

Влияние алиментарных факторов на обмен веществ растущих откармливаемых свиней в условиях технологических стрессов

The influence of nutritional factors on metabolism of growing fattening pigs in conditions of technological stress

Некрасов Р.В.¹, Чабаяев М.Г.¹, Боголюбова Н.В.¹,
Цис Е.Ю.¹, Рыков Р.А.¹, Семенова А.А.²

¹ «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста»
142132, Россия, Московская область, Подольский район, пос. Дубровицы, д. 60. e-mail: nek_roman@mail.ru

² ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 109316, Москва, ул. Талалихина, 26, e-mail: a.semenova@fnpcs.ru

Nekrasov R.V.¹, Chabaev M.G.¹, Bogolyubova N.V.¹,
Tsis E.Yu.¹, Rykov R.A.¹, Semenova A.A.²

¹ Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst
142132, Russia, Moscow region, Podolsk district, Dubrovitsy, h. 60
e-mail: nek_roman@mail.ru

² V.M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of RAS, Talalikhina str., 26, Moscow, 109316, Russia
e-mail: a.semenova@fnpcs.ru

В статье представлены результаты физиологической оценки состояния растущего откармливаемого молодняка свиней в условиях моделирования технологического стресса. Установлено, что использование адаптогенов (в первую очередь, дигидрохверцетина) способствует снижению отрицательных последствий стрессовых факторов на организм животных, в том числе улучшается переваримость питательных веществ кормов, обмен веществ у подопытных животных. Опыты проведены на физиологическом дворе ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста на 36 головах помесных боровков (F-2:(КБхЛ)хД). Группы животных были сформированы по принципу пар-аналогов после достижения живой массы в среднем 35 кг ($n = 9$) и разделены на 4 группы: 1) ОР, стресс–; 2) ОР, стресс+; 3) ОР, стресс+, +органический Се, 20 мг/кг корма; 4) ОР, стресс+, +дигидрохверцетин, 40 мг/кг корма. Продолжительность эксперимента составила 36 дней. Результаты исследований по переваримости питательных веществ кормов рациона показывают, что включение в комбикорма для растущего молодняка свиней 40 мг дигидрохверцетина (адаптогена) на 1 кг корма способствовало наилучшему использованию питательных веществ корма на фоне смоделированного технологического стресса при равенстве и некотором увеличении отдельных показателей переваримости (в абс.%) по сравнению с контролем (стресс–): сухого вещества — на 2,9; органического вещества — на 1,8; сырого протеина — на 2,6 ($p > 0,05$). По сравнению с показателями животных 2-й контрольной группы достоверно увеличилась переваримость сухого и органического вещества — на 2,2 и 1,8 абс.% ($p < 0,05$), а с показателями 3-й опытной группы — сухого, органического вещества, сырого жира и клетчатки, соответственно на 2,4; 2,2; 11,1 и 7,2 абс.% ($p < 0,05$). Полученные результаты по изучению показателей крови у животных опытных групп по сравнению с контролем свидетельствуют в целом об интенсивном протекании анаболических процессов в их организме, в том числе под воздействием изучаемых факторов, что привело к положительным сдвигам некоторых морфологических и биохимических показателей крови у животных (увеличение белкового индекса, концентрации магния, железа, фосфолипидов, гемоглобина), из чего можно сделать вывод о том, что применение биофлавоноида (дигидрохверцетина) улучшает адаптацию организма к технологическим стрессам, нивелируя отрицательные его последствия.

Ключевые слова: свиньи, стресс, адаптоген, дигидрохверцетин, показатели крови, переваримость.

Для цитирования: Некрасов Р.В., Чабаяев М.Г., Боголюбова Н.В., Цис Е.Ю., Рыков Р.А., Семенова А.А. Влияние алиментарных факторов на обмен веществ растущих откармливаемых свиней в условиях технологических стрессов. Аграрная наука. 2019; (10): 49–54.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-332-9-49-54>

The article presents the results of physiological assessment of the growing fattened young pigs in terms of modeling technological stress. It was found that the use of adaptogens (primarily dihydroquercetin) helps to reduce the negative effects of stress factors on the animal body, including improved digestibility of feed nutrients, metabolism in experimental animals. The experiments were performed at the physiological yard of the Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst on 36 heads of crossbred pigs (F-2: (BWxL)xD). Groups of animals were formed on the principle of pairs-analogues in the period after reaching a live weight of an average of 35 kg ($n = 9$) and divided into 4 groups: 1) Base Diet (BD), stress–; 2) BD, stress+; 3) BD, stress+, +organic Se, 20 mg/kg of feed; 4) BD, stress+, +dihydroquercetin, 40 mg/kg of feed. The duration of the experiment was 36 days. The results of studies on the digestibility of nutrients of feed ration show that the inclusion in the feed for growing young pigs 40 mg dihydroquercetin (adaptogen) per 1 kg of feed contributed to the best use of feed nutrients against the background of simulated technological stress with equality and some increase in individual indicators of digestibility in comparison with control (stress–) — dry matter by 2.9; organic matter by 1.8; crude protein — by 2.6 abs.% ($p > 0.05$). Compared with the indicators of animals of the 2nd control group, the digestibility of dry and organic matter significantly increased — by 2.2 and 1.8 abs.% ($p < 0.05$), and with indicators of the 3rd experimental group — dry, organic matter, crude fat and fiber, respectively, 2.4; 2.2; 11.1 and 7.2 abs.% ($p < 0.05$). The results obtained for the study of blood parameters in animals of experimental groups in comparison with the control, indicate in general the intensive course of anabolic processes in their body, including under the influence of the studied factors, which led to positive changes in some morphological and biochemical parameters of blood in animals (increase in protein index, concentration of magnesium, iron, phospholipids, hemoglobin), from which it can be concluded that the use of a bioflavonoid (dihydroquercetin) improves the adaptation of the body to technological stresses, leveling its negative consequences.

Key words: pigs, stress, adaptogen, dihydroquercetin, blood counts, digestibility.

For citation: Nekrasov R.V., Chabaev M.G., Bogolyubova N.V., Tsis E.Yu., Rykov R.A., Semenova A.A. The influence of nutritional factors on metabolism of growing fattening pigs in conditions of technological stress. Agrarian science. 2019; (10): 49–54. (In Russ.)
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-332-9-49-54>

Одним из критических этапов в технологии выращивания свиней является период отъема, а также перевода свиней в технологические группы. В связи с лишением материнского присутствия и молока, переводом в новое помещение, перегруппировкой, сменой кормов и обслуживающего персонала у свиней часто возникает технологический стресс, отмечается повышение заболеваемости и уменьшение темпов роста. Так как стресс снижает естественную резистентность и показатели гуморального иммунитета, создаются условия для активизации условно-патогенной микрофлоры, что приводит к расстройству пищеварения или респираторной патологии [1].

Обычно, между окислительными компонентами, так называемыми активными формами кислорода, и антиоксидантами эндогенной радикальной системы защиты существует баланс. Однако даже малейшие изменения в энергетическом метаболизме или иммунном ответе могут нарушить это тонкое равновесие. Такое состояние, для которого характерны избыток свободных радикалов и/или недостаточная защита со стороны антиоксидантов, определяется как оксидативный стресс [2].

Один из ведущих адаптивных эффектов ответной реакции организма на стресс — активация свободнорадикального окисления (СРО). Однако длительные стрессовые нагрузки приводят к чрезмерному усилению СРО, что классифицируется как окислительный стресс [3]. Образующиеся конечные продукты СРО представляют собой высокотоксичные соединения, которые оказывают повреждающий эффект на клетки тканей и органов, изменяют физические и биологические свойства мембран, разобщают окислительное фосфорилирование и нарушают работу встроенных в мембрану ионных насосов [4].

Оксидативный стресс влечет за собой серьезные последствия для здоровья интенсивно растущих продуктивных животных, отражается на качестве получаемой продукции, а также отрицательно влияет на экономические показатели животноводства, в связи с этим важно продолжать исследования, связанные с изучением степени и качественных характеристик воздействия стресс-факторов. В рамках работы по теме «Изучение влияния алиментарных факторов на обмен веществ, убойные характеристики и риски развития миопатии у свиней» ставилась цель — изучить влияние использования адаптогенов на обмен веществ растущих откармливаемых свиней в условиях моделируемого технологического стресса. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние моделируемого технологического стресса на обмен веществ подопытных животных,
- в сравнительном аспекте определить влияние изучаемых адаптогенов на переваримость питательных веществ кормов рациона,
- в сравнительном аспекте изучить биохимические и клинические параметры крови под воздействием изучаемых факторов.

Материал и методы исследований

Исследования на животных включали балансовые (обменные) опыты и проведены на физиологическом дворе ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Общее поголовье —

36 голов помесных боровков (F-2:(КБхЛ)хД). Животные были сформированы по принципу пар-аналогов в период после дорастивания живой массой в среднем 35 кг ($n = 9$) и разделены на 4 группы.

Продолжительность эксперимента составила 36 дней. Перед переводом животных на заключительный откорм (в конце описываемого этапа эксперимента) их живая масса составила в среднем около 70 кг. Кормление животных осуществлялось по нормам ВИЖа [5]. Условия содержания для всех групп животных (температурный, влажностный, световой режимы и газовый состав воздуха в помещении) были одинаковы и в пределах зоогигиенических норм. Животные 1-й контрольной группы находились в станках без переводов весь период опыта (на каждую группу приходилось 3 станка по 3 животных в каждом). Для моделирования стресса у свиней 2-й контрольной, 3-й и 4-й опытных групп проводили перестановки животных из одного станка в другой станок в пределах одной подопытной группы в начале опыта и через каждые 14 дней, формируя подгруппы таким образом, чтобы после каждого перевода в станке оказывались ранее не находящиеся вместе животные. Стресс перегруппировок и перемещений характерен для конвейерной технологии промышленного животноводства. Ведущим фактором при этом становится борьба за лидерство — ранговый стресс. Он ведет к перевозбуждению животных и, как следствие его, к травмам, канибализму, потере аппетита, снижению интенсивности роста, уменьшению продуктивности [6]. На фоне моделируемого стресса животным 3-й опытной группы в период опыта скармливали дополнительно к рациону 0,2 мг Se/кг корма (в форме протеината селена), а свиньям 4-й опытной группы — дигидрокверцетин, 40 мг/кг корма.

Перед постановкой на опыт и по его завершении проведены балансовые опыты по изучению переваримости питательных веществ комбикорма по общепринятой методике [7]. Для этого из каждой группы было отобрано по 3 животных-аналога. После окончания каждого обменного опыта (5 учетных дней) средние пробы кормов, кала и мочи были подвергнуты химическому анализу в лаборатории химико-аналитических исследований ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста по общепринятым методикам. В начале и конце опыта были отобраны образцы крови ($n = 5$). Кровь отбирали из яремной вены с дальнейшим определением показателей на автоматическом биохимическом анализаторе Chem Well (Awareness Technology, США). Биохимические исследования сыворотки крови включали: АЛТ, АСТ — УФ-кинетическим методом; щелочная фосфатаза — кинетическим методом; общий белок — биуретовым методом; альбуми-

Таблица 1.
Схема исследований

Table 1. Scheme of studies

Группа	Количество голов	Рацион	Факторы стресса
Предварительный период — обменный опыт (комбикорм СК-4)			
1-я контрольная группа	9	ОР (комбикорм СК-5)	—
2-я контрольная группа	9	ОР (комбикорм СК-5)	+
3-я опытная группа	9	ОР(комбикорм СК-5) + органический Se, 20 мг/кг корма	+
4-я опытная группа	9	ОР(комбикорм СК-5) + дигидрокверцетин, 40 мг/кг корма	+
По завершении опыта — обменный опыт (комбикорм СК-5)			

ны — колориметрическим методом; креатинин — кинетическим методом Яффе; мочевины — ферментативным колориметрическим методом по Бертелоту; глюкоза — ферментативным глюкозооксидазным методом; общий билирубин — количественное определение методом Walters и Gerarde; триглицериды — ферментативно-колориметрическим методом (GPO-PAP), общий холестерин — ферментативно-колориметрическим методом, кальций — О-крезолфталейновым комплексным методом, фосфор — колориметрическим методом, магний — колориметрическим методом, железо — колориметрическим методом, хлориды — колориметрическим методом с использованием тиоцианата. Из клинических показателей определяли эритроциты, лейкоциты, гемоглобин, гематокрит на приборе ABC VET (Horiba ABZ, Франция).

Полученные в опыте материалы были обработаны биометрически с использованием метода дисперсионного анализа (ANOVA), посредством программы STATISTICA, version 10, StatSoft, Inc., 2011 (www.statsoft.com). При этом вычислены следующие величины: среднеарифметическая (M), среднеквадратическая ошибка ($\pm m$) и уровень значимости (p). Результаты исследований считали высокодостоверными при $p < 0,001$ и достоверными при $p < 0,01$ и $p < 0,05$. При $p < 0,1$, но $p > 0,05$ — тенденция к достоверности полученных данных. При $p > 0,1$ разницу считали недостоверной.

Результаты исследований

Под переваримостью понимается свойство органических питательных веществ кормов превращаться в используемое состояние под воздействием процессов, протекающих в пищеварительном тракте животных. В процессе переваривания устраняются специфичность органических соединений кормовых средств, высвобождаются структуры, доступные для всасывания, с которыми поступает в организм основная масса энергии. Энергия, выделяемая в процессе биохимических реакций, превращается в энергию макроэргических соединений, служащих резервной формой энергии в организме. Одним из таких соединений является аденозинтрифосфорная кислота (АТФ), которая передает энергию всем клеткам. При этом освобождается около 30% энергии, содержащейся в питательных веществах.

В конечной фазе промежуточного обмена указанные продукты окисляются до углекислого газа и воды, освобождая остальные 60–70% энергии, входящей в питательные вещества.

Многочисленные исследования показали, что переваримость питательных веществ кормов зависит от целого ряда факторов, таких как порода, возраст, физиологическое состояние животных, подготовка кормов к скармливанию и их качество, техника кормления и другие. Существенным фактором является и фактор стресса, как алиментарного, так и технологического характера. В исследованиях было установлено влияние адаптогенов на переваримость некоторых изученных питательных веществ рациона кормления подопытными животными (табл. 2, рис. 1).

Как видно из данных, представленных в табл. 2, перед началом опыта ожидаемо не было отмечено существенно значимой разницы в переваримости питательных веществ кормов рациона, которая была на уровне: сухое вещество — 80,8–81,4; органическое вещество — 82,9–83,6; сырой протеин — 78,9–80,8; сырой жир — 42,4–47,6; сырая клетчатка — 30,5–34,6; БЭВ — 87,8–88,8% ($p > 0,05$). В тоже время абсолютные значения 2-го баллансового опыта по завершении эксперимента были связаны с возрастным аспектом и со сменой комбикорма при постановке на опыт. Так, сухое вещество переваривалось на 77,3–80,2; органическое вещество — на 79,6–81,8; сырой протеин — на 77,9–80,5; сырой жир — на 18,1–31,1; сырая клетчатка — на 37,8–45,2; БЭВ — на 84,5–86,4 ($p > 0,05$).

При этом следует отметить, что под влиянием смоделированного технологического стресса (2-я контрольная группа) произошло достаточно существенное снижение переваримости сырого жира и клетчатки по сравнению с контрольными животными, на 9,4 и 6,4 абс.% соответственно (при $p > 0,05$). По остальным показателям существенной разницы не обнаружено. Скармливание органической формы селена (3-я опытная группа, стресс+) не привело к значимым изменениям в сравнении с показателями 2-й контрольной группы. Также было отмечено сопоставимое аналогичное снижение показателей переваримости сырого жира и клетчатки — на 13,0 и 6,0 абс.% по сравнению с контролем ($p > 0,05$).

Таблица 2.

Переваримость питательных веществ, % ($n = 3$, $M \pm m$)

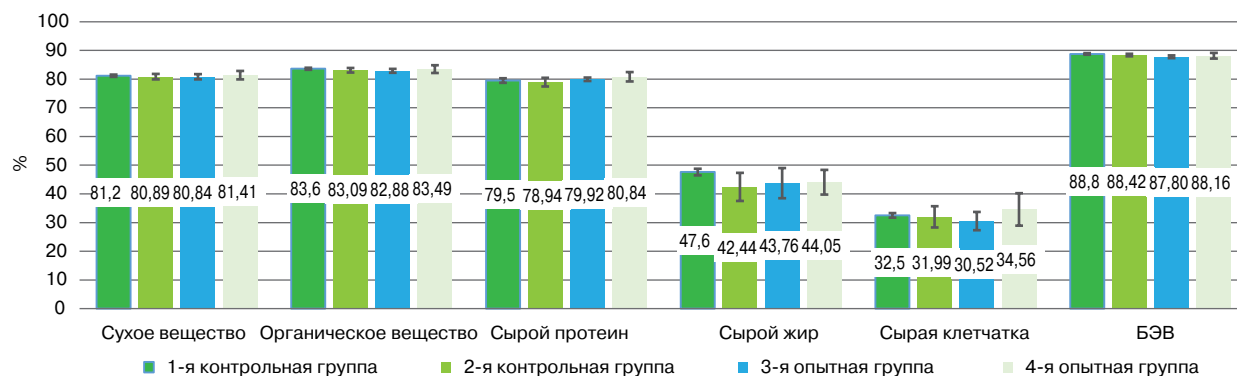
Table 2. Digestibility of nutrients, % ($n = 3$, $M \pm m$)

Группа	Сухое вещество	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ
Результаты 1-го обменного опыта (перед началом эксперимента)						
1-я контрольная	81,21±0,38	83,63±0,35	79,52±0,77	47,62±1,15	32,5±0,79	88,78±0,28
2-я контрольная	80,89±0,97	83,09±0,83	78,94±1,54	42,44±4,89	31,99±3,73	88,42±0,42
3-я опытная	80,84±0,92	82,88±0,66	79,92±0,60	43,76±5,24	30,52±3,17	87,80±0,46
4-я опытная	81,41±1,46	83,49±1,34	80,84±1,63	44,05±4,33	34,56±5,65	88,16±0,97
Результаты 2-го обменного опыта (по завершении эксперимента)						
1-я контрольная	77,34±1,38	80,03±1,21	77,87±1,31	31,08±6,62	44,23±2,99	84,74±0,95
2-я контрольная	78,01±0,22	80,06±0,27	79,16±1,52	21,65±4,31	37,81±3,10	85,10±0,33
3-я опытная	77,68±0,45	79,58±0,50	79,06±0,74	18,14±3,28	38,00±0,23	84,55±0,42
4-я опытная	80,15±0,56bc	81,80±0,56bc	80,54±0,71	29,24±2,32c	45,22±2,50c	86,39±0,76

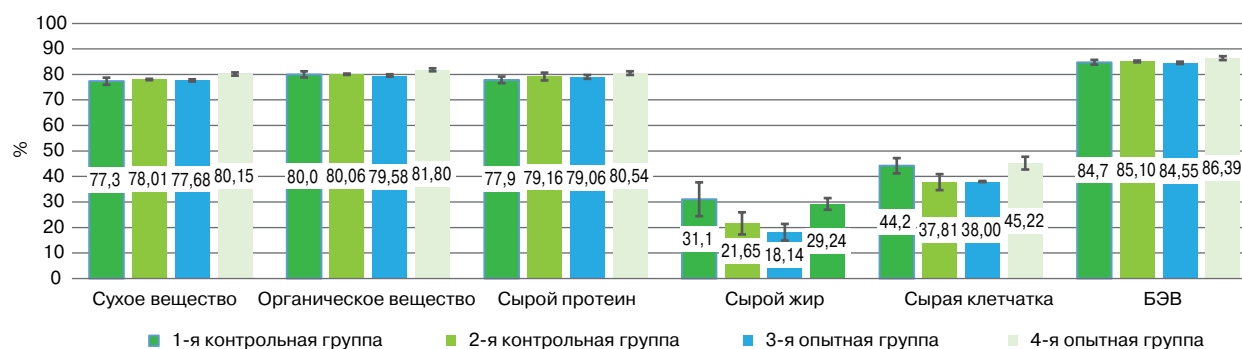
Достоверно при: а — $p < 0,05$ при сравнении с 1-й контрольной группой; б — $p < 0,05$ при сравнении со 2-й контрольной группой; с — $p < 0,05$ при сравнении с 3-й опытной группой.

Рис. 1. Переваримость питательных веществ по периодам ($n = 3$, $M \pm m$)

Fig. 1. Digestibility of nutrients by period ($n = 3$, $M \pm m$)



А. Перед началом опыта



Б. По завершении опыта

Скармливание дигидрокверцетина животным 4-й опытной группы привело к существенно значимому повышению переваримости питательных веществ, как по сравнению с 1-й и 2-й контрольной, так и 3-й опытной группой. У животных, получавших дигидрокверцетин, наблюдали увеличение переваримости (в абс.%) сухого вещества на 2,9; органического вещества — на 1,8; сырого протеина — на 2,6 ($p > 0,05$), при практически равноценном переваривании сырого жира, клетчатки и БЭВ, по сравнению с 1-й контрольной группой (стресс-). При этом у животных этой группы по сравнению с теми же показателями свиней 2-й контрольной группы (стресс+) достоверно увеличилась переваримость сухого и органического вещества — на 2,2 и 1,8 абс.% ($p < 0,05$), а с показателями 3-й опытной группы — сухого, органического вещества, сырого жира и клетчатки, соответственно на 2,4; 2,2; 11,1 и 7,2 абс.% ($p < 0,05$).

Таким образом, результаты исследований по переваримости питательных веществ кормов рациона показали, что включение в комбикорма для растущего молодняка свиней 40 мг дигидрокверцетина (адаптогена) на 1 кг корма способствовало более высокому использованию питательных веществ корма на фоне смоделированного технологического стресса при равенстве показателей переваримости с 1-й контрольной группой (стресс-). Таким образом, полученные результаты позволили сделать вывод о том, что применение биофлавоноида улучшает адаптацию организма к технологическим стрессам, нивелируя его отрицательные последствия.

Основным индикатором, раскрывающим картину метаболизма в организме животных, является кровь [8]. Для углубления контроля за полноценностью кормле-

ния растущего молодняка свиней и обеспечения оперативности реагирования на питательные дисбалансы и корректировки рационов необходимо определять биохимические и гематологические показатели [9].

Анализируя результаты биохимических исследований, необходимо отметить, что на начало опыта во всех группах показатели находились в пределах физиологической нормы и существенных различий не имели, это свидетельствовало о том, что эксперимент проводился на клинически здоровых животных (табл. 3).

При анализе биохимических показателей крови, характеризующих белковый обмен в организме животных, нами установлена тенденция снижения концентрации в сыворотке крови животных 2-й контрольной группы уровня общего белка ($p < 0,05$) на 2,72 г/л (при норме 62–94 г/л) по сравнению с 1-й контрольной группой за счет снижения фракции альбуминов (на 2,98 г/л), что привело к снижению белкового индекса на 0,14 ед. (при норме 0,8–1,4 ед.). На основании многочисленных исследований установлено, что белковый индекс весьма объективно отражает степень использования азота в организме животных. В 3-й опытной группе отмечено увеличение белкового индекса на 0,09 ед. или на 6%, что указывало на более эффективное протекание белкового обмена, который в свою очередь оказывал влияние на обмен веществ в целом. При этом следует отметить, что наименьшим колебаниям у животных 2-й контрольной и 3-й опытных групп подвергался уровень креатинина (1,8%). Данные по изучению показателей белкового обмена в организме опытных животных согласуются с данными по переваримости сырого протеина.

По ферментативной активности АСТ и АЛТ мы судили о функциональной активности печени у подопытных свиней, которым скармливали органический селен и

Таблица 1.

Биохимические и некоторые морфологические показатели крови подопытных животных ($M \pm m$, $n = 5$)Table 1. Biochemical and some morphological parameters of blood of experimental animals ($M \pm m$, $n = 5$)

Показатель	Группа							
	1-я контрольная		2-я контрольная		3-я опытная		4-я опытная	
	1-е взятие	2-е взятие	1-е взятие	2-е взятие	1-е взятие	2-е взятие	1-е взятие	2-е взятие
Белок общий, г/л	65,82±1,29	78,36±0,59	70,28±6,23	75,64±1,12*	73,19±6,43	77,55±3,05	71,73±2,95	78,21±1,82
Альбумин, г/л	36,72±1,60	47,04±0,73	38,79±1,48	44,06±1,20*	38,73±0,94	47,23±1,25	37,37±2,17	45,43±1,43
Глобулин, г/л	29,10±0,74	31,32±0,55	31,49±6,22	31,58±1,98	34,47±6,98	30,32±2,46	34,37±3,71	32,79±1,98
А/Г коэффициент	1,27±0,08	1,5±0,05	1,36±0,22	1,42±0,13	1,24±0,18	1,59±0,12	1,15±0,19	1,40±0,11
Холестерин, ммоль/л	3,02±0,13	2,66±0,12	3,08±0,06	2,66±0,19	3,13±0,14	2,58±0,13	3,07±0,08	2,71±0,07
АЛТ, МЕ/л	49,48±5,47	50,79±5,07	52,22±2,85	53,88±2,85	43,48±2,53	49,96±3,57	39,55±1,91	51,38±1,51
АСТ, МЕ/л	52,81±1,82	40,62±2,34	55,43±5,43	38,90±4,03	54,00±2,22	36,63±1,15	48,29±2,98	32,89±2,63*
Фосфолипиды, ммоль/л	0,30±0,05	0,46±0,10	0,36±0,08	0,44±0,14	0,35±0,05	0,55±0,53	0,35±0,12	0,56±0,13
Триглицериды, ммоль/л	0,70±0,05	0,71±0,05	0,66±0,03	0,72±0,03	0,73±0,04	0,80±0,05	0,72±0,05	0,71±0,03
Хлориды, ммоль/л	96,04±1,58	119,22±3,35	95,51±3,24	117,47±2,62	94,97±2,30	119,39±1,82	95,89±3,12	119,92±7,64
Кальций, ммоль/л	3,36±0,13	3,49±0,03	3,28±0,09	3,45±0,08	3,32±0,16	3,43±0,11	3,45±0,05	3,18±0,17
Фосфор, ммоль/л	3,03±0,21	3,94±0,17	3,20±0,20	4,42±0,20	3,02±0,12	4,52±0,30	2,99±0,23	4,64±0,28*
Ca/P	1,46±0,12	1,15±0,04	1,35±0,11	1,01±0,03*	1,43±0,09	0,99±0,07*	1,52±0,12	0,89±0,04**
Щелочная фосфатаза, ммоль/л	447,35±64,41	406,90±17,70	403,93±26,35	389,77±11,86	434,40±28,67	446,27±11,27*	516,11±80,53	445,46±43,21
Глюкоза, ммоль/л	8,16±0,68	9,25±0,97	8,30±0,58	7,95±0,97	8,99±0,46	8,67±0,86	7,59±0,69	7,51±0,89
Креатинин, ммоль/л	76,25±5,65	124,15±8,77	92,53±13,02	108,16±6,76	82,63±8,99	121,96±10,86	86,38±11,34	121,96±8,31
Железо, мкмоль/л	25,27±0,86	25,10±1,74	21,51±2,55	28,49±1,92	24,02±2,23	31,38±3,58	22,23±2,06	25,91±1,54
Магний, ммоль/л	1,68±0,06	0,99±0,03	1,63±0,04	1,16±0,07*	1,66±0,03	1,09±0,03*	1,65±0,09	1,17±0,11
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	15,32±1,70	13,57±1,10	16,12±1,28	15,27±1,01	13,27±1,09	14,31±0,71	14,89±2,0	14,41±0,76
Эритроциты, 10 ¹² /л	11,30±0,17	10,51±0,23	11,07±0,37	10,57±0,31	11,58±0,70	11,29±0,05**	11,05±0,32	10,55±0,32
Гемоглобин, г/л	130,96±2,86	133,18±3,05	127,00±3,00	130,06±5,79	126,44±6,52	136,12±2,72	131,10±3,58	135,78±4,50
Гематокрит, %	63,02±1,14	61,94±1,19	60,99±1,74	60,23±2,73	61,04±3,31	62,81±1,17	62,43±1,85	62,47±2,46

Достоверно при: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$.

дигидрокверцетин. Активность ферментов в сыворотке крови у поросят всех опытных групп соответствовала физиологическим нормам. В ходе эксперимента было установлено снижение активности ферментов аспаратаминотрансфераз (АСТ) в сыворотке крови у животных 3-й и 4-й опытных групп, получавших в составе рациона добавки антиоксидантов. Так, у поросят 4-й опытной группы это снижение составило 19,03% ($p < 0,05$) по сравнению с контрольными животными. Снижение активности трансаминаз в крови свиней опытных групп может быть связано с более эффективным использованием аминокислот в процессе биосинтеза.

Источниками щелочной фосфатазы в организме являются печень, костная ткань, кишечник, плацента, почки. В нашем случае повышенная активность щелочной фосфатазы была связана со снижением уровня кальция, что свидетельствовало о более интенсивном протекании минерального обмена при интенсивном росте животных. Содержание неорганического фосфора в сыворотке крови животных опытных групп было значительно выше на 0,48; 0,58; 0,70 ммоль/л по сравнению с 1-й контрольной группой, при этом кальций-фосфорное отношение составило в среднем 0,89–1,01, что ниже контрольных значений на 0,14; 0,16; 0,26 ($p < 0,05$) ед.

Содержание в крови животных 2-й контрольной, а также 3-й и 4-й опытной группы, магния (норма 0,9–1,15) и железа (норма 25,6–35,8) было повышено по сравнению с контролем на 0,17 ($p < 0,05$); 0,10 ($p < 0,05$); 0,18 и 3,39; 6,28; 0,81 ммоль/л, соответственно, и указывало на улучшение использования изучаемых элементов из кормов.

На основании проведенных исследований нами установлено, что уровень глюкозы в крови подопытных поросят (табл. 3) 3-й и 4-й опытной группы был ниже на 6,6 и 23,2% по сравнению с аналогами 1-й контрольной группы ($p > 0,05$), возможно на это оказали влияние изучаемые факторы питания.

Одним из важных показателей липидного обмена является содержание в крови холестерина, обеспечивающего стабильность клеточных мембран, необходимого для образования витамина D, желчных кислот, выработки различных стероидных гормонов. В наших исследованиях установлено, что уровень холестерина в крови поросят составил в среднем 2,58–2,71, что соответствует физиологической норме. В сыворотке крови поросят 3-й опытной группы, получавших в составе рациона органический селен, значительно увеличился уровень триглицеридов, что отражало лучшую энергетическую

обеспеченность организма. Самая высокая концентрация фосфолипидов была отмечена в сыворотке крови животных 3-й и 4-й опытных групп, 0,55–0,56 ммоль/л против 0,46 ммоль/л в контроле, что, по всей видимости, связано с повышенной физической активностью (после переводов из станка в станок при моделировании технологического стресса).

Из морфологических показателей в цельной крови животных определяли содержание эритроцитов, лейкоцитов, концентрацию гемоглобина и гематокрит. В наших исследованиях установлено увеличение содержания эритроцитов во всех опытных группах животных. Мы считаем, что это связано со сбалансированным полноценным кормлением (обеспеченностью белков, витамина B12, кобальта, железа, меди), однако следует отметить, что у животных, получавших органический селен, этот показатель был достоверно выше на 0,78 ($p < 0,01$) или на 7,4%, по сравнению с контролем (стресс–). Показатель концентрации гемоглобина не имел статистически значимых отличий между группами и находился в пределах физиологической нормы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилевская Н.В., Тухфатова Н.Ф. Использование метода селективной деконтаминации при отъеме поросят // Аграрный вестник Урала. 2012. № 5. С. 36–39.
2. Dröge, W. Free radicals in the physiological control of cell function // *Physiol Rev*. 2002. V. 2(1). P. 47–95.
3. Пшенникова М.Н. Патологическая физиология и экспериментальная теория. 2000. № 2–4. С. 20–26.
4. Меньщикова Е.Б. Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты. М.: Фирма «Слово», 2006. 553 с.
5. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: монография под ред. Р.В. Некрасова, А.В. Головина, Е.А. Махаева. М., 2018. 290 с.
6. Е.А. Физиология стресса животных: метод. указания [Электронный ресурс] / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2016. 32 с.
7. Раецкая Ю.И., Сухарева В.Н., Самохин В.Т. [и др.]. Методика зоотехнических и биохимических анализов кормов, продуктов обмена и животноводческой продукции. Дубровицы. 1979. 108 с.
8. Казарцев В.В., Ратошный А.Н. Унифицированная система биохимического контроля за состоянием обмена веществ коров // Зоотехния. 1986. Вып. 3. С. 323–330.
9. Васильева Е.А. Клиническая биохимия сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 2000. 359 с.

ОБ АВТОРАХ:

Некрасов Р.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, зав. отделом кормления с.-х. животных
Чабаяев М.Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник
Боголюбова Н.В., кандидат биологических наук, зав. отделом физиологии и биохимии с.-х. животных
Цис Е.Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Рыков Р.А., старший научный сотрудник
Семенова А.А., доктор технических наук, профессор, заместитель директора

Таким образом, полученные результаты по изучению биохимического статуса животных показали, что у свиней 3-й и 4-й опытных групп наблюдалось наиболее интенсивное протекание анаболических процессов в организме, что привело к положительным сдвигам в обменных процессах (увеличение белкового индекса, концентрации магния, железа, фосфолипидов, гемоглобина).

Заключение

Получены первичные данные по влиянию смоделированного технологического стресса на переваримость питательных веществ кормов рациона и биохимические показатели крови свиней. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии скармливания адаптогенов (в первую очередь — дигидрокверцетина) на фоне стрессирующего фактора на обменные процессы и использование кормов интенсивно растущими животными. Исследования в этом направлении продолжаются.

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского Научного Фонда по проекту 19-16-00068.

REFERENCES

1. Danilevskaya N.V., Tuhfatova N.F. Ispol'zovanie metoda selektivnoy dekontaminatsii pri ot'eme porosyat // *Agrarny vestnik Urala*. 2012. № 5. S. 36–39.
2. Dröge W. Free radicals in the physiological control of cell function // *Physiol Rev*. 2002. V. 2(1). P. 47–95.
3. Pshennikova M.N. Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya teoriya. 2000. № 2–4. S. 20–26.
4. Men'shchikova E.B. Okislitel'nyy stress. Prooksidanty i antioksidanty. M.: Firma «Slovo», 2006. 553 s.
5. Normy potrebnostey molochnogo skota i sviney v pitatel'nykh veshchestvakh: monografiya ed. by R.V. Nekrasova, A.V. Golovina, E.A. Mahaeva. M. 2018. 290 s.
6. Daniilina O.P. Fiziologiya stressa zhivotnykh: metod. ukazaniya [Elektronnyy resurs] / Krasnoyarsk. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2016. 32 s.
7. Raetskaya Yu.I., Suhareva V.N., Samohin V.T. [et al.]. Metodika zootekhnicheskikh i biokhimicheskikh analizov kormov, produktov obmena i zhivotnovodcheskoj produktsii. Dubrovicy. 1979. 108 s.
8. Kazarcev V.V., Ratoshnyy A.N. Unificirovannaya sistema biokhimicheskogo kontrolya za sostoyaniem obmena veshchestv korov // *Zootekhnika*. 1986. Vyp. 3. S. 323–330.
9. Vasil'eva E.A. Klinicheskaya biokhimiya sel'skhozaystvennykh zhivotnykh. M.: Agropromizdat, 2000. 359 s.

ABOUT THE AUTHORS:

Nekrasov R.V., Doctor of Agricultural Sciences, Prof. RAS, Head of Department of Feeding of Farm Animals
Chabaev M.G., Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Chief Researcher
Bogolyubova N.V., Candidate of Biological Sciences, Head of Department of Physiology and Biochemistry of Agricultural Animals
Tsis E.Yu., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
Rykov R.A., Senior Researcher
Semenova A.A., Doctor of Technical Sciences, Prof., Deputy Director