

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1137-1146>

УДК 636.92:582.263

Влияние добавок нитчатой зелёной водоросли *Cladophora* в рацион кроликов на показатели крови

© 2024. Н. В. Шадрин¹, П. С. Остапчук^{1,2}✉, Т. А. Куевда^{1,2}, А. В. Празукин¹, Ю. К. Фирсов¹, Д. Д. Гассиев¹, Д. В. Зубоченко², Е. В. Ануфриева¹

¹ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Российская Федерация,

²ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь, Российская Федерация

Крым – йододефицитный регион, поэтому кормление кроликов кормами, обогащёнными йодом, является необходимым условием в обеспечении их нормальной жизнедеятельности и продуктивности на фермах. Использование водорослей с высоким содержанием йода и других ценных компонентов из солёных водоёмов может помочь в решении данной проблемы. Нитчатую зелёную водоросль *Cladophora* собирали в крымском гиперсолёном озере, затем получали из неё гранулы, которые использовали в экспериментах на молоди кроликов. В 2024 г. изучали влияние добавок кладофоры в рацион молодняка кроликов калифорнийской породы, начиная с возраста после отъёма и до достижения убойной массы 2,5–2,8 кг. Было сформировано три опытные и одна контрольная группы по 10 животных в каждой. В опытных группах кроликам в рацион добавляли 1 %, 0,5 % и 0,25 % кладофоры, которая привела к достоверным изменениям в биохимическом составе сыворотки крови: повысилась концентрация уреазы и альфа-амилазы на 36,7 и 50,4 % ($p = 0,01$) соответственно. Увеличение альфа-амилазы достоверно прямо пропорционально величине добавки ($p = 0,001$). Достоверно увеличилось содержание общего протеина и альбумина ($p = 0,001–0,01$), количество эритроцитов и лейкоцитов было в пределах нормы и достоверно увеличилось ($p = 0,05$). Достоверно увеличился и тромбокрит ($p = 0,05–0,001$). Полученные данные показали, что при добавках кладофоры в рацион кроликов все характеристики крови не выходили за известные пределы нормы, при этом в ряде из них произошли положительные изменения. Происходит интенсификация обменных процессов и почечных ферментов. Полученные результаты, как и опубликованные ранее данные, показали, что включение *Cladophora* в рацион кроликов может быть эффективной кормовой добавкой, улучшающей их физиологическое состояние и повышающей иммунитет.

Ключевые слова: кормовые добавки, биохимические показатели крови, молодняк кроликов, физиологическое состояние

Благодарности: Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 24-66-00001, <https://rscf.ru/project/24-66-00001/>

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шадрин Н. В., Остапчук П. С., Куевда Т. А., Празукин А. В., Фирсов Ю. К., Гассиев Д. Д., Зубоченко Д. В., Ануфриева Е. В. Влияние добавок нитчатой зелёной водоросли *Cladophora* в рацион кроликов на показатели крови. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024;25(6):1137–1146.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1137-1146>

Поступила: 18.06.2024 Принята к публикации: 21.11.2024 Опубликована онлайн: 25.12.2024

The effect of adding filamentous green algae *Cladophora* to the diet of rabbits on their blood parameters

© 2024. Nickolai V. Shadrin¹, Pavel S. Ostapchuk^{1,2}✉, Tatyana A. Kuevda^{1,2}, Alexander V. Prazukin¹, Yuri K. Firsov¹, Danil D. Gassiev¹, Denis V. Zubochenko², Elena V. Anufriieva¹

¹A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation

²Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

Crimea is an iodine-deficient region, so feeding rabbits with iodine-enriched feed is a necessary condition for ensuring their normal functioning and productivity on farms. The use of algae from saline water bodies high in iodine and other valuable components can help solve this problem. The filamentous green alga *Cladophora* was collected from a Crimean hypersaline lake, and then granules were obtained from it. They were used in experiments on young rabbits. In 2024 there was studied the effect of *Cladophora* supplements in the diet of young rabbits of the Californian breed, from the age after weaning until

reaching a slaughter weight of 2.5–2.8 kg. Three experimental and one control group of rabbits were formed (10 animals each). In the experimental groups, 1 %, 0.5 or 0.25 % of *Cladophora* were added to the diet of rabbits. The supplements have led to significant changes in the biochemical composition of blood serum: the concentration of urease and alpha-amylase increased by 36.7 and 50.4 % ($p = 0.01$), respectively. The increase in alpha-amylase was significantly directly proportional to the amount of supplementation ($p = 0.001$). The content of total protein and albumin increased significantly ($p = 0.001–0.01$). Within normal limits, the content of erythrocytes and leukocytes increased significantly ($p = 0.05$). Thrombocrit also increased significantly ($p =$ from 0.05 to 0.001). The data obtained showed that when *Cladophora* was added to the diet of rabbits, all characteristics of its blood did not go beyond the known normal limits, while positive changes occurred in a number of them. There is an intensification of metabolic processes and kidney enzymes. The results obtained as well as published data have shown that adding *Cladophora* to the diet of rabbits can be an effective feed additive that improves their physiological condition and enhances immunity.

Keywords: feed additives, biochemical parameters of blood, young rabbits, physiological state

Acknowledgments: the study was supported by the Russian Science Foundation Grant № 24-66-00001, <https://rscf.ru/project/24-66-00001/>

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflicts of interest.

For citations: Shadrin N. V., Ostapchuk P. S., Kuevda T. A., Prazukin A. V., Firsov Yu. K., Gassiev D. D., Zubochenko D. V., Anufrieva E. V. The effect of adding filamentous green algae *Cladophora* to the diet of rabbits on their blood parameters. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(6):1137–1146. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.6.1137-1146>

Received: 18.06.2024

Accepted for publication: 21.11.2024

Published online: 25.12.2024

В настоящее время растущее человечество сталкивается с двумя жизненно важными задачами – это преодоление нехватки пресной воды и полноценной пищи. Сельскохозяйственное производство и ресурсы пресной воды неразрывно взаимосвязаны и влияют друг на друга во всем мире [1]. По данным ФАО, на сельское хозяйство приходится около 70 % общего потребления пресной воды [2]. Мировое животноводство использует около 75 % всех сельскохозяйственных угодий и около 30 % мирового потребления воды [1]. Население планеты растёт, и сельскохозяйственное производство должно увеличиться на 70–100 %, чтобы удовлетворить мировой спрос на продовольствие в 2050 году [3]. Чтобы устойчиво увеличить потребление мясных продуктов в мире, производители животноводческой продукции должны решить несколько задач, основные из которых (1) сократить использование пресной воды и пахотных земель для производства кормов и кормовых добавок и (2) повысить продуктивность и рождаемость сельскохозяйственных животных, а также снизить их смертность из-за болезней.

В большинстве стран дефицит полноценных кормов колеблется от 10 до 25 % [4]. При этом не менее 95 % потребляемых кормов – это зерновые культуры, что способствует росту дефицита пресной воды и уничтожению природных экосистем. Дефицит белка в кормах, а также ряда важнейших веществ и элементов, отрицательно влияет на иммунитет и выживаемость молоди в животноводстве [5]. Необходимое увеличение производства мяса в живот-

новодстве можно обеспечить за счёт устойчивой интенсификации без значительного увеличения использования земли и воды, с расширением спектра используемых биоресурсов [6]. Биомасса многих гидробионтов, в том числе зелёных водорослей, содержит наборы ценных компонент, которые при добавке в корма могут способствовать нормальному развитию молоди животных, формированию хорошего иммунитета к различным заболеваниям [7, 8]. Преодолеть противоречие между решением продовольственной проблемы и растущей нехваткой природных ресурсов, прежде всего пресной воды, возможно за счёт приоритетного использования биоресурсов солёных и гиперсолёных вод [8, 9]. Одним из самых перспективных объектов для использования в кормопроизводстве являются нитчатые зелёные водоросли рода кладофора [8, 10].

Водоросли рода *Cladophora* широко распространены в водоёмах с разной солёностью от пресных до гиперсолёных, создавая в них огромную продукцию [7, 10]. Например, в гиперсолёных озерах и лагунах Крыма они занимают большие площади и формируют мощные донные и плавучие маты с высокой биомассой более 5 кг/м² [7, 10]. Продуктивность природных популяций *Cladophora* spp. очень высока и может достигать 5,4 мг/г/ч [10], водоросль легко культивировать. Положительные результаты по использованию добавок кладофоры в корма различных животных получены в разных странах, но не в России [10]. В биомассе кладофоры имеются ценные для животных компоненты, например, незаменимые

аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты, витамины, каротиноиды и микроэлементы – йод, селен, цинк и т. д. [7, 10]. Содержание этих элементов в водорослях из морских вод существенно больше, чем из пресных, поэтому традиционно в ряде стран их используют в качестве минеральных добавок для сельскохозяйственных животных [7, 10]. Крым – йододефицитный регион [11], поэтому кормление кормами, обогащёнными йодом, является важным звеном в обеспечении нормальной жизнедеятельности и продуктивности кроликов на фермах Крыма [12, 13]. Зелёные водоросли из солёных и гиперсолёных вод содержат в своей биомассе высокие концентрации йода [14], значит их добавки в рацион могут обогащать его этим элементом [14, 15]. В йододефицитных районах потребление мяса животных, рацион которых содержал водоросли, помогает преодолеть дефицит йода и у людей [15].

В настоящее время кролиководство – одна из наиболее прибыльных и развитых отраслей в мировом животноводстве, в России годовая продукция кроличьего мяса составляет примерно 15 тысяч тонн [16]. Мясо кролика, содержащее ценные компоненты, является доступным продуктом, содержит больше белка и меньше жира, а частичная замена им говядины и/или свинины приведет к снижению выброса парниковых газов животноводческой отраслью [17]. Продукцию мяса кроликов в стране можно существенно увеличить и, как показано ранее, этого можно достичь, в том числе и за счёт введения в их рацион зелёных многоклеточных водорослей [16, 18]. Ранее изучали только влияние на кроликов кладофоры из пресных вод и получили положительный результат [18]. Химический состав водорослей из пресных и гиперсолёных вод имеет существенные различия [7], а, следовательно, может различаться и их эффект воздействия на кроликов. Поэтому кролики и выбраны в качестве первого тест-объекта для кормовых добавок из кладофоры гиперсолёных водоёмов. В качестве индикаторов использовали показатели крови, которые хорошо характеризуют физиологическое состояние животных [19].

Цель исследования – изучить влияние добавки в рацион молодняка кроликов гранул зелёной нитчатой водоросли *Cladophora* в разной концентрации на состояние показателей крови.

Научная новизна – впервые изучено влияние кладофоры из гиперсолёных вод на характеристики крови кроликов. Наличие кладофоры в рационе улучшило биохимические

и гематологические показатели, следовательно, она может быть эффективной кормовой добавкой, улучшающей физиологическое состояние и повышающей иммунитет кроликов.

Материал и методы. Для получения гранул биомассу нитчатой зелёной водоросли *Cladophora* вручную собирали в крымском гиперсолёном озере Ярылгач в июне 2023 г., где она достигает высоких показателей развития. Через 1-2 часа после сбора биомассу промывали пресной водой до полного удаления солей, освобождали от эпифитов и подсушивали в тени при температуре 25 °С. Подсушенную массу помещали в сушильный шкаф ШС-80 МК СПУ (Россия) (температура 45 °С) и сушили до влажности не выше 20 %, после этого полученную сухую массу подвергали размолу на режущей мельнице Вилитек VLM (Россия). Затем с использованием мини-гранулятора ZLSP-120B (Россия) из порошка кладофоры получали гранулы диаметром 4 мм, которые добавляли в рацион кроликов.

Изучали влияние добавок кладофоры в рацион молодняка кроликов калифорнийской породы, начиная с возраста 41 день (отъём от матери) и до достижения убойной массы 2,5–2,8 кг (возраст 3 месяца). Было сформировано три опытные и одна контрольная группы кроликов по 10 животных в каждой. Кормление осуществляли один раз в день полнорационными комбикормами (ПЗК-94) следующего состава: пшеница, кукуруза, рыбная мука, жмых соевый, жмых подсолнечный, монокальций-фосфат, лизин, метионин, треонин, БВМД, травяная мука, кокцидиостатик, мел кормовой. В опытные группы кроликов в рацион добавляли разное количество гранул кладофоры:

I – контрольная – основной рацион (ОР).

II – опытная – ОР 99,0 % + 1,0 % гранул *Cladophora*.

III – опытная – ОР 99,5 % + 0,5 % гранул *Cladophora*.

IV – опытная – ОР 99,75 % + 0,25 % гранул *Cladophora*.

Изучаемые кормовые смеси давали ежедневно. Поение – с помощью nippleльных поилок. Животных содержали в стандартных промышленных клетках по 3-4 головы в каждой, с учётом пола размер клеток позволяет обеспечить не менее 0,12 м² на голову. Помещение оборудовано вытяжной вентиляцией. Эксперимент проводили в период с марта по май 2024 г. на базе Отделения полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» Красногвардейского района Республики Крым (с. Клепинино).

Кровь молодняка кроликов изучали в клинично-диагностической лаборатории Отделения полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Клепинино). Кровь у молодняка кроликов брали утром натошак из периферических сосудов уха (в две вакуумные пробирки: для гематологии – в пробирку с К2ЭДТА; для изучения сыворотки крови – в пробирку с активатором свёртываемости крови)¹. Биохимические исследования сыворотки крови (по 3 головы молодняка каждой группы) включали следующие позиции: общий белок (г/л); альбумин (г/л); глюкоза (ммоль/л); АлАТ (ед./л); АсАТ (ед./л); щелочная фосфатаза (ед./л); креатинин (ммоль/л); уреазы (ммоль/л); α -амилаза (ед./л); калий (ммоль/л); фосфор (ммоль/л). Образцы крови центрифугировали с целью отделения сыворотки. Для определения биохимических показателей сыворотки крови использовали автоматический биохимический анализатор Vitalab Flexor E (Нидерланды) и реагенты фирмы ДиаВетТест (Россия).

Гематологические исследования (по 5 голов молодняка каждой группы) включали следующие позиции: лейкоцитарная формула определена по содержанию лейкоцитов (WBC, $10^9/L$), лимфоцитов (LYM, %; LYM# $10^9/L$), средних лейкоцитов (MID, %; MID# $10^9/L$) и нейтрофилов (NEUT, %; NEUT# $10^9/L$); эритроцитарная характеристика представлена показателями содержания эритроцитов (RBC, $10^9/L$), гемоглобина (HGB, g/dL), гематокрита (HCT, %), объёма эритроцита (MCV, fL), содержанием (MCH, pg) и концентрацией (MCHC, g/dL) эритроцитов в крови, шириной (RDW-SD, fL) и процентом (RDW-CV, %) распределения эритроцитов в крови; динамика формирования гемостаза изучена по следующим параметрам: содержание тромбоцитов (PLT, $10^9/L$); средний объём тромбоцитов (MPV, fL); индекс распределения эритроцитов (PDW, %), тромбокрит (PCT, %) и содержание крупных тромбоцитов в крови (P-LCR, %). Для определения элементов крови использовали автоматический гематологический анализатор BioBase BK-6180 (Китай) и реагенты фирмы ДиаВетТест (Россия).

Все данные были подвергнуты стандартной статистической обработке с использо-

ванием программы Excel. Достоверность различий средних определяли по критерию t-Стьюдента, а уровни значимости (p) различий средних величин и коэффициентов корреляции (R) по таблицам.

Результаты и их обсуждение. Добавка кладофоры в рацион кроликов привела к достоверным изменениям в биохимическом составе сыворотки крови (табл. 1). Отмечена достоверно повышенная концентрация уреазы и α -амилазы у кроликов второй группы на 36,7 и 50,4 % (p = 0,01) соответственно. Достоверное увеличение в сравнении с контролем сохраняется и по содержанию α -амилазы у животных третьей группы на 26,5 % (p = 0,01) и повышенный уровень щелочной фосфатазы на 47,9 % (p = 0,05). Увеличение α -амилазы достоверно прямо пропорционально величине добавки, что можно описать (R = 0,992, p = 0,001):

$$A = 193,1 + 91,66 D, \quad (1)$$

где A – содержание альфа-амилазы, ед./л., D – величина добавки кладофоры, % от общего рациона.

Содержание белковых фракций сыворотки крови животных второй и третьей опытных групп следующее: общего протеина и альбумина превышает контроль на 14,3 и 5,5 % (p = 0,001) соответственно, а третьей – лишь по общему белку на 10,6 % (p = 0,01). Содержание фосфора, калия, креатинина и глюкозы в крови у всех групп было в пределах нормы и не имело достоверных отличий (табл. 1). Динамика АлАТ, АсАТ и щелочной фосфатазы тенденциозна, разница не является достоверной.

Таким образом, интенсификация белкового обмена связана с оптимальным приспособлением пищеварительной функции к поеданию корма в условиях опыта, а положительная корреляция с ферментами выделительной системы свидетельствует о приспособлении последней к интенсивным процессам организма с нормальными характеристиками выделения. Вместе с тем, ферменты переаминирования практически не отличаются у опытных групп в сравнении с контрольной, что свидетельствует о дополнительном защитном воздействии на печень в процессе опыта. В таблице 2 представлены гематологические показатели крови молодняка кролей.

¹Ковалёнок Ю. К., Курдеко А. П., Великанов В. В., Ульянов А. Г., Демидович А. П., Курилович А. М., Напреенко А. В. Взятие крови у животных: учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования. Витебск: ВГАВМ, 2019. 32 с. URL: <https://repo.vsavm.by/bitstream/123456789/9332/1/m-2019-24-2.pdf>

Таблица 1 – Биохимические показатели сыворотки крови у молодняка кроликов, получавших в корм разные концентрации добавки *Cladophora* (n = 3) /

Table 1 – Biochemical parameters of blood serum in young rabbits receiving different concentrations of *Cladophora* supplements in feed (n = 3)

Показатель / Parameter	Контроль / Reference group		1,0 % ввода / 1,0 % of supplement		0,5 % ввода / 0,5 % of supplement		0,25 % ввода / 0,25 % of supplement	
	X±m _x	CV, %	X±m _x	CV, %	X±m _x	CV, %	X±m _x	CV, %
АлАТ / Alanine transaminase	59,90±2,65	7,7	56,73 ±7,19	22,0	58,13 ±8,16	24,3	71,37 ±4,75	11,5
АсАТ / Aspartate transaminase	74,77±12,65	29,3	62,23 ±8,40	23,4	65,77 ±9,73	25,6	65,60 ±5,02	13,3
Уреаза / Urease	6,63±0,35	9,2	9,07±0,54**	10,2	6,33 ±0,24	6,6	7,63 ±0,52	11,9
Альфа-амилаза / Alpha-amylase	188,33±10,35	9,5	283,33±22,04**	13,5	238,33 ±9,39 ²	6,8	222,67±44,43	34,6
Щелочная фосфатаза / Alkaline phosphatase	119,67±15,30	22,1	142,00±11,27	13,7	177,00±19,14 ¹	18,7	169,67 ±25,83	26,4
Фосфор / Phosphorus	2,15 ±0,02	1,2	2,20±0,11	8,3	2,14 ±0,05	4,4	2,18 ±0,04	1,7
Креатинин / Creatinine	74,93±2,12	4,9	72,51 ±3,74	8,9	65,74 ±3,79	10,0	67,13 ±3,11	8,0
Калий / Potassium	5,37±0,12	3,9	5,50 ±0,31	9,6	5,30 ±0,06	1,9	5,20 ±0,12	3,8
Глюкоза / Glucose	4,33±0,33	13,3	4,67 ±0,33	12,4	4,73 ±0,64	23,3	4,67 ±0,33	12,4
Белок общий / Total protein	42,30±0,95	3,9	48,33±0,43***	1,6	46,77 ±1,17**	4,3	46,30 ±2,24	8,4
Альбумин / Albumin	42,73±0,43	1,8	45,07±0,07***	0,3	44,07 ±1,60	6,3	42,93 ±1,00	4,0

Примечания: Референтные значения биохимических показателей сыворотки крови молодняка кролей: общий белок (г/л) – 50–75, альбумин (г/л) – 27–50, глюкоза (ммоль/л) – 4,1–8,5, АлАТ (ед./л) – 25–65, АсАТ (ед./л) – 20–120, щелочная фосфатаза (ед./л) – 10–86, креатинин (ммоль/л) – 44–220 [20]. Уровни статистической достоверности: * p = 0,05; ** p = 0,01; *** p = 0,001 /

Notes: Reference values of biochemical parameters of blood serum of young rabbits: total protein (g/l) – 50–75, albumin (g/l) – 27–50, glucose (mmol/l) – 4.1–8.5, alanine aminotransferase (units /l) – 25–65, aspartate aminotransferase (units /L) – 20–120, alkaline phosphatase (units /L) – 10–86, creatinine (mmol/l) – 44–220 [20]. Levels of statistical confidence: * p = 0.05; ** p = 0.01; *** p = 0.001

В опытных группах происходит незначительное увеличение лейкоцитов, при этом достоверная разница (p = 0,05) отмечена у молодняка второй группы – на $1,26 \times 10^9$ ед./л, или на 20,1 %. Норма содержания лейкоцитов находится в пределах от $3,3$ до $12,2 \times 10^9$ ед./л [19], во всех случаях величины не выходили за эти пределы. Увеличение лейкоцитов связано с активным формированием гуморального иммунитета, который посредством выработки антител влияет на клеточный иммунитет в целом. Нейтрофилы, обладающие бактерицидной и дезинтоксикационной функциями, имеют незначительную вариабельность, разница которых между группами не имеет достоверных отличий, содержание данных элементов колеблется в пределах от 38,3 до 42,0 %. Аналогичная закономерность сохраняется и по другим элементам лейкоцитарной формулы – лимфоцитов и средних лейкоцитов (табл. 2).

Лейкоцитарная формула изменялась при добавке кладофоры. Достоверного влияния добавок кладофоры на количество лимфоцитов, средних лейкоцитов и нейтрофилов

не отмечено. Содержание лейкоцитов (WBC) в группах, получавших кладофору, выше, чем в контрольной. Различие между группами с максимальной добавкой и контрольной достоверно (p = 0,05).

Отмечена достоверная связь между размером добавки и WBC, которую можно описать нелинейным регрессионным уравнением (R = 0,992, p = 0,025):

$$WBC = 7,51 + 0,26 \ln (D), \quad (2)$$

где WBC – содержание лейкоцитов, 10^9 /л.

Эритроцитарная популяция также изменялась при получении добавок кладофоры. Содержание эритроцитов достоверно (p = 0,05) увеличилось у группы кроликов, получавшей 1,0 % добавки кладофоры, наблюдали и по содержанию гемоглобина, увеличение достоверно при добавках 1,0 % (p = 0,001) и 0,5 % (p = 0,05). Повышение количества гемоглобина было достоверно прямо пропорционально величине добавки (R = 0,999, p = 0,0005):

$$HGB = 6,44 + 0,57 D, \quad (3)$$

где HGB – содержание гемоглобина, g/dL.

Таблица 2 – Гематологические показатели крови у молодняка кроликов, получавших в корм разные концентрации добавки *Cladophora* (n = 5)

Table 2 – Hematological blood parameters in young rabbits fed with different concentrations of additives of *Cladophora* supplements in feed (n = 5)

Показатель / Parameter	Контроль / Reference group		1 % ввода / 1 % of supplement		0,5 % ввода / 0.5 % of supplement		0,25 % ввода / 0.25 % of supplement	
	$X \pm m_x$	CV, %	$X \pm m_x$	CV, %	$X \pm m_x$	CV, %	$X \pm m_x$	CV, %
WBC	6,28±0,46	16,3	7,54±0,19*	5,8	7,36±0,62	18,7	7,14±0,68	21,4
LYM %	53,32±3,41	14,3	53,26±0,90	3,8	50,40±1,88	8,3	54,16±0,81	3,3
MID %	7,58±0,52	15,4	6,92±0,54	17,4	7,62±0,25	7,2	7,52±0,34	10,2
NEUT %	39,10±2,90	16,6	39,82±1,04	5,9	41,98±2,00	10,6	38,32±0,73	4,3
LYM#	3,35±0,35	23,3	4,01±0,10	5,4	3,70±0,29	17,8	3,85±0,34	19,5
MID#	0,47±0,04	20,9	0,52±0,04	17,8	0,56±0,04	17,5	0,54±0,06	24,6
NEUT#	2,46±0,26	23,9	3,01±0,13	9,8	3,10±0,35	25,6	2,75±0,30	24,3
RBC	6,35±0,22	7,7	7,01±0,20*	6,3	6,64±0,27	9,1	6,75±0,09	3,1
HGB	10,78±0,63	13,1	14,38±0,50***	7,8	12,56±0,70*	12,4	11,54±0,75	14,6
HCT	27,52±2,01	16,3	32,30±0,93*	6,4	29,36±2,00	15,2	29,66±1,86	14,0
MCV	57,04 ±1,57	6,2	62,64±1,37 ¹	4,9	54,10±4,19	17,3	56,98±3,66	14,4
MCH	20,12±0,38	4,2	22,66±1,08*	10,6	20,92±1,58	16,9	20,52±0,64	7,0
MCHC	35,06±0,50	3,2	36,74±0,52*	3,2	36,36±0,45*	2,8	34,66±0,28	1,8
RDW-SD	32,70±0,74	5,0	32,62±0,81	5,6	33,00±0,59	4,0	33,14±0,76	5,1
RDW-CV	12,50±0,21	3,8	14,44±0,37***	5,7	14,88±0,68***	10,2	13,14±0,60	10,2
PLT	278,60±22,87	18,4	370,00±28,08*	17,0	303,40±24,52	18,1	297,40±24,85	18,7
MPV	8,70±0,21	5,3	8,74±0,13	3,4	8,26±0,49	13,3	9,24±0,56	13,6
PDW	10,54±0,68	14,5	11,06±0,76	15,4	10,58±0,77	16,3	11,10±0,68	13,6
PCT	0,24±0,02	16,0	0,32±0,01***	7,8	0,29 ±0,01**	4,6	0,24±0,01	8,8
P-LCR	17,82±1,93	24,2	22,52±1,76	17,5	20,44±1,36	14,9	20,78±0,63	6,8

Примечания: Референтные значения гематологических показателей крови молодняка кролей: лейкоцитов ($10^9/L$) – 5–12,5; эритроцитов ($10^9/L$) – 5–8; гемоглобина (g/dL) – 10–17; гематокрита (%) – 33–50; объема эритроцита (fL) – 58–67; тромбоцитов ($10^9/L$) – 2,5–6,5². Уровни статистической достоверности: * – p = 0,05; ** – p = 0,01; *** – p = 0,001 /

Notes: Reference values of hematological blood parameters of young rabbits: WBC, $10^9/L$: 5-12.5; RBC, $10^9/L$: 5-8, HGB, g/dL: 10-17; HCT, %: 33-50; MCV, %: 30-40; MCV, fL: 58-67; PLT, $10^9/L$: 2.5-6.5². Levels of statistical confidence: * – p = 0,05; ** – p = 0,01; *** – p = 0,001

Изменялись и другие характеристики популяции эритроцитов (табл. 1). Количество эритроцитов во второй группе достоверно повысилось на 10,3 % (или в единицах на $0,65 \times 10^{12}/л$). Отмечено достоверное повышение гемоглобина во второй и третьей группах на 3,60 г/л (p = 0,001) и 1,78 г/л (p = 0,05) соответственно. Также во второй опытной группе достоверное превышение отмечено по содержанию гематокрита – на 4,78 % (p = 0,05), объёму эритроцитов – на 5,60 фл/мл (p = 0,05),

содержанию гемоглобина в эритроците – на 2,54 пг (p = 0,05), концентрации гемоглобина в эритроците – на 1,68 г/л (p = 0,05) и процентам распределения эритроцитов по размеру – на 1,94 % (p = 0,001). В третьей опытной группе эритроцитарная характеристика достоверно выше лишь по содержанию гемоглобина, концентрации гемоглобина в эритроците и процентам распределения эритроцитов по размеру на 1,78 г/л (p = 0,05), 1,30 г/л (p = 0,05) и 2,38 % (p = 0,001) соответственно.

²Полозюк О. Н., Ушакова Т. М. Гематология: учебное пособие. Персиановский: Донской ГАУ, 2019. 159 с.

Эритроцитарная характеристика крови опытных групп свидетельствует о том, что практически все показатели были в норме: увеличение эритроцитов положительно сопряжено с содержанием гемоглобина, а повышение гематокрита связано с объёмом красных кровяных клеток в крови. Распределение эритроцитов по размеру также имеет тенденцию к увеличению почти во всех опытных группах, но находится в пределах референтных значений.

Динамика формирования гемостаза также менялась. Прямо пропорционально величине добавки достоверно увеличивалось количество тромбоцитов ($R = 0,968$, $p = 0,001$):

$$PLT = 272,8 + 90,4 D, \quad (4)$$

где PLT – содержание тромбоцитов, $10^9/\text{л}$.

Достоверно увеличивался и тромбоцит (p = 0,05–0,001), остальные показатели достоверно не менялись. Внутренний гемостаз свидетельствует о снижении, в целом, содержания тромбоцитов на фоне достоверного формирования более крупных тромбоцитов у животных второй группы (разница с контрольными аналогами составляет $91,4 \times 10^9/\text{л}$ (p = 0,05). Увеличение тромбоцитов во второй и третьей группах на 0,09 % (p = 0,001) и 0,06 % (p = 0,01) свидетельствует о формировании оптимальной системы свёртываемости крови.

Полученные данные показали, что при добавках кладофоры в рацион кроликов все характеристики крови не выходили за пределы нормы [19], при этом в ряде из них произошли положительные изменения. Более высокий уровень уреазы и альфа-амилазы ферментов в сыворотке крови молодняка кроликов, получавших кладофору, свидетельствует об интенсификации обменных процессов, происходит интенсификация почечных ферментов, что говорит об оптимальном формировании системы фильтрации из сыворотки крови отработанных субстанций и их успешное выведение из организма через почки.

На фоне достоверного увеличения лейкоцитов у молодых кроликов опытной группы на 20,1 % отмечено формирование нейтрофилов в пределах 38,3–42,0 %, обладающих бактерицидной и дезинтоксикационной функциями, что говорит о формировании гуморального иммунитета, который посредством выработки антител влияет на клеточный иммунитет в целом. Эритроцитарная характеристика крови опытных групп свидетельствует о том,

что практически все показатели были в норме: увеличение эритроцитов коррелирует положительно с содержанием гемоглобина, а повышение гематокрита связано с объёмом красных кровяных клеток в крови. Распределение эритроцитов по размеру также имеет положительную тенденцию в опытных группах и находится в пределах референтных значений.

Снижение в целом содержания тромбоцитов на фоне достоверного формирования более крупных тромбоцитов у животных является показателем хорошего внутреннего гемостаза. Увеличение тромбоцитов в опытных группах обеспечивает формирование оптимальной системы свёртываемости крови. Ранее уже отмечено, что введение в корма кроликов кладофоры ведёт к снижению индекса тромбогенности, что потенциально способствует предотвращению сердечных заболеваний [18].

Таким образом, формируется такой гемостаз крови, элементы которого обеспечивают нормальное течение крови в русле и беспрепятственный перенос питательных веществ и кислорода в организме кроликов на фоне интенсификации гуморального иммунитета.

У животных опытных групп увеличено содержание общего протеина на 14,3 %, в том числе альбумина – на 5,5 % (p = 0,001), что свидетельствует о приспособлении пищеварительной функции к поеданию корма в условиях опыта, а положительная сопряженность с ферментами выделительной системы связана с приспособлением последней к интенсивным процессам организма с нормальными характеристиками выделения. Подобные результаты получены и ранее [18].

Полученные результаты, как и опубликованные исследования, показали, что добавление *Cladophora* в рацион кроликов может быть эффективной кормовой добавкой, улучшающей их физиологическое состояние и повышающей иммунитет [16, 18]. В процессе введения добавки кладофоры в рацион кроликов выявлено, что наибольший положительный эффект на показатели крови был отмечен при добавке 1,0 % от основного рациона, максимальной в проведённых экспериментах. В опытах других авторов при использовании зелёных макроводорослей, включая кладофору, из пресных и морских вод, в которых солёность ниже, чем в гиперсолёных, установлено, что максимальный положительный эффект наблюдали при добавках от 2,0 до 5,0 % общего

рациона [16, 18]. Можно предположить, что и при использовании кладофоры из гиперсолёных водоёмов максимальный положительный эффект получим при добавке более 1,0 % рациона, в пределах 2–3 %, но это предмет для дальнейших исследований.

Заключение. Добавка зеленой водоросли *Cladophora* в рацион молодняку кроликов способна улучшить физиологическое состояние животных и их иммунитет: повысился уровень уреазы и альфа-амилазы на 36,7 % ($p = 0,01$) и 50,4 % ($p = 0,01$) у особей опытной группы, получавших 1,0 % кладофоры основного рациона. При этом увеличение альфа-амилазы достоверно сопряжено положительно с увеличением концентрации добавки ($p = 0,001$). Достоверно увеличилось содержание общего

протеина и альбумина на 14,3 % ($p = 0,001$) и 5,5 % ($p = 0,001$), а в группе, получавшей 0,25 % добавки, разница отмечена лишь по общему белку на 10,6 % в сравнении с контрольной группой ($p = 0,01$). Содержание эритроцитов и лейкоцитов было в пределах нормы и достоверно увеличивалось в опытной группе кроликов, получавших 1,0 % добавки на $0,65 \times 10^{12}/л$ в популяции эритроцитов ($p = 0,05$). Достоверно увеличился и тромбокрит на 0,06–0,09 % ($p = 0,05...0,001$) у молодняка опытных групп.

Перспективы дальнейших исследований. Оптимальные добавки кладофоры из гиперсолёных водоёмов в рацион кроликов находятся в пределах от 1,0 до 5,0 % общего рациона. Необходимы исследования для уточнения этой величины.

References

1. Liu X., Liu W., Tang Q., Liu B., Wada Y., Yang H. Global agricultural water scarcity assessment incorporating blue and green water availability under future climate change. *Earth's Future*. 2022;10(4):e2021EF002567. DOI: <https://doi.org/10.1029/2021EF002567>
2. FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Italy, Rome: 2016. 200 p. URL: <https://www.fao.org/3/I5555E/i5555e.pdf>
3. World Bank. World development report 2008. Agriculture for Development. Washington, DC, 2007. 390 p. DOI: <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-6807-7>
4. Cordeiro M. R., Mengistu G. F., Pogue S. J., Legesse G., Gunte K. E., Taylor A. M., et al. Assessing feed security for beef production within livestock-intensive regions. *Agricultural Systems*. 2022;196:103348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103348>
5. Wu G. Nutrition and metabolism: foundations for animal growth, development, reproduction, and health. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2022;1354:1–24. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-85686-1_1
6. Dawson I. K., Attwood S. J., Park S. E., Jamnadas R., Powell W., Sunderland T., et al. Contributions of biodiversity to the sustainable intensification of food production. Thematic study for The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. FAO, Rome, 2019. pp. 23–37. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/229138c2-f17f-43ae-a15a-1b73a45e7277/content>
7. Prazukin A. V., Anufrieva E. V., Shadrin N. V. Is biomass of filamentous green algae *Cladophora* spp. (Chlorophyta, Ulvophyceae) an unlimited cheap and valuable resource for medicine and pharmacology? A review. *Reviews in Aquaculture*. 2020;12(4):2493–2510. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/raq.12454>
8. Costa M., Cardoso C., Afonso C., Bandarra N. M., Prates J. A. Current knowledge and future perspectives of the use of seaweeds for livestock production and meat quality: a systematic review. *The Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2021;105(6):1075–1102. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.13509>
9. Anufrieva E. V. How can saline and hypersaline lakes contribute to aquaculture development? A review. *Journal of Oceanology and Limnology*. 2018;36:2002–2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00343-018-7306-3>
10. Prazukin A. V., Anufrieva E. V., Shadrin N. V. Biomass of *Cladophora* (Chlorophyta, Cladophorales) is a promising resource for agriculture with high benefits for economics and the environment. *Aquaculture International*. 2024;23(3):3637–3673. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01342-x>
11. Иванов С. В., Гук М. Г., Фазылова Ф. Р., Плиско Е. Ф. Взаимосвязь химического состава почвы и поверхностных вод Республики Крым и их влияние на развитие эндемичных заболеваний. *Центральный научный вестник*. 2018;3(10):15–19. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34998549> EDN: XOSEAH
Ivanov C. V., Guk M. G., Fazilova F. R., Plisko E. F. Relationship of chemical composition of soil and surface waters of the republic of crimea and their influence on development of endemic diseases. *Tsentral'nyy nauchnyy vestnik*. 2018;3(10):15–19. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34998549>
12. Карабаева М. Э. Проблема йододефицита у животных. *Эффективное животноводство*. 2018;2(141):28–29. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32735626> EDN: YUSRIV
Karabaeva M. E. The problem of iodine deficiency in animals. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2018;2(141):28–29. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32735626>

13. Zubochenko D., Pashtetsky V., Ostapchuk P., Kuevda T., Zyablitskaya Ye., Makalish T., Kopylova A. Effect of antioxidants in a liposomal form containing organic iodine of the blood serum biochemical composition and the structure of muscle tissue formation of young rabbits. *EE3S Web of Conferences*. 2020;224:04003. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022404003>
14. Mantri V. A., Gajaria T. K., Rathod S. G., Prasad K. A Mini Review on Iodinophyte Seaweed Resources of India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India, Section B: Biological Sciences*. 2024:1–12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40011-024-01571-x>
15. Ferraz S., Ragonazi C., Nunes N., Valente S., Carvalho M. A. Different seaweeds use for iodine deficiency overcome. *Biomedical – Journal of Scientific & Technical Research*. 2019;15(3):11405–11407. DOI: <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2019.15.002710>
16. Серая О. Ю., Квартникова Е. Г. Нетрадиционные корма для кроликов и домашней птицы. *Эффективное животноводство*. 2022;(7(182)):108–110. DOI: <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2022-7-108-110> EDN: ZXITMD
- Seraya O. Yu., Kvartnikova E. G. Non-traditional feed for rabbits and poultry. *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. 2022;(7(182)):108–110. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/cl-33489-2022-7-108-110>
17. Zamaratskaia G., Havrysh O., Korzeniowska M., Getya A. Potential and limitations of rabbit meat in maintaining food security in Ukraine. *Meat science*. 2023;204:109293. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109293>
18. Nutautaitė M., Racevičiūtė-Stupelienė A., Bliznikas S., Počekvičius A., Vilienė V. River-sourced Cladophora glomerata macroalgal biomass as a more sustainable and functional feed raw material for growing rabbits. *Italian Journal of Animal Science*. 2024;23(1):607–617. DOI: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2342380>
19. Юшков Б. Г., Корнева Е. А., Черешнев В. А. Понятие нормы в физиологии и патофизиологии. Физиологические константы лабораторных животных. Екатеринбург: УрО РАН, 2021. 864 с. Режим доступа: <https://elib.usma.ru/handle/usma/4814>
- Yushkov B. G., Korneva E. A., Chereshev V. A. The concept of norm in physiology and pathophysiology. *Physiological constants of laboratory animals*. Ekaterinburg: *UrO RAN*, 2021. 864 p. URL: <https://elib.usma.ru/handle/usma/4814>
20. Войтенко Н. Г., Макарова М. Н., Ковалева М. А. Вариабельность биохимических показателей крови и установление референсных интервалов в доклинических исследованиях. Сообщение 2: кролики. Лабораторные животные для научных исследований. 2020;(2):3–10. DOI: <https://doi.org/10.29296/2618723X-2020-02-01> EDN: SBSUST
- Voitenko N. G., Makarova M. N., Kovaleva M. A. Variability of blood biochemical parameters and establishment of reference intervals in preclinical studies. Part 2: rabbit. *Laboratornye zhivotnye dlya nauchnykh issledovaniy* = *Laboratory Animals for Science*. 2020;(2):3–10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.29296/2618723X-2020-02-01>

Сведения об авторах

Шадрин Николай Васильевич, кандидат биол. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экстремальных экосистем, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», пр-кт Нахимова, д. 2, г. Севастополь, Российская Федерация, 299011, e-mail: ibss@ibss-ras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2580-3710>

✉ **Остапчук Павел Сергеевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отделения полевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», ул. Киевская, 150, г. Симферополь, Российская Федерация, 295043, e-mail: priemnaya@niishk.site, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4054-7145>, e-mail: ostapchuk_p@niishk.site

Кувда Татьяна Алексеевна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник отделения полевых культур, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», ул. Киевская, 150, г. Симферополь, Российская Федерация, 295043, e-mail: priemnaya@niishk.site, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0055-8605>

Празукин Александр Васильевич, доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экстремальных экосистем, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», пр-кт Нахимова, д. 2, г. Севастополь, Российская Федерация, 299011, e-mail: ibss@ibss-ras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9766-6041>

Фирсов Юрий Константинович, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории экстремальных экосистем, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», пр-кт Нахимова, д. 2, г. Севастополь, Российская Федерация, 299011, e-mail: ibss@ibss-ras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0961-7579>

Гассиев Данил Денисович, инженер лаборатории экстремальных экосистем, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», пр-кт Нахимова, д. 2, г. Севастополь, Российская Федерация, 299011, e-mail: ibss@ibss-ras.ru

Зубоченко Денис Викторович, кандидат биол. наук, заместитель директора по производству и внедрению инновационных разработок, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», ул. Киевская, д. 150, г. Симферополь, Российская Федерация, 295043, e-mail: priemnaya@niishk.site,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4054-7145>

Ануфриева Елена Валерьевна, доктор биол. наук, руководитель лаборатории экстремальных экосистем, ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», пр-кт Нахимова, д. 2, г. Севастополь, Российская Федерация, 299011, e-mail: ibss@ibss-ras.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6237-7941>

Information about the authors

Nickolai V. Shadrin, PhD in Biological Science, associate professor, leading researcher, the Laboratory of Extreme Ecosystems, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, 2 Nakhimov ave, Sevastopol, Russian Federation, 299011, e-mail: ibss@ibss-ras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2580-3710>

✉ **Pavel S. Ostapchuk**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, the Department of Field Crops, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150, Kievskaya str, Simferopol, Russian Federation, 295043, e-mail: priemnaya@niishk.site,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4054-7145>, e-mail: ostapchuk_p@niishk.site

Tatyana A. Kuevda, PhD in Biological Science, senior researcher, the Department of Field Crops, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150, Kievskaya str, Simferopol, Russian Federation, 295043, e-mail: priemnaya@niishk.site,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0055-8605>

Alexander V. Prazukin, DSc in Biological Science, leading researcher, the Laboratory of Extreme Ecosystems, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, 2 Nakhimov ave., Sevastopol, Russian Federation, 299011, e-mail: ibss@ibss-ras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9766-6041>

Yuri K. Firsov, PhD in Biological Science, senior researcher, the Laboratory of Extreme Ecosystems, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, 2 Nakhimov ave., Sevastopol, Russian Federation, 299011, e-mail: ibss@ibss-ras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0961-7579>

Danil D. Gassiev, engineer, the Laboratory of Extreme Ecosystems, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, 2 Nakhimov ave., Sevastopol, Russian Federation, 299011, e-mail: ibss@ibss-ras.ru

Denis V. Zubochenko, PhD in Biological Science, Deputy Director for Production and Implementation of Innovative Developments, Research Institute of Agriculture of Crimea, 150, Kievskaya str, Simferopol, Russian Federation, 295043, e-mail: priemnaya@niishk.site, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4054-7145>

Elena V. Anufrieva, DSc in Biological Science, Head of the Laboratory of Extreme Ecosystems, A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, 2 Nakhimov ave., Sevastopol, Russian Federation, 299011, e-mail: ibss@ibss-ras.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6237-7941>

✉ – Для контактов / Corresponding author