results. On average, over the period of the experiment, the total average daily increase in live weight of calves of the experimental groups was, respectively, 719 g, 736 g, 781 g, 710 g (or by 6,8%, 9,4%, 16%, 5,5%) and by 8.6% more compared to the control and calves of the 2nd an experimental group that received an inorganic form of selenium according to the norms of the needs of dairy cattle.

Keywords: dairy calves, organic selenium, fattening, growth, digestibility, morphological and biochemical parameters of blood

For citation: Klementyev M.I., Chabaev M.G., Cis E.Yu., Nekrasov R.V. Influence different form of selenium to production and metatabolic process of young cattle. *Agrarian science*. 2023; 369(4): 87–93. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-369-4-87-93> (In Russian).

© Klementyev M.I., Chabaev M.G., Cis E.Yu., Nekrasov R.V.

Marat I. Klementiev,
Magomed G. Chabaev, ✉
Elena Y. Tsis,
Roman V. Nekrasov

Federal Research Center for Animal
Husbandry named after Academy Member
L.K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region,
Russia

✉ chabaev.m.g-1@mail.ru

Received by the editorial office:
09.09.2022

Accepted in revised:
15.01.2023

Accepted for publication:
28.02.2023

Введение / Introduction

В обеспечении высокой продуктивности сельскохозяйственных животных основная роль отводится созданию прочной кормовой базы, организации их полноценного питания, основанного на знании потребностей растущего организма в энергии, питательных и биологически активных веществах с учетом их физиологического состояния, уровня продуктивности и целевого назначения [1].

При организации полноценного кормления растущего молодняка крупного рогатого скота особую роль выполняют минеральные вещества, что является структурным материалом при формировании тканей, органов. Они входят в состав органических веществ, участвуют в процессе дыхания, кроветворения, переваривания, всасывания, синтеза, расхода и выделения продуктов обмена из организма, взаимосвязаны с деятельностью многих биологически активных веществ и в целом воздействуют на белковый, углеводный, жировой обмен веществ и многочисленные физиологические функции организма [2].

Одним из биологически значимых нутриентов для растущего организма животных является Se. Он присутствует во всех органах, тканях, жидкостях и клетках организма, активирует рост и развитие растущего молодняка крупного рогатого скота, участвует в многочисленных биохимических реакциях организма. Наивысшая концентрация Se находится в почках, затем в печени, легких, поджелудочной железе, мышцах, костях, крови, желчи и волосах [3].

С недостатком потребления Se в составе рациона связывают высокую восприимчивость к инфекционным заболеваниям, медленный рост животных, явления токсикоза. Вместе с тем Se функционально связан с обменом йода, цинка и другими нормируемыми макро- и микроэлементами. Se является антагонистом особо тяжелых химических элементов — ртути (Hg), кадмия (Cd), свинца (Pb), которые способствуют снижению обменных процессов в организме животных. Невозможна реализация генетического потенциала продуктивности животных и птицы [4–6].

Не менее опасны для организма животных высокие дозы Se в кормах рациона, при которых наблюдаются острые отравления в результате нарушения синтеза ряда аминокислот. Установлено, что Se обеспечивает нормальную деятельность антиоксидантной, иммунной и гептобiliaryной систем организма.

Потребность животных удовлетворяется на 90% в Se кормами, 10% приходится на питьевую воду [7, 8].

Концентрация Se в почве состоит из неорганических соединений микроэлемента и органических форм, попадающих в почву вместе с остатками растений и животных организмов. С помощью микрофлоры почвы происходят образование форм, доступных для растений, и высвобождение Se в атмосферу в результате реакции метилирования.

В научно-хозяйственных экспериментах на крупном рогатом скоте установлено, что при дефиците Se в кормах рациона снижается оплодотворяемость, повышаются случаи аборт, мертворождения и задержания последа — до 42% от отелившихся коров [9].

В настоящее время российская и зарубежная промышленность стала выпускать органические формы микроэлементов. Они, в отличие от оксидов, сульфатов, в пищеварительном тракте животных не реагируют с другими питательными веществами рациона и всасываются в легко используемой организмом форме, об-

ладают хорошей биодоступностью и биоактивностью, усваиваются организмом животного лучше за счет преобразования в физиологически активную форму.

В последние годы химическая промышленность производит много селеносодержащих препаратов: «Сел-Плекс» (Alltech), «Селениум Ист» (Angel Yast), «СеленоКи» (Biochem), «Алкосель R397» (Lallemand), «Биопромис Селен» («МС Био»), «Цитоплекс Селен 2000» (Phytobiotics), «В-Траксим Селен» (Pancosma Canada Inc).

Скармливание животным органических форм Se улучшает его доступность, что приводит к оптимизации метаболических процессов в организме животных, улучшению защитных функций, повышению содержания Se в мясе и молоке. Потребности животных в Se могут быть покрыты меньшим количеством его в рационе за счет лучшего усвоения при использовании органических форм.

Цель исследований — научное обоснование норм скармливания Se в органической форме телятам молочного и послемолочного периодов выращивания.

Материал и методы исследования / Material and methods

Научно-хозяйственный и балансовый опыт по изучению продуктивного действия различных форм и уровней Se в рационах телят молочного (с 70-го до 110-го дня) и послемолочного периодов (с 110-го до 200-го дня) проведен в АО «Молоди» Чеховского района Московской области в 2022 г.

Для проведения научно-хозяйственного опыта было сформировано пять групп телят черно-пестрой голштинизированной породы (по 11 особей в каждой группе). По принципу аналогов телята были разделены с учетом возраста, породности, живой массы при рождении и постановке на опыт. По окончании научно-хозяйственного опыта проведен балансовый опыт на подопытных телятах послемолочного периода. В период проведения балансового эксперимента животным ($n = 3$) скармливали тот же рацион, что и в период научно-хозяйственного опыта, с теми же минеральными добавками.

Содержание подопытных телят всех пяти групп при проведении научно-хозяйственного опыта было групповым с прогулкой на выгульных площадках, тогда как при проведении балансового опыта телята находились на привязи без прогулок.

Питательная потребность в Se у крупного рогатого скота оценивается в 100 мкг/кг СВ рациона для мясного скота и в 300 мкг/кг — для молочных коров и телят [4].

При проведении научно-хозяйственного опыта телятам 1-й контрольной группы скармливали корма ОП

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного опыта
Table 1. Scheme of scientific and economic experience

Группа	Условия кормления
1-я контрольная (С-)	ОП
2-я опытная (С+)	ОП + 0,30 мг/кг СВ рациона неорганической формы Se (100% от нормы)
3-я опытная (Е100)	ОП + 0,30 мг/кг СВ рациона Se в органической форме (100% от нормы)
4-я опытная (Е75)	ОП + 0,22 мг/кг СВ рацион Se в органической форме (75% от нормы)
5-я опытная (Е50)	ОП + 0,15 мг/кг СВ рацион Se в органической форме (50% от нормы)

без каких-либо добавок (С-). Согласно схеме опыта животным 2-й опытной группы (С+) скармливали ОР и дополнительно премикс, содержащий Se (в виде селенита натрия) в количестве 0,30 мг/кг СВ рациона, животным 3-й опытной группы скармливали Se дополнительно к ОР плюс 0,30 мг/кг СВ рациона в органической форме (в молочный и послемолочный периоды), аналогам из 4-й опытной группы скармливали 0,22 мг/кг СВ рациона, а телятам 5-й опытной группы — 0,15 мг/кг СВ рациона Se в органической форме (табл. 1).

В качестве источника неорганического Se использовали селенит натрия («Унихим», Россия), в качестве органической — «В-Траксим Селен» (Pancosma Inc., Швейцария). Последний представляет собой хелатное соединение Se и низкомолекулярного гидролизата соевого белка. Не содержит генно-модифицированных продуктов. По внешнему виду — сыпучий мелкодисперсный порошок красного или коричневого цвета. Не растворим в воде, при хранении не слеживается, хорошо смешивается с кормами. В наших исследованиях использовали препарат с концентрацией Se 1,1%.

Питательная ценность кормов в эксперименте была оценена в лаборатории химико-аналитических исследований в животноводстве в ВИЖ им Л.К. Эрнста ГОСТ 13496.15-2016¹, ГОСТ 31640-2012², ГОСТ 31675-2012³, ГОСТ 13496.4-2019⁴, ГОСТ 26176-2019⁵, ГОСТ 32904-2014⁶ и ГОСТ ISO 6491-2016⁷.

Контроль за интенсивностью роста телят проводили методом их индивидуального взвешивания через каждые 30 дней учетного периода.

Для определения влияния различных форм и уровней Se на организм животных через каждые 15 суток проводили индивидуальный учет поедаемости задаваемых кормов и их остатков на протяжении всего учетного периода.

По завершении научно-хозяйственного опыта проведен балансировый опыт по изучению переваримости питательных веществ кормов с применением метода балластных веществ. В качестве балластного вещества применяли окись хрома (Cr_2O_3), которую в определенном количестве добавляли к испытываемому корму и равномерно перемешивали. Балластное вещество в процессе переваривания корма не усваивается и выделяется с калом. Коэффициент переваримости (КП) вычисляли по формуле:

$$\text{КП, \%} = \frac{100 - B_2 \times \text{инертное вещество в корме} \times 100}{B_1 \times \text{инертное вещество в кале}},$$

где B_1 — процент питательного вещества в корме, B_2 — процент питательного вещества в кале.

Для определения влияния разных форм и уровней Se на поедаемость кормов в балансовом эксперименте проводили ежедневный учет задаваемых кормов и их остатков.

Продолжительность научно-хозяйственного опыта телят молочного и послемолочного периодов составила 130 дней — с 70-го до 200-дневного возраста.

Для оценки клинико-физиологического и метаболического статуса организма в конце опыта у средних по живой массе животных ($n = 5$) из каждой группы утром (до кормления) были отобраны из яремной вены образцы крови в вакуумные пробирки (ЭДТА (10 мл) и EDTA (5 мл) для дальнейшего определения биохимических показателей на автоматическом биохимическом анализаторе Chem Well (Awareness Technology, США).

Биохимические исследования сыворотки крови включали: АСТ, АЛТ — УФ-кинетическим методом; щелочную фосфатазу — кинетическим методом; общий белок — биуретовым методом; альбумины — колориметрическим методом; креатинин — кинетическим методом Яффе; мочевины — ферментативным колориметрическим методом по Бертелоту; глюкозу — ферментативным глюкозоксидазным методом; общий билирубин — количественное определение методом Walters и Gerarde; триглицериды — ферментативно-колориметрическим методом (GPO-PAP); общий холестерин — ферментативно-колориметрическим методом; кальций — О-крезолфталейновым комплексным методом; фосфор — колориметрическим методом; магний — колориметрическим методом; железо — колориметрическим методом; хлориды —

Таблица 2. Состав и питательность рациона телят за период проведения опыта (в среднем)
Table 2. Composition and nutrition of the diet of calves for the period of the experiment (on average)

Показатель	Группа				
	С-	С+	Е100	Е75	Е50
Молоко цельное, кг	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25
Комбикорм, кг	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Сенаж, кг	1,62	1,62	1,62	1,62	1,62
Силос, кг	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Сено, кг	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Премикс, г	20	20	20	20	20
NaCl, г	23	23	23	23	23
В рационе содержится:					
обменная энергия, МДж	43,9	43,9	43,9	43,9	43,9
сухое вещество, г	4,08	4,08	4,08	4,08	4,08
сырой протеин, г	656	656	656	656	656
протеин переваримый, г	307	307	307	307	307
сырой жир, г	248	248	248	248	248
сырая клетчатка, г	664	664	664	664	664
сахар, г	220	220	220	220	220
Са, г	46	46	46	46	46
Р, г	18	18	18	18	18

¹ ГОСТ 13496.15-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира.

² ГОСТ 31640-2012 Корма. Методы определения содержания сухого вещества.

³ ГОСТ 31675-2012 Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации.

⁴ ГОСТ 13496.4-2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

⁵ ГОСТ 26176-2019 Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов.

⁶ ГОСТ 32904-2014 Корма, комбикорма. Определение содержания кальция титриметрическим методом.

⁷ ГОСТ ISO 6491-2016 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение содержания фосфора спектрометрическим методом.

колориметрическим методом с использованием тиоцианата; гематологические показатели (содержание лейкоцитов, эритроцитов, концентрация гемоглобина, гематокрит) — на приборе ABC VET (Horiba ABZ Diagnostics Inc., Франция).

Концентрацию селена определяли в НИЦ «Черкизово» (Москва) методом атомной абсорбции.

Полученные в исследованиях материалы обработаны биометрически с использованием метода дисперсионного анализа (ANOVA) посредством программы Statistica (version 10, StatSoft, Inc., 2011) (www.statsoft.com) с вычислением следующих величин: среднеарифметической ошибки (M), среднеквадратической ошибки ($\pm m$) и уровня значимости (p). При $p < 0,001$ результаты исследований считали высокодостоверными, при $p < 0,01$ и $p < 0,05$ — достоверными.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

В период проведения научно-хозяйственного опыта животные контрольной и опытных групп получали основной сбалансированный по детализированным нормам рацион кормления (табл. 2).

Основным показателем, характеризующим рост молодняка крупного рогатого скота, является среднесуточный и абсолютный прирост живой массы. Результаты исследований по изучению влияния скармливания различных уровней и форм микроэлемента (Se) на изменения их живой массы приведены в таблице 3.

Результаты, представленные в таблице 3, показывают, что включение в состав рационов телят различных уровней и форм Se неоднозначно сказалось на интенсивности их роста.

При практически одинаковой постановочной живой массе (81,8–83,6 кг) телята C+, E100, E75, E50 опытных групп, получавшие разные уровни и формы Se, к семи-месячному возрасту достигли, соответственно, 175,6 кг, 178,5 кг, 183,3 кг ($p < 0,001$) и 175,9 кг живой массы, что на 5,6 кг, 8,5 кг, 13,3 кг, 5,9 кг (или 3,3%, 5,0%, 7,8%, 3,5%) больше по сравнению с контрольными животными, которые не получали дополнительно в составе кормов рациона микроэлемента.

За период исследований среднесуточные приросты живой массы у телят групп C+, E100, E75, E50, потреблявших разные уровни и формы Se, к семи-месячному возрасту составили, соответственно, 796,7 г ($p < 0,001$), 810,0 г ($p < 0,05$), 840,0 г ($p < 0,05$), 803,3 г ($p < 0,001$), что на 8,7%, 10,5%, 14,6%, 9,6% больше по сравнению с контролем.

В среднем за период проведения эксперимента среднесуточный прирост живой массы телят опытных групп составил, соответственно, 719 г, 736 г, 781 г, 710 г (или на 6,8%, 9,4%, 16%, 5,5%) и на 8,6% больше по сравнению с контролем и телятами 2-й опытной группы, получавшими неорганическую форму Se согласно нормам потребностей молочного скота.

Таблица 3. Динамика живой массы телят в эксперименте ($M \pm m$)
Table 3. Dynamics of live weight of calves in the experiment ($M \pm m$)

Месяцы	Группа				
	C-	C+	E100	E75	E50
Живая масса в возрасте, кг:					
до начала эксперимента	82,5 \pm 6,38	82,1 \pm 6,65	82,8 \pm 4,59	81,8 \pm 2,74	83,6 \pm 5,98
4 месяца	106,9 \pm 6,97	107,5 \pm 5,78	109,6 \pm 4,79	110,3 \pm 2,98	111,0 \pm 4,99
5 месяцев	128,6 \pm 6,62	130,3 \pm 5,73	133,3 \pm 4,89	134,5 \pm 3,47	131,0 \pm 4,34
6 месяцев	148,0 \pm 6,29	151,7 \pm 5,41	154,2 \pm 5,36	158,1 \pm 3,61	151,8 \pm 4,12
7 месяцев	170,0 \pm 5,89	175,6 \pm 5,29	178,5 \pm 5,14	183,3 \pm 3,69 ^a	175,9 \pm 4,55
% к контролю	100,0	103,3	105,0	107,8	103,5
Среднесуточный прирост в возрасте, г:					
4 месяца	610,0 \pm 35,39	635,0 \pm 33,58	670,0 \pm 31,36	712,5 \pm 51,81	685,0 \pm 42,19
5 месяцев	723,3 \pm 52,12	760,0 \pm 20,96	790,0 \pm 21,69	806,7 \pm 32,13	666,7 \pm 28,11 ^b
6 месяцев	646,67 \pm 36,24	713,3 \pm 28,63	696,7 \pm 51,27	786,7 \pm 18,05 ^{***}	693,3 \pm 48,12
7 месяцев	733,33 \pm 23,31	796,7 \pm 21,34	810 \pm 21,11 ^a	840,0 \pm 28,02 ^{**}	803,3 \pm 25,5 [*]
В среднем	673,0	719,2	736,1	780,7	710,0
% к контролю	100,0	106,9	109,4	116,0	105,5
Валовой прирост в возрасте, кг					
4 месяца	24,4 \pm 1,42	25,4 \pm 1,34	26,8 \pm 1,25	28,5 \pm 2,07	27,4 \pm 1,68
5 месяцев	21,7 \pm 1,56	22,8 \pm 0,63	23,7 \pm 0,65	24,2 \pm 0,96	20,0 \pm 0,84 ^b
6 месяцев	19,4 \pm 6,29	21,4 \pm 0,86	20,9 \pm 1,54	23,6 \pm 0,54 ^{**a}	20,8 \pm 1,44
7 месяцев	22,0 \pm 0,69	23,9 \pm 2,02 ^a	24,3 \pm 0,63 ^a	25,2 \pm 0,84 ^{**a}	24,1 \pm 0,76 [*]
В среднем	87,5 \pm 2,21	93,5 \pm 1,86 ^a	95,7 \pm 2,21 ^a	101,5 \pm 2,31	92,3 \pm 3,25
% к контролю	100,0	106,8	109,4	116,0 ^{***a}	105,5

Достоверно при: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ + $p < 0,01$.

a) по отношению к C(-); b) по отношению к C(+)

Таблица 4. Переваримость питательных веществ кормов, % ($M \pm m$, $n = 3$)
Table 4. Feed Nutrient Digestibility, % ($M \pm m$, $n = 3$)

Показатель	Группа				
	C-	C+	E100	E75	E50
Сухое вещество	70,87 \pm 1,10	72,44 \pm 0,71	74,05 \pm 0,61 [*]	74,59 \pm 1,23 ^a	71,29 \pm 0,99
Органическое вещество	72,90 \pm 0,71	74,04 \pm 0,64	74,71 \pm 1,12 [*]	76,54 \pm 0,87 ^a	73,96 \pm 0,95
Протеин	70,07 \pm 0,84	72,24 \pm 1,79	73,23 \pm 1,32 [*]	74,08 \pm 1,25 ^a	71,64 \pm 1,05
Жир	69,32 \pm 0,62	69,99 \pm 1,47	70,34 \pm 0,41	71,12 \pm 1,24	70,58 \pm 1,36
Клетчатка	66,48 \pm 0,41	67,79 \pm 0,64	67,49 \pm 0,76	69,27 \pm 0,50 ^{**a}	67,43 \pm 0,79
БЭВ	74,91 \pm 0,49	75,68 \pm 0,59	76,82 \pm 0,81 [*]	76,96 \pm 1,10	76,39 \pm 0,62 [*]

Достоверно при: * $p < 0,05$, $p < 0,01$. Тенденция: при + $p < 0,1$ по отношению к группе животных, получавших основной рацион без каких-либо добавок (C-).

Молодняк группы C+, получавший в составе кормового рациона 30 мг/кг Se в неорганической форме, уступал животным 3-й и 4-й E100 и E75 опытных групп, потреблявшим 0,30 мг/кг и 0,22 мг/кг СВ рациона органического Se, по живой массе и среднесуточным приростом, соответственно, на 2,9 кг и 7,7 кг, 13,4 кг и 43,4 кг (или на 1,7% и 4,5%, 2,6% и 9,3%).

Самые низкие среднесуточные приросты живой массы были от телят 2-й опытной группы C+, получавших 0,30 мг/кг СВ рациона, и составили 719 г, что практически находились на одном уровне с молодняком 5-й опытной группы, получавшим 0,15 мг/кг СВ рациона неорганического Se, что подтверждает возможность замены полной нормы неорганического Se на 50% органического в рационах телят с 70-дневного до 7-месячного возраста.

Анализ затрат кормов на единицу произведенной продукции показывает, что телята из 3-й E100 и 4-й (E75) опытных групп, получавшие в составе кормового рациона 0,30 мг и 0,22 мг СВ органического Se, на 8,60% и 13,75% и 8,56% 13,79% меньше затрачивали энергетических кормовых единиц и переваримого протеина на 1 кг прироста массы тела по отношению к группе C-.

По результатам балансового опыта (табл. 4) установлено, что у телят 1-й контрольной группы самая низкая переваримость сухого органического вещества, протеина, жира, клетчатки, БЭВ по сравнению с молодняком опытных групп. В то же время включение в состав рационов телят 2-й опытной группы 30 мг/кг СВ неорганического Se способствовало увеличению переваримости питательных веществ по сравнению с контролем, хотя достоверных различий не было установлено.

Животные 3-й и 4-й опытных групп, получавшие в составе рациона 0,30 мг/кг и 0,22 мг/кг СВ органического Se, лучше переваривали: сухое вещество — на 3,18% и 3,92% ($p < 0,1$), органическое вещество — на 1,81% ($p < 0,1$) и 3,64% ($p < 0,05$), протеин — на 3,93% и 4,01% ($p < 0,1$), жир — на 1,02% и 1,80%, клетчатку — на 1,01% и 2,79% ($p < 0,01$), БЭВ — на 1,91% ($p < 0,1$) и 2,05% по сравнению с контролем.

Телята 2-й опытной группы, получавшие в составе рациона 0,30 мг/кг СВ Se в неорганической форме, по переваримости питательных веществ кормов рациона равноценны животным, потреблявшим 0,15 мг/кг СВ Se органической природы, что согласуется с данными среднесуточных приростов живой массы, полученными в ходе научно-хозяйственного опыта.

Следовательно, увеличение переваримости питательных веществ у молодняка крупного рогатого скота опытных групп по сравнению с контролем, по всей видимости, достигается за счет активизации пищеварительных ферментов в организме под воздействием активности и биодоступности органического Se.

Для оценки физиолого-биохимического состояния организма животных были изучены морфологические и биохимические показатели крови при включении в

рационы телят молочного и послемолочного периодов различных уровней и форм Se (табл. 5).

Полученные данные по гематологическим показателям свидетельствуют о тесной взаимосвязи отдельных показателей крови с живой массой и среднесуточными приростами молодняка крупного рогатого скота.

Отсутствие влияния добавок Se на концентрацию общего белка и альбумина в исследовании подтверждают выводы Żarczyńska и др. [10] и Zaki и др. [11]. Повышение активности ферментов печени, особенно АСТ, является чувствительным индикатором потенциального отравления Se у жвачных животных. Тем не менее исследование на козах показало, что Se может стимулировать биосинтез белка, а добавка Se — увеличить концентрацию общего белка в крови у жвачных животных. Но такие эффекты наблюдались в ходе гораздо более длительных исследований — после 160 дней перорального приема Se [11].

Результаты Reczyńska et al. [13] показывают, что скормливание Se увеличивает концентрацию общего холестерина и его фракции ЛПВП (липопротеинов высокой плотности) у телят. Объясняют это наблюдение положительным влиянием повышенной концентрации Se в крови на функцию поджелудочной железы, что способствовало всасыванию и перевариванию пищевого жира. В наших исследованиях мы отмечаем увеличение холестерина в опытных группах на 0,23–1,46 ммоль/л, хотя неспособность добавки Se изменить физиологические нормальные концентрации триглицеридов в сыворотке подтверждает предыдущие выводы о добавке Se телятам [10, 12, 13].

В проведенном исследовании скормливание органической формы Se значительно повысило концентра-

Таблица 5. Биохимические и морфологические показатели крови телят ($M \pm m$, $n = 3$)
Table 5. Biochemical and morphological parameters of blood of calves ($M \pm m$, $n = 3$)

Показатель	Группа				
	C-	C+	E100	E75	E50
Общий белок, г/л	73,90 \pm 2,22	73,07 \pm 1,24	75,67 \pm 0,61	74,72 \pm 0,47	75,67 \pm 1,68
Альбумин, г/л	31,88 \pm 0,94	31,15 \pm 1,15	31,49 \pm 1,15	31,49 \pm 0,30	30,31 \pm 1,78
Глобулин, г/л	42,01 \pm 2,01	41,92 \pm 1,23	44,19 \pm 1,51	43,23 \pm 0,24	45,36 \pm 1,36
Холестерин, ммоль/л	2,95 \pm 0,54	4,41 \pm 0,62	3,34 \pm 0,08	3,84 \pm 0,21	3,18 \pm 0,40
Билирубин общий, мкмоль/л	5,54 \pm 1,63	8,14 \pm 1,14	4,24 \pm 0,19 ^a	4,78 \pm 0,39 ^a	5,43 \pm 0,39 ⁺
АЛТ, МЕ/л	37,37 \pm 2,5	48,77 \pm 0,17 ^{**}	38,66 \pm 2,39 ^b	42,52 \pm 3,15	34,10 \pm 3,02 ^b
АСТ, МЕ/л	69,39 \pm 1,56	67,10 \pm 7,56	88,22 \pm 2,13 ^{**a}	83,96 \pm 1,73 ^{***+}	75,63 \pm 6,56
Креатинин, мкмоль/л	58,62 \pm 5,79	70,07 \pm 6,63	70,41 \pm 5,51	56,06 \pm 2,70	59,62 \pm 6,90
Мочевина, ммоль/л	3,21 \pm 0,24	3,21 \pm 0,32	2,83 \pm 0,03	2,99 \pm 0,31	2,63 \pm 0,30
Фосфолипиды, ммоль/л	1,58 \pm 0,30	2,40 \pm 0,32	1,83 \pm 0,11	2,22 \pm 0,17	1,69 \pm 0,17
Глюкоза, ммоль/л	4,26 \pm 0,31	4,59 \pm 0,23	3,45 \pm 0,13 ^{ab}	4,42 \pm 0,13	4,36 \pm 0,57
Кальций, ммоль/л	2,90 \pm 0,05	2,80 \pm 0,06	2,79 \pm 0,10	2,86 \pm 0,03	2,72 \pm 0,16
Фосфор, ммоль/л	3,53 \pm 0,15	3,15 \pm 0,22	3,27 \pm 0,11	3,04 \pm 0,12	3,09 \pm 0,22
Магний, ммоль/л	0,62 \pm 0,04	0,58 \pm 0,04	0,65 \pm 0,09	0,59 \pm 0,06	0,56 \pm 0,01
Железо, мкмоль/л	33,95 \pm 1,90	29,57 \pm 3,79	27,74 \pm 3,81	26,65 \pm 3,86	25,55 \pm 2,85 ⁺
Триглицериды, ммоль/л	0,26 \pm 0,02	0,31 \pm 0,05	0,22 \pm 0,02	0,28 \pm 0,05	0,29 \pm 0,03
Хлориды, ммоль/л	106,04 \pm 2,18	105,75 \pm 0,25	104,89 \pm 2,38	107,19 \pm 1,50	106,76 \pm 1,77
Лейкоциты, 10^9 /л	13,48 \pm 0,08	15,00 \pm 1,90	15,23 \pm 1,47	15,23 \pm 1,18	17,72 \pm 1,65 ⁺
Эритроциты, 10^{12} /л	11,13 \pm 0,44	12,81 \pm 0,86	11,11 \pm 0,71	11,46 \pm 0,61	10,85 \pm 0,17 ⁺⁺
Гемоглобин, г/л	101,90 \pm 5,32	109,95 \pm 0,94	101,40 \pm 3,02	106,30 \pm 6,56	105,70 \pm 4,42
Гематокрит, %	42,57 \pm 2,14	47,86 \pm 1,05	42,00 \pm 1,08 ⁺⁺	42,98 \pm 2,06	43,89 \pm 2,04
Селен, мкг/мл	0,0013 \pm 0,0001	0,0013 \pm 0,0001	0,0018 \pm 0,0007	0,0016 \pm 0,0002	0,0014 \pm 0,0004

Достоверно к контролю C- при: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, +тенденция: при $p < 0,1$.

Достоверно к контролю C+ при: ^a $p < 0,05$, ^b $p < 0,01$, ^c $p < 0,001$, ++тенденция: при $p < 0,1$.

цию АСТ в крови телят групп E100 и E75 на 18,83 МЕ/л и 14,57 МЕ/л ($p < 0,01$) по отношению к контрольной группе С- и на 21,12 МЕ/л ($p < 0,01$) и 16,86 МЕ/л ($p < 0,1$) по отношению к группе С+, получавших неорганическую форму Se, при этом концентрация АЛТ увеличилась на 11,40 МЕ/л ($p < 0,01$) в группе С+, получавших неорганическую форму Se в количестве 0,30 мг/кг СВ рациона по сравнению к контрольной группе животных. В группах E100, E75 и E50, получавших органическую форму Se, концентрация АЛТ находилась на уровне контрольной группы телят С-. Сравнивая влияние Se между опытными группами животных, наблюдается снижение АЛТ в группах E100 и E50 на 10,11 МЕ/л и 14,67 МЕ/л ($p < 0,01$) по отношению к группе С+.

Таким образом, различные формы и уровни Se не оказали влияния на активность ферментов печени (АСТ и АЛТ). Аналогичные данные были получены после скормливания коровам селенита натрия в дозе 100 мг на голову в течение 28 дней. Однако телята более чувствительны к отравлению Se. Ежедневное введение телятам селенита натрия в дозе 0,25 мг/кг СВ приводило к клиническим признакам субхронического селеноза через 12 недель введения, когда концентрация Se в крови превышала 1680 мкг/л [14].

В экспериментальном исследовании на буйволиных телятах побочные эффекты проявлялись, когда концентрация Se в цельной крови превышала 2000 мкг/л, а смертность наступала, когда уровень в крови превышал 3400 мкг/л. Максимальная концентрация Se в сыворотке крови в настоящем исследовании составила 200 мкг/л, что значительно ниже значений, связанных с клинической токсичностью.

Результаты измерения уровня глюкозы находились в пределах нормы для телят. Добавка неорганического Se не оказала значимого влияния на концентрацию глюкозы в крови телят, что аналогично исследованиям Żarczyńska et al. [10]. Скармливание органической формы Se снизило концентрацию глюкозы в крови телят опытной группы E100 на 0,81 ммоль/л ($p < 0,1$) по отношению к контрольной группе С- и на 1,14 ммоль/л ($p < 0,01$) по сравнению к С+ группе телят, получавших неорганическую форму.

Теоретически существует влияние Se на метаболизм глюкозы. Исследования на крысах и людях показали, что Se может стимулировать потребление глюкозы и регуляцию метаболических процессов, таких как гликолиз, глюконеогенез, синтез жирных кислот или пентозофосфатный путь [16].

Отсутствие влияния добавок Se в дозах, используемых в данном опыте, на концентрации мочевины и креатинина в сыворотке указывает на то, что не было неблагоприятного воздействия на функцию почек. Точно так же Mudgal et al. (2008) не наблюдали изменений концентрации мочевины и креатинина у телят, получавших селенат натрия в дозе 0,3 мг/кг сухого вещества, который вызывал селеноз импровизированно кормлением пшеничной соломой, обогащенной Se (8,54 ppm), в течение трех месяцев [17].

Введение различных форм и уровней Se не оказало существенного влияния на количество эритроцитов и лейкоцитов.

Наблюдается тенденция увеличения концентрации лейкоцитов в опытной группе E50 на $4,24 \cdot 10^9$ /л ($p < 0,1$) по сравнению с контрольной группой С-, но при этом прослеживается тенденция снижения эритроцитов на $1,96 \cdot 10^9$ /л ($p < 0,1$) по отношению к группе С+.

При изучении содержания Se в сыворотке крови подопытных животных в конце опыта установлено, что при скармливании неорганической формы Se содержание минерала находилось на уровне контроля — 0,0013 мкг/мл. Скармливание органической формы изучаемого элемента приводило к некоторой положительной динамике концентрации элемента в крови: в группе E50 — 0,0014, E75 — 0,0016, E100 — 0,0018 мкг/мл. Таким образом, концентрация Se в сыворотке крови варьировала от 0,0013 до 0,0018 мкг/кг ($p > 0,05$) и зависела от количества, дополнительно задаваемого Se (органической формы) с кормом.

Выводы / Conclusion

Установлено, что обогащение рационов телят опытных групп разным количеством органического и неорганического Se не вызывало нарушений в состоянии здоровья и отклонений в обмене веществ подопытных животных.

За период проведения эксперимента от телят, которые дополнительно получали Se в неорганической и органической формах (2-й, 3-й, 4-й и 5-й опытных групп), получено живой массы, соответственно, на 6,0 кг, 8,2 кг, 14,0 кг и 4,8 кг больше, чем от животных контрольной группы.

Таким образом, на основании результатов исследований можно рекомендовать использование Se в органической форме в питании телят молочного и послемолочного периодов с целью повышения продуктивности животных, морфологических, биохимических показателей и получения дополнительной прибыли.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания при финансовой поддержке фундаментальных научных исследований Минобрнауки РФ № 121052600314-1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Алиев А.А., Джамбулатов З.М., Гаджиев Б.М. Изучение влияния различных уровней селена на интенсивность роста живой массы и показатели этого элемента в крови телят 1-6-месячного возраста. *Зоотехника*. 2012; 10: 11–12. eLIBRARY ID: 18043572
- Калашников А.П. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие 3-е изд. Под ред. А.П. Калашникова. М.: Россельхозиздат. 2003; 456. eLIBRARY ID: 18902061

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

The work was carried out within the framework of the state task with the financial support of fundamental scientific research of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 121052600314-1.

REFERENCES

- Aliev A.A., Dzhambulatov Z.M., Gadzhiev B.M. study the influence a different selenium levels on calves growth and content of this element in blood. *Zootchnics*. 2012; 10: 11–12. eLIBRARY ID: 18043572 (In Russian)
- Kalashnikov A.P. et al. Norms and rations of feeding farm animals. Reference manual 3rd ed. Edited by A.P. Kalashnikov. Moscow: Rossel'hozizdat. 2003; 456. eLIBRARY ID: 18902061 (In Russian)

3. Прытков Ю.Н., Кокорев В.А., Кистина А.А. Оптимизация селенового питания молодняка крупного рогатого скота. Саранск: Изд-во Мордов. гос. ун-та. 2007; 250. eLIBRARY ID: 9140325
4. Некрасов Р.В. и др. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах. М.: Российская академия наук. 2018; 290. eLIBRARY ID: 35382979
5. Саткеева А.Б. Научное и практическое обоснование повышения продуктивности свиней с использованием природных ресурсов и биологически активных веществ в условиях Северного Зауралья: автореферат диссертации кандидата с.-х. наук. Тюмень: 2015; 22. eLIBRARY ID: 30434289
6. Овчинникова Т. Селен: яд и противоядие. *Ветеринария сельскохозяйственных животных*. 2005; 12: 59–60.
7. Кузнецов С.Г. Кузнецов А.С. Микроэлементы в кормлении животных. *Животноводство России*. 2003; 3: 16–18.
8. Мыsik А.Т., Клементьев М.И., Некрасов Р.В., Чабаяев М.Г., Цис Е.Ю., Сахабудинова Г.В. Апробация хелатных соединений селена в рационах свиноматок в условиях производства. *Зоотехния*. 2018; 3: 9–13. eLIBRARY ID: 34858947
9. Кальницкий Б.Д., Стеценко И.И. Метаболизм и биологическое значение хелатных соединений микроэлементов в организме животных. *Белково-аминокислотное питание с.-х. животных: материалы всесоюзного совещания*. М.: 1987; 91–96.
10. Żarczyńska K., Sobiech P., Tobolski D., Mee J.F., Illek J. Effect of a single, oral administration of selenitetriglycerides, at two dose rates, on blood selenium status and haematological and biochemical parameters in Holstein-Friesian calves. *Ir Vet J*. 2021; 74: 11. <https://doi.org/10.1186/s13620-021-00192-4>
11. Zaki M.S., Hammam A.M., Fawzi O.M., Youssef R.A. Clinicopathological and biochemical study on selenium toxicity in sheep. *J Adv Pharm Edu Res*. 2018; 8 (3): 20–23.
12. Sobiech P. et al. Effect of parenteral supplementation of selenium and vitamin E on selected blood biochemical parameters in H-F cows during the transition period. *Medycyna Weterynaryjna*. 2015; 71(11): 683–689.
13. Reczyńska D. et al. The impact of organic vs. inorganic selenium D. on dairy goat productivity and expression of selected genes in milk somatic cells. *J Dairy Res*. 2019; 86(1): 48–54. <https://doi.org/10.1017/S0022029919000037>
14. Rampal S., Jindal R. Effect of experimentally induced subchronic selenosis on thyroid hormones and biochemical indices in calves. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 2008; 9: 127–131.
15. Hammon H.M. et al. Dexamethasone and colostrum feeding affect hepatic gluconeogenic enzymes differently in neonatal calves. *Journal of Animal Science*. 2003; 81(12): 3095–3106. <https://doi.org/10.2527/2003.81123095x>
16. Fontenelle L.C. et al. The role of selenium in insulin resistance. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2018; 54(1): <https://doi.org/10.1590/s2175-97902018000100139>
17. Mudgal V., Garg A.K., Dass R.S., Varshney V.P. Effect of selenium and copper supplementation on blood metabolic profile in male buffalo (Bubalus bubalis) calves. *Biological Trace Element Research*. 2007; 121(1): 31–38. <https://doi.org/10.1007/s12011-007-8002-x>
3. Prytkov Ju.N., Kokorev V.A., Kristina A.A. Optimization the norms of selenium in grass rations of young cattle. Saransk: Publishing House of the Mordovian State University. 2007; 250. eLIBRARY ID: 9140325 (In Russian)
4. Nekrasov R.V. et al. Nutrient requirements for dairy cattle and pigs. Moscow: Russian Academy of Sciences. 2018; 290. eLIBRARY ID: 35382979 (In Russian)
5. Satkeeva A.B. Scientific and practical justification of increasing the productivity of pigs using natural resources and biologically active substances in the conditions of the Northern Trans-Urals: abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences. Tyumen: 2015; 22. eLIBRARY ID: 30434289 (In Russian)
6. Ovchinnikova T. Selenium: poison and antidote. *Veterinariya sel'skhozajstvennykh zhivotnykh*. 2005; 12: 59–60 (In Russian)
7. Kuznetsov S.G. Kuznetsov A.S. Trace elements in animal feeding. *Animal Husbandry of Russia*. 2003; 3: 16–18 (In Russian)
8. Mysik A.T., Klement'ev M.I., Nekrasov R.V., Chabaev M.G., Cis E.Ju., Sahabutdinova G.V. Approbation helates compounds of selenium in sows diets at industrial conditions. *Zootekhnika*. 2018; 3: 9–13. eLIBRARY ID: 34858947 (In Russian)
9. Kalnitsky, B.D. Stetsenko I.I. Metabolism and biological significance of chelate compounds of microelements in the body of animals. *Protein-amino acid nutrition of agricultural animals: materials of the All-Union meeting*. Moscow: 1987; 91–96. (In Russian)
10. Zarczyńska K., Sobiech P., Tobolski D., Mee J.F., Illek J. Effect of a single, oral administration of selenitetriglycerides, at two dose rates, on blood selenium status and haematological and biochemical parameters in Holstein-Friesian calves. *Ir Vet J*. 2021; 74: 11. <https://doi.org/10.1186/s13620-021-00192-4>
11. Zaki, M.S., Hammam, A.M., Fawzi, O.M., Youssef, R.A. Clinicopathological and biochemical study on selenium toxicity in sheep. *J Adv Pharm Edu Res*. 2018; 8 (3): 20–23.
12. Sobiech P. et al. Effect of parenteral supplementation of selenium and vitamin E on selected blood biochemical parameters in H-F cows during the transition period. *Medycyna Weterynaryjna*. 2015; 71(11): 683–689.
13. Reczyńska D. et al. The impact of organic vs. inorganic selenium D. on dairy goat productivity and expression of selected genes in milk somatic cells. *J Dairy Res*. 2019; 86(1): 48–54. <https://doi.org/10.1017/S0022029919000037>
14. Rampal S., Jindal R. Effect of experimentally induced subchronic selenosis on thyroid hormones and biochemical indices in calves. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 9(2). 2008; 9: 127–131.
15. Hammon H.M. et al. Dexamethasone and colostrum feeding affect hepatic gluconeogenic enzymes differently in neonatal calves. *Journal of Animal Science*. 2003; 81(12): 3095–3106. <https://doi.org/10.2527/2003.81123095x>
16. Fontenelle L.C. et al. The role of selenium in insulin resistance. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2018; 54(1): <https://doi.org/10.1590/s2175-97902018000100139>
17. Mudgal V., Garg A.K., Dass R.S., Varshney V.P. Effect of selenium and copper supplementation on blood metabolic profile in male buffalo (Bubalus bubalis) calves. *Biological Trace Element Research*. 2007; 121(1): 31–38. <https://doi.org/10.1007/s12011-007-8002-x>

ОБ АВТОРАХ

Марат Иванович Клементьев,

кандидат сельскохозяйственных наук, докторант, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, п. Дубровицы, 60, Московская обл., 142132, Россия mklementev84@mail.ru

Магомед Газиевич Чабаяев,

доктор сельскохозяйственных наук, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, п. Дубровицы, 60, Московская обл., 142132, Россия chabaev.m.g-1@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1889-6063>

Елена Юрьевна Цис,

кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, п. Дубровицы, 60, Московская обл., 142132, Россия tsis-elen@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-1988-1189>

Роман Владимирович Некрасов,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, п. Дубровицы, 60, Московская обл., 142132, Россия nek_roman@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-4242-2239>

ABOUT THE AUTHORS

Marat Ivanovich Klementiev,

Candidate of Agricultural Sciences, doctoral student, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy, Moscow region, 142132, Russia mklementev84@mail.ru

Magomed Gazievich Chabaev,

Doctor of Agricultural Sciences, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy, Moscow region, 142132, Russia chabaev.m.g-1@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1889-6063>

Elena Yurievna Tsis,

Candidate of Agricultural Sciences, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy, Moscow region, 142132, Russia tsis-elen@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-1988-1189>

Roman Vladimirovich Nekrasov,

Doctor of Agricultural Sciences, professor of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, 60 Dubrovitsy, Moscow region, 142132, Russia nek_roman@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-4242-2239>