

УДК 636.2.084:636.085.522.55:633.31/37  
AGRIS: L50

## ЭЛЕМЕНТЫ МЕТАБОЛИЗМА КАЛЬЦИЯ В ОРГАНИЗМЕ МОЛОЧНЫХ КОРОВ В ЗИМНИХ И ЛЕТНИХ РАЦИОНАХ КОРМЛЕНИЯ

©**Капсамун А. Д.**, SPIN-код: 4598-6177, ORCID: 0000-0002-3639-8490, д-р с.-х. наук,  
Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель (ВНИИМЗ),  
п. Эммаусс, Россия, kad1952@yandex.ru

©**Иванов Д. А.**, SPIN-код: 4779-8141, ORCID: 0000-0002-8123-3257, д-р с.-х. наук,  
член-корреспондент РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт  
мелиорированных земель (ВНИИМЗ), п. Эммаусс, Россия, volok123@gmail.com

©**Павлючик Е. Н.**, SPIN-код: 1073-7140, ORCID: 0000-0001-5989-6065, канд. с.-х. наук,  
Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель (ВНИИМЗ),  
п. Эммаусс, Россия, 2016vniimz-noo@list.ru

©**Иванова Н. Н.**, SPIN-код: 2125-0465, ORCID: 0000-0003-2980-2341, канд. с.-х. наук,  
Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель (ВНИИМЗ),  
п. Эммаусс, Россия, 2016vniimz-noo@list.ru

©**Васильева Е. А.**, SPIN-код: 5859-2999, ORCID: 0000-0001-9108-8885, канд. биол. наук,  
Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель (ВНИИМЗ),  
п. Эммаусс, Россия, 2016vniimz-noo@list.ru

## ELEMENTS OF CALCIUM METABOLISM IN THE ORGANISM OF DAIRY COWS IN WINTER AND SUMMER FEEDING RATIONS

©**Kapsamun A.**, SPIN-code: 4598-6177, ORCID: 0000-0002-3639-8490, Dr. habil., All-Russian  
Research Institute of Reclaimed Lands, Tver Region, Emmaus, Russia, kad1952@yandex.ru

©**Ivanov D.**, SPIN-код: 4779-8141, ORCID: 0000-0002-8123-3257, Dr. habil.,  
Corresponding Member of RAS, All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands,  
Emmaus, Russia, volok123@gmail.com

©**Pavlyuchik E.**, SPIN-code: 1073-7140, ORCID: 0000-0001-5989-6065, Ph.D.,  
All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Emmaus, Russia, 2016vniimz-noo@list.ru

©**Ivanova N.**, SPIN-code: 2125-0465, ORCID: 0000-0003-2980-2341, Ph.D.,  
All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Emmaus, Russia, 2016vniimz-noo@list.ru

©**Vasileva E.**, SPIN-code: 5859-2999, ORCID: 0000-0001-9108-8885, Ph.D.,  
All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Emmaus, Russia, 2016vniimz-noo@list.ru

*Аннотация.* Статья посвящена актуальной проблеме изучения особенностей обмена кальция в организме дойных коров в зимних и летних рационах кормления. Экспериментальные и аналитические исследования выполнены во Всероссийском научно-исследовательском институте мелиорированных земель (ВНИИМЗ) на зимних и летних рационах кормления коров черно-пестрой породы с продуктивностью 4600–5000 кг молока. В опытах был обеспечен методический принцип «единства межгруппового различия» и наличия контрольных животных, позволивший получить объективные сравнительные экспериментальные данные и достоверные выводы на основе математической обработки данных с использованием статистических компьютерных программ. Исследование результатов физиологических опытов проводилось методами корреляционного и регрессивного анализов. Методом корреляционного анализа определялись взаимозависимость содержания кальция в кале, моче, молоке и в теле (баланс) животных от его содержания в рационе. Он позволил выявить общие (линейные) взаимосвязи в метаболизме элемента, протекающие в организме животного при зимних и летних рационах

кормления. Расчет уравнений парной нелинейной регрессии, показывающих зависимость содержания конкретного химического элемента в кале, моче, молоке и теле животного от его потребления в корме и воде, позволяет выявить истинную форму связи, силу влияния фактора содержания элемента в рационе на химический состав продуктов и экскрементов животных. В эксперименте на дойных коровах (балансовые опыты) были установлены особенности поступления в организм кальция с кормом и с водой, и, что кальций корма в основном выводится из организма коровы с калом, а из мышц и костей — с мочой.

*Abstract.* The article is devoted to the actual problem of studying the peculiarities of calcium metabolism in the organism of milk cows in winter and summer feeding rations. Experimental and analytical studies were carried out at the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands at the winter and summer rations feeding cows of the black and motley breed with a productivity of 4600–5000 kg of milk. In the experiments, the methodical principle of “unity of the intergroup difference” and the presence of control animals was provided, which enabled obtaining objective comparative experimental data and reliable conclusions based on mathematical data processing using statistical computer programs. The study of the results of physiological experiments was carried out by methods of correlation and regression analysis. Correlation analysis was used to determine the interdependence of calcium content in faeces, urine, milk and in the body (balance) of animals from its content in the diet. He made it possible to reveal the general (linear) interrelations in the metabolism of the element occurring in the animal's organism during winter and summer feeding rations. The calculation of the equations of pairwise nonlinear regression showing the dependence of the content of a specific chemical element in feces, urine, milk and animal body on its consumption in feed and water allows to reveal the true form of communication, the effect of the element content factor in the diet on the chemical composition of animal products and excrement. In the experiment on milking cows (balance experiments), the peculiarities of calcium intake with food and water were established, and that the calcium of the feed was mainly excreted from the body of the cow with faeces, and from the muscles and bones by urine.

*Ключевые слова:* кормление, поедаемость, переваримость, обмен, усвояемость, кальций, коровы, рацион, баланс.

*Keywords:* feeding, eating, digestibility, metabolism, assimilation, calcium, cows, ration, balance.

Уровень молочной продуктивности, образование и поддержание структуры костной ткани у лактирующих коров зависит от минеральной питательности кормов. Использование минеральных веществ зависит от их обменных фондов и может достигать значительных величин. Установлено, что коровы в первую стадию лактации на образование молока используют из депо скелета до 40% минеральных веществ. При этом если даже минеральное питание молочных коров достаточное, мобилизация минеральных веществ из скелета физиологически обосновано и может, достигнут до 20%. Об этом свидетельствуют труды классиков кормления [1, 3–6, 11].

Исследования элемента метаболизма кальция в организме животного, его обмена и использования у лактирующих коров в зимний и летний период кормления, а также степень удовлетворения потребностей животных за счет естественного содержания этого элемента в основных кормах рациона и в воде является актуальным [7–8].

### *Материал и методика исследований*

Для изучения поедаемости корма, переваримости, использования питательных веществ рационов и процессов обмена макроэлементов были проведены физиологические опыты на коровах черно–пестрой породы с продуктивностью 4800–5000 кг молока по методике ВИЖа и ВИКа [12, 2], а зоотехнический анализ по Лукашик и Тащилину [9]. Для опыта были отобраны 2 группы по 3 коровы — аналога из каждой группы. Эксперимент проводился на зимних и летних рационах кормления в специальном помещении. Опыт состоял из двух периодов — подготовительного (20 дней) и учетного (8 дней). В предварительный период учитывали вес заданных кормов и не съеденных остатков. В учетный период определяли количество съеденных кормов, выделенных кала, мочи и молока.

Условия содержания коров были одинаковыми и отвечали зоотехническим требованиям. Переваримость и усвояемость питательных веществ подопытными животными определялись в соответствии с методическими рекомендациями по оценке кормов на основе переваримости [12]. Молочную продуктивность подопытных животных учитывали методом контрольных доек ежедневно от каждой коровы при каждой дойке в течение восьми дней.

Исследование результатов физиологических опытов проводились методами корреляционного и регрессивного анализов. Методом корреляционного анализа определялись взаимозависимости содержания кальция в корме, кале, моче, молоке и в теле (баланс) животных.

Расчет уравнений парной нелинейной регрессии, показывающих зависимость содержания кальция в кале, моче, молоке и в теле животного от его содержания в рационе, позволяет выявить истинную форму связи, силу влияния фактора содержания элемента в рационе на химический состав продуктов и экскрементов животных по методу Плохинского [10].

### *Результаты и их обсуждение*

При поедании животными кормов зимнего рациона наблюдается высокий коэффициент транзита кальция. В кровь, как правило, кальций поступает из мышц и костей животных, он же в основном выводится из организма почками. Органы выделения работают не синхронно: кальций из корма в основном выводится с калом, а кальций из мышц и костей — с мочой (Таблица 1).

Таблица 1.

#### КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ СОДЕРЖАНИЯ КАЛЬЦИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ПРОДУКТАХ И ЭКСКРЕМЕНТАХ ЖИВОТНЫХ В ПЕРИОД ЗИМНЕГО РАЦИОНА КОРМЛЕНИЯ

	<i>Корм</i>	<i>Кал</i>	<i>Моча</i>	<i>Молоко</i>	<i>Баланс</i>
Корм	1,0				
Кал	0,81	1,0			
Моча	-0,35	-0,02	1,0		
Молоко	0,43	0,86	0,28	1,0	
Баланс	-0,64	-0,97	-0,15	-0,96	1,0

Коэффициент нестабильности вскармливания довольно высок — генетические механизмы регуляции содержания этого элемента в молоке не столь высоки, как в случае с азотом, хотя коэффициент буферности очень высок — мышцы и кости животного являются мощными стабилизаторами концентрации кальция в молоке. Результаты корреляционного анализа представлены в виде корреляционных матриц, а регрессионного — в виде таблиц, в

которых показана сила влияния фактора корма на содержание кальция в определенном продукте или среде (в %).

Показатель коэффициента гематологического разделения (КГР) также свидетельствует о выраженном генетическом барьере, регулирующем поступление этого элемента в молоко. Сильная зависимость содержания кальция в молоке от его концентрации в кале может объясняться тем, что при усилении его транзита в молоко поступают большие порции кальция из баланса. Этот вывод подтверждает значительный отрицательный коэффициент внешнего метаболизма (КВИ 2).

Связь между мочой и балансом невелика. Это говорит о том, что расход кальция из баланса идет в основном на поддержание его концентрации в молоке. Данные нелинейных уравнений подтверждают высокую степень транзита этого элемента через тело животного, однако концентрация кальция в моче изменяется по параболическому закону, при этом 76,3% варибельности содержания в ней этого элемента объясняется химическими особенностями корма.

Таблица 2.

ПАРАМЕТРЫ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЗАВИСИМОСТИ  
 КОНЦЕНТРАЦИИ КАЛЬЦИЯ В ПРОДУКТАХ И СРЕДАХ КРС  
 ОТ ЕГО КОНЦЕНТРАЦИИ В КОРМЕ ЗИМНЕГО РАЦИОНА

Продукты и среды	Вес фактора (%)	Концентрация в корме при:		Вид связи
		MAX	MIN	
Кал	67,1			Прямо пропорционально
Моча	76,3		139	Парабола
Молоко	25,4		138	Парабола
Баланс	47,0			Обратно пропорционально

Минимальное количество кальция в моче и молоке наблюдается при его концентрации в корме равной 138–139 г. Логично предположить, что в случае, когда содержание кальция в корме находится ниже этой величины, организм коровы интенсивно его поглощает, а когда оно превышает пороговое значение, происходит его удаление по всем каналам, даже через молоко.

Летний рацион кормления способствует заметному снижению коэффициентов транзита и внешнего метаболизма (Таблица 3, Рисунки 1, 2).

При этом коэффициент нестабильности вскармливания не изменяется, исчезает статистическая зависимость между содержанием кальция в корме и балансе. Это говорит о том, что кальций в летнем корме находится в соединениях, форма которых наиболее оптимальна для поглощения организмом коровы.

Таблица 3.

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕЛЯЦИИ СОДЕРЖАНИЯ КАЛЬЦИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ПРОДУКТАХ  
 И В ЭКСКРЕМЕНТАХ КОРОВ ПРИ ЛЕТНЕМ РАЦИОНЕ КОРМЛЕНИЯ

	Корм	Кал	Моча	Молоко	Баланс
Корм	1,0				
Кал	0,40	1,0			
Моча	0,14	0,48	1,0		
Молоко	0,44	0,57	-0,36	1,0	
Баланс	0,03	-0,90	-0,36	-0,53	1,0

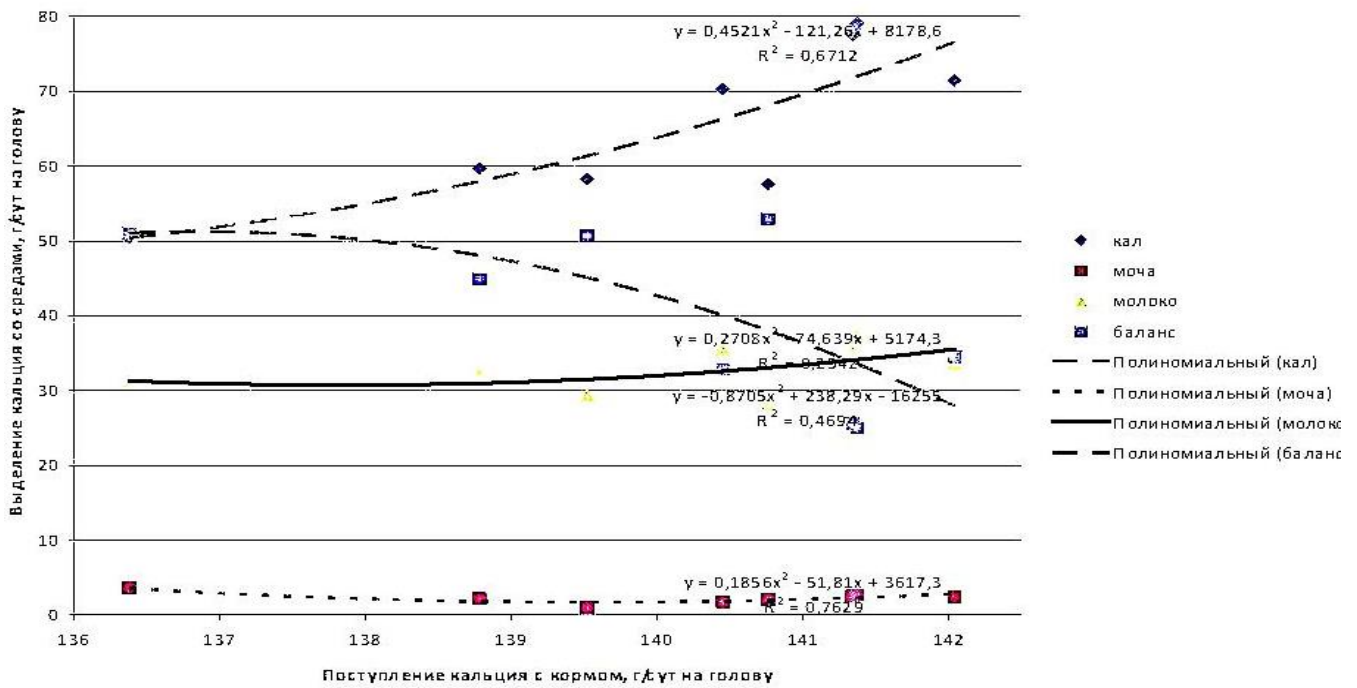


Рисунок 1. Характеристика обмена кальция при использовании кормов зимнего рациона.

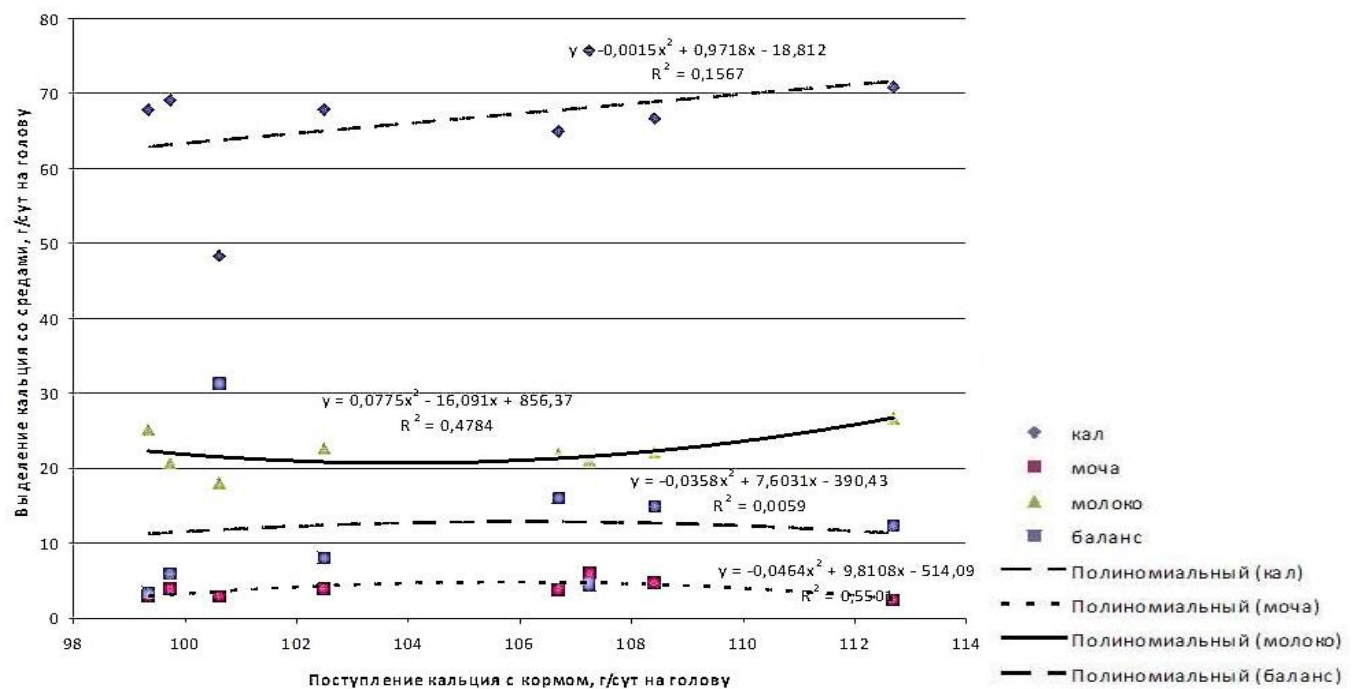


Рисунок 2. Характеристика обмена кальция при использовании кормов летнего рациона.

Практическая независимость значений коэффициента внутреннего использования элемента от рациона кормления говорит о том, что в любых условиях при усилении транзита кальция через тело животного наблюдается интенсивное вымывание его из костей и мышц. При летнем рационе вскармливания наблюдается заметная синхронизация каналов вывода кальция из организма, что также подтверждает тезис о его интенсивном поступлении из корма в кровь. Вследствие этого перестраивается механизм регуляции соотношения кальция в крови и молоке — КГР становится значительным и отрицательным (Таблица 4).



Таблица 4.

ПАРАМЕТРЫ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ЗАВИСИМОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ  
 КАЛЬЦИЯ В ПРОДУКТАХ И ЭКСКРЕМЕНТАХ  
 ОТ ЕГО КОНЦЕНТРАЦИИ В КОРМЕ ЛЕТНЕГО РАЦИОНА

Продукты и среды	Вес фактора (%)	Концентрация в корме при:		Вид связи
		MAX	MIN	
Кал	15,7			Прямо пропорционально
Моча	55,0	107		Парабола
Молоко	47,8		103	Парабола
Баланс	0,6			—

Летом в крови не наблюдается резкого дефицита кальция, что приводит к снижению коэффициента буферности, мышцы и кости животного в меньшей мере участвуют в регуляции химического состава молока.

Из данных Таблицы 4 видно, что влияние концентрации кальция в корме на содержание его в кале и моче значительно снизилось, что объясняется ослаблением его транзита. Механизм гематологического разделения кальция в крови в летний период достаточно сложен и описывается двумя противоположно направленными параболами. Максимум концентрации в моче практически совпадает с минимумом в молоке, что говорит о сильной синхронизации работы почек и молочных желез. Изменение баланса практически не зависит от корма.

*Выводы*

1. Исследования показали, что хотя, независимо от характера корма, главным каналом вывода кальция из организма коровы являются почки, однако вид рациона оказывает большое воздействие на метаболизм кальция в организме животного.

2. При зимнем рационе кормления наблюдается гораздо более тесная связь содержания кальция в продуктах и средах КРС с его концентрацией в корме, чем при летнем рационе. Это можно объяснить возникновением слаборастворимых солей кальция при силосовании.

3. Вариабельность содержания кальция в силосе наиболее сильно отражается на его концентрации в моче и кале, тогда как, соединения кальция, содержащиеся в зеленом корме, в основном влияют на динамику кальция в моче и молоке, что говорит о более легком их поступлении в кровь и молоко животных, вследствие повышенной растворимости.

4. Кальций зимнего рациона интенсивнее аккумулируется в мышцах и костях животного, тогда как при летнем кормлении баланс занимает автономное положение по отношению к этому элементу.

5. Установлено, что кальций корма в основном выводится из организма коровы с калом, а из мышц и костей — мочой.

*Список литературы:*

1. Баканов В. Н., Менькин В. К. Кормление сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1989. 511 с.

2. Григорьев Н. Г., Волков Н. Г., Воробьев Е. С. и др. Биологическая полноценность кормов. М.: Агропромиздат, 1989. 287 с.

3. Дегтярев В. П., Капсамун А. Д. Использование сенажа из козлятника восточного в рационах молочных коров // Проблемы рационального использования производственно-экономического потенциала АПК Тверской области: сб. научн. тр. ТГСХА. Тверь, 1999. С. 201-207.

4. Калашников А. П. Биологические основы повышения продуктивности молочного скота // Вестник сельскохозяйственной науки. 1983. 68 с.
5. Кальницкий Б. Д., Харитонов О. В., Калашник В. И. Особенности минерального питания высокопродуктивных коров // Новое в кормлении высокопродуктивных коров. М.: Агропромиздат, 1989. С. 51-59.
6. Кальницкий Б. Д. К вопросу оценки питательности рационов и нормирования кормления жвачных животных // Вестник РАСХН. 2000. №1. С. 12-15.
7. Капсамун А. Д., Дегтярев В. П. Использование силоса из козлятника восточного в рационах молочных коров в период раздоя (1-100 дней) // Материалы международной конференции «Рекультивация и использование залежных земель в Нечерноземной зоне России: теория и практика». Сб. науч. трудов междун. научно-практ. конференции. Тверь, ГНУ ВНИИМЗ. 2012. С. 41-46.
8. Капсамун А. Д., Дегтярев В. П., Павлючик Е. Н., Иванова Н. Н. Силос из многолетних бобовых культур козлятника восточного и клевера лугового, их питательность, поедаемость и переваримость // Материалы международной научно-практической конференции «Мелиорация и водное хозяйство XXI века: проблемы и перспективы развития». Кн. 1. Тверь: Издательство ТвГУ, 2014. С. 147-156.
9. Лукашик Н. А., Тащилин В. А. Зоотехнический анализ кормов. М., 1970. С. 78-85.
10. Плохинский Н. А. Биометрия. М.: Из-во МГУ, 1970. 342 с.
11. Попов И. С., Дмитроченко А. П., Крылов В. М. Протеиновое питание животных. М.: Колос, 1975. С. 28-33.
12. Томмэ М. Ф. Методики определения переваримости кормов и рационов. М., 1969. 31 с.

*References:*

1. Bakanov, V. N., & Menkin, V. K. (1989). Kormlenie selskokhozyaistvennykh zhivotnykh [Feeding of agricultural animals]. Moscow, Agropromizdat, 511. (in Russian).
2. Grigoriev, N. G., Volkov, N. G., Vorobyov, E. S., & al. (1989). Biologicheskaya polnotsennost kormov [Biological usefulness of fodder]. Moscow, Agropromizdat, 287. (in Russian).
3. Degtyarev, V. P., & Kapsamun, A. D. (1999). Ispolzovanie senazha iz kozlyatnika vostochnogo v ratsionakh molochnykh korov [Use of haylage from goatskin oriental in rations of dairy cows]. In: *Problemy ratsionalnogo ispolzovaniya proizvodstvenno-ekonomicheskogo potentsiala APK Tverskoi oblasti [Problems of rational use of industrial and economic potential of the agroindustrial complex of the Tver region]. Proceeding TGSHA. Tver, 201-207.* (in Russian).
4. Kalashnikov, A. P. (1983). Biologicheskie osnovy povysheniya produktivnosti molochno go skota [Biological foundations for increasing the productivity of dairy cattle]. *Vestnik selskokhozyaistvennoi nauki*, 68. (in Russian).
5. Kalnitsky, B. D., Kharitonova, O. V., & Kalashnik, V. I. (1989). Osobennosti mineralnogo pitaniya vysokoproduktivnykh korov [Features of mineral nutrition of highly productive cows]. In: *Novoe v kormlenii vysokoproduktivnykh korov [New in feeding high-yielding cows]. Moscow, Agropromizdat, 51-59.* (in Russian).
6. Kalnitsky, B. D. (2000). To the question of assessing the nutritional value of rations and rationing of ruminant animals. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, (1). 12-15. (in Russian).
7. Kapsamun, A. D., & Degtyarev, V. P. (2012). Ispolzovanie silosa iz kozlyatnika vostochnogo v ratsionakh molochnykh korov v period razdoya (1-100 dnei) [The use of silage from the eastern goat's milk in rations of dairy cows during the ripening period (1-100 days)]. In:

*Proceeding international conference Rekultivatsiya i ispolzovanie zaleznykh zemel v Nechernozemnoi zone Rossii: teoriya i praktika [Reclamation and use of fallow lands in the Non-Chernozem Zone of Russia: theory and practice]. Tver, GNU VNIIMZ, 41-46. (in Russian).*

8. Kapsamun, A. D., Degtyarev, V. P., Pavlyuchik, Ye. N., & Ivanova, N. N. (2014). Silage from perennial leguminous leguminous cultures of eastern goat and clover meadow, their nutrition, eating and digestibility. *In: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference Melioration and water management of the XXI century: problems and development prospects. Book 1. Tver, Tver State University, 1. 147-156. (in Russian).*

9. Lukashik, N. A., & Tashchilin, V. A. (1970). Zootechnical analysis of feeds. Moscow, 78-85. (in Russian).

10. Plokhinsky, N. A. (1970). Biometrics. Moscow, MGU, 342. (in Russian).

11. Popov, I. S., Dmitrochenko, A. P., & Krylov, V. M. (1975). Protein nutrition of animals. Moscow, Kolos, 28-33. (in Russian).

12. Tomme. M. F. (1969). Methods for determining the digestibility of feed and rations. Moscow, 31. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 16.08.2018 г.*

*Принята к публикации  
20.08.2018 г.*

---

*Ссылка для цитирования:*

Капсамун А. Д., Иванов Д. А., Павлючик Е. Н., Иванова Н. Н., Васильева Е. А. Элементы метаболизма кальция в организме молочных коров в зимних и летних рационах кормления // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №9. С. 119-126. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/kapsamun> (дата обращения 15.09.2018).

*Cite as (APA):*

Kapsamun, A., Ivanov, D., Pavlyuchik, E., Ivanova, N., & Vasileva, E. (2018). Elements of calcium metabolism in the organism of dairy cows in winter and summer feeding rations. *Bulletin of Science and Practice*, 4(9), 119-126.