

Агапова Василина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: v.agapova@volgau.com

Кравченко Юрий Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: uriy34rus@mail.ru

Агапов Сергей Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: agapov_s_y@mail.ru

Брюхно Ольга Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: o.brukhno@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Липова Елена Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: lipova.elenka@mail.ru

Давудова Туркан Мушфиговна, преподаватель, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: t.davudova@volgau.com

Author's Information

Randelin Dmitriy Aleksandrovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: randelin_dm@mail.ru

Novokshchenova Anna Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

Agapova Vasilina Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: v.agapova@volgau.com

Kravchenko Yuriy Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: uriy34rus@mail.ru

Agapov Sergey Yuryevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: agapov_s_y@mail.ru

Bryukhno Olga Yuryevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: o.brukhno@yandex.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Lipova Elena Andreevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: lipova.elenka@mail.ru

Davudova Turkan Mushfigovna, Lecturer at Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: t.davudova@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-19

**FEATURES OF THE INTERMEDIATE METABOLISM OF BROILER CHICKENS WITH
THE INTRODUCTION OF FULVOHUMATES IN THE DIET****Nechitailo K. S., Sizova E. A.***Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Orenburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: k.nechit@mail.ru

Received 28.08.2023

Submitted 12.11.2023

***The studies were performed in accordance to the plan of research works FSBRI FRC BST RAS
carried out as part of the implementation of project No. 0761-2019-0005*****Summary**

The article presents the results of evaluation of the effect of fulvohumate on the energy metabolism of broiler chickens. The results of studies showed that fulvohumates influenced the productive effect of digestible nutrients of the diet, in particular, led to an increase in the coefficients of digestibility of crude fat, crude protein and nitrogen-free extractive substances. At the same time, the productive effect of fulvohumates is mediated by the effect on energy metabolism, in particular, by an increase in metabolizable energy, coefficient of useful utilization of metabolizable energy and reduction of energy losses with manure.

Abstract

Introduction. Growing broiler chickens is an important area of poultry production that requires certain conditions to be met in order to achieve high performance. The intensive growth rate of broiler chickens requires a large amount of energy, so the regulation of energy metabolism is an important aspect of their growth. Energy balance is a complex multifactorial process that depends primarily on the diet of the animals. Under the condition of a balanced diet, the additional introduction of growth biostimulants has an effect on metabolic states in particular and on the efficiency of cultivation in general. Humic substances, taking into account their unique physical and chemical properties, influence production parameters, immune system and general condition of animals. Considering the fact that energy is the key to productivity, an important aspect of this issue is to find out the role of humic substances on the energy balance and metabolic state of broiler chickens. **Object.** The object of research is broiler chickens of the cross Arbor-Acres. **Materials and methods.** The studies were carried out on the basis of FGBNU "Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy". Zootechnical analysis of feeds and biosubstrates was performed in accordance with the unified methods. **Results and conclusions.** Introduction of humic substances into the diet of broiler chickens was accompanied by growth intensification, the difference in live weight of chickens of control and experimental groups amounted to 21,55 % ($P \leq 0,05$). At the same time, feed costs per 1 kg of gain in the experimental group were lower by 5.7 %. Humic substances influenced the coefficients of digestibility of nutrients of the diet, so the digestibility of crude fat was higher by 4,52 % ($P \leq 0,05$), crude protein by 3,58 % ($P \leq 0,05$) and non-nitrogenous extractive substances by 2,77 % ($P \leq 0,05$). At the same time, the productive effect of humic additives was mediated by the effect on energy metabolism, in particular, an increase in metabolizable energy and a decrease in energy losses with litter. At the same time, the increase in the metabolic energy of the supernatant and the coefficient of useful utilization of metabolic energy in the humic group indicated the overall efficiency of intercalary metabolism. Thus, humic supplementation can be an effective tool to optimize energy metabolism in broiler chickens. Their use is accompanied by an increase in live weight dynamics with a simultaneous decrease in feed conversion ratio, which also makes it cost-effective to feed this additive.

Keywords: *diets of broiler chickens, intermediate exchange, humic additives, productivity of broiler chickens.*

Citation. Nechitailo K. S., Sizova E. A. Features of the intermediate metabolism of broiler chickens with the introduction of fulvohumates in the diet. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2024. 1(73). 172-180 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-19.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.5:547.992:591.11

**ОСОБЕННОСТИ МЕЖУТОЧНОГО ОБМЕНА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ВВЕДЕНИИ
В РАЦИОН ФУЛЬВОГУМАТОВ**

**Нечитайло К. С., кандидат биологических наук, научный сотрудник
Сизова Е. А., доктор биологических наук, доцент**

*ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук»
г. Оренбург, Российская Федерация*

**Исследования проведены в соответствии с планом НИР
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН в рамках выполнения проекта № 0761-2019-0005**

Актуальность. Выращивание цыплят-бройлеров является важным направлением птицеводства, требующим соблюдения определённых условий для достижения высоких показателей производительности. Интенсивная скорость роста цыплят-бройлеров требует большого количества энергии, поэтому регуляция обмена энергии выступает важным аспектом их выращивания. Баланс энергии представляет собой сложный многофакторный процесс, зависящий в первую очередь от рациона питания животных. При условии сбалансированного рациона, дополнительное введение биостимуляторов роста оказывает влияние на состояния метаболизма в частности и на эффективность выращивания в целом. Гуминовые вещества, с учётом уникальных физико-химических свойств, оказывают влияние на производственные параметры, иммунную систему и общее состояние животных. Учитывая тот факт, что энергия – это ключ к продуктивности, важным аспектом в этом вопросе, является выяснения роли гуминовых веществ на баланс энергии и состоянии межучного обмена цыплят-бройлеров. **Объект.** Объектом исследований являются цыплята-бройлеры кросса Арбор-

Айкрес. **Материалы и методы.** Исследования выполнены на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». Зоотехнический анализ кормов и биосубстратов выполняли в соответствии с унифицированными методами. **Результаты и выводы.** Введение в рацион цыплят-бройлеров гуминовых веществ сопровождалось интенсификацией роста, разница по живой массе между цыплятами контрольной и опытной групп составила 21,55% ($P \leq 0,05$). При этом, затраты корма на 1 кг прироста в опытной группе были ниже на 5,17%. Гуминовые вещества оказывали влияние на степень переваримости питательных веществ рациона, так коэффициент переваримости сырого жира была выше на 4,52 % ($P \leq 0,05$), сырого протеина на 3,58 % ($P \leq 0,05$) и безазотистых экстрактивных веществ на 2,77 % ($P \leq 0,05$). При этом продуктивное действие гуминовых добавок опосредованно влиянием на обмен энергии, в частности увеличением обменной энергией и уменьшением потерь энергии с пометом. При этом увеличение обменной энергии сверхподдержания и коэффициента полезного использования обменной энергии в группе гуминовой свидетельствовали об общей эффективности межкучного обмена веществ. Таким образом, гуминовая добавка может быть эффективным инструментом для оптимизации обмена энергии у цыплят-бройлеров. Их использование сопровождается увеличением динамики живой массы с одновременным снижением коэффициента конверсии корма, что делает также экономически эффективным скормливание данной добавки.

Ключевые слова: *рационы цыплят-бройлеров, межкучный обмен, гуминовые добавки, продуктивность цыплят-бройлеров.*

Цитирование. Нечитайло К. С., Сизова Е. А. Особенности межкучного обмена цыплят-бройлеров при введении в рацион фульвогуматов. *Известия НВ АУК.* 2024. 1(73). 172-180. DOI: 10.32786/2071-9485-2024-01-19.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Производство мяса птицы играет важную роль в глобальном рационе питания, обеспечивая население планеты доступным источником белка. Демографический рост вызывает соответствующий спрос на экономически доступный вид мяса. Однако глобальное состояние птицеводства стало предметом обсуждения из-за проблем, связанных с антибиотикорезистентностью [1]. С учётом нынешних реалий, обуславливающих высокую стоимостью кормовых ингредиентов, короткий производственный цикл, а также высокую плотность посадки, птицеводы вынуждены использовать биостимуляторы роста свободные от антибиотиков. При этом, оптимизация стоимости является одним из ключевых вопросов обеспечения продовольственной безопасности [2].

Известно, что энергия является лимитирующим фактором, определяющим конечную стоимость продукции птицеводства при интенсивных системах производства [3]. Высокая скорость роста цыплят-бройлеров требует большого количества энергии, поэтому регуляция её обмена выступает важным аспектом их выращивания [4].

В настоящее время гуминовые вещества считаются безопасными биостимуляторами, как эффективная альтернатива кормовым антибиотикам. Им вменяют множество положительных эффектов, в частности влияние на производственные параметры, иммунную систему и общее состояние животных. Их уникальная молекулярная структура с обилием функциональных групп опосредует специфические характеристики [5, 6]. Обладая антибактериальными, противовирусными и противомикробными свойствами гуминовые вещества могут способствовать повышению экономической эффективности в целом животноводческой отрасли [7].

В 2013 году гуминовые вещества с высокой долей гуминовых кислот (более 40%) были классифицированы Европейской комиссией как кормовые материалы, которые можно использовать в питании животных. Леонардит, как источник гуминовых веществ включен в каталог кормовых материалов и определяется как встречающийся в природе минеральный комплекс фенольных углеводов, также известный как гумат [5].

В состав гуминовых веществ входят гуминовые кислоты и фульвокислоты. Гуминовые кислоты растворимы в щелочах и кислотах, имеют меньшую молекулярную массу и обладают высокой биологической активностью [8]. Фульвокислоты представляют собой органические соединения, распространенные в почве и природной водной среде, обладают

совместимостью со всеми водными формами жизни [9]. Таким образом, вышеперечисленные свойства позволяют использовать гуминовые вещества, как потенциальные стимуляторы роста, однако остается открытым вопрос об их воздействии на обмен энергии цыплят-бройлеров.

Целью исследований является оценка влияния гуминовой добавки на обмен энергии и особенность межклеточного обмена цыплят-бройлеров.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования выполнены на цыплятах-бройлерах (кросс Арбор-Айкрес (Авиаген)) на базе вивария ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук». В соответствии с принципом аналогичных групп, были сформированы контрольная и опытная группы (n=70). На протяжении всего опыта условия содержания и кормления были идентичными во всех группах с соблюдением основной технологии выращивания цыплят кросса Арбор-Айкрес. При этом за основной рацион была взята унифицированная стандартная кормосмесь, сформированная в соответствии с нормами ВНИТИП (2015). Состав премикса исследуемых групп не включал кормовые антибиотики.

В ходе эксперимента, животные были выращены в рамках инструкций и рекомендаций российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08 1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). Исследование сопровождалось с соблюдением ряда мер, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов.

Цыплята контрольной группы получали основной рацион, в опытной группе, помимо стандартной кормосмеси, вводили фульвогумат – гуминовую кормовую добавку («Иван Овсинский» КОРМ»). Дозировка фульвогумата была взята с учётом рекомендаций производителя: 0,01 мл на 1 кг живой массы. Кормовая добавка представляет собой раствор гуминовых кислот, полученных методом щелочной экстракции из бурого угля – леонардита. Добавка содержит соли гуминовых кислот 40-60 г/л, фульвовую кислоту (выделенная фракция гуминовых веществ) в препаративной форме ВСР (водно-спиртовой раствор), растворимые соли кремниевой кислоты. pH 9-10 ед (по данным производителя). Эксперимент длился 42 суток и включал в себя два периода: подготовительный – 7 суток и учётный – 35.

Методологический подход основывался на стандартных рекомендациях ВНИТИП, в том числе определение переваримости, изучение роста и продуктивности, а также характеристики энергетического и межклеточного обменов.

Лабораторные исследования, в частности анализ физико-химического состава биологических субстратов (определение массовой доли сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), жира (ГОСТ 13496.15-2016), сырого протеина (ГОСТ 13496.4-2019), сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012), сырой золы (ГОСТ 26226-97), были проведены на базе Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий РАН (ЦКП ФНЦ БСТ РАН) (<https://ckprf.ru/ckpr/77384/>).

Статистическая обработка экспериментальных данных была произведена с использованием программного пакета «Statistica 12» («StatSoft Inc.», USA) и «Microsoft Excel». Анализ нормальности распределения данных проводили в рамках критерия согласия Колмогорова-Смирнова. Статистическую значимость оценивали с помощью параметрического t-критерия Стьюдента независимых групп.

Результаты и обсуждение. Начиная со второй недели эксперимента, введение в рацион цыплят-бройлеров гуминовых веществ сопровождалось интенсификацией роста. Так, статистически значимые изменения живой массы были отмечены у цыплят-бройлеров в 35-суточном возрасте, при этом, опыт превосходил контроль на 28,7 % ($P \leq 0,05$). К окончанию эксперимента разница живой массы цыплят контрольной и опытной групп достигла 21,55 % ($P \leq 0,05$) (рисунок 1). Постановочная масса цыплят-бройлеров для контроля составила – 200 г., для опыта – 199 г. По окончании эксперимента живая масса цыплят-бройлеров опытной группы составила 2322 г., для контрольной 1911 г.

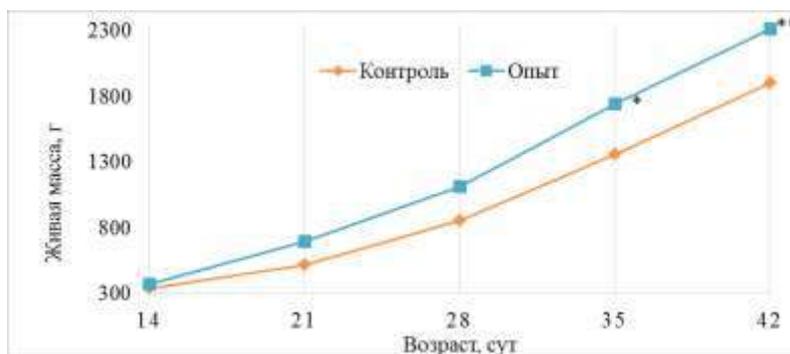


Рисунок 1 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров на протяжении всего эксперимента
Figure 1 – Dynamics of live weight of broiler chickens throughout the experiment

В ходе оценки одного из важнейших показателей рентабельности – коэффициента конверсии корма, установлено, что потребление корма цыплятами-бройлерами опытной группы составило – 3165 г на голову, контрольной – 2690 г. Но с учетом поедаемости на единицу продукции выявлено, в опытной группе затраты корма на 1 кг прироста были ниже на 5,17 % в сравнении с контролем. Таким образом, на основании данных оценки живой массы и коэффициента конверсии, можно заключить об эффективности применения гуминовой добавки.

С целью изучения влияния гуминовых веществ на продуктивное действие переваримых питательных веществ рациона, с учётом инертных компонентов, были вычислены коэффициенты переваримости (таблица 1). Так данный показатель в отношении сырого жира был выше у цыплят-бройлеров опытной группы на 4,52 % ($P \leq 0,05$), в отношении сырого протеина на 3,58 % ($P \leq 0,05$). При этом, переваримость углеводных компонентов, таких как безазотистые экстрактивные вещества, была также выше в опытной группе на 2,77 % ($P \leq 0,05$). Вероятно, данный факт связан с тем, что гуминовые вещества способны стимулировать не только выработку эндогенных ферментов, таких как протеаза, амилаза и липаза, но также оказывать непосредственное влияние на уровень их экспрессии. Соответственно, усиленная выработка энзимов позволяет эффективно гидролизовать субстраты до мономеров [9].

Помимо этого, гуминовые вещества считаются естественными лигандами с высокой способностью к комплексообразованию. Это свойство позволяет образовывать хелаты с различными ионами, что обуславливает улучшенное использование минералов в метаболическом процессе у животных [10].

Таблица 1 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рациона, %
Table 1 – Digestibility coefficients of dietary nutrients, %

Показатель / Index	Группа / Group	
	Контроль / Control	Опыт / Experience
Сухое вещество / Dry matter	68,89 ± 0,58	72,04 ± 0,89
Органическое вещество / Organic matter	71,68 ± 0,61	74,56 ± 0,94
Сырой жир / Crude fat	83,37 ± 0,51	87,89 ± 0,38*
Сырой протеин / Crude Protein	69,71 ± 0,59	73,29 ± 0,84*
Сырая клетчатка / Crude fibre	19,21 ± 0,93	21,17 ± 2,51
Безазотистые экстрактивные вещества / Nitrogen-free extractives	75,19 ± 1,48	77,96 ± 0,74*

Примечание: * – $P \leq 0,05$ при сравнении с контрольной группой
Note: * – $P \leq 0.05$ when compared with the control group

Закономерно, изменение переваримости и усвоения питательных веществ рациона влияют на энергетическую ценность. Поэтому в исследовании были изучены особенности баланса энергии и изменения межлужочного обмена.

Так установлено, эффективность использования энергии корма у цыплят-бройлеров, получавших гуминовую добавку, была значительно выше контрольной группы. В частности, доля метаболизируемой энергии от общей валовой энергии корма у цыплят-бройлеров опытной группы была выше, так как снижались потери энергии с пометом на 2,67%.

Снижение потерь энергии с пометом свидетельствует об уменьшении неперевариваемой фракции корма, что согласуется с вышеизложенными данными коэффициентов переваримости. Изменение потерь энергии с теплопродукцией оказались минимальными, что говорит о сбалансированности рациона в питательном отношении [11].

Как снижение потерь энергии с пометом, так и с теплопродукцией являются непродуктивными энергопотерями, поэтому сокращение данных потерь является одним из этапов оптимизации энергетического обмена.

В целом обменная энергия у представителей опытной группы составила 39,56 МДж/гол, против 32,35 МДж/гол в контрольной. При условии сохранения энергии теплопродукции на одном уровне с контролем, можно заключить, что увеличение обменной энергии произошло на фоне прироста чистой энергии.

Доля чистой энергии прироста в контрольной группе составила 23,28%, в опытной 25,9%. Чистая энергия продукции опытной группы была выше на 30,76%, что согласуется с выраженным продуктивным эффектом.

Чистая энергия поддержания в опытной группе была соответственно выше на 16,06%. Данное увеличение вероятно связано с увеличением затрат энергии на течение основного обмена. Продуктивные животные характеризуются высокой интенсивностью анаболических процессов. Анаболические процессы обеспечиваются в основном за счёт чистой энергии продукции. Но, при этом в общем метаболизме требуется непосредственное участие ряда метаболитов, таких как гормоны, для деятельности которых необходима часть энергии. Чистая энергия на поддержании жизни обеспечивает энергетическое равновесие животного.

Таблица 2 – Баланс энергии в организме подопытных бройлеров за эксперимент
Table 2 – Energy balance in the body of broiler chickens for the experiment

Показатель / Index	Группа / Group	
	Контроль / Control	Опыт / Experience
Валовая энергия корма (ВЭ), МДж/гол / Gross feed energy (VE), MJ/head	48,44	56,95
Потери энергии с пометом, % от ВЭ / Energy loss with manure, % of RE	33,21	30,54
Обменная энергия, МДж/гол / Metabolic energy, MJ/head	32,35	39,56
Потери энергии с теплопродукцией, % от ВЭ / Energy losses with heat production, % of RE	43,57	43,51
Чистая энергия поддержания, МДж/гол / Clean energy maintenance, MJ/head	10,15	11,78
Чистая энергия продукции, МДж/гол / Clean energy products, MJ/head	11,28	14,75
Чистая энергия продукции, % от ВЭ / Clean energy of production, % of RE	23,28	25,90

Ранее было установлено, что коэффициент конверсии корма животных в опытной группе ниже контроля. Уровень потребления корма частично регулируется непосредственно питательными свойствами нутриентов, но более детальный анализ позволяет заключить прямую зависимость от состояния межклеточного обмена (таблица 3). В межклеточном обмене происходит распад усвоенных нутриентов с освобождением 30 % валовой энергии корма [11]. Так, коэффициент соответствия, являющийся одним из критериев полноценности кормления, был практически на одном уровне в обеих группах, что говорит о балансе энергетического и пластического обменов.

Обменная энергия сверхподдержания в опытной группе была выше и составила 25,19 МДж/гол, против 19,97 МДж/гол у особой контрольной группы. Данное увеличение свидетельствует об общей эффективности межклеточного обмена веществ.

Коэффициент полезного использования обменной энергии в опытной группе был выше на 5,4%.

Таким образом, введение гуминовой добавки в первую очередь приводит к адаптационным изменениям организма цыплят-бройлеров. Результаты свидетельствуют о сбалансированном рационе кормления. Однако, прослеживается четкая тенденция влияния

гуминовых веществ на эффективность межклеточного обмена. Возможно, данные вещества влияют на степень приближения состава абсорбированных нутриентов корма к составу необходимых метаболитов.

Таблица 3 – Особенности межклеточного обмена в организме цыплят-бройлеров за эксперимент
Table 3 – Peculiarities of intermediary metabolism in the organism of broiler chickens during the experiment

Показатель / Index	Группа / Group	
	Контроль / Control	Опыт / Experience
Обменная энергия сверхподдержания, МДж/гол / Overmaintenance exchange energy, MJ/head	19,97	25,19
Коэффициент полезного использования обменной энергии / Exchange Energy Efficiency	0,56	0,59
Уровень питания / Nutrition Level	1,11	1,25
Коэффициент соответствия / Match Rate	0,0434	0,0436
Энергопротеиновое отношение / Energy-Protein Ratio	0,207	0,210

Вероятно, действие гуминовой добавки заключается в прямом влиянии на морфологию желудочно-кишечного тракта и косвенном через регуляцию микрофлоры. Установлено, что гуминовые вещества приводят к увеличению высоты, толщины и площади поверхности кишечных ворсинок в виду активного митоза клеток. Данный факт, указывает на более высокую способность клеток абсорбировать питательные нутриенты корма [12].

Кроме этого, гуминовые вещества, обладая буферными свойствами, снижают pH. Это объясняет их противомикробные свойства, позволяющие модулировать микробный баланс в кишечнике. В частности, данные вещества поддерживают комменсальную микробную популяцию, за счёт конкурентного исключения патогенных микроорганизмов. Гумины, благодаря коллоидным свойствам и высокой способностью образовывать агрегаты, формируют защитные слои, на эпителиальной слизистой оболочке пищеварительного тракта предотвращая колонизацию патогенов или абсорбцию бактериальных токсинов [13].

Таким образом, учитывая тот факт, что организм цыплят-бройлеров непрерывно расходует энергию, требуется ее постоянное поступление извне, для компенсации израсходованной энергии. Так как, единственный источник энергии – это энергия экзергонических катаболических реакций. Поэтому при введении в рацион цыплят-бройлеров гуминовой добавки, мы оказываем влияние на ход данных реакций, что впоследствии сказывается на оптимизации энергетического обмена с сопутствующим продуктивным эффектом.

Заключение. Результаты проведенных исследований, свидетельствуют о том, что введение в рацион цыплят-бройлеров гуминовых веществ сопровождается интенсификацией роста. К окончанию эксперимента разница живой массы цыплят контрольной и опытной групп достигла 21,55 %. Фульвогуматы оказывали влияние на продуктивное действие переваримых питательных веществ рациона, в частности приводили к увеличению коэффициентов переваримости сырого жира на 4,52 % ($P \leq 0,05$), сырого протеина на 3,58 % ($P \leq 0,05$) и безазотистых экстрактивных веществ на 2,77 % ($P \leq 0,05$). При этом продуктивное действие фульвогуматов опосредованно обеспечивается влиянием на обмен энергии, в частности увеличением обменной энергией, коэффициента полезного использования обменной энергии и уменьшением потерь энергии с пометом.

Conclusions. The results of the studies indicate that the introduction of humic substances into the diet of broiler chickens is accompanied by growth intensification. By the end of the experiment the difference in live weight of chickens of control and experimental groups reached 21.55 %.

Fulvohumates influenced the productive effect of digestible nutrients of the diet, in particular, led to an increase in the coefficients of digestibility of crude fat by 4.52 % ($P \leq 0.05$), crude protein by 3.58 % ($P \leq 0.05$) and nitrogen-free extractive substances by 2.77 % ($P \leq 0.05$).

At the same time, the productive effect of fulvohumates is mediated by the effect on energy metabolism, in particular, by an increase in metabolizable energy, coefficient of useful utilization of metabolizable energy and reduction of energy losses with manure.

Библиографический список

1. Gržinić G., Piotrowicz-Cieślak A., Klimkiewicz-Pawlas A., Górny R. L., Ławniczek-Wałczyk A., Piechowicz L., Olkowska E., Potrykus M., Tankiewicz M., Krupka M., Siebielec G., Wolska L. Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Sci Total Environ.* 2023. V. 858. No 3. P. 160014.

2. Haque M. H., Sarker S., Islam M. S., Islam M. A., Karim M. R., Kayesh M. E. H., Shiddiky M. J. A., Anwer M. S. Sustainable Antibiotic-Free Broiler Meat Production: Current Trends, Challenges, and Possibilities in a Developing Country Perspective. *Biology (Basel)*. 2020. V. 9. No 11. P. 411.
3. Osunbami O. T., Adeola O. Energy value of hydrolyzed feather meal and flash-dried poultry protein for broiler chickens and pigs. *Anim Sci*. 2022. Vol. 100. No. 3. skac073.
4. Wu S. B., Swick R. A., Noblet J., Rodgers N., Cadogan D., Choct M. Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. *Poult Sci*. 2019. Vol. 98. No 3. P. 1222-1234.
5. Marcinčák S., Semjon B., Marcinčáková D., Reitznerová A., Mudroňová D., Vašková J., Nagy J. Humic Substances as a Feed Supplement and the Benefits of Produced Chicken Meat. *Life (Basel)*. 2023. V. 13. No 4. P.927.
6. Нечитайло К. С., Сизова Е. А. Биохимические показатели крови и антиоксидантный статус цыплят-бройлеров при использовании фульвогумата в рационе. *Животноводство и кормопроизводство*. 2021. Т. 104. № 4. С. 182-192.
7. Hriciková S., Kožárová I., Hudáková N., Reitznerová A., Nagy J., Marcinčák S. Humic Substances as a Versatile Intermediary. *Life (Basel)*. 2023. V. 13. No 4. P. 858.
8. Nardi S., Schiavon M., Francioso O. Chemical Structure and Biological Activity of Humic Substances Define Their Role as Plant Growth Promoters. *Molecules*. 2021. V. 26. No. 8. P. 2256.
9. Mao Y. Modulation of the growth performance, meat composition, oxidative status, and immunity of broilers by dietary fulvic acids. *Poult Sci*. 2019. V. 98. No. 10. P. 4509-4513.
10. Domínguez-Negrete A., Gómez-Rosales S., Angeles M. L., López-Hernández L. H., Reis de Souza T. C., Latorre-Cárdenas J. D., Téllez-Isaias G. Addition of Different Levels of Humic Substances Extracted from Worm Compost in Broiler Feeds. *Animals (Basel)*. 2021 V. 11. No. 11. P. 3199.
11. Околелова Т. М., Енгатев С. В. Научные основы кормления и содержания сельскохозяйственной птицы: монография. Москва: РИОР. 2021. 439 с.
12. López-García Y. R., Gómez-Rosales S., Angeles M. L., Jiménez-Severiano H., Merino-Guzman R., Téllez-Isaias G. Effect of the Addition of Humic Substances on Morphometric Analysis and Number of Goblet Cells in the Intestinal Mucosa of Broiler Chickens. *Animals (Basel)*. 2023. V. 13. No. 2. P. 212.
13. Arpášová H., Kačániová M., Pistová V., Gálik B., Fik M., Hleba, L. Effect of Probiotics and Humic Acid on Egg Production and Quality Parameters of Laying Hens Eggs. *Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies/Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologii*. 2016. V. 49. No 2.

References

1. Gržinić G., Piotrowicz-Cieślak A., Klimkowicz-Pawlas A., Górny R. L., Ławniczek-Wałczyk A., Piechowicz L., Olkowska E., Potrykus M., Tankiewicz M., Krupka M., Siebielec G., Wolska L. Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Sci Total Environ*. 2023. V. 858. No 3. P. 160014.
2. Haque M. H., Sarker S., Islam M. S., Islam M. A., Karim M. R., Kayesh M. E. H., Shiddiky M. J. A., Anwer M. S. Sustainable Antibiotic-Free Broiler Meat Production: Current Trends, Challenges, and Possibilities in a Developing Country Perspective. *Biology (Basel)*. 2020. V. 9. No 11. P. 411.
3. Osunbami O. T., Adeola O. Energy value of hydrolyzed feather meal and flash-dried poultry protein for broiler chickens and pigs. *Anim Sci*. 2022. Vol. 100. No. 3. skac073.
4. Wu S. B., Swick R. A., Noblet J., Rodgers N., Cadogan D., Choct M. Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. *Poult Sci*. 2019. Vol. 98. No 3. P. 1222-1234.
5. Marcinčák S., Semjon B., Marcinčáková D., Reitznerová A., Mudroňová D., Vašková J., Nagy J. Humic Substances as a Feed Supplement and the Benefits of Produced Chicken Meat. *Life (Basel)*. 2023. V. 13. No 4. P.927.
6. Nechitailo K. S., Sizova E. A. Biochemical parameters of blood and antioxidant status of broiler chickens when using fulvohumate in the diet. *Animal husbandry and fodder production*. 2021. V.104. No. 4. Pp. 182-192.
7. Hriciková S., Kožárová I., Hudáková N., Reitznerová A., Nagy J., Marcinčák S. Humic Substances as a Versatile Intermediary. *Life (Basel)*. 2023. V. 13. No 4. P. 858.
8. Nardi S., Schiavon M., Francioso O. Chemical Structure and Biological Activity of Humic Substances Define Their Role as Plant Growth Promoters. *Molecules*. 2021. V. 26. No 8. P. 2256.
9. Mao Y. Modulation of the growth performance, meat composition, oxidative status, and immunity of broilers by dietary fulvic acids. *Poult Sci*. 2019. V. 98. No 10. P. 4509-4513.
10. Domínguez-Negrete A., Gómez-Rosales S., Angeles M. L., López-Hernández L. H., Reis de Souza T. C., Latorre-Cárdenas J. D., Téllez-Isaias G. Addition of Different Levels of Humic Substances Extracted from Worm Compost in Broiler Feeds. *Animals (Basel)*. 2021 V. 11. No 11. P. 3199.
11. Okolelova T. M., Engashev S. V. Scientific foundations of feeding and keeping poultry: monograph. Moscow: RIOR. 2021. 439 p.
12. López-García Y. R., Gómez-Rosales S., Angeles M. L., Jiménez-Severiano H., Merino-Guzman R., Téllez-Isaias G. Effect of the Addition of Humic Substances on Morphometric Analysis and Number of Goblet Cells in the Intestinal Mucosa of Broiler Chickens. *Animals (Basel)*. 2023. V. 13. No 2. P. 212.
13. Arpášová H., Kačániová M., Pistová V., Gálik B., Fik M., Hleba, L. Effect of Probiotics and Humic Acid on Egg Production and Quality Parameters of Laying Hens Eggs. *Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies/Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologii*. 2016. V. 49. No 2.

Информация об авторах

Нечитайло Ксения Сергеевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 января, д. 29), e-mail: k.nechit@mail.ru

Сизова Елена Анатольевна, доктор биологических наук, доцент, руководитель центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве» ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», (Российская Федерация, 460000, г. Оренбург, ул. 9 января, д. 29), e-mail: sizova.l78@yandex.ru