

5. Изучение фармакологической активности добавки на основе гинзенозида шестилетнего корня женьшеня в отношении вируса инфекционного бронхита кур / О. Ю. Леденева, М. А. Ряснынский, Е. В. Дробот [и др.] // Вестник НГАУ (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet). – 2025. – No. 4 (77). – S. 204-216. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2025-77-4-204-216>.

6. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / Научный

центр экспертизы средств медицинского применения Минздрава России. Ч. 1. – Москва: Гриф и К, 2012. – 944 с.

7. Изучение экспрессии функционально-значимых генов при терапии коронавирусной инфекции у телят / А. С. Бобикова, В. С. Черепушкина, Т. Е. Мironova [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – Т. 51, No. 5. – S. 68-76. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-8>.



УДК 619:579:616-085.33

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-261-7-37-41

Н.Н. Шкиль, Н.А. Шкиль
N.N. Shkil, N.A. Shkil

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И КОРМОВОГО КОНСЕРВАНТА НА БИОПЛЕНКООБРАЗОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ *IN VITRO* И *IN VIVO*

EFFECT OF SILVER NANOPARTICLES AND FEED PRESERVATIVE ON MICROBIAL BIOFILM FORMATION *IN VITRO* AND *IN VIVO*

Ключевые слова: биоплёнкообразование микроорганизмов, Арговит®, Биосиб Ацид®, Аргоцид®, *S. enteritidis*, *Pr. vulgaris*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *K. Pneumoniae*.

Биоплёнка – конгломерат микроорганизмов, расположенных на какой-либо поверхности, клетки которых прикреплены друг к другу. Биоплёнка обладает пространственной и метаболической структурой сообщества микроорганизмов, расположенных на поверхности раздела сред. Исследования влияния препарата «Аргоцид» на микроорганизмы *in vitro* показали снижение биоплёнкообразования у *St. aureus* ATCC 25953 на 63,8% (с $1,41 \pm 0,01$ до $0,51 \pm 0,01$), *St. epidermidis* ATCC 14990 – на 56,9% (с $1,23 \pm 0,03$ до $0,53 \pm 0,01$), *Str. pyogenes* ATCC 19615 – на 60,7% (с $1,12 \pm 0,02$ до $0,44 \pm 0,02$), *S. enteritidis* 182 – на 62,1% (с $1,24 \pm 0,01$ до $0,47 \pm 0,01$), *Pr. vulgaris* ATCC 6380 – на 56,4% (с $1,17 \pm 0,01$ до $0,51 \pm 0,02$), *P. aeruginosa* ATCC 27853 – на 67,9% ($1,17 \pm 0,01$ до $0,42 \pm 0,01$), *E. coli* ATCC 25922 – на 69,8% ($1,26 \pm 0,01$ до $0,38 \pm 0,01$), *K. pneumoniae* 71 – на 62,3% (с $1,22 \pm 0,06$ до $0,46 \pm 0,02$). Снижение этого показателя у препарата «Биосиб Ацида®» было выше (39,3-56,7%), чем у препарата «Арговит®» (14,3-32,0%). При лечении телят препаратом «Лексофлон®» отмечен рост показателя биоплёнкообразования у реизолируемой микрофлоры. Так, у *S. enteritidis* увеличение значения составило 25,5% (с $0,90 \pm 0,03$ до $1,13 \pm 0,06$), *Pr. vulgaris* – 34,9% (с $0,83 \pm 0,01$ до $1,12 \pm 0,04$), *P. aeruginosa* – 22,1% (с $0,95 \pm 0,02$ до

$1,16 \pm 0,07$), *E. coli* – 34,9% (с $0,99 \pm 0,01$ до $1,2 \pm 0,06$), *K. pneumoniae* – 38,6% (с $0,88 \pm 0,05$ до $1,22 \pm 0,08$). Таким образом, применение лабораторного образца препарата «Аргоцид®» при лечении телят значительно снижает процесс биоплёнкообразования микроорганизмов в отличие от препарата «Лексофлон®», что обуславливает его терапевтический эффект и указывает на отсутствие негативных изменений в экологических характеристиках микроорганизмов.

Keywords: microbial biofilm formation, Argovit® product, Biosib Acid® product, Argocid product, *S. enteritidis*, *Pr. vulgaris*, *P. Aeruginosa*, *E. coli*, *K. pneumoniae*.

A biofilm is a conglomeration of microorganisms located on a surface with their cells attached to each other. A biofilm has a spatial and metabolic structure of a microbial community located on the interface between two media. The studies of the effect of Argocide product on microorganisms *in vitro* showed a decrease of biofilm formation in *St. aureus* ATCC 25953 by 63.8% (from 1.41 ± 0.01 to 0.51 ± 0.01), *St. epidermidis* ATCC 14990 - by 56.9% (from 1.23 ± 0.03 to 0.53 ± 0.01), *Str. pyogenes* ATCC 19615 - by 60.7% (from 1.12 ± 0.02 to 0.44 ± 0.02), *S. enteritidis* 182 - by 62.1% (from 1.24 ± 0.01 to 0.47 ± 0.01), *Pr. vulgaris* ATCC 6380 - by 56.4% (from 1.17 ± 0.01 to 0.51 ± 0.02), *P. aeruginosa* ATCC 27853 - by 67.9% (1.17 ± 0.01 to 0.42 ± 0.01), *E. coli* ATCC 25922 - by 69.8% (1.26 ± 0.01 to 0.38 ± 0.01),

K. pneumoniae 71 - by 62.3% (from 1.22 ± 0.06 to 0.46 ± 0.02). The decrease of this indicator for the Biosib Acid® product was higher (39.3-56.7%) than for Argovit® product (14.3-32.0%). When treating calves with Lexoflon®, an increase of biofilm formation rate of the reisolated microflora was observed. Thus, in *S. enteritidis*, the increase of the value made 25.5% (from 0.90 ± 0.03 to 1.13 ± 0.06), *Pr. vulgaris* - 34.9% (from 0.83 ± 0.01 to 1.12 ± 0.04), *P. aeruginosa* - 22.1% (from 0.95 ± 0.02 to

1.16 ± 0.07), *E. coli* - 34.9% (from 0.99 ± 0.01 to 1.2 ± 0.06), *K. pneumoniae* - 38.6% from 0.88 ± 0.05 to 1.22 ± 0.08 . The use of a laboratory sample of the Argocid product in the treatment of calves significantly reduced the process of microbial biofilm formation unlike the use of Lexoflon® which determined its therapeutic effect and indicated that there were no negative changes in the ecological characteristics of microorganisms.

Шкиль Николай Николаевич, д.в.н., доцент, гл. науч. сотр., Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., Российская Федерация, e-mail: nicola07@mail.ru.

Шкиль Николай Алексеевич, д.в.н., профессор, гл. науч. сотр., Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., Российская Федерация, e-mail: shkil52@mail.ru.

Shkil Nikolay Nikolaevich, Dr. Vet. Sci., Assoc. Prof., Chief Researcher, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: nicola07@mail.ru.

Shkil Nikolay Alekseevich, Dr. Vet. Sci., Prof., Chief Researcher, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: shkil52@mail.ru.

Введение

Возникновение, распространение, длительность и интенсивность инфекционного процесса определяется наличием факторов патогенности микроорганизмов (адгезия, колонизация, ферменты, токсины и пр.). Важнейшим из них является адгезия, способствующая колонизации поверхностных структур хозяина. Адгезия – один из значимых факторов патогенности микроорганизмов, обеспечивающийся биопленкообразованием, которое регулируется экспрессией соответствующих генов при неблагоприятных условиях для бактерий. Биопленки – это сообщества микробов, прикрепленных к поверхностям, которые можно обнаружить в медицинских, промышленных и природных условиях. Жизнь в биопленке, вероятно, представляет собой преобладающий способ роста микробов в большинстве сред. Зрелые биопленки имеют несколько отличительных особенностей. Микробы в биопленке обычно окружены внеклеточным матриксом, который обеспечивает структуру и защиту сообщества. Микробы, растущие в биопленке, также имеют характерную архитектуру, обычно состоящую из макроколоний (содержащих тысячи клеток), окруженных заполненными жидкостью каналами. Микробы, выращенные на биопленках, также известны своей устойчивостью к целому ряду противомикробных средств, включая клинически значимые антибиотики [1].

Исследования показали, что AgNPs вызывают окислительный стресс, белковую дисфункцию, разрушение мембран и повреждение ДНК у

бактерий, что в конечном итоге приводит к их гибели. Также известно, что AgNPs изменяют адгезию бактериальных клеток, предотвращая образование биопленки. Ограничением использования AgNPs могут быть их токсические характеристики, влияющие на человека и окружающую среду, что обуславливает поиск комбинаций с различными веществами органического и неорганического происхождения снижающих токсичность AgNPs и увеличивающих бактерицидное и антибиоплёночное действие [2].

Одним из возможных способов решения проблемы создания антибактериальных препаратов с высокими бактерицидными показателями и выраженными антибиоплёночными свойствами является синтез и применение наночастиц серебра (AgNPs). Установлена способность AgNPs (размером 10 и 20 нм), покрытых цитратом натрия, как отдельно, так и в комбинации с антибиотиком тобрамицином, ингибировать образование биопленок *Pseudomonas aeruginosa*. Визуализация биопленок, обработанных комбинациями AgNPs (10 нм) и тобрамицина, показывает, что синергический бактерицидный эффект может быть вызван разрушением клеточных мембран. Установлена эффективность минимальной концентрации этих комбинаций для уничтожения биопленок для клинических изолятов *P. aeruginosa*. AgNPs небольшого размера более эффективны в подавлении биопленок, чем крупные AgNPs, но выраженность синергического эффекта с антибиотиком, вероятно, зависит от штамма микроорганизма [3].

Образование биопленки препятствует полному уничтожению бактерий, усиливая местную воспалительную реакцию и препятствуя заживлению ран. Новый иммуномодулирующий гидрогель, состоящий из берберина, AgNPs и карбоксилированного хитозана (Ber@AgNPs@CHI), демонстрирует повышенную терапевтическую эффективность при кожной инфекции на модели мышей, вызванной MRSA как бактерицидное средство с предотвращением образования биопленки. Кроме того, он модулирует местное иммунное микроокружение, способствуя переходу макрофагов из фенотипа M1 в фенотип M2 и увеличивая выработку фактора роста эндотелия сосудов. Эти действия в совокупности способствуют переходу раны из воспалительной в пролиферативную фазу, ускоряя заживление ран на ранних стадиях [4].

Наличие биопленки в хронической ране может замедлить процесс заживления, а контроль образования биопленки и обеспечение бактерицидного эффекта являются решающими факторами для лечения ран. В качестве перевязочных материалов для лечения ран разработаны нанокompозитные гидрогели на основе альгината (TA-AgNPs), которые используются в качестве биосовместимой матрицы. Результаты анализа диффузии в лунки с агаром определили минимальную ингибирующую и бактерицидную концентрацию и показали антибактериальную активность в отношении раневых патогенов. TA-AgNPs гидрогель значительно снижал количество бактерий (в 3-4 раза) при многократном применении с интервалом в 24 ч и был особенно эффективен против хронического раневого патогена *P. aeruginosa*. Кроме того, анализ минимальной концентрации для уничтожения биопленки показал, что она может препятствовать её образованию [5].

В связи с этим, учитывая опыт успешного сочетанного применения с веществами органического и неорганического происхождения, проведены исследования по влиянию наночастиц серебра препарата «Арговит®» и консерванта «Биосиб Ацид®» на биоплёнкообразование микроорганизмов.

Цель исследования – изучить влияние наночастиц серебра препарата «Арговит®», «Лексофлон®» и кормового консерванта «Биосиб Ацид®» на биоплёнкообразование *in vitro* и *in vivo*.

Материалы и методы исследований

При проведении экспериментов использованы референтные штаммы микроорганизмов: *S. enteritidis* ATCC 13076, *St. aureus* ATCC 25953, *Pr. vulgaris* ATCC 6380, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *Kl. pneumoniae* 71, *St. epidermidis* ATCC 14990, *Str. disgalactiae* ATCC27957, *Str. agalactiae* ATCC12386, *E. coli* ATCC 25222 (коллекция культур микроорганизмов СФНЦА РАН, г. Новосибирск) и изоляты микроорганизмов полученные при лечении желудочно-кишечных и инфекционных болезней телят. При проведении работ использовались препараты: «Арговит®» содержащий наночастицы нитрата серебра (ООО НПЦ «Вектор-Вита», г. Новосибирск); «Биосиб Ацид®» (ООО НПО «Сиббиофарм», г. Бердск, Россия); «Лексофлон®» (ООО «НИТА-ФАРМ», Россия); лабораторный образец препарата «Аргоцид» представляет собой водный раствор препарата-консерванта «Биосиб Ацид®» и «Арговит®». Микроорганизмы культивировали на МПБ, МПА, среде Эндо, Китта-Тароцци при $T = 37,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Оценка биопленкообразования микроорганизмов проводилась в пластиковых 96 луковых планшетах на фотолориметре infinity TE F50 «Тесан» и выражалась в оптических единицах (опт. ед.) измерения [6].

Результаты и обсуждение

Многочисленными исследованиями установлено, что применение некоторых антибактериальных препаратов приводит к активизации роста биоплёнок. Для определения влияния на биоплёнкообразование использовали препараты «Арговит®», «Лексофлон®» и «Биосиб Ацид®».

Влияние препарата «Аргоцид» на микроорганизмы *in vitro* характеризовалось снижением биоплёнкообразования у *St. aureus* ATCC 25953 на 63,8% (с $1,41 \pm 0,01$ до $0,51 \pm 0,01$), *St. epidermidis* ATCC 14990 – на 56,9% (с $1,23 \pm 0,03$ до $0,53 \pm 0,01$), *Str. pyogenes* ATCC 19615 – на 60,7% (с $1,12 \pm 0,02$ до $0,44 \pm 0,02$), *S. enteritidis* 182 – на 62,1% (с $1,24 \pm 0,01$ до $0,47 \pm 0,01$), *Pr. vulgaris* ATCC 6380 – на 56,4% (с $1,17 \pm 0,01$ до $0,51 \pm 0,02$), *P. aeruginosa* ATCC 27853 – на 67,9% ($1,17 \pm 0,01$ до $0,42 \pm 0,01$), *E. coli* ATCC 25922 – на 69,8% ($1,26 \pm 0,01$ до $0,38 \pm 0,01$), *K. pneumoniae* 71 – на 62,3% (с $1,22 \pm 0,06$ до $0,46 \pm 0,02$). Результаты исследований указывают на снижение показателя биоплёнкообразования у препарата «Биосиб Ацида®», который был выше (39,3-

56,7%), чем у препарата «Арговит®» (14,3-32,0%), что, вероятно, связано с наличием химического соединения нитрита натрия, который обеспечивает разрушение биоплёнок ($0,05 < P$) [7].

При лечении телят препаратом «Лексофлон®» отмечен рост показателя биоплёнокообразования у реизолируемой микрофлоры. Так, у *S. enteritidis* увеличение значения составило 25,5% (с $0,90 \pm 0,03$ до $1,13 \pm 0,06$), *Pr. vulgaris* – 34,9% (с $0,83 \pm 0,01$ до $1,12 \pm 0,04$), *P. aeruginosa* – 22,1% (с $0,95 \pm 0,02$ до $1,16 \pm 0,07$), *E. coli* – 34,9% (с $0,99 \pm 0,01$ до $1,2 \pm 0,06$), *K. pneumoniae* – 38,6% (с $0,88 \pm 0,05$ до $1,22 \pm 0,08$) ($0,05 < P$).

Лечение телят комплексом наночастиц серебра препарата «Арговит®» и препаратом-консервантом «Биосиб Ацид®» сопровождалось снижением биоплёнокообразования у микрофлоры. Так, у *S. enteritidis* снижение значения составило 46,9% (с $0,95 \pm 0,03$ до $0,6 \pm 0,01$), *Pr. vulgaris* – 43,8% (с $0,9 \pm 0,04$ до $0,63 \pm 0,01$), *P. aeruginosa* – 51,7% (с $0,92 \pm 0,03$ до $0,56 \pm 0,01$), *E. coli* – 21,1% (с $0,94 \pm 0,01$ до $0,7 \pm 0,01$), *K. pneumoniae* – 45,9% (с $0,97 \pm 0,01$ до $0,66 \pm 0,05$).

Выявленный эффект стимуляции биоплёнокообразования применения препарата «Лексофлон®» объясняется значительным различием в действии антибиотиков как на биоплёнки микроорганизмов, так и на процесс их формирования, что, видимо, зависит как от вида препарата, так и от биологических особенностей микроорганизма.

При определении влияния на увеличение биоплёнок атипичных изолятов *A. salmonicida* в присутствии антибиотиков – флорфеникола и окситетрациклина использовали количественное определение биопленки в присутствии и отсутствие каждого антибиотика в планшетах микротитрованием. Установлено, что 15 (53,6%) изолятов образовывали биопленки в контрольных условиях, в то время как 23 (82,1%) увеличивали образование биопленки в присутствии, по меньшей мере, одной концентрации одного антибиотика. Для окситетрациклина наиболее эффективная концентрация, вызывающая увеличение биопленки, составляла 25,0% от концентрации, препятствующей видимому росту бактерий, тогда как для флорфеникола она составляла 50,0% этого значения [8].

Известно, что антибиотики в сверхминимальных ингибирующих концентрациях (МИК) индуцируют образование биопленки у многих бакте-

рий *in vitro*. При исследовании влияния МИК антибиотиков (доксидоцилина и тетрациклина) на образование биопленки эталонными штаммами и изолятами лептоспир установлено, что они способны индуцировать образование биопленки у некоторых штаммов лептоспир. Образование биопленки может быть исключительно реакцией на пороговый стресс, вызванный низким уровнем антибиотиков [9].

При исследовании влияния наносеребра на жизнеспособность, образование биопленки и экспрессию генов *icaADBC*-оперона и *icaR*-гена у штаммов *S. epidermidis* с биопленкой и без нее установлено, что жизнеспособность всех тестируемых штаммов снижалась при использовании наносеребра в концентрации 5 мкг/мл. Способность к образованию биопленки также снижалась при использовании наносеребра в концентрации 3 мкг/мл. Генетическая экспрессия оперона *icaADBC* и гена *icaR* варьировала в зависимости от способности штамма образовывать биопленку. Низкие концентрации наносеребра могут вызывать увеличение образования биопленки, однако при высоких концентрациях такого эффекта не наблюдалось. Это подтверждает, что использование наночастиц в надлежащей высокой дозе в любой будущей терапии имеет первостепенное значение [10].

Заключение

Проведённые исследования показали, что комплекс препаратов «Арговит» и «Биосиб Ацид» снижал биоплёнокообразование у микроорганизмов *S. enteritidis*, *Pr. vulgaris*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *K. pneumoniae* при лечении телят на 41,7-51,7% относительно показателей до проведения лечения. Таким образом, применение лабораторного образца препарата «Аргоцид» при лечении телят значительно снижает процесс биоплёнокообразования микроорганизмов в отличие от препарата «Лексофлон®», что обуславливает его терапевтический эффект и указывает на отсутствие негативных изменений в экологических характеристиках микроорганизмов.

Библиографический список

References

1. O'Toole G. A. (2011). Microtiter dish biofilm formation assay. *Journal of Visualized Experiments: JoVE*, (47), 2437. <https://doi.org/10.3791/2437>.

2. More, P. R., Pandit, S., Filippis, A., et al. (2023). Silver Nanoparticles: Bactericidal and Mechanistic Approach against Drug Resistant Pathogens. *Microorganisms*, 11(2), 369. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020369>.
3. Habash, M. B., Goodyear, M. C., Park, A. J., et al. (2017). Potentiation of Tobramycin by Silver Nanoparticles against *Pseudomonas aeruginosa* Biofilms. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 61(11), e00415-17. <https://doi.org/10.1128/AAC.00415-17>.
4. Wang, X., Hu, J., Chen, C., et al. (2025). Berberine@AgNPs@Carboxylated chitosan hydrogel dressing with immunomodulatory and anti-biofilm properties promotes wound repair in drug-resistant bacterial infections. *International Journal of Biological Macromolecules*, 315 (Pt 1), 144496. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.144496>.
5. Srichaiyapol, O., Maddocks, S. E., Thammarithan, S., et al. (2022). TA-AgNPs/Alginate Hydrogel and Its Potential Application as a Promising Antibiofilm Material against Polymicrobial Wound Biofilms Using a Unique Biofilm Flow Model. *Microorganisms*, 10(11), 2279. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10112279>.
6. O'Toole, G., Kaplan, H. B., & Kolter, R. (2000). Biofilm formation as microbial development. *Annual Review of Microbiology*, 54, 49–79. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.54.1.49>.
7. Kim, D. J., Park, J. H., Kim, M., Park, C. Y. (2017). The Antibiofilm efficacy of nitric oxide on soft contact lenses. *BMC Ophthalmology*, 17(1), 206. <https://doi.org/10.1186/s12886-017-0604-2>.
8. Desbois, A. P., Cook, K. J., Buba, E. (2020). Antibiotics modulate biofilm formation in fish pathogenic isolates of atypical *Aeromonas salmonicida*. *Journal of Fish Diseases*, 43(11), 1373–1379. <https://doi.org/10.1111/jfd.13232>.
9. Vinod Kumar, K., Lall, C., Vimal Raj, R., et al. (2018). Can Subminimal Inhibitory Concentrations of Antibiotics Induce the Formation of Biofilm in *Leptospira*?. *Microbial Drug Resistance (Larchmont, N.Y.)*, 24(7), 1040–1042. <https://doi.org/10.1089/mdr.2017.0409>.
10. Swolana, D., Kępa, M., Kruszniewska-Rajs, C., Wojtyczka, R. D. (2022). Antibiofilm Effect of Silver Nanoparticles in Changing the Biofilm-Related Gene Expression of *Staphylococcus epidermidis*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 9257. <https://doi.org/10.3390/ijms23169257>.



УДК 636.32/.38

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-261-7-41-49

М.Х. Хаткова, Е.А. Капитонова,
Н.В. Коник, Р.А. Улимбашева
M.Kh. Khatkova, E.A. Kapitonova,
N.V. Konik, R.A. Ulimbasheva

РОСТ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС БАРАНЧИКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНАХ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

GROWTH AND HEMATOLOGICAL STATUS OF YOUNG RAM LAMBS WHEN USING A FEED SUPPLEMENT IN THEIR DIETS

Ключевые слова: баранчики, эдильбаевская порода, кормовая добавка, живая масса, кровь, морфологический состав, общий белок.

Цель исследования – изучить особенности роста и гематологические показатели баранчиков эдильбаевской породы при использовании в рационах кормовой добавки «Альбит-БИО». Для достижения поставленной цели исследований сформировали 3 группы новорожденных ягнят 2-3-дневного возраста по 10 гол. в каждой. Продолжительность опыта составила 6,5 мес., из которых, начиная с

2-недельного до 2-месячного возраста, в рацион баранчиков опытных групп вводили кормовую добавку. В течение указанного периода контрольная группа ягнят получала хозяйственный рацион, 1-й и 2-й опытным группам дополнительно к общехозяйственному рациону добавляли 3 и 5 мл кормовой добавки «Альбит-БИО» соответственно. Ягнята опытных групп к 2-месячному возрасту достигли живой массы 25,6-26,2 кг, что выше, чем у контрольных аналогов, в среднем на 1,4-1,8 кг ($P>0,95-0,99$), а к концу исследований – на 2,3-3,0 кг ($P>0,95$). Меньше энергетических кормовых единиц (на 0,37-0,43) и