

УДК 636.4.054:612.015(.320+348):615.214.22

**ПРИМЕНЕНИЕ АСКОРБАТА ЛИТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ У РАСТУЩИХ  
И ОТКАРМЛИВАЕМЫХ СВИНЕЙ**

Остренко К.С., Галочкин В.А., Галочкина В.П.

*ВНИИ физиологии, биохимии и питания животных, Боровск Калужской обл.,  
Российская Федерация*

Цель исследования – разработка нового антистрессового препарата для снижения воздействия технологических стресс-факторов при выращивании и откорме свиней. Эксперимент проведен на 5 группах свиней породы ирландский ландрас (4 опытные и 1 контрольная) по 10 голов в каждой в период от 60- до 210-суточного возраста. Животных I, II, III и IV опытных групп ежедневно в течение всего периода доращивания и откорма получали с кормом аскорбат лития в виде порошка в дозе 10, 5, 2 и 0,5 мг/кг живой массы соответственно. Взвешивание проводилось перед введением препарата, на 4-й месяц и перед убоем. Перед постановкой животных в опыт и на 180-е сутки эксперимента отбирали пробы крови. В плазме крови были определены триацилглицеролы, общий белок и глобулины различных фракций, фракции липопротеинов, адреналин, норадреналин, кортизол и прогестерон, малоновый диальдегид, тиол-дисульфидное соотношение (SH/SS), активность супероксиддисмутазы. В I, II, III и IV группах прирост живой массы за весь период опыта был выше, чем в контрольной группе на 16, 13; 12 и 8% соответственно ( $P < 0,05$ ). Выход туши в опытных группах был выше, а количество внутреннего жира меньше, в сравнении с контролем ( $P < 0,05$ ). В результате воздействия технологических стрессоров у животных на откорме происходит повышение в крови уровня катехоламинов, гемоглобина, эритроцитов и лимфоцитов, что свидетельствует о мобилизации энергетических ресурсов, повышении бактерицидной и фагоцитарной активности клеточных элементов. При введении с кормом аскорбата лития с 60-го дня до убоя в дозировке 10, 5 и 2 мг/кг массы тела, аскорбат лития проявляет выраженные адаптогенные и стресспротекторные свойства, предотвращает резкие выбросы адреналина и норадреналина, поддерживает в системном кровотоке на физиологическом уровне концентрацию кортизола. Воздействуя на белковый и липидный обмен, аскорбат лития активизирует функции, связанные с участием  $\alpha$ -,  $\beta$ -глобулинов в транспортировке липидов, стероидных гормонов, а также в выполнении  $\gamma$ -глобулинами защитных функций. Аскорбат лития положительно влияет на липидно-холестероловый обмен и антиоксидантный статус у молодняка свиней и, как следствие, способствует повышению приростов живой массы и качества мяса.

*Ключевые слова: выращивание и откорм свиней, антистрессовые препараты, аскорбат лития, липидно-холестероловый обмен, белковый обмен, катехоламины, антиоксидантный статус*

*Проблемы биологии продуктивных животных, 2017, 2: 108-118*

### **Введение**

Содержание животных в условиях крупных промышленных комплексов связано с воздействием на организм различных стрессовых факторов. Согласно современным представлениям, одним из наименее изученных звеньев системы адаптации к действию этих факторов является процессы свободнорадикального окисления (Меньщикова и др., 2008). Усиление свободнорадикального перекисного окисления липидов (СПОЛ) и депрессия ферментов антиоксидантной защиты приводят к развитию окислительного стресса (ОС), который в свою очередь вызывает поражение внутренних органов животных (Cannon 1929, Selye 1936, Гуськов,

1994; Макеев и др., 2009) В условиях промышленной технологии содержания животных это состояние длительное время остаётся клинически не замеченным, и поэтому не проводится своевременная профилактика метаболических отклонений у животных. Значительное снижение продуктивности свиней связано с технологическими операциями в цикле выращивания, такими как перегруппировка, увеличение плотности размещения, гипоксия и изменения в кормлении (Дедкова и др., 2010). В конечном итоге совокупность стрессоров является фактором, сдерживающим развитие свиноводства на промышленной основе.

Цель данного исследования – разработка и апробация нового неинвазивного анти-стрессового препарата для снижения негативного воздействия технологических стресс-факторов у поросят на откорме.

### **Материал и методы**

Опыты были проведены в СПК «Колхоз им. Дзержинского» Белгородской области на 5 группах поросят породы ирландский ландрас по 10 голов в каждой. Опытные и контрольные группы были сформированы из поросят 2-месячного возраста. Рацион и технологический процесс не отличались от основной технологии откорма и доращивания поросят. Аскорбат лития вводили с кормом в дозе (мг/кг живой массы): I группа – 10, II – 5, III – 2; IV – 0,5. Контрольная группа поросят находилась на основном рационе без добавления препарата. При проведении опыта рационы кормления составлялись согласно нормам ВИЖ при использовании программного комплекса Корм Оптима Эксперт, при этом уровень кормления был составлен в расчёте на получение от 500 до 700 г среднесуточного прироста живой массы. Рационы состояли из полнорационных комбикормов СК-5, СК-6, СК-7. Животные содержались в станках безвыгульно. Климат в помещениях поддерживался в автоматическом режиме согласно зооигиеническим требованиям. Подопытных подсвинков два раза в сутки кормили влажными мешанками. Вода была в свободном доступе. Общий цикл выращивания – 210 дней.

Первичное взвешивание проводили при формировании групп, повторные – в возрасте 4-х мес. и перед убоем. Перед началом эксперимента и в возрасте 180 сут. проводили забор крови из наружной яремной вены в вакуумные пробирки с добавлением 10%-ного раствора трилона Б. В пробах крови на гематологическом анализаторе PCE Vet-94 определяли количество эритроцитов, лейкоцитов, содержание гемоглобина. В плазме крови были определены концентрации малонового диальдегида, нмоль/мл, восстановленного глутатиона, мкмоль/мл, окисленного глутатиона, мкмоль/мл, тиол-дисульфидное соотношение, активность супероксиддисмутазы, Ед, активность глутатионпероксидазы, Ед; концентрации триацилглицеролов, ммоль/л, общего холестерина, ммоль/л, общего белка, г/л, альбумина, г/л, глобулинов различных фракций, г/л, холестерина липопротеинов низкой плотности, ммоль/мл, холестерина липопротеинов очень низкой плотности, ммоль/л, холестерина липопротеинов высокой плотности, ммоль/л, адреналина, нмоль/мл; норадреналина, нмоль/мл, кортизола, нмоль/мл.

Показатели, характеризующие антиоксидантный статус, были проанализированы по методам, приведенным в методическом пособии (Храпова, 1992). Показатели, характеризующие липидно-холестероловые эффекты, проанализированы с использованием тест-систем фирмы ЮНИМЕД.

### **Результаты и обсуждение**

Применение аскорбата лития в качестве стресспротектора и адаптогена положительно повлияло на динамику живой массы свиней на доращивании и откорме (табл. 1).

В I, II, III и IV группах прирост живой массы за весь период опыта был выше, чем в контрольной группе на 16, 13; 12 и 8% ( $P < 0,05$ ); абсолютный прирост живой массы составил 98,4, 95,6, 95,1 и 90,8 кг соответственно.

Таблица 1. Динамика массы тела свиней на откорме после введения аскорбата лития ( $M \pm m$ ,  $n = 10$ )

Возраст и живая масса	Группы и дозы				
	I (10 мг/кг)	II (5 мг/кг)	III (2 мг/кг)	IV (0,5 мг/кг)	контроль
2 мес.	19,37±2,09	19,36±1,47	19,31±1,63	19,25±0,98*	19,40±1,84
4 мес.	46,11±2,35*	45,73±1,12*	45,69±2,37*	40,88±0,79*	39,66±3,24
ЖМ перед убоем, кг	118,2±9,8*	115,0±6,4*	114,4±5,5*	110,1±4,0	101,9±6,3
% прироста ЖМ к контролю.	16	13	12	8	0

Примечание: здесь и далее в таблицах: \* $P < 0,05$  по  $t$ - критерию при сравнении с контролем.

По убойной массе подсвинки I группы превосходили аналогов контрольной группы на 13,8 кг или 17,1 %, II – 11,2 кг (16,8%); III – 10,6 кг (15,9%); IV – 6,6 кг (9,9%). По сравнению с животными контрольной группы у подсвинков опытных групп убойная масса также была больше, как и по живой массе (табл. 2).

Таблица 2. Убойные качества свиней ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Показатели	Группы и дозы				
	I (10 мг/кг)	II (5 мг/кг)	III (2 мг/кг)	IV (0,5 мг/кг)	контроль
Предубойная живая масса, кг	118,2±9,8*	115,0±6,4*	114,4±5,5*	110,1±4,0	101,9±6,3
Убойная масса, кг	80,37±2,16	77,83±0,97*	77,24±1,18	73,21±1,86	66,61±1,43
Убойный выход, %	68,02±1,34*	67,67±1,01*	67,53±1,49*	66,51±2,13	65,40±1,09
Масса парной туши, кг	77,30±1,08	74,84±0,73*	74,25±0,91*	70,26±1,37	63,79±0,93
Выход туши, %	65,42±0,78	65,08±0,24*	64,91±0,22*	63,83±0,74	62,63±0,51
Масса внутреннего жира, кг	3,07±0,52	2,99±0,09*	2,99±0,19*	2,95±0,47	3,98±0,26
Длина туши, см	104,2±2,6	102,7±1,0*	102,2±1,0*	100,9±2,4	97,43±1,09

По выходу туши подсвинки опытных групп превосходили животных контрольной группы. В контрольной группе длина туши была меньше, по сравнению с опытными животными. Туши животных опытных групп отличались меньшим выходом внутреннего жира, по сравнению с контрольной группой.

Морфологические показатели крови подопытных подсвинков изучались в возрасте 60 и 180 сут. Состав крови во многом зависит от породы, генотипа, возраста животных, продуктивности и уровня их кормления. Показатели морфологического состава крови находились в пределах физиологической нормы.

Об интенсивности окислительно-восстановительных процессов, протекающих в организме животных, можно судить по содержанию эритроцитов, лейкоцитов и уровню гемоглобина (табл. 3). Применение аскорбата лития в различных дозировках оказало положительное влияние на количество эритроцитов и уровень гемоглобина в крови. Содержание эритроцитов в группах I-III в возрасте 180 сут. было выше, чем в контроле, соответственно на 12,3, 11,9, 10,2%, что свидетельствует об усилении гемопоэза и повышении количества красных и белых кровяных телец. Между животными опытных групп преимущество по содержанию эритроцитов имели I-III группы. В опытных группах также зафиксировано повышенное содержание гемоглобина в крови, по сравнению с контрольной группой. По уровню лейкоцитов у опытных и контрольных подсвинков различий не выявлено.

Процентное содержание моноцитов и лимфоцитов у животных обеих групп находилось в пределах физиологической нормы, однако содержание лимфоцитов у контрольных поросят соответствовало нижней границе, а у опытных оно было существенно выше и находилось на уровне верхней границы нормы. Характерные изменения наблюдались по концентрации эозинофилов. В контрольной группе наблюдалась выраженная эозинопения. Снижение эозинофилов, при нормальном уровне лейкоцитов и моноцитов, могло быть спровоцировано

спонтанным стрессовым воздействием. В опытных группах наблюдался нормальный уровень эозинофилов для данного возраста животного.

Таким образом, аскорбат лития повлиял положительно на гематологические показатели, что указывает на стимулирующее и противострессовое действие на организм животных.

Таблица 3. Морфологические показатели крови (M±m, n=5)

Группы	Гемоглобин г/л	Эритроциты × 10 <sup>12</sup> /л	Лейкоциты × 10 <sup>9</sup> /л	Лимфоциты, %	Моноциты, %	Эозинофилы, %
Возраст 60 сут.						
I	108,20±0,36	6,00±0,09	13,17±0,24	42,67±8,12	4,09±0,98	2,34±0,37
II	112,13±0,24	6,07±0,14	13,20±0,30	41,74±4,67	4,23±1,24	2,00±0,41
III	114,17±0,14	6,03±0,09	13,23±0,14	40,25±6,01	4,52±2,01	1,97±0,62
IV	110,17±0,52	6,10±0,17	13,18±0,21	39,12±3,54	4,01±1,24	1,98±0,36
контроль	112,19±0,27	6,03±0,14	13,13±0,09	41,66±6,38	4,33±1,45	2,00±0,57
Возраст 180 сут.						
I	122,2±1,0*	6,93±0,12	12,50±0,26	72,12±4,75*	5,97±0,34	4,12±0,14
II	122,5±0,7*	6,90±0,10*	12,67±0,12	70,34±3,96*	6,01±0,28	3,95±0,09
III	121,0±2,4	6,80±0,11*	12,57±0,23	69,49±4,12	5,79±0,24	3,76±0,17
IV	119,6±2,0	6,25±0,12*	12,12±0,21	63,24±6,81	5,49±0,36	2,61±0,24
контроль	116,1±1,2	6,17±0,09	12,10±0,17	59,61±3,28	5,43±0,45	0,66±0,33

Липопротеиновый спектр крови может изменяться под влиянием внешних стресс-факторов, поэтому определение его биохимического статуса является важным фактором оценки продуктивности животных. На начальном этапе опыта уровень липопротеидов различных фракций мало различался в опытных и контрольной группе (табл. 4).

Таблица 4. Показатели липидно-холестеролового обмена (M±m, n=5)

Группы	ТАГ	ОХ	Х ЛПВП	Х ЛПНП	Х ЛПОНП
Возраст 60 сут.					
I	0,50±0,04	2,52±0,12*	0,89±0,13	1,15±0,19	0,48±0,041
II	0,49±0,06	2,53±0,18*	1,01±0,46	1,12±0,24	0,40±0,014
III	0,52±0,04	2,76±0,21	0,93±0,51	1,37±0,31	0,46±0,024
IV	0,48±0,09	2,69±0,26	0,99±0,24	1,28±0,21	0,42±0,032
контрoль	0,48±0,02	2,82±0,24	1,09±0,31	1,31±0,18	0,42±0,021
Возраст 180 сут.					
I	0,88±0,10*	3,92±0,54*	1,71±0,24*	1,67±0,46*	0,26±0,043*
II	0,82±0,06*	3,81±0,73*	1,67±0,37*	1,75±0,39*	0,28±0,039*
III	0,75±0,12	3,73±0,67	1,64±0,31	1,86±0,54	0,34±0,050
IV	0,60±0,09	3,62±0,47	1,49±0,18*	1,95±0,73	0,46±0,076
контрoль	0,58±0,16	3,57±0,96	0,83±0,09	2,17±0,31	0,57±0,092

Примечания: ТАГ – триацилглицеролы, ммоль/л; ОХ – холестерол общий, мм/л; Х ЛПВП – холестерол липопротеидов высокой плотности, ммоль/л; Х ЛПНП – холестерол липопротеидов низкой плотности, ммоль/л; Х ЛПОНП – холестерол липопротеидов очень низкой плотности, ммоль/л.

Изменения в опытных группах зафиксированы по показателям липидно-холестеролового обмена. Уровень холестерина был выше у животных опытных групп по сравнению с контролем. Холестерин является жизненно необходимым веществом, так как участвует в образовании желчных кислот, которые, в свою очередь, играют важную роль в процессе переваривания и всасывания жира.

ЛПВП состоят в основном из белковой части и содержат немного холестерина. Их основная функция – переносить излишки холестерина в печень, откуда они выделяются в виде желчных кислот. Поэтому холестерин ЛПВП также называется «хорошим холестерином». В наших исследованиях ЛПВП было больше у животных опытных группах по сравнению с контролем (на 106; 101; 98; 79% соответственно), что свидетельствует о более интенсивном обмене липидов в организме животных этих групп.

Липопротеиды низкой плотности (ЛПНП) и липопротеиды очень низкой плотности, или «плохой» жир, переносят к тканям необходимый им холестерин. У животных опытных групп в сыворотке крови на 180 сут. опыта содержание их незначительно увеличено относительно 60 сут., но значительно ниже показателей в контрольной группе – в I группе на 23, во II – на 19, в III – на 14, в IV – на 10%. Обращает на себя внимание, что к концу откорма у животных опытных групп отмечено увеличение концентрации ЛПВП и снижение концентрации ЛПНП и ЛПОНП, а у контрольных животных наблюдается обратная реакция.

Наиболее распространенными из липидов являются триацилглицеролы (ТАГ), которые в организме выполняют резервную роль в виде запасного жира или протоплазматического жира клеток. В сыворотке крови у свиней опытных групп содержание ТАГ в крови варьирует от 3,45 до 51,7; в контрольной группе повышение уровня ТАГ указывает на более интенсивное жиросотложение. Применение аскорбата лития не способствовало повышению содержания фосфолипидов в крови, напротив, оно имело тенденцию к снижению до нижней границы физиологической нормы – на 54,4; 50,9; 40,3; 19,3%, соответственно по группам ниже по сравнению с контролем.

Содержание общего белка в сыворотке крови свиней всех групп увеличивается с возрастом, достигая максимума к 180-суточному возрасту. В опытных группах зафиксирована устойчивая тенденция повышения уровня общего белка по сравнению с контролем (соответственно в I группе на 18%, II – 15%, III – 11%, табл. 5), по-видимому, благодаря оптимизации белок-синтетической функции печени в условиях снижения стрессового воздействия и уменьшения свободнорадикального окисления. За всё время наблюдения в сыворотке крови подсвинок опытных групп преобладали глобулины. На долю мелкодисперсных белков сыворотки крови – альбуминов приходилось в опытных группах на 1-16% больше. Устойчивая тенденция отмечена в опытных группах для всех глобулиновых фракций. Доля  $\alpha_2$ -глобулинов уменьшалась к 180-сут. возрасту. Известно, что  $\alpha_2$ -глобулины, связываясь с ренином, дают начало ангиотензину II, который контролирует тонус отводящих артериол почечных клубочков, облегчая диурез на этапе ультрафильтрации (Кислинская и др., 2014).

На долю  $\beta$ -глобулинов приходилось в среднем 18 % от общего количества белков, с вариациями в зависимости от дозы аскорбата лития. На долю  $\gamma$ -глобулинов сыворотки крови приходилась примерно 1/4 часть, и по сравнению с контрольной группой их концентрация была выше в 2 раза (табл. 5). Учитывая, что  $\gamma$ - и  $\beta$ -глобулины служат сырьём для выработки иммуноглобулинов, можно отметить, что у животных, получавших аскорбат лития, на 180 сутки опыта были лучшие возможности для гуморальной специфической защиты (Марьина и др., 2008)

Как известно,  $\alpha_1$ -глобулины представляют собой комплекс, включающий липопротеины высокой плотности и билирубин. У животных контрольной группы содержание  $\alpha_1$ -глобулинов к концу наблюдения значительно повышалось, по сравнению с начальным периодом эксперимента, что по данным (Кислинская и др., 2015) создаёт предпосылки для токсикоза организма непрямым билирубином. В опытных группах этот показатель характеризовался снижением. Поскольку в состав  $\beta$ -глобулинов входят трансферрин, церулоплазмин и протромбин, то в группах животных, получавших аскорбат лития в течение всего срока наблюдения, создавались более благоприятные условия для транспортировки железа, меди и функционирования свёртывающей системы крови. Содержание  $\gamma$ -глобулинов в сыворотке крови у свиней опытных групп было выше, чем в контрольной; следовательно, данные животные имели лучшие возможности для гуморальной специфической защиты.

Известно, что стресс сопровождается регуляторными перестройками в системе эндокринных, нейромедиаторных и нейропептидных взаимодействий (Лещуков и др., 2010, Tsigos, Chrousos, 2002). У животных I-IV групп уровень кортизола был ниже соответственно на 28, 24, 21 и 3,6%, чем в контрольной группе; уровень адреналина в этих группах был на 59, 54, 44 и 9,5%, а норадреналина – на 55, 54, 46 и 17% ниже по сравнению с контролем. Это указывает на активацию симпатoadреналовой и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой систе-

мы и подтверждает стрессированность свиней контрольной группы в течение стандартного технологического процесса выращивания (табл. 6).

Таблица 5. Показатели белкового обмена в крови ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Группы	Общий белок, г/л	Альбумины, %	$\alpha_1$ -глобулины, %	$\alpha_2$ -глобулины, %	$\beta$ -глобулины, %	$\gamma$ -глобулины, %
Возраст 60 сут.						
I	62,2 $\pm$ 2,09	25,34 $\pm$ 1,35	3,9 $\pm$ 0,43	7,3 $\pm$ 0,43	10,76 $\pm$ 0,34	14,89 $\pm$ 0,42
II	60,3 $\pm$ 1,24	24,71 $\pm$ 2,03	4,2 $\pm$ 0,72	6,9 $\pm$ 0,29	9,47 $\pm$ 0,41	15,02 $\pm$ 0,24
III	63,2 $\pm$ 0,94	25,98 $\pm$ 2,64	4,4 $\pm$ 0,51	8,1 $\pm$ 0,74	10,21 $\pm$ 0,35	14,51 $\pm$ 0,42
IV	62,9 $\pm$ 2,71	26,14 $\pm$ 1,99	4,6 $\pm$ 0,37	8,5 $\pm$ 0,56	10,61 $\pm$ 0,54	14,05 $\pm$ 0,36
Контроль	63,8 $\pm$ 1,19	26,12 $\pm$ 0,98	4,4 $\pm$ 0,29	8,5 $\pm$ 0,52	10,54 $\pm$ 0,27	14,24 $\pm$ 0,24
Возраст 180 сут.						
I	85,4 $\pm$ 5,30	34,61 $\pm$ 2,69	3,4 $\pm$ 0,18*	7,4 $\pm$ 0,59	15,6 $\pm$ 1,09	24,4 $\pm$ 1,94
II	83,1 $\pm$ 2,69*	34,89 $\pm$ 3,24	3,4 $\pm$ 0,24	7,2 $\pm$ 0,34*	15,2 $\pm$ 0,94*	22,41 $\pm$ 0,81*
III	80,6 $\pm$ 4,29	32,47 $\pm$ 0,98*	3,6 $\pm$ 0,31	7,8 $\pm$ 0,67	14,7 $\pm$ 2,14	22,03 $\pm$ 1,64
IV	74,1 $\pm$ 3,41	30,04 $\pm$ 4,25	3,6 $\pm$ 0,24	8,0 $\pm$ 0,73	13,6 $\pm$ 1,42	18,86 $\pm$ 2,04
Контроль	72,4 $\pm$ 3,52	30,03 $\pm$ 1,92	8,4 $\pm$ 0,29	10,5 $\pm$ 0,52	8,97 $\pm$ 0,73	14,49 $\pm$ 2,42

Таблица 6. Показатели гормонального статуса ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Группы	Адреналин, мкг/л	Норадреналин, мкг/л	Кортизол мкг/л
Возраст 60 суток			
I	3,96 $\pm$ 0,18	12,84 $\pm$ 0,11*	76,84 $\pm$ 2,41
II	4,12 $\pm$ 0,11*	13,09 $\pm$ 0,56	70,21 $\pm$ 0,98*
III	3,91 $\pm$ 0,14	12,67 $\pm$ 0,14*	71,34 $\pm$ 3,61
IV	4,05 $\pm$ 0,09*	13,10 $\pm$ 0,35	74,33 $\pm$ 2,09*
Контроль	3,87 $\pm$ 0,19	12,06 $\pm$ 0,68	73,41 $\pm$ 1,99
Возраст 180 суток			
I	5,01 $\pm$ 0,14	16,37 $\pm$ 0,96*	102,72 $\pm$ 2,98*
II	5,67 $\pm$ 0,09*	16,98 $\pm$ 1,12	108,67 $\pm$ 4,82
III	6,8 $\pm$ 0,11*	19,84 $\pm$ 1,02	112,39 $\pm$ 2,41*
IV	11,08 $\pm$ 0,18	30,21 $\pm$ 2,31	137,89 $\pm$ 6,39
Контроль	12,24 $\pm$ 0,19	36,62 $\pm$ 0,86	143,12 $\pm$ 3,09

При стрессе для энергообеспечения защитных реакций привлекается большое количество ненасыщенных жирных кислот и кислорода. Глюкокортикоиды увеличивают активность фосфолипаз, это приводит к усилению процесса перекисного окисления липидов, который вызывает деградацию гормонов стресса. Поэтому организм животных вынужден отвечать усилением кортикотропной функции гипофиза (Pacák, Palkovits, 2001; Carrasco, Van De Kar, 2003; Едкова и др., 2010)

Объективной оценкой состояния антиоксидантного статуса и неспецифической резистентности организма служит характеристика системы редукции глутатиона, в частности тиол-дисульфидное соотношение. При нарушениях обменных процессов, вызванных разными внешними факторами, отмечается снижение содержания SH-групп и увеличение количества SS-групп (Pacák, Palkovits, 2001; Галочкин и др., 2005). Можно говорить о неспецифическом характере изменения содержания тиоловых соединений в тканях при действии на организм экстремальных факторов (Sapolsky et al., 2000; Майстров и др., 2006). Функциональная роль соединений, содержащих сульфгидрильные группы, реализуется через стимуляцию активности большой группы ферментов и гормонов. В нашем эксперименте установлено, что увеличение среднесуточного прироста живой массы у свиней сопровождается повышением количества SH-групп в сыворотке крови (табл. 7).

К числу соединений, ответственных за неспецифическую резистентность, относятся серосодержащие низкомолекулярные вещества — глутатион, эрготионеин, цистеин, гомоцистеин и липоевая кислота. В тканях и плазме крови млекопитающих в обычных условиях со-

держание окисленного глутатиона поддерживается на более низком уровне, чем глутатиона восстановленного. Окислительный стресс может привести к существенному накоплению окисленного глутатиона в печени и его выбросу в кровь. Повышенное содержание окисленного глутатиона в плазме крови, в свою очередь, способно вызвать окисление тиоловых групп белков плазмы и их инактивацию.

Таким образом, количество SH-групп в крови и тканях организма, обусловленное различными факторами, в большой степени отражает интенсивность обменных процессов, связанных с различной энергией роста и продуктивностью животных, а «пороговая» концентрация SH-групп в крови соответствует наибольшему проявлению способности к росту и продуктивности. Показано, что животные с высоким адаптивным потенциалом характеризуются более высокой функциональной активностью ферментативного и неферментативного звеньев системы антиоксидантной защиты и более низким содержанием продуктов свободнорадикального окисления (Остренко и др., 2017, Tsigos, Chrousos, 2002).

Таблица 7. *Функциональное состояние системы редукации глутатиона в крови (M±m, n= 5)*

Группы	SH	SS	SH/SS	МДА	СОД
Возраст 60 сут.					
I	0,57±0,26	0,23±0,04	2,48	3,95±0,43	648±24
II	0,60±0,14*	0,18±0,01	3,33	4,01±0,67	652±34
III	0,59±0,09*	0,17±0,02	3,47	4,12±0,34	643±97
IV	0,55±0,18	0,21±0,02	2,62	4,81±0,71	659±51
Контроль	0,58±0,11	0,22±0,01	2,64	5,38±0,79	645±42
Возраст 180 сут.					
I	0,88±0,21	0,26±0,09	3,38	2,94±0,26	821±48*
II	0,82±0,16*	0,28±0,04*	2,93	2,90±0,14	736±31*
III	0,78±0,09*	0,31±0,03*	2,37	3,33±0,31	751±105
IV	0,63±0,18*	0,33±0,17	1,91	4,01±0,18	722±90
Контроль	0,61±0,24	0,38±0,06	1,61	6,07±0,09	709±73

Примечания: SH – восстановленный глутатион + цистеин, мкмоль/мл; SS – окисленный глутатион + цистин, мкмоль/мл; МДА – малоновый диальдегид, нмоль/мл; СОД – активность супероксиддисмутазы, Ед.

Установлено, что снижение резистентности связано в первую очередь с уменьшением интенсивности процессов образования энергии, с низким запасом гликогена и его быстрым расходом при технологических нагрузках, накоплением недоокисленных продуктов. Так, гидроперекиси, постоянно синтезирующиеся в организме, после распада и вторичного окисления в качестве одного из продуктов могут давать альдегидгидроперекиси, которые, в свою очередь, со временем разрушаются с образованием малонового альдегида и накоплением Шиффовых оснований (Pacák, Palkovits 2001; Charmandari et al. 2005; Войтеха и др., 2010).

Животные опытных групп в возрасте 180 сут. (табл. 6) явно превосходили остальных по содержанию SH-групп, величине тиол-дисульфидного соотношения и характеризовались наименьшей концентрацией вторичных продуктов перекисного окисления липидов в плазме в крови. При этом содержание SH- и SS-групп в плазме крови закономерно повышалось с возрастом (дисульфидных групп – в меньшей степени); в результате снижалась концентрация МДА. Возможно, что эти эффекты обусловлены повышением активности антиоксидантной системы за счет наличия в составе применяемого препарата аскорбиновой кислоты, которая является природным антиоксидантом. Выявлена синхронность изменения тиол-дисульфидного потенциала и продуктивности животных.

### Заключение

В результате воздействия технологических стрессоров в стандартном производственном цикле выращивания и откорма свиней повышается уровень общей реактивности организма, что отражается на картине крови. Выявленное в эксперименте повышение уровня гемо-

глобина, эритроцитов и лимфоцитов свидетельствует о мобилизации энергетических ресурсов, усилении внутриклеточного обмена, бактерицидной и фагоцитарной активности клеточных элементов. На основании полученных данных можно заключить, что аскорбат лития активизирует процессы, связанные с участием  $\alpha$ -,  $\beta$ - глобулинов в транспортировке липидов, стероидных гормонов, а также в выполнении  $\gamma$ -глобулинами защитных функций в системе неспецифического иммунитета. Повышение секреции катехоламинов мозговым слоем надпочечников в ответ на стрессовые воздействия свидетельствует об активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, активизирующей компенсаторные функции для поддержания гомеостаза и замедляющей процессы роста животных.

При введении с кормом аскорбата лития подсвинкам на откорме с 60-го дня до убоя в дозе 10, 5 и 2 мг/кг массы тела, аскорбат лития проявляет выраженные адаптогенные и стресспротекторные свойства, предотвращает резкие выбросы адреналина и норадреналина, поддерживает на физиологическом уровне динамику кортизола в системном кровотоке. Полученные данные свидетельствуют о том, что аскорбат лития у свиней на доразивании и откорме положительно влияет на липидно-холестероловый обмен и антиоксидантный статус и, как следствие, способствует повышению приростов живой массы и качества мяса. Выявленные эффекты аскорбата лития свидетельствуют о перспективности разработки новых эффективных способов повышения стрессустойчивости, неспецифической резистентности и продуктивности животных с помощью препаратов на основе органических солей лития.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Войтеха М.А. Гаглошвили А.А. Иммунный и тиол-дисульфидный статус свиней, содержащихся на низкопротеиновых рационах с различной обменной энергией и аминокислотами // *Сельскохозяйственная биология*. – 2010. – № 4. – С. 66-72.
2. Галочкин В.А., Малиненко П.Е., Майстров В.И. Система глутатиона как критерий антиоксидантного статуса животных // *Сб. науч. тр. ВНИИФБиП с.-х. животных*. – 2005. – Т. 24. – С. 97-113.
3. Гуськов А.Н. Влияние стресс-фактора на состояние сельскохозяйственных животных – М.: Агропромиздат, 1994. – 91 с.
4. Дедкова А.И., Сергеева Н.Н. Клинико-физиологическое состояние свиней на откорме при уплотненном содержании // *Вестник Орловского ГАУ*. – 2010. – № 3 – С.84-87.
5. Кислинская Л.Г., Мешков В.М., Жуков А. П. Динамика белкового обмена у откормочных свинок при разном уровне кормления // *Известия Орловского ГАУ*. – 2015. – Т. 55. – № 5. – С. 93-97.
6. Кислинская Л.Г., Мешков В.М., Жуков А.П. Биохимические показатели сыворотки крови помесных свиней в возрасте 2–6 месяцев // *Известия Оренбургского ГАУ*. – 2014. – Т. 47. – № 3. – С. 92-94.
7. Лещуков К.А., Мамаев А.В. Гемогормональный статус организма свиней при стимуляции компенсаторно-адаптационных реакций // *Вестник Курского ГАУ* – 2010 – № 2 – С. 32-36.
8. Марьина О.Н. Ценность исследования ферментативной активности белковых катализаторов в сыворотке крови животных при применении микробиологического бета-каротина // *Мат. междунар. науч.-практич. конф. «Актуальные вопросы аграрной науки и образования»*. – Ульяновская ГСХА, 2008. – Т. 2. – С. 100-104.
9. Майстров В.И., Галочкина В.П. Антиоксидантно-антирадикальная и тиол-дисульфидная системы племенных бычков под влиянием комплекса биологически активных веществ. – *Сельскохозяйственная биология*. – 2006. – № 2. – С. 64-68.
10. Меньщикова Е.Б. Окислительный стресс: Патологические состояния и заболевания. – Новосибирск: АРТА, 2008. – 284 с.
11. Макеев А.А., Сахаров А.В., Просенко А.Е., Жучаев К.В., Рябчикова Е.И. Влияние окислительного стресса на структурно-функциональную организацию кишечника свиней // *Вестник Красноярского ГАУ*. – 2009. – № 7. – С. 120-123.
12. Никитин В.Н. Атлас клеток крови сельскохозяйственных и лабораторных животных. – М.: ГИСЛ, 1956. – 260 с.
13. Остренко К.С., Галочкин В.А., Колоскова Е.М., Галочкина В.П., Влияние нового микронутриента – аскорбата лития на стрессоустойчивость и продуктивность свиноматок // *Проблемы биологии продуктивных животных*. – 2017. – № 2. – С. 74-86.



14. Храпова Н.Г. Исследование синтетических и природных антиоксидантов *in vivo* и *in vitro*. – М.: Наука, 1992 – 193 с.
15. Cannon W. B. Organization for physiological homeostasis // *Physiology Reviews*. – 1929. – Vol. 9. – P. 399-431.
16. Carrasco G.A., Van De Kar L.D. Neuroendocrine pharmacology of stress // *Eur. J. Pharm.* – 2003. – Vol. 463. – No. 1-3. – P. 235-272.
17. Charmandari E., Tsigos C., Chrousos G. Endocrinology of the stress response // *Ann. Rev. Physiol.* – 2005. – Vol. 67. – P. 259-284.
18. Curley K.O. Jr., Neuendorff D.A., Lewis A.W., Cleere J.J., Welsh T.H., Randel R.D. Functional characteristics of the bovine hypothalamic-pituitary-adrenal axis vary with temperament // *Hormones and Behavior*. – 2008. – Vol. 53. – No. 1. – P. 20-27.
19. Gibbs D.M., Vale W. Presence of corticotropin releasing factor-like immunoreactivity in hypophysial portal blood // *Endocrinology*. – 1982. – Vol. 111. – No. 4. – P. 1418-1420.
20. Iwasaki A., Medzhitov R. Regulation of adaptive immunity by the innate immune system // *Science*. – 2010. – Vol. 327. – No. 5963. – P. 291-295.
21. Mak T.W., Saunders M.E. Innate immunity // In: *The immune response: basic and clinical principles*. – Amsterdam: Elsevier, Acad. Press, 2004. – P. 70-92.
22. Pacák K., Palkovits M. Stressor specificity of central neuroendocrine responses: implications for stress-related disorders // *Endocrine Reviews*. – 2001. – Vol. 22. – No. 4. – P. 502-548.
23. Sapolsky M., Romero L.M., Munck A.U. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions // *Endocrine Reviews*. – 2000. – Vol. 21. – No. 1. – P. 55-89.
24. Selye H. A syndrome produced by diverse nocuous agents // *Nature*. – 1936. – Vol. 138. – P. 32-63.
25. Tsigos C., Chrousos G.P. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress // *J. Psychosom. Res.* – 2002. – Vol. 53. – No. 4. – P. 865-871.

#### REFERENCES

1. Cannon W. B. Organization for physiological homeostasis. *Physiology Reviews*. 1929, 9: 399-431.
2. Carrasco G.A., Van De Kar L.D. Neuroendocrine pharmacology of stress. *Eur. J. Pharm.* 2003, 463(1-3): 235-272.
3. Charmandari E., Tsigos C., Chrousos G. Endocrinology of the stress response. *Ann. Rev. Physiol.* 2005, 67: 259-284.
4. Curley K.O. Jr., Neuendorff D.A., Lewis A.W., Cleere J.J., Welsh T.H., Randel R.D. Functional characteristics of the bovine hypothalamic-pituitary-adrenal axis vary with temperament. *Hormones and Behavior*. 2008, 53(1): 20-27.
5. Dedkova A.I., Sergeeva N.N. *Vestnik Orlovskogo GAU - Herald of Orlov State Agricultural University*. 2010, 3: 84-87.
6. Galochkin V.A., Malinenko P.E., Maistrov V.I. [The glutathione system as a criterion for the antioxidant status of animals]. *Nauchnye trudy VNIIFBiP – Proc. Inst. Physiol., Biochem., Nutr. Farm Anim.* 2005, 24: 97-113.
7. Gibbs D.M., Vale W. Presence of corticotropin releasing factor-like immunoreactivity in hypophysial portal blood. *Endocrinology*, 1982, 111(4): 1418-1420.
8. Gus'kov A.N. *Vliyanie stress-faktora na sostoyanie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh* [The influence of the stress factor on the state of farm animals]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1994, 91 p.
9. Iwasaki A., Medzhitov R. Regulation of adaptive immunity by the innate immune system. *Science*. 2010, 327(5963): 291-295.
10. Khrapova N.G. *Issledovanie sinteticheskikh i prirodnykh antioksidantov in vivo i in vitro* (Study of synthetic and natural antioxidants in vivo and in vitro). Moscow: Nauka Publ., 1992, 193 p.
11. Kislinskaya L.G., Meshkov V.M., Zhukov A.P. *Vestnik Orlovskogo GAU - Herald of Orlov State Agricultural University*. 2015, 55(5): 93-97.
12. Kislinskaya L.G., Meshkov V.M., Zhukov A.P. *Izvestiya OGAU - Reports of Orenburg State Agrarian University*. 2014, 47(3): 92-94.
13. Leshchukov K.A., Mamaev A.V. *Vestnik Orlovskogo GAU - Herald of Orlov State Agricultural University*. 2010, 2: 32-36.

14. Maistrov V.I., Galochkina V.P. [Antioxidant-antiradical and thiol-disulfide systems in breeding bulls under the influence of a complex of biologically active substances]. *Sel'skokhosyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology*. 2006, 2: 64-68.
15. Mak T.W., Saunders M.E. Innate immunity. In: *The immune response: basic and clinical principles*. Amsterdam, Elsevier, Acad. Press, 2004, P. 70-92.
16. Makeev A.A., Sakharov A.V., Prosenko A.E., Zhuchaev K.V., Ryabchikova E.I. [Effect of oxidative stress on the structural and functional organization of the intestines in pigs]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosuniversiteta. Estestvennye nauki - Bulletin of Krasnoyarsk State Univer. Ser. Natural Sci.* 2009, 7: 120-123.
17. Mar'ina O.N. *Mat. mezhdunar. nauch.-praktich. konf. «Aktual'nye voprosy agrarnoi nauki i obrazovaniya»*. Ul'yanovskaya GSKhA (Mat. Intern. Sci.-practical. Conf.: Actual issues of agrarian science and education). Ulyanovsk: Agricultural Academy Publ., 2008. 2(1-2): 100-104.
18. Men'shchikova E.B. *Okislitel'nyi stress: Patologicheskie sostoyaniya i zabolevaniya* (Oxidative stress: Pathological conditions and diseases). Novosibirsk: ARTA Publ., 2008, 284 p.
19. Nikitin V.N. *Atlas kletok krovi sel'skokhozyaistvennykh i laboratornykh zhivotnykh* (Atlas of blood cells of agricultural and laboratory animals). Moscow: GISL Publ., 1956, 260 p.
20. Ostrenko K.S., Galochkin V.A., Koloskova E.M., Galochkina V.P. [Influence of a new micronutrient - lithium ascorbate on stress resistance and sow productivity]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology*. 2017, 2: 74-86.
21. Pacák K., Palkovits M. Stressor specificity of central neuroendocrine responses: implications for stress-related disorders. *Endocrine Reviews*. 2001, 22(4): 502-548.
22. Sapolsky M., Romero L.M., Munck A.U. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocrine Reviews*. 2000, 21(1): 55-89.
23. Selye H. A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*. 1936,138: 32-63.
24. Tsigos C., Chrousos G.P. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *J. Psychosom. Res.* 53(4): 865-871.
25. Voitekha M.A., Gagloshvili A.A. [Immune and thiol-disulfide status of pigs fed low-protein rations with different levels of metabolizable energy and amino acids]. *Sel'skokhosyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology*. 2010, 4: 66-72

**Application of lithium ascorbate for improving stress resistence  
and productivity of pigs in growing and fattening petriods**

Ostrenko K.S., Galochkin V.A., Galochkina V.P.

*Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition, Borovsk, Kaluga oblast,  
Russian Federation*

**ABSTRACT.** The aim of the study is the development of a new antistress agent to reduce the impact of technological stress factors in growing and fattening pigs. The experiment was carried out on 5 groups of Irish landrace pigs (4 experimental and 1 control group), 10 pigs each in the age period from 60 to 210 days. Animals I, II, III and IV experimental groups were fed daily with the food of ascorbate lithium in the form of powder in a dose of 10, 5, 2 and 0.5 mg/kg LW during the entire period. Weighing was done before the introduction of the drug, on the 4th month and before slaughter. Before the animals were put into the experiment and on the 180th day of the experiment, blood samples were taken. Triacylglycerols, total protein and globulins of various fractions, lipoprotein fractions, adrenaline, noradrenaline, cortisol and progesterone, malonic dialdehyde, thiol-disulphide ratio (SH/SS), activity of superoxide dismutase were determined in blood plasma. In groups I, II, III and IV, the increase in live weight over the entire period of the experiment was higher than in the control group by 16, 13; 12 and 8%, respectively ( $P < 0.05$ ). The yield of the carcass in the test groups was higher, and the amount of internal fat was less, in comparison with control ( $P < 0.05$ ). As a result of the impact of technological stressors, the increase in the blood level of catecholamines, hemoglobin, erythrocytes and lymphocytes occurs in fattening animals, which indicates the mobilization of energy resources, the bactericidal and phagocytic activity of cellular elements. When administered lithium ascorbate with feed from the 60th day to slaughter at a dosage of 10, 5 and 2 mg/kg LW, lithium ascorbate exhibits pronounced adaptogenic and stress protective properties, prevents sharp increase in adrenaline and norepinephrine levels, maintains concentration of cortisol in the systemic bloodstream at a physiological level. By acting on protein and lipid metabolism, lithium ascorbate activates functions associated with the participation of  $\alpha$ - and  $\beta$ -globulins in the transport of lipids, steroid hormones, and in the performance of  $\gamma$ -globulin protective functions. Lithium ascorbate has a positive effect on the lipid-cholesterol metabolism and antioxidant status and, as a result, contributes to the increase in the growth of live weight and the quality of meat.

*Key words: gilts, anti-stress drugs, lithium ascorbate, lipid-cholesterol metabolism, protein metabolism, catecholamines, cortisol, antioxidant status*

**Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2017, 3: 108-118**

Поступило в редакцию: 01.03.2017

Получено после доработки: 10.04.2017

**Остренко Константин Сергеевич**, к.б.н., нач. отд., т. 8(910)916-66-58; ostrenkoks@gmail.com;  
**Галочкин Владимир Анатольевич**, д.б.н., зав. лаб., т. 8(910)523-98-22  
**Галочкина Валентина Петровна**, д.б.н., с.н.с., т. 8(915)862-66-00;