

Елизавета Григорьевна Квартникова¹, Елена Валерьевна Кровина²,

Анна Рудольфовна Шумилина³✉, Ольга Игоревна Скобель⁴,

Екатерина Валентиновна Голованова⁵, Глеб Юрьевич Косовский⁶

^{1,2,3,4,5,6}НИИ пушного звероводства и кролиководства им. В.А. Афанасьева, пгт. Родники, Московская область, Россия

¹liza.kvartnikova@mail.ru

²tk475niiipzk@yandex.ru

³arshumilina@mail.ru

⁴skobelolga@gmail.com

⁵niiipzk-nauka@mail.ru

⁶gkosovsky@mail.ru

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОГО ПРЕМИКСА ПРИ ОТКОРМЕ МОЛОДНЯКА КРОЛИКОВ КРОССА РОДНИК

Цель исследования – определить влияние витаминно-минерального премикса П90-2 на переваримость питательных веществ и энергии, баланс витаминов и микроэлементов и мясную продуктивность у молодняка кроликов кросса Родник в период откорма. Исследования проведены в 2024 г. в лабораторных условиях ФГБНУ НИИПЗК на 12 кроликах кросса Родник 45-дневного возраста, из которых сформировано 2 группы для проведения 2 балансовых опытов по общепринятой методике. Группы получали рационы, отличающиеся по наличию витаминно-минерального премикса П 90-2. Содержание витаминов (B_1 , B_2 , B_6 , A, E, D_3) в образцах определяли методом ВЭЖХ, микроэлементов (железо, медь, цинк, марганец, кобальт) – методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. По большинству питательных веществ (кроме сырого жира, $p \leq 0,001$) и валовой энергии коэффициенты переваримости между группами не отличались. Однако кролики, не получавшие премикс, приняли больше сухого вещества и валовой энергии ($p \leq 0,05$ – в первом балансовом опыте, $p \leq 0,10$ – во втором опыте). При этом кролики обеих групп использовали одинаковое количество микроэлементов. Кролики, получавшие премикс, усвоили витаминов A, E ($p \leq 0,001$) и B_2 ($p \leq 0,05$ в первом опыте) больше. Выход убойной массы и экстерьерные показатели у кроликов обеих групп не отличались. Добавление 1,0 % витаминно-минерального премикса в рацион молодняка кроликов кросса Родник на откорме в лабораторных условиях (при базовом содержании в рационе микроэлементов, мг/кг воздушно-сухого вещества: железо – 207,5; медь – 21,3; цинк – 84,8; марганец – 69,0; кобальт – 0,56 и витаминов B_1 – 5,91 мкг/г, B_2 – 4,49 мкг/г, B_6 – 4,98 мкг/г, A – 0,11 млн⁻¹(мкг РЭ/100 г), E – 20,00 млн⁻¹(мг ТЭ/100 г), D_3 – менее 0,01 мг/кг) не способствует повышению переваримости питательных веществ и валовой энергии корма, а также не влияет на показатели мясной продуктивности.

Ключевые слова: кролики, кросс Родник, молодняк кроликов, витаминно-минеральный премикс, полнорационный гранулированный комбикорм, мясная продуктивность кроликов, экстерьерные показатели кроликов

Для цитирования: Квартникова Е.Г., Кровина Е.В., Шумилина А.Р., и др. Целесообразность применения витаминно-минерального премикса при откорме молодняка кроликов кросса Родник // Вестник КрасГАУ. 2025. № 12. С. 211–229. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-12-211-229.

Финансирование: исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-16-00060.

Elizaveta Grigoryevna Kvarnikova¹, Elena Valeryevna Krovina², Anna Rudolfovna Shumilina³✉,
Olga Igorevna Skobel⁴, Ekaterina Valentinovna Golovanova⁵, Gleb Yuryevich Kosovsky⁶

^{1,2,3,4,5,6}V.A. Afanasyev Research Institute of Fur Farming and Rabbit Breeding, Rodniki, Moscow Region,
Russia

¹liza.kvarnikova@mail.ru

²tk475niipzk@yandex.ru

³arshumilina@mail.ru

⁴skobelolga@gmail.com

⁵niipzk-nauka@mail.ru

⁶gkosovsky@mail.ru

EFFICIENCY OF VITAMIN AND MINERAL PREMIX USE IN YOUNG RODNIK RABBITS FATTENING

The objective of the study is to determine the effect of the vitamin and mineral premix P90-2 on nutrient and energy digestibility, vitamin and microelement balance, and meat productivity in young Rodnik rabbits during the fattening period. The study was conducted in 2024 in the laboratory of the Federal State Budgetary Scientific Institution Afanas'ev Research Institute of Fur-Bearing Animal Breeding and Rabbit Breeding (FSBSI NIIPZK) on twelve 45-day-old Rodnik rabbits, which were divided into two groups for two balance experiments using a standard methodology. The groups received diets that differed in the content of the vitamin and mineral premix P 90-2. The content of vitamins (B_1 , B_2 , B_6 , A, E, D_3) in the samples was determined by HPLC, and microelements (iron, copper, zinc, manganese, cobalt) were determined by atomic absorption spectrophotometry. For most nutrients (except crude fat, $p \leq 0.001$) and gross energy, digestibility coefficients did not differ between groups. However, rabbits that did not receive the premix ingested more dry matter and gross energy ($p \leq 0.05$ in the first balance experiment, $p \leq 0.10$ in the second experiment). Moreover, rabbits in both groups utilized the same amount of micronutrients. Rabbits receiving the premix absorbed more vitamins A, E ($p \leq 0.001$), and B_2 ($p \leq 0.05$ in the first experiment). Slaughter weight yield and body condition indicators did not differ between the rabbits in both groups. Addition of 1.0 % vitamin and mineral premix to the diet of young Rodnik cross rabbits during fattening under laboratory conditions (with the basic content of microelements in the diet, mg/kg air-dry matter: iron – 207.5; copper – 21.3; zinc – 84.8; manganese – 69.0; cobalt – 0.56 and vitamins B_1 – 5.91 µg/g, B_2 – 4.49 µg/g, B_6 – 4.98 µg/g, A - 0.11 ppm (µg RE/100 g), E – 20.00 ppm (mg TE/100 g), D_3 – less than 0.01 mg/kg) does not contribute to an increase in the digestibility of nutrients and gross energy of feed, and does not affect the indicators of meat productivity.

Keywords: rabbits, Rodnik cross, young rabbits, vitamin and mineral premix, complete pelleted feed, rabbit meat productivity, rabbit conformation indicators

For citation: Kvarnikova EG, Krovina EV, Shumilina AR, et al. Efficiency of vitamin and mineral premix use in young Rodnik rabbits fattening. *Bulletin of KSAU*. 2025;(12):211-229. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-12-211-229.

Funding: the study was funded by the Russian Science Foundation grant № 23-16-00060.

Введение. Изучение витаминно-минерального состава рациона необходимо для поддержания и повышения продуктивности всех сельскохозяйственных видов животных, в т. ч. и кроликов [1, 2]. Регулярный анализ и правильное кормление позволяют максимально реализовать генетический потенциал животного и способствуют эффективному производству высококачественных продуктов питания. Однако потребности в витаминах и минералах варьируют в зависимости от возраста, пола, физиологического состояния животного [3, 4]. Факторы окру-

жающей среды, например недостаток солнечного света или повышенная температура, также влияют на необходимость включения дополнительных источников отдельных витаминов и минералов в рацион. Так, в регионах с ограниченным световым днем корм является основным источником витамина D для кроликов, а его биодоступность может зависеть от формы и способа доставки [5]. Добавки цинка и селена могут улучшить показатели роста и антиоксидантный статус кроликов, подвергающихся тепловому стрессу [3]. Кроме того, вновь создавае-

мые местные породы и крассы могут иметь уникальные адаптационные характеристики к своим специфическим условиям обитания и способам содержания, поэтому крайне важно понимать их точные потребности в питании при имеющейся кормовой базе для предотвращения дефицита питательных веществ и повышения благополучия и продуктивности животных [6].

Для кроликов оценка необходимого витаминного и минерального состава корма представляет сложную задачу в том числе из-за их видоспецифичных биологических особенностей. Например, цекотрофофагия усложняет оценку потребности в питательных веществах и их биодоступности из-за восстановления дефицита, в частности витаминов группы В, витамина К, аминокислот и летучих жирных кислот за счет их синтеза микробиомом слепой кишки кролика [7]. Кроме того, гипсеплодонтия у кроликов может являться дополнительным источником минералов, поступающих в организм непреднамеренно вследствие износа зубов, и этот вклад трудно оценить в рамках исследований [8].

В ФГБНУ НИИПЗК путем сложного трехпопородного (калифорнийская, белый великан и советская шиншилла) скрещивания создан скороспелый и высокопродуктивный кросс кроликов Родник [9]. Ранее в балансовых опытах были установлены факторы, влияющие на переваримость молодняком кроликов кросса Родник питательных веществ и энергии [10]. При этом остался открытым вопрос витаминно-минерального питания. В российском кролиководстве при сухом типе кормления используют витаминно-минеральный премикс П 90-2, содержащий водорастворимые витамины и микроэлементы в виде сернокислых солей. В предыдущих иссле-

дований было показано, что использование премикса в рационе молодняка кроликов кросса Родник имеет тенденцию неблагоприятно воздействовать на геномную стабильность и снижает уровень экспрессии двух ключевых генов, контролирующих общий метаболизм у молодняка кроликов кросса Родник [11]. Кроме того, известно, что исключение из полнорационного гранулированного комбикорма (ПГК) витаминно-минерального премикса не влияет на мясную продуктивность молодняка кроликов породы советская шиншилла и способствует снижению коэффициента конверсии корма [12].

Цель исследования – определение влияния витаминно-минерального премикса П 90-2 на переваримость питательных веществ и энергии, баланс витаминов и микроэлементов и мясную продуктивность у молодняка кроликов кросса Родник в период откорма.

Объекты и методы. Научные исследования проведены в лаборатории экспериментального содержания животных ФГБНУ НИИПЗК на 12 кроликах кросса Родник 45-дневного возраста, из которых сформировано 2 группы по принципу пар-аналогов (происхождение, живая масса, пол) для проведения 2 балансовых опытов [10, 13]. Предварительный и учетный периоды каждого балансового опыта составляли 7 дней.

Кролики каждой группы получали полнорационный гранулированный комбикорм, отличающийся по наличию витаминно-минерального премикса. В состав ПГК 1-й группы входил 1 % витаминно-минерального премикса П 90-2, во второй группе премикс был заменен 1 % пшеничных отрубей (табл. 1). Питательность рациона определяли методом инфракрасной спектрофотометрии.

Таблица 1

Рецепты экспериментальных полнорационных комбикормов
Formulas for experimental complete granulated feeds

Ингредиент, %	Рецепт № 1 (контроль)	Рецепт № 2 (опыт)
1	2	3
Шрот подсолнечный	13,0	13,0
Мука травяная вико-овсяная	10,0	10,0
Ячмень	24,7	24,7
Кукуруза	17,0	17,0
Овес	30,0	30,0
Отруби пшеничные	–	1,0
Масло подсолнечное	2,0	2,0
Мел кормовой	1,0	1,0

Окончание табл. 1

1	2	3
Монокальцийфосфат	1,0	1,0
Соль поваренная	0,3	0,3
Витаминно-минеральный премикс П 90-2*	1,0	—
Итого	100,0	100,0

Примечание: * – водо-, жирорастворимые витамины: А – 500000 МЕ, D₃ – 150000 МЕ, Е – 4000 мг, В₁₂ – 6 мг, В₄ – 50000 мг, РР – 1500 мг, С – 5000 мг; микроэлементы в виде сернокислых солей: марганец – 3000 мг, железо – 20000 мг, медь – 2000 мг, цинк – 5000 мг, кобальт – 40 мг, йод – 200 мг.

Химический состав воздушно-сухих образцов корма и выделений каждого кролика был определен методом инфракрасной спектрофотометрии на спектрофотометре «Инфраскан-3150» (ООО «Экан», Россия).

В образцах корма, кала, печени, мышечной ткани бедренной части трех кроликов из каждой группы определены водо-, жирорастворимые витамины в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» методом ВЭЖХ и микроэлементы в ИЛЦ ВНИТИП на спектрофотометре атомно-абсорбционном Spectr AA280Z, S. № EL05043117, Varian, Австралия. По результатам полученных данных рассчитан баланс микроэлементов и витаминов в организме молодняка кроликов.

Всех кроликов еженедельно взвешивали на электронных весах с точностью 10 г для определения живой массы и интенсивности роста.

По данным взвешиваний рассчитывали абсолютный (1), относительный (2) и среднесуточный приросты (3) живой массы:

$$T_{abc} = W_2 - W_1, \quad (1)$$

$$T_{omn} = \frac{W_2 - W_1}{0,5(W_2 + W_1)} * 100, \quad (2)$$

$$T_c = \frac{W_2 - W_1}{h}, \quad (3)$$

где T_{abc} – абсолютный прирост, г; T_{omn} – относительный прирост, %; T_c – среднесуточный прирост, г; W_1 – начальная масса тела, г; W_2 – конечная масса тела, г; h – время наблюдения, мес.

В группах оценивали длину тела, обхват груди, длину ушей, вычисляли индекс сбитости тела. Промеры проводили сантиметровой лентой: обхват груди за лопатками; длина тела от кончика носа вдоль шеи, спины, поясницы, крупа до корня хвоста; длина ушей. Индекс сбитости определяли по формуле

$$И_{об} = О / Д \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где О – обхват груди за лопатками, см; Д – длина тела, см.

Выход убойной массы определяли по формуле

$$Y_b = M_{mysh.} / Ж_m \cdot 100, \quad (5)$$

где Y_b – выход убойной массы, %; $M_{mysh.}$ – масса тушки без внутренних органов, кг; $Ж_m$ – предубойная живая масса животного, кг.

Содержание костей в тушке определяли по обвалке трех тушек из каждой группы после 24-часового остывания и созревания при температуре 18 °C, влажности 85 %, накрытых увлажненной марлей для предохранения мышечной ткани от высыхания.

Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью программ STATISTICA 10.0, MS Excel. Оценку количественных показателей осуществляли посредством вычисления средних значений (μ) и стандартных ошибок среднего (SE), различия параметрических критериев оценивали по критерию достоверности разности Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Анализ rationов контрольной и опытной групп показал, что они практически не отличаются по соотношению питательных веществ и валовой калорийности (табл. 2).

Незначительные отличия сопряжены с производством комбикормов в промышленных условиях в больших смесителях, где добиться идеальной равномерности распределения компонентов не представляется возможным. По технологическому регламенту отклонения в пределах 10 % считаются допустимыми. В нашем случае только жир выходит за пределы технологического регламента – 16,7 %. Остальные питательные вещества укладываются в допустимые пределы, %: протеин – 3,8; БЭВ – 2,3; клетчатка – 9,3; валовая энергия – 0,6.

Таблица 2

Питательность экспериментальных комбикормов, %
Nutritional value of experimental complete granulated feeds, %

Группа	Влага	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ	Валовая энергия (ВЭ), ккал / МДж
1-я контрольная	6,4	18,4	4,8	10,2	6,7	59,9	449,5/1,9
2-я опытная	6,7	19,1	4,0	9,3	6,4	61,3	447,0/1,9

В результате 1-го балансового опыта установлено, что кролики, не получающие витаминно-минеральный премикс, принимали питательных веществ (кроме жира, клетчатки) и энергии статистически значимо больше, чем животные, в рацион которых включен премикс П 90-2 (табл. 3). Известно, что у кроликов в процессе эволюции выработалась способность регулировать потребление корма в зависимости от их

физиологических потребностей в питательных веществах и энергии. При недостатке в рационе дополнительных витаминов и минералов кролики могут увеличить общее потребление корма, чтобы компенсировать потенциальный дефицит и удовлетворить свои метаболические потребности для роста, поддержания жизнедеятельности и уровня воспроизводства [4].

Таблица 3

Количество питательных веществ и энергии, принятых кроликами кросса Родник в 1-м балансовом опыте в сутки, г/гол.
Amount of nutrients and energy consumed by Rodnik rabbits in the first balance experiment per day, g per head

Показатель	Группа	
	1-я контрольная	2-я опытная
Сухое вещество	89,34±4,39	108,33±4,41*
Органическое вещество	83,35±4,09	101,40±4,13**
Сырой протеин	16,44±0,81	20,69±0,84**
Сырой жир	4,29±0,21	4,33±0,18
Сырая клетчатка	9,11±0,45	10,02±0,41
Зола	5,99±0,29	6,93±0,28*
БЭВ	53,52±2,63	66,35±2,70**
Валовая энергия, ккал/гол.	401,58±19,72	484,20±19,71*

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$.

Кролики второй группы также выделили с калом статистически значимо больше питательных веществ (кроме протеина и клетчатки) и энергии (табл. 4). Так, принято сырого протеина больше ($p \leq 0,01$), однако при анализе выделений разли-

ций по этому показателю не наблюдалось, в отличие от сырого жира, больше ($p \leq 0,01$) выделенного при отсутствии различий при потреблении.

Таблица 4

Количество питательных веществ и энергии, выделенных кроликами кросса Родник в 1-м балансовом опыте в сутки, г/гол.
Amount of nutrients and energy excreted by Rodnik rabbits in the first balance experiment per day, g per head

Показатель	Группа	
	1-я контрольная	2 -я опытная
1	2	3
Сухое вещество	25,76±1,66	31,16±1,29*
Органическое вещество	21,81±1,51	26,61±1,09*
Сырой протеин	2,34±0,19	2,66±0,17

Окончание табл. 4

1	2	3
Сырой жир	0,56±0,06	0,78±0,03**
Сырая клетчатка	8,97±0,84	10,42±0,45
Зола	3,95±0,17	4,56±0,24 ^{td}
БЭВ	10,37±0,80	12,75±0,58*
Валовая энергия, ккал/гол.	104,93±8,09	125,71±5,17 ^{td}

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; ^{td} – $p \leq 0,10$.

Кролики опытной группы также переварили основных питательных веществ (сухое вещество, органическое вещество, протеин, БЭВ) и энергии статистически значимо больше (табл. 5).

На основании полученных результатов были рассчитаны коэффициенты переваримости всех питательных веществ и энергии ПГК кроликами кросса Родник (табл. 6).

Таблица 5

Количество питательных веществ и энергии, переваренных кроликами кросса Родник в 1-м балансовом опыте в сутки, г/гол.
Amount of nutrients and energy digested by Rodnik rabbits in the first balance experiment per day, g per head

Показатель	Группа	
	1-я контрольная	2-я опытная
Сухое вещество	63,58±3,09	77,16±3,20*
Органическое вещество	61,54±2,95	74,79±3,13*
Сырой протеин	14,10±0,71	18,03±0,72**
Сырой жир	3,73±0,17	3,55±0,15
Сырая клетчатка	0,14±0,52	-0,40±0,10
Зола	2,04±0,15	2,38±0,12
БЭВ	43,14±2,08	53,61±2,32**
Валовая энергия, ккал/гол.	296,65±13,26	358,49±14,93*

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$.

Таблица 6

Коэффициенты переваримости питательных веществ и энергии кроликами кросса Родник в 1-м балансовом опыте, %
Nutrient and energy digestibility coefficients for Rodnik rabbits in the first balance experiment, %

Показатель	Группа	
	1-я контрольная	2-я опытная
Сухое вещество	71,19 ± 0,96	71,23 ± 0,38
Органическое вещество	73,87 ± 0,99	73,75 ± 0,40
Сырой протеин	85,75 ± 0,97	87,16 ± 0,58
Сырой жир	87,08 ± 0,87	81,89 ± 0,36***
Сырая клетчатка	2,12 ± 5,50	-3,90 ± 0,96
Зола	33,92 ± 1,28	34,33 ± 1,46
БЭВ	80,64 ± 0,90	80,76 ± 0,63
Валовая энергия	73,96 ± 1,06	74,03 ± 0,37

Примечание: *** – $p \leq 0,001$.

Из данных таблицы 6 видно, что между коэффициентами переваримости питательных веществ и энергии кроликами контрольной и

опытной групп значимой разницы нет (кроме жира), несмотря на то, что последние переварили их статистически значимо больше. Кроли-

ки, не получавшие витаминно-минеральный премикс, усвоили меньше жира, а выделили больше по сравнению с кроликами, получавшими рацион с дополнительными витаминами. Важно отметить, что витамины, особенно жирорастворимые, такие как витамины Е и D, играют ключевую роль в жировом обмене и антиоксидантной защите у кроликов [14, 15]. Дефицит, например, витамина Е может привести к увеличению выделения и снижению усвояемости жиров у кроликов из-за его роли в поддержке усвоения питательных веществ и защите жиров от окислительного повреждения [16].

Коэффициенты переваримости клетчатки в обеих группах на очень низком уровне и демон-

стрируют ее отрицательный баланс. Известно, что у молодняка кроликов снижена способность к перевариванию клетчатки, в первую очередь из-за незрелой физиологии кишечника и не полностью сформированного микробиома слепой кишки. Кроме того, в процессе цекотрофагии формируются цекотрофы, содержащие около 15–25 % сухого вещества клетчатки, отдельные компоненты которой могут проходить через весь процесс пищеварения кроликов несколько раз подряд [17, 18].

Результаты второго балансового опыта на тех же кроликах, но в возрасте на 7 дней старше, представлены по аналогичной схеме (табл. 7–10).

Таблица 7

Количество питательных веществ и энергии, принятых кроликами кросса Родник во 2-м балансовом опыте в сутки, г/гол.
Amount of nutrients and energy consumed by Rodnik rabbits in the second balance experiment per day, g per head

Показатель	Группа	
	1-я контрольная	2-я опытная
Сухое вещество	96,03±4,86	115,11±7,78 ^{td}
Органическое вещество	89,60±4,53	107,74±7,29 ^{td}
Сырой протеин	17,67±0,89	21,99±1,49*
Сырой жир	4,61±0,23	4,60±0,31
Сырая клетчатка	9,80±0,50	10,65±0,72
Зола	6,43±0,33	7,37±0,50
БЭВ	57,52±2,91	70,50±4,77*
Валовая энергия, ккал/гол.	431,65±21,84	514,49±44,92 ^{td}

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ^{td} – $p \leq 0,10$.

Из данных таблицы 7 видно, что кролики опытной группы потребили достоверно большее количество протеина и БЭВ, по части других питательных веществ и энергии имела место

тенденция. Жира и клетчатки кролики обеих групп приняли одинаковое количество. Статистически значимой разницы по золе во втором балансовом опыте не обнаружено.

Таблица 8

Количество питательных веществ и энергии, выделенных кроликами кросса Родник во 2-м балансовом опыте в сутки, г/гол.
Amount of nutrients and energy excreted by Rodnik rabbits in the second balance experiment per day, g per head

Показатель	Группа	
	1-я контрольная	2-я опытная
1	2	3
Сухое вещество	29,75±2,41	33,66±2,37
Органическое вещество	25,33±2,08	27,59±2,21
Сырой протеин	2,15±0,16	3,04±0,31*
Сырой жир	0,64±0,06	0,98±0,06**

Окончание табл. 8

1	2	3
Сырая клетчатка	9,84±0,78	10,48±0,72
Зола	4,42±0,33	6,07±1,07
БЭВ	12,71±1,20	13,10±1,47
Валовая энергия, ккал/гол.	118,46±9,54	131,47±10,21

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$.

Во втором балансовом опыте кролики, не получавшие премикс, продолжали выделять статистически значимо больше жира, как и в первом балансовом опыте (табл. 4, табл. 8). Кроме того, статистически значимые отличия обнаружены в количестве выделенного протеи-

на. В отличие от первого балансового опыта разница в выделении остальных питательных веществ и энергии отсутствует (см. табл. 8).

В таблице 9 представлено количество питательных веществ и энергии, переваренных кроликами обеих групп во втором балансовом опыте.

Таблица 9

**Количество питательных веществ и энергии,
переваренных кроликами кросса Родник во 2-м балансовом опыте в сутки, г/гол.
Amount of nutrients and energy
digested by Rodnik rabbits in the second balance experiment per day, g per head**

Показатель	Группа	
	1-я контрольная	2-я опытная
Сухое вещество	66,28±2,48	81,45±5,43*
Органическое вещество	64,26±2,47	80,15±5,35*
Сырой протеин	15,52±0,80	18,95±1,23*
Сырой жир	3,97±0,19	3,63±0,25
Сырая клетчатка	-0,04±0,34	0,17±0,08
Зола	2,02±0,05	1,3±1,03
БЭВ	44,81±1,75	57,41±3,96*
Валовая энергия, ккал/гол.	313,19±12,38	383,02±25,44*

Примечание: * – $p \leq 0,05$.

Из данных таблицы 9 видно, что закономерности, установленные в первом балансовом опыте, проявились и у кроликов, старше на неделю. Кролики опытной группы переварили статистически значимо больше основных питательных веществ и энергии, чем контрольные животные. Разницы по жиру, клетчатке и минеральным веществам также не обнаружено.

По большинству показателей коэффициенты переваримости между группами не имеют значимых отличий, как и в первом балансовом опыте (табл. 6, 10). Коэффициент переваримости жира в опытной группе значимо ниже, чем в контрольной, также в ней имеет место тенденция увеличения коэффициента переваримости растворимых углеводов, что более существенно, так как БЭВ для кроликов – основное пита-

тельное вещество и по количеству, и по значимости как источник энергии.

Поскольку рационы исследуемых групп отличаются только витаминно-минеральным премиксом, необходимо было проследить баланс витаминов и микроэлементов в организме молодняка кроликов кросса Родник на откорме, а также оценить их содержание в мышечной ткани бедренной части туши и печени кролика.

Содержание микроэлементов в комбикормах, выделениях, мышечной ткани бедренной части туши, печени кроликов контрольной и опытной групп представлено в таблице 11.

Баланс микроэлементов в организме молодняка кроликов кросса Родник на откорме представлен в таблице 12.

Таблица 10

**Коэффициенты переваримости питательных веществ и энергии
кроликами кросса Родник во 2-м балансовом опыте, %**
Nutrient and energy digestibility coefficients for Rodnik rabbits in the second balance experiment, %

Показатель	Группа	
	1-я контрольная	2-я опытная
Сухое вещество	69,22±0,99	70,78±0,25
Органическое вещество	71,91±0,94	74,42±0,84
Сырой протеин	87,84±0,77	86,28±0,83
Сырой жир	86,20±0,89	78,75±0,33***
Сырая клетчатка	0,11±3,78	1,59±0,74
Зола	31,70±1,86	30,1±0,53
БЭВ	78,10±1,04	81,43±1,57 ^{td}
Валовая энергия	72,73±0,85	74,47±0,68

Примечание: *** – $p \leq 0,001$; ^{td} – $p \leq 0,10$.

Таблица 11

**Содержание микроэлементов в корме, выделениях и тканях
молодняка кроликов кросса Родник, мг/кг воздушно-сухого вещества**
**Content of trace elements in feed, excreta, and tissues
of juvenile Rodnik rabbits, mg/kg of air-dry matter**

Группа	Микроэлемент				
	Железо (Fe)	Медь (Cu)	Цинк (Zn)	Марганец (Mn)	Кобальт (Co)
Комбикорм					
1-я контрольная	357,9	52,3	110,6	103,6	1,09
2-я опытная	207,5	21,3	84,8	69,0	0,56
Кал, 1-й балансовый опыт					
1-я контрольная	1414,00±114,55	195,05±29,63	443,40±124,31	360,95±44,76	3,71±0,41
2-я опытная	760,03±72,26*	71,17±3,57*	185,60±5,56td	216,50±9,05*	1,34±0,08*
Кал, 2-й балансовый опыт					
1-я контрольная	1253,10±93,03	168,97±2,55	389,60±113,92	312,70±8,54	3,20±0,23
2-я опытная	759,83±69,72*	76,47±1,45***	12,80±1,84*	230,03±5,66**	1,27±0,03**
Мышечная ткань бедренной части туши					
1-я контрольная	25,73±1,74	1,43±0,04	36,23±2,92	0,49±0,10	0,10±0,01
2-я опытная	35,10±16,40	2,45±0,07**	41,75±7,28	0,83±0,39	0,17±0,10
Печень					
1-я контрольная	282,93±35,27	17,70±3,61	7,28±0,74	5,94±0,30	0,22±0,08
2-я опытная	304,53±35,29	19,33±5,85	8,37±1,44	7,27±1,49	0,16±0,08

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$; ^{td} – $p \leq 0,10$.

Таблица 12

**Баланс микроэлементов в организме
молодняка кроликов кросса Родник (в среднем на гол. в сутки), мг**
Balance of trace elements in the body of juvenile Rodnik rabbits (average per head per day), mg

Показатель	Группа	Микроэлемент				
		Железо (Fe)	Медь (Cu)	Цинк (Zn)	Марганец (Mn)	Кобальт (Co)
1	2	3	4	5	6	7
1-й балансовый опыт						
Принято	1-я контрольная	34,22±1,61	5,00±0,24	10,57±0,50	9,90±0,47	0,10±0,005
	2-я опытная	22,63±1,40**	2,32±0,14***	9,25±0,57	7,53±0,46*	0,06±0,004**
Выделено	1-я контрольная	37,08±0,16	5,10±0,34	11,81±4,27	9,45±0,37	0,10±0,002
	2-я опытная	24,49±3,53*	2,29±0,23**	5,95±0,41	6,94±0,50*	0,04±0,003***

Окончание табл. 12

1	2	3	4	5	6	7
Использовано	1-я контрольная	-2,86±1,46	-0,10±0,58	-1,23±3,77	0,46±0,84	0,01±0,01
	2-я опытная	-1,86±2,24	0,04±0,10	3,30±0,18	0,59±0,39	0,02±0,002
2-й балансовый опыт						
Принято	1-я контрольная	36,86±2,51	5,39±0,37	11,39±0,77	10,67±0,73	0,11±0,01
	2-я опытная	23,31±2,70*	2,39±0,28**	9,53±1,10	7,75±0,90td	0,06±0,01**
Выделено	1-я контрольная	41,72±7,11	5,58±0,66	12,64±3,75	10,34±1,33	0,11±0,02
	2-я опытная	24,66±0,92td	2,52±0,31**	3,78±4,16	7,55±0,82	0,04±0,01*
Использовано	1-я контрольная	-4,86±4,61	-0,19±0,29	-1,25±3,75	0,33±0,62	0,01±0,01
	2-я опытная	-1,35±1,95	-0,12±0,04	5,75±3,10	0,20±0,10	0,02±0,002

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; td – $p \leq 0,10$.

Из данных таблицы 11 видно, что в комбикорме кроликов контрольной группы, в рацион которой добавлен витаминно-минеральный премикс, содержание всех микроэлементов значительно больше, чем в комбикорме опытной группы, %: железа – на 42,0; меди – на 59,0; цинка – на 23,0; марганца – на 33,0; кобальта – на 49,0.

В кале кроликов опытной группы в обоих балансовых опытах содержание всех микроэлементов статистически значимо меньше, чем в контроле. Следовательно, количество добавленных с премиксом нутриентов превышает потребность живого организма и выводится, не перевариваясь. Подтверждением этому может служить содержание микроэлементов в мясе и печени кроликов обеих групп, которое статистически значимо не отличается (кроме содержания меди в мясе), т. е. добавление отдельных микроэлементов в исследуемом процентном соотношении в рационе не влияет на их содержание в органах и тканях.

В обоих балансовых опытах кроликами 1-й контрольной группы было принято практически всех микроэлементов статистически значимо больше, чем животными опытной 2-й группы, и их выделено, соответственно, тоже больше (см. табл. 12). Потребление цинка, в отличие от других микроэлементов, статистически значимо не отличалось у обеих групп.

В количестве использованных кроликами микроэлементов разницы между группами нет. Однако баланс микроэлементов имеет отрицательные значения, что может свидетельствовать о несбалансированном рационе, в том числе и избытке микроэлементов. Так, например, показано, что у кроликов породы рекс для улучшения качества мяса рекомендовано устанавливать общее содержание железа в рационе на уровне 85,6 мг/кг (с учетом добавления

80 мк/кг сульфат железа моногидрата), а добавление более высоких доз железа в корм снижает его положительное влияние [19]. Дополнительный прием микроэлементов может нарушить гомеостаз, вызывая выведение организмом избытка одних минералов и потенциально приводя к дефициту других [20]. Например, железо и марганец, медь и цинк демонстрируют хорошо известные антагонистические взаимодействия при их несбалансированном употреблении, главным образом, за счет конкуренции при усвоении у млекопитающих [21, 22].

Проверка комбикормов молодняка кроликов показала, что большинство витаминов (кроме витамина В₁) в контрольной группе присутствует в значительно большем, чем в комбикорме опытной группы, количестве, %: В₂ – на 28,0; В₆ – на 18,0; А – на 48,0; Е – на 53,0 (табл. 13). Отсутствие разницы в содержании витамина В₁ свидетельствует, что за время опыта в комбикорме контрольной группы синтетический витамин В₁ разрушился, а остался только связанный с компонентами рациона. В обоих балансовых опытах содержание витаминов в кале обеих групп статистически значимо не отличалось, кроме меньшего количества витамина Е в 1-м балансовом опыте (табл. 13).

В отличие от микроэлементов, которые усваиваются кроликами в ничтожных количествах от принятых, водорастворимые витамины и витамин Е усваиваются почти полностью, витамин А – более чем наполовину (табл. 14). В первом балансовом опыте кроликами 1-й контрольной группы было принято статистически значимо больше рибофлавина (В₂), ретинола (А), и альфатокоферола (Е), чем животными опытной 2-й группы, и их усвоено, соответственно, тоже больше. При этом во втором балансовом опыте статистически значимые различия сохранились

только по принятым и усвоенным жирорастворимым витаминам А и Е. Хотя большинство кроликов удовлетворяют свои потребности в витаминах группы В посредством цекотрофагии [23], известно, что добавление в рацион ви-

тамина В₆ улучшает показатели роста, метаболизм белка, усвояемость азота и антиоксидантную активность у скороспелых или высокопродуктивных кроликов [24].

Таблица 13

Содержание витаминов в корме, выделениях и тканях молодняка кроликов кросса Родник, на воздушно-сухое вещество
Content of vitamins in feed, excretions, and tissues
of juvenile Rodnik rabbits, per air-dry matter

Группа	Витамины					
	B ₁ (тиамин)	B ₂ (рибофлавин)	B ₆ (пиридоксин)	A (ретинол)	E (альфа-токоферол)	D (холекальциферол)
Корм						
Единицы измерения	мкг/г	мкг/г	мкг/г	млн ⁻¹ (мкг РЭ/100 г)	млн ⁻¹ (мг ТЭ/100 г)	мг/кг
1-я контрольная	6,00	6,27	6,11	0,21	43,00	Менее 0,01
2-я опытная	5,91	4,49	4,98	0,11	20,00	Менее 0,01
Кал						
Единицы измерения	мкг/100 г	мкг/100 г	мкг/100 г	мкг/100 г	мг/100 г	мг/кг
Кал, 1-й балансовый опыт						
1-я контрольная	26,33±8,84	170,67±36,45	102,00±23,37	20,00±1,87	1,12±0,10	Менее 0,01
2-я опытная	21,67±5,21	156,00±16,31	88,67±20,98	15,83±2,35	0,79±0,07*	Менее 0,01
Кал, 2-й балансовый опыт						
1-я контрольная	19,67±4,55	205,67±12,50	63,67±32,67	18,50±0,94	0,91±0,21	Менее 0,01
2-я опытная	22,67±3,27	181,67±46,97	96,00±49,99	14,33±2,68	0,69±0,07	Менее 0,01
Мышечная ткань бедренной части туши						
Единицы измерения	мкг/г	мкг/г	мкг/100 г	млн ⁻¹ (мкг РЭ/100 г)	млн ⁻¹ (мг ТЭ/100 г)	мг/кг
1-я контрольная	2,54±1,41	3,93±0,15	301,67±46,27	0,12±0,01	3,20±0,19	Менее 0,01
2-я опытная	4,65±0,63	4,51±0,61	282,00±71,76	0,16±0,04	3,70±0,60	Менее 0,01

Примечание: * – p ≤ 0,05; ** – p ≤ 0,01.

Особое положение занимает витамин D. Его не удалось обнаружить ни в одном комбикорме, ни в выделениях. В мясе бедренной мышцы отсутствие витамина D ожидаемо, так как кроличье мясо в среднем по туше практически его не содержит [25]. При этом витамин D обнаружен в печени, причем остальные исследуемые жирорастворимые витамины обнаружены в статисти-

чески значимо меньшем количестве у кроликов опытной группы (табл. 14). Возможно, он попадает в организм с кормом в ничтожных количествах, не улавливаемых методом ВЭЖХ, а в результате накопления, а также имеющихся запасов после вскармливания материнским молоком [26], в печени его удается зарегистрировать.

Отложение витаминов в печени у кроликов кросса Родник, мкг/гол.
Vitamin storage in the liver of Rodnik rabbits, mcg per head.

Витамин	Депонировано в печени	
	Группа	
	1-я контрольная	2-я опытная
B ₁ (тиамин)	255,1±55,37	248,2±29,11
B ₂ (рибофлавин)	1906,2±324,46	2000,6±176,03
B ₆ (пиридоксин)	723,6±245,51	886,0±69,36
A (ретинол)	85,5±19,53	25,8±7,21*
E (альфатокоферол)	709,7±93,36	433,6±39,14*
D (холекальциферол)	4,9±1,14	2,8±0,15

Примечание: * – $p \leq 0,05$.

Известно, что витамины и минералы, в т. ч. витамин Е, железо и цинк, необходимы для оптимального роста кроликов и повышения мясной продуктивности. Оптимальные добавки с этими веществами улучшают темпы роста, эффективность кормления, питательную ценность мяса и вкусовые качества, делая их ключевыми компонентами стратегий питания кроликов [3, 19, 27]. К сожалению, использование предлагаемых дозировок по результатам других исследований может быть невоспроизведимо из-

за особенностей используемой породы животных, соотношения питательных веществ в рационе, а также специфики местной кормовой базы и технологий обработки кормов.

В данном исследовании использование рационов с полученной разницей в содержании витаминов и микроэлементов (см. табл. 11, 13) не оказалось значительного влияния на мясную продуктивность молодняка кросса кроликов Родник (табл. 16).

Таблица 15

Баланс витаминов у кроликов кросса Родник (в среднем на гол. в сутки), мкг
Vitamin balance in Rodnik rabbits (average per head per day), mcg

Показатели	Группа	Витамин				
		B ₁ (тиамин)	B ₂ (рибофлавин)	B ₆ (пиридоксин)	A (ретинол)	E (альфатокоферол)
В 1-м балансовом опыте						
Принято	1-я контрольная	586,10 ± 20,39	612,47 ± 21,31	596,85 ± 20,77	20,51 ± 0,71	4200,38 ± 146,15
	2-я опытная	644,58 ± 39,76	489,71 ± 30,20*	543,15 ± 33,50	12,00 ± 0,74***	2181,33 ± 134,54***
Выделено	1-я контрольная	7,27 ± 2,31	49,55 ± 15,12	29,56 ± 9,51	5,59 ± 0,18	319,07 ± 51,53
	2-я опытная	7,05 ± 2,05	49,61 ± 3,01	27,95 ± 5,29	5,08 ± 0,84	250,67 ± 13,02
Усвоено	1-я контрольная	578,83 ± 20,75	562,93 ± 9,15	567,29 ± 14,69	14,92 ± 0,74	3881,31 ± 118,88
	2-я опытная	637,54 ± 37,71	440,10 ± 33,16*	515,20 ± 38,34	6,92 ± 0,63***	1930,67 ± 143,60***
Во 2-м балансовом опыте						
Принято	1-я контрольная	618,00 ± 42,03	645,81 ± 43,92	629,33 ± 42,80	21,63 ± 1,47	4429,00 ± 301,20
	2-я опытная	663,95 ± 76,81	504,42 ± 58,36	559,47 ± 64,73	12,36 ± 1,43**	2246,87 ± 259,94**
Выделено	1-я контрольная	6,28 ± 0,73	68,11 ± 9,98	21,73 ± 12,42	6,12 ± 0,85	292,97 ± 61,82
	2-я опытная	7,33 ± 0,58	59,15 ± 14,68	32,04 ± 16,13	4,83 ± 1,35	230,08 ± 46,97
Усвоено	1-я контрольная	611,72 ± 42,67	577,70 ± 34,43	607,60 ± 35,95	15,51 ± 0,76	4136,03 ± 308,41
	2-я опытная	656,62 ± 76,68	445,28 ± 60,18	527,43 ± 63,07	7,52 ± 0,55**	2016,79 ± 215,64***

Примечание: * – p ≤ 0,05; ** – p ≤ 0,01; *** – p ≤ 0,001.

Таблица 16

Мясная продуктивность кроликов кросса Родник
Meat performance of Rodnik rabbits

Группа	Предубойная масса, г	Масса шкурки, г	Масса тушки, г	Масса печени, г	Масса сердца, легких, г	Выход убойной массы, %	Мяса в тушке, %
В возрасте 77 дней							
1-я контрольная	2380±10,3	229,3±21,6	1237±17,8	88±11,6	20,7±0,8	52,0±0,9	83,6±0,8
2-я опытная	2522±81,7	250±10,0	1351±58,1	87±6,4	25,3±2,9	53,5±0,6	84,5±0,4
В возрасте 90 дней							
1-я контрольная	2701±245	334±45,8	1463±60,8	85±11,4	23,3±2,2	54±2,6	85,2±0,7
2-я опытная	2857±155	385±31,3	1579±117,6	103±13,6	20,0±1,4	55±1,1	85,9±0,6

Из данных таблицы 16 видно, что по мясной продуктивности кролики контрольной и опытной групп статистически значимых отличий не имеют, хотя по предубойной массе и массе тушки животные опытной группы превосходят контрольных более, чем на 100 г.

Еще более показательной является разница в приросте живой массы контрольных и опыт-

ных кроликов (табл. 17). Она была статистически значимой на 22-й день откорма (возраст животных – 67 сут) по абсолютному, среднесуточному приросту, и имела место тенденция по относительному приросту в пользу опытных кроликов. К возрасту 84 и 90 дней разница в относительном приросте приобрела статистически значимые показатели ($p \leq 0,01$; $p \leq 0,05$).

Таблица 17

Прирост живой массы кроликов кросса Родник за период откорма (45–90 сут)
Live weight gain of Rodnik rabbits during the fattening period (45–90 days)

Группа	53 дня	60 дней	67 дней	77 дней	84 дня	90 дней
Абсолютный, г						
1-я контрольная	276±43	530±70	704±63	1058±74	1154±109	1385±141
2-я опытная	348±14	637±28	898±44*	1265±63 ^{td}	1480±144 ^{td}	1650±154
Относительный, %						
1-я контрольная	20,0±3,5	34,7±4,6	43,7±4,1	59,1±4,0	60,9±1,4	68,9±1,6
2-я опытная	24,8±1,3	40,6±1,8	52,4±2,1 ^{td}	67,1±2,5	76,0±3,9**	81,2±3,9*
Среднесуточный, г						
1-я контрольная	34,5±5,3	35,3±4,7	32,0±2,8	33,1±2,3	29,6±2,8	30,8±3,1
2-я опытная	43,8±1,6	42,1±1,7	40,1±1,9*	39,3±1,8	37,9±3,7 ^{td}	36,7±3,4

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ^{td} – $p \leq 0,10$.

При этом молодняк кросса кроликов Родник не терял в экстерерьерных показателях (табл. 18). Статистически значимая разница была установлена только в длине тела в возрасте 60 суток. Длина тела кроликов опытной группы была больше, чем у контрольных животных ($p \leq 0,05$), тенденция сохранилась к окончанию откорма (77 сут). Обхват груди, индекс сбитости были практически одинаковыми у кроликов контрольной и опытной групп.

Снижение уровня витаминов и минералов за счет исключения витаминно-минерального премикса из ПГК опытной группы не сказалось отрицательно на показателях мясной продуктивности молодняка кроликов кросса Родник во время откорма, которые были не ниже, чем в контроле, а отдельные и статистически значимо выше.

Таблица 18

Динамика параметров экстерьера молодняка кроликов кросса Родник
Dynamics of external traits of juvenile Rodnik rabbits

Группа	Возраст, сут						
	45	53	60	67	77	84	90
Живая масса [11], кг							
1-я контрольная	1,26±0,06	1,54±0,05	1,79±0,07	1,97±0,07	2,32±0,09	2,47±0,21	2,70±0,25
2-я опытная	1,24±0,05	1,60±0,05	1,88±0,06	2,13±0,07	2,50±0,08	2,69±0,21	2,86±0,22
Длина тела, см							
1-я контрольная	39,7±0,46	40,5±0,37	41,5±0,24	43,3±0,67	46,3±0,46	49,0±0,71	50,0±0,71
2-я опытная	39,5±0,62	40,5±0,24	42,2±0,18*	45,0±0,80	47,5±0,47td	49,7±0,41	51,0±1,22
Обхват груди, см							
1-я контрольная	23,0±0,69	24,5±0,47	25,5±0,37	26,5±0,62	28,0±0,80	28,3±1,63	29,0±1,87
2-я опытная	22,8±0,59	24,5±0,37	25,8±0,34	26,5±0,62	29,2±0,77	28,7±0,41	29,7±0,41
индекс сбитости, %							
1-я контрольная	58,0±1,36	60,5±0,79	61,4±0,71	61,1±0,76	60,4±1,42	57,8±2,61	58,0±3,13
2-я опытная	59,4±1,63	60,5±0,86	61,3±0,82	61,1±0,76	61,4±1,07	57,7±1,14	58,2±2,16

Примечание: * – $p \leq 0,05$; td – $p \leq 0,10$.

Заключение. Результаты экспериментов свидетельствуют, что добавление витаминно-минерального премикса в рацион молодняка кроликов в лабораторных условиях (при базовом содержании в рационе микроэлементов, мг/кг воздушно-сухого вещества, железо – 207,5, медь – 21,3, цинк – 84,8, марганец – 69,0, кобальт – 0,56 и витаминов В₁ (тиамин) – 5,91 мкг/г, В₂ (рибофлавин) – 4,49 мкг/г, В₆ (пиридоксин) – 4,98 мкг/г, А (ретинол) – 0,11 млн⁻¹(мкг РЭ/100 г), Е (альфатокоферол) – 20,00 млн⁻¹ (мг ТЭ/100 г), D (холекальциферол) – менее 0,01 мг/кг) не способствует повышению переваримости питательных веществ и валовой энергии корма молодняком кроликов кросса Родник на откорме, а также не влияет на показатели мясной продуктивности. Выход убойной массы у кроликов обеих групп статистически значимо не отличался. На отложение микроэлементов и витаминов в мышечной

ткани бедренной части тушки содержание их в корме практически не влияет. Содержание микроэлементов в печени также статистически значимо не отличалось, однако жирорастворимые витамины А и Е обнаружены в статистически значимо меньшем количестве у кроликов, не получавших премикс.

Оптимизация витаминно-минерального состава рационов кроликов становится необходимой и должна проходить с учетом биологических особенностей исследуемых животных, вариабельности кормов и сложности взаимодействия витаминов и микроэлементов. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего изучения потребности молодняка кроликов кросса Родник в витаминах и микроэлементах для максимальной реализации генетического потенциала.

Список источников

1. Weiss W.P. A 100-Year Review: From ascorbic acid to zinc – Mineral and vitamin nutrition of dairy cows // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100, N 12. P. 10045–10060. DOI: 10.3168/jds.2017-12935.
2. Sampath V., Sureshkumar S., Seok W.J., et al. Role and functions of micro and macro-minerals in swine nutrition: a short review // J Anim Sci Technol. 2023. Vol. 65, N 3. P. 479–489. DOI: 10.5187/jast.2023.e9.
3. Hassan F., Mobarez S., Mohamed M., et al. Zinc and/or Selenium Enriched Spirulina as Antioxidants in Growing Rabbit Diets to Alleviate the Deleterious Impacts of Heat Stress during Summer Season // Animals. 2021. Vol. 11, N 3. P. 756. DOI: 10.3390/ani11030756.

4. Marín-García P., Llobat L., Aguayo-Adán J.A., et al. The nutritional strategy of European rabbits is affected by age and sex: Females eat more and have better nutrient optimisation // Animal Physiology Nutrition. 2023. Vol. 107, N 5. P. 1294–1301. DOI: 10.1111/jpn.13826.
5. Mäkitalo J., Opsomer H., Steiner R., et al. Serum vitamin D concentrations in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) are more affected by UVB irradiation of food than irradiation of animals // The Veterinary Journal. 2024. Vol. 306. P. 106149. DOI: 10.1016/j.tvjl.2024.106149.
6. Abd El-Aziz A.H., Abo Ghanima M.M., Alsanie W.F., et al. Fructooligosaccharide Supplementation Boosts Growth Performance, Antioxidant Status, and Cecal Microbiota Differently in Two Rabbit Breeds // Animals. 2022. Vol. 12, N 12. P. 1528. DOI: 10.3390/ani12121528.
7. Maeda Y., Teraoka H., Okada A., et al. Development and Evaluation of EDTA-Treated Rabbits for Bioavailability Study of Chelating Drugs Using Levofloxacin, Ciprofloxacin, Hemiacetal Ester Prodrugs, and Tetracycline // Pharmaceutics. 2023. Vol. 15, N 6. P. 1589. DOI: 10.3390/pharmaceutics15061589.
8. Mäkitalo J., Opsomer H., Hatt J.M., et al. Rabbit teeth serve as a calcium source for rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) // The Veterinary Journal. 2025. Vol. 309. P. 106268. DOI: 10.1016/j.tvjl.2024.106268.
9. Егорова К.И., Глазко В.И., Шумилина А.Р., и др. Генетическая структура трехпородного кросса по сравнению с исходными породами // Аграрный научный журнал. 2018. № 6. С. 7–10. DOI: 10.28983/asj.v0i6.497.
10. Квартникова Е.Г., Кровина Е.В., Косовский Г.Ю. Переваримость клетчатки кроликами кросса Родник при сухом типе кормления // Ветеринария и кормление. 2024. № 4. С. 37–41. DOI: 10.28983/asj.y2025i8pp62-67.
11. Леонов А.В., Глазко Т.Т., Скобель О.И., и др. Влияние премикса П 90-2 на экспрессию ферментов транспорта аминокислот, пентозофосфатного шунта, цитогенетические показатели у кроликов кросса Родник // Аграрный научный журнал. 2024. № 10. С. 108–113. DOI: 10.28983/asj.y2024i10pp108-113.
12. Квартникова Е.Г., Косовский Г.Ю., Квартников М.П. Мясная продуктивность кроликов при сухом типе кормления без витаминно-минерального премикса // Кролиководство и звероводство. 2020. № 4. С. 34–39. DOI: 10.24411/0023-4885-2020-10405.
13. Кладовщиков В.Ф., Самков Ю.А. Изучение переваримости питательных веществ корма, баланса азота и энергии у пушных зверей. М., 1975. 61 с.
14. Mattioli S., Collodel G., Signorini C., et al. Tissue Antioxidant Status and Lipid Peroxidation Are Related to Dietary Intake of n-3 Polyunsaturated Acids: A Rabbit Model // Antioxidants. 2021. Vol. 10, N 5. P. 681. DOI: 10.3390/antiox10050681.
15. Balfas M., Saeed M.A.A. Evaluation of Vitamin D's Effect in Reduction of Obesity in a Rabbit Model // Yemeni J Med Sci. 2025. Vol. 19, N 2. P. 17–23. DOI: 10.20428/yjms.v19i2.2686.
16. Liang Z.L., Chen F., Park S., et al. Impacts of Heat Stress on Rabbit Immune Function, Endocrine, Blood Biochemical Changes, Antioxidant Capacity and Production Performance, and the Potential Mitigation Strategies of Nutritional Intervention // Front. Vet. Sci. 2022. Vol. 9. P. 906084. DOI: 10.3389/fvets.2022.906084.
17. van der Sluis M., van Zeeland Y.R.A., de Greef K.H. Digestive problems in rabbit production: moving in the wrong direction? // Front. Vet. Sci. 2024. Vol. 11. P. 1354651. DOI: 10.3389/fvets.2024.1354651.
18. Gidenne T. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review // Animal. 2015. Vol. 9, N 2. P. 227–242. DOI: 10.1017/S1751731114002729.
19. Chen J., Wang J., Liu L., et al. Effects of Dietary Iron Levels on the Production Performance, Nutrient Digestibility, Blood Biochemistry, and Meat and Fur Quality of Growing Rex Rabbits // Animals. 2025. Vol. 15, N 2. P. 274. DOI: 10.3390/ani15020274.

-
20. Al-Soufi S., Miranda M., García J., et al. Elements in Serum, Muscle, Liver, and Kidney of Rabbits Fed Macroalgae-Supplemented Diets // *Marine Drugs*. 2024. Vol. 22, N 6. P. 263. DOI: 10.3390/md22060263.
 21. Pajarillo E.A.B., Lee E., Kang D.-K. Trace metals and animal health: Interplay of the gut microbiota with iron, manganese, zinc, and copper // *Animal Nutrition*. 2021. Vol. 7, N 3. P. 750–761. DOI: 10.1016/j.aninu.2021.03.005.
 22. Li F., Liu L., Chen X., et al. Dietary Copper Supplementation Increases Growth Performance by Increasing Feed Intake, Digestibility, and Antioxidant Activity in Rex Rabbits // *Biol Trace Elem Res*. 2021. Vol. 199, N 12. P. 4614–4623. DOI: 10.1007/s12011-020-02568-z.
 23. Kulwich R., Struglia L., Pearson P.B. The Effect of Coprophagy on the Excretion of B Vitamins by the Rabbit // *The Journal of Nutrition*. 1953. Vol. 49, N 4. P. 639–645. DOI: 10.1093/jn/49.4.639.
 24. Liu G., Sun C., Liu H., et al. Effects of dietary supplement of vitamin B₆ on growth performance and non-specific immune response of weaned rex rabbits // *Journal of Applied Animal Research*. 2018. Vol. 46, N 1. P. 1370–1376. DOI: 10.1080/09712119.2018.1512498.
 25. Жвакина А.Р., Тинаев Н.И. Содержание витаминов, макроэлементов и токсических веществ в мякоти тушек гибридного и чистопородного молодняка кроликов // Все о мясе. 2017. № 5. С. 19–21. EDN: ZNLJMJ.
 26. Hidirogloiu M., Williams C.J. Mammary transfer of vitamin D₃ in the rabbit doe // *Int J Vitam Nutr Res*. 1985. Vol. 55, N 1. P. 35–39.
 27. Ebeid T.A., Zeweil H.S., Basyony M.M., et al. Fortification of rabbit diets with vitamin E or selenium affects growth performance, lipid peroxidation, oxidative status and immune response in growing rabbits // *Livestock Science*. 2013. Vol. 155, N 2-3. P. 323–331. DOI: 10.1016/j.livsci.2013.05.011.

References

1. Weiss WP. A 100-Year Review: From ascorbic acid to zinc – Mineral and vitamin nutrition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2017;100(12):10045-10060. DOI: 10.3168/jds.2017-12935.
2. Sampath V, Sureshkumar S, Seok WJ, et al. Role and functions of micro and macro-minerals in swine nutrition: a short review. *J Anim Sci Technol*. 2023;65(3):479-489. DOI: 10.5187/jast.2023.e9.
3. Hassan F, Mobarez S, Mohamed M, et al. Zinc and/or Selenium Enriched Spirulina as Antioxidants in Growing Rabbit Diets to Alleviate the Deleterious Impacts of Heat Stress during Summer Season. *Animals*. 2021;11(3):756. DOI: 10.3390/ani11030756.
4. Marín-García P, Llobat L, Aguayo-Adán JA, et al. The nutritional strategy of European rabbits is affected by age and sex: Females eat more and have better nutrient optimisation. *Animal Physiology Nutrition*. 2023;107(5):1294-1301. DOI: 10.1111/jpn.13826.
5. Mäkitalopale J, Opsomer H, Steiner R, et al. Serum vitamin D concentrations in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) are more affected by UVB irradiation of food than irradiation of animals. *The Veterinary Journal*. 2024;306:106149. DOI: 10.1016/j.tvjl.2024.106149.
6. Abd El-Aziz AH, Abo Ghanima MM, Alsanie WF, et al. Fructooligosaccharide Supplementation Boosts Growth Performance, Antioxidant Status, and Cecal Microbiota Differently in Two Rabbit Breeds. *Animals*. 2022;12(12):1528. DOI: 10.3390/ani12121528.
7. Maeda Y, Teraoka H, Okada A, et al. Development and Evaluation of EDTA-Treated Rabbits for Bioavailability Study of Chelating Drugs Using Levofloxacin, Ciprofloxacin, Hemiacetal Ester Prodrugs, and Tetracycline. *Pharmaceutics*. 2023;15(6):1589. DOI: 10.3390/pharmaceutics15061589.
8. Mäkitalopale J, Opsomer H, Hatt JM, et al. Rabbit teeth serve as a calcium source for rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *The Veterinary Journal*. 2025;309:106268. DOI: 10.1016/j.tvjl.2024.106268.
9. Egorova KI, Glazko VI, Shumilina AR, et al. Geneticheskaya struktura trekhporodnogo krossa po sravneniyu s iskhodnymi porodami. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2018;(6):7-10. (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.v0i6.497.

10. Kvarnikova EG, Krovina EV, Kosovsky GYu. Perevarimost' kletchatki krokami krossa Rodnik pri sukhom tipe kormleniya. *Veterinariya i kormleniye*. 2024;(4):37-41. (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2025i8pp62-67.
11. Leonov AV, Glazko TT, Skobel OI, et al. Vliyaniye premiksa P 90-2 na ekspressiyu fermentov transporta aminokislot, pentozofosfatnogo shunta, tsitogeneticheskiye pokazateli u krolikov krossa Rodnik. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2024;(10):108-113. (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2024i10pp108-113.
12. Kvarnikova EG, Kosovsky GYu, Kvarnikov MP. Myasnaya produktivnost' krolikov pri sukhom tipe kormleniya bez vitaminno-mineral'nogo premiksa. *Krolikovodstvo i zverovedstvo*. 2020;(4):34-39. (In Russ.). DOI: 10.24411/0023-4885-2020-10405.
13. Kladovshchikov VF, Samkov YuA. *Izuchenije perevarimosti pitatel'nykh veshchestv korma, balansa azota i energii u pushnykh zverey*. Moscow; 1975. 61 p. (In Russ.).
14. Mattioli S, Collodel G, Signorini C, et al. Tissue Antioxidant Status and Lipid Peroxidation Are Related to Dietary Intake of n-3 Polyunsaturated Acids: A Rabbit Model. *Antioxidants*. 2021;10(5):681. DOI: 10.3390/antiox10050681.
15. Balfas M, Saeed MAA. Evaluation of Vitamin D's Effect in Reduction of Obesity in a Rabbit Model. *Yemeni J Med Sci*. 2025;19(2):17-23. DOI: 10.20428/yjms.v19i2.2686.
16. Liang ZL, Chen F, Park S, et al. Impacts of Heat Stress on Rabbit Immune Function, Endocrine, Blood Biochemical Changes, Antioxidant Capacity and Production Performance, and the Potential Mitigation Strategies of Nutritional Intervention. *Front Vet Sci*. 2022;9:906084. DOI: 10.3389/fvets.2022.906084.
17. van der Sluis M, van Zeeland YRA, de Greef KH. Digestive problems in rabbit production: moving in the wrong direction? *Front Vet Sci*. 2024;11:1354651. DOI: 10.3389/fvets.2024.1354651.
18. Gidenne T. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal*. 2015;9(2):227-242. DOI: 10.1017/S1751731114002729.
19. Chen J, Wang J, Liu L, et al. Effects of Dietary Iron Levels on the Production Performance, Nutrient Digestibility, Blood Biochemistry, and Meat and Fur Quality of Growing Rex Rabbits. *Animals*. 2025;15(2):274. DOI: 10.3390/ani15020274.
20. Al-Soufi S, Miranda M, García J, et al. Elements in Serum, Muscle, Liver, and Kidney of Rabbits Fed Macroalgae-Supplemented Diets. *Marine Drugs*. 2024;22(6):263. DOI: 10.3390/md22060263.
21. Pajarillo EAB, Lee E, Kang DK. Trace metals and animal health: Interplay of the gut microbiota with iron, manganese, zinc, and copper. *Animal Nutrition*. 2021;7(3):750-761. DOI: 10.1016/j.aninu.2021.03.005.
22. Li F, Liu L, Chen X, et al. Dietary Copper Supplementation Increases Growth Performance by Increasing Feed Intake, Digestibility, and Antioxidant Activity in Rex Rabbits. *Biol Trace Elem Res*. 2021;199(12):4614-4623. DOI: 10.1007/s12011-020-02568-z.
23. Kulwich R, Struglia L, Pearson PB. The Effect of Coprophagy on the Excretion of B Vitamins by the Rabbit. *The Journal of Nutrition*. 1953;49(4):639-645. DOI: 10.1093/jn/49.4.639.
24. Liu G, Sun C, Liu H, et al. Effects of dietary supplement of vitamin B6 on growth performance and non-specific immune response of weaned rex rabbits. *Journal of Applied Animal Research*. 2018;46(1):1370-1376. DOI: 10.1080/09712119.2018.1512498.
25. Zhvakina AR, Tinaev NI. Soderzhaniye vitaminov, makroelementov i toksicheskikh veshchestv v myakoti tushek gibrnidnogo i chistoporodnogo molodnyaka krolikov. Vse o myase. 2017;(5):19-21. (In Russ.). EDN: ZNLJMJ.
26. Hidiroglou M, Williams CJ. Mammary transfer of vitamin D3 in the rabbit doe. *Int J Vitam Nutr Res*. 1985;55(1):35-39.
27. Ebeid TA, Zeweil HS, Basyony MM, et al. Fortification of rabbit diets with vitamin E or selenium affects growth performance, lipid peroxidation, oxidative status and immune response in growing rabbits. *Livestock Science*. 2013;155(2-3):323-331. DOI: 10.1016/j.livsci.2013.05.011.

Статья принята к публикации 30.10.2025 / The article accepted for publication 30.10.2025.

Информация об авторах:

Елизавета Григорьевна Квартникова, главный научный сотрудник отдела звероловства и кролиководства, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Елена Валерьевна Кровина, ведущий научный сотрудник отдела звероловства и кролиководства, кандидат биологических наук

Анна Рудольфовна Шумилина, главный научный сотрудник отдела звероловства и кролиководства, доктор биологических наук

Ольга Игоревна Скобель, младший научный сотрудник отдела биотехнологии

Екатерина Валентиновна Голованова, инженер научно-организационного отдела

Глеб Юрьевич Косовский, директор, главный научный сотрудник отдела звероловства и кролиководства, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН

Information about the authors:

Elizaveta Grigoryevna Kvarnikova, Chief Researcher, Department of Animal Trapping and Rabbit Breeding, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Elena Valeryevna Krovina, Leading Researcher, Department of Animal Trapping and Rabbit Breeding, Candidate of Biological Sciences

Anna Rudolfovna Shumilina, Chief Researcher, Department of Animal Trapping and Rabbit Breeding, Doctor of Biological Sciences

Olga Igorevna Skobel, Junior Researcher, Department of Biotechnology

Ekaterina Valentinovna Golovanova, Engineer, Scientific and Organizational Department

Gleb Yuryevich Kosovsky, Director, Chief Researcher, Department of Animal Trapping and Rabbit Breeding, Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences

