

УДК: 636.4:591.133

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2026.1.178

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ У СВИНОМАТОК ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АСКОРБАТА ЛИТИЯ

Кутьин И.В. * – науч. сотр. лаб. иммунобиотехнологии и микробиологии
(ORCID 0000-0002-4605-9417)

ВНИИФБиП Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии,
биохимии и питания животных – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский
центр животноводства – ВИЖ им. акад. Л.К. Эрнста»

kurookami@mail.ru

Ключевые слова: свиноматки, антиоксидантная система, адаптогены, репродуктивный цикл, окислительный стресс.

Keywords: sows, antioxidant system, adaptogens, reproductive cycle, oxidative stress.

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки, проект № 124020200032-4.

Поступила: 04.08.2025

Принята к публикации: 05.03.2026

Опубликована онлайн: 01.04.2026



РЕФЕРАТ

Одним из ключевых физиологических факторов, определяющих успешность воспроизводства, является окислительный статус организма, поскольку в период супоросности, опороса и локации у свиноматок возрастает уровень метаболического стресса, сопровождающегося усиленным образованием свободных радикалов. Цель исследования – комплексная оценка эффективности аскорбата лития в модуляции антиоксидантной системы свиноматок в динамике супоросности. Эксперимент проведён на клинически здоровых свиноматках, распределённых на контрольную и опытную группы. Животные опытной группы получали перорально аскорбат лития в дозе 10 мг/кг живой массы ежедневно в течение всего репродуктивного цикла (сервис-периода, периода супоросности, периода лактации). Контрольная группа добавку не получала. В качестве критериев антиоксидантного статуса на 30-е и 110-е сутки супоросности определяли: концентрации восстановленного (GSH) и окисленного (GSSG) глутатиона, рассчитывали тиол-дисульфидное соотношение (GSH/GSSG) и уровень малонового диальдегида (МДА) в плазме крови. Установлено, что применение аскорбата лития вызвало статистически значимые изменения в показателях окислительно-антиоксидантного гомеостаза. В опытной группе отмечено повышение уровня GSH и снижение содержания GSSG, что привело к улучшению тиол-дисульфидного соотношения по сравнению с контролем. Параллельно зафиксировано снижение концентрации МДА. Положительный эффект был более выражен на 110-е сутки супоросности, что соответствует периоду максимального метаболического напряжения. Аскорбат лития проявляет выраженную антиоксидантную активность у супоросных свиноматок, проявляющуюся в активации глутатионовой системы и ингибировании перекисного окисле-

ния липидов. Полученные результаты обосновывают целесообразность его использования в схемах кормления для профилактики окислительного стресса и поддержания репродуктивного здоровья свиноматок в условиях повышенных физиологических и технологических нагрузок.

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Современное свиноводство ориентировано на повышение продуктивности животных, что требует не только совершенствования технологий кормления и содержания, но и углубленного изучения физиологических процессов, влияющих на репродуктивную функцию свиноматок. Одним из ключевых физиологических факторов, определяющих успешность воспроизводства, является окислительный статус организма, поскольку в период супоросности, опороса и локации у свиноматок возрастает уровень метаболического стресса, сопровождающегося усиленным образованием свободных радикалов [1].

Антиоксидантная система играет важную роль в защите клеток от окислительного повреждения, обеспечивая стабильность мембран, ДНК и функциональную активность ферментов. Однако в условиях повышенной нагрузки, например, в репродуктивном цикле, эндогенных антиоксидантов может быть недостаточно, что приводит к развитию окислительного стресса и негативно сказывается на здоровье свиноматок, сохранности приплода и молочной продуктивности [2].

В последние годы особое внимание уделяется поиску эффективных антиоксидантных добавок, способных модулировать окислительно-восстановительный баланс у сельскохозяйственных животных. Аскорбат лития представляет собой перспективное соединение, сочетающее свойства аскорбиновой кислоты (мощного антиоксиданта) и лития (элемента, обладающего нейропротекторным и антистрессовым действием). Предполагается, что его применение может способствовать повышению устойчивости свиноматок к окислительному стрессу в ключевые периоды репродуктивного цикла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ / MATERIALS AND METHODS

Экспериментальная часть исследования проводилась в 2020 году, в свиноводческом комплексе «Томский» АО «СИБАГРО» в поселке Светлый Томской области. Объектом исследования являлись свиноматки породы Ирландский ландрас в период супоросности. Было сформировано 2 группы по 20 голов в каждой. Подопытные группы сформированы из пользовательских животных хозяйства. Доза аскорбата лития для введения в рацион была выбрана на основе анализа ранее проведенных исследований [1, 3, 4], показавших его максимальную эффективность в отношении стресс-протекторного и антиоксидантного действия у свиней. Исходя из этого, АЛ вводили в основной рацион опытной группы в дозе 10 мг/кг живой массы 1 раз в сутки на протяжении всего репродуктивного цикла (сервис-периода, периода супоросности, периода лактации).

Для динамической оценки антиоксидантного статуса у всех животных, вовлеченных в эксперимент (свиноматки опытной и контрольной групп), проводили последовательный отбор проб крови. Забор крови осуществляли в критические точки репродуктивного цикла: за сутки до искусственного осеменения, на 30-е и 110-е сутки супоросности, а также на 20-й день лактации. Процедуру проводили стандартным венозным методом в условиях производственного комплекса.

В полученных образцах крови определяли комплекс ключевых биохимических маркеров, характеризующих состояние антиоксидантной системы и уровень оксидативного стресса: концентрацию восстановленной (GSH) и окисленной (GSSG) форм глутатиона (мкмоль/мл) – центральных компонентов тиол-зависимой антиоксидантной защиты, тиол-дисульфидное соотношение (SH/SS), рассчитываемое как GSH/GSSG-интегральный показатель редокс-гомеостаза клетки, а так же уровень мало-

нового диальдегида (МДА) (нмоль/мл) – основного продукта перекисного окисления липидов, служащий маркером степени повреждения клеточных мембран. Концентрацию GSH и окисленного GSSG глутатиона в эритроцитах измеряли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре СПЕКС 705 («Спектроскопические системы», Россия) в соответствии с методикой [5]. На основании полученных данных рассчитывали тиол-дисульфидное соотношение. Концентрацию МДА в плазме, определяли с использованием коммерческого набора реагентов «Human Malondialdehyde ELISA kit» (США) в микропланшетном формате на анализаторе АИФР-01 УНИПЛАН (ЗАО «Пикон», Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Ранний период супоросности представляет собой критически важную фазу репродуктивного цикла, когда происходят ключевые процессы имплантации эмбрионов и формирования плаценты. В это время в организме свиноматок наблюдаются значительные метаболические изменения, связанные с перестройкой гормонального фона и повышенными энергетическими потребностями развивающихся эмбрионов.

Наиболее значимым эффектом применения аскорбата лития стало увеличение концентрации восстановленного глутатиона на 21,74% по сравнению с контрольной группой. Этот результат особенно важен, так как GSH играет центральную роль в защите быстро делящихся клеток эмбрионов от окислительного повреждения [6, 7]. Механизм действия аскорбата лития в данном случае связан с его способностью активировать ферменты синтеза глутатиона, а также предоставлять дополнительные восстановительные эквиваленты через аскорбиновый компонент [1, 4]. Одновременно мы наблюдали снижение уровня окисленного глутатиона на 32,08%, что указывает на значительное уменьшение окислительной нагрузки на клеточные структуры. Особого внимания заслуживает динамика тиол-дисульфидного соотношения, которое в

опытной группе превышало контрольные значения на 86,13%. Этот показатель, отражающий общий редокс-потенциал клеток, демонстрирует создание оптимальных условий для нормального протекания восстановительных процессов и поддержания функциональной активности белков [1, 8]. Такие изменения особенно важны в контексте плацентации, когда происходит активное формирование новых сосудов и дифференцировка трофобластов. Снижение малонового диальдегида (МДА) на 33,98% свидетельствует о выраженном антиоксидантном эффекте аскорбата лития в отношении перекисного окисления липидов [9, 3]. Этот аспект имеет особое значение для раннего эмбриогенеза, так как целостность клеточных мембран напрямую влияет на процессы деления и дифференцировки клеток развивающегося эмбриона. Полученные данные согласуются с результатами других исследований, показывающих взаимосвязь между уровнем перекисного окисления липидов и частотой ранних эмбриональных потерь [2, 6, 7].

Физиологическое значение наблюдаемых изменений в данный период, заключается в создании оптимальных условий для успешной имплантации и раннего развития эмбрионов. Улучшение антиоксидантного статуса способствует нормальному формированию плаценты, обеспечивая адекватное снабжение развивающихся плодов кислородом и питательными веществами [10, 11]. Кроме того, стабилизация окислительно-восстановительного баланса положительно влияет на гормональный фон, что особенно важно для поддержания супоросности на ранних сроках.

Поздний период супоросности (110-е сутки) характеризуется интенсивным ростом плодов и максимальной нагрузкой на организм свиноматки. В это время наблюдается значительное повышение метаболической нагрузки, сопровождающееся усилением окислительных процессов.

Наиболее значимым изменением следует отнести увеличение уровня восста-

новленного глутатиона на 42,68% в опытной группе в сравнении с контрольной группой. Этот эффект имеет особое физиологическое значение, так как GSH играет ключевую роль в защите плацентарной ткани от окислительного повреждения. Повышенная концентрация глутатиона способствует улучшению маточно-плацентарного кровообращения, что подтверждается исследованиями, показавшими прямую корреляцию между уровнем GSH и плацентарной перфузией [4, 6]. Одновременно отмечалось снижение содержания окисленного глутатиона на 19,64%, что свидетельствует о значительном уменьшении окислительного стресса. Со стороны тиол-дисульфидного баланса, показатель SH/SS в опытной группе превышал контрольные значения на 76.87%. Такое изменение редокс-статуса создает оптимальные условия для функционирования плацентарных ферментов и транспортной системы, обеспечивающих снабжение плодов необходимыми питательными веществами в контексте профилактики внутриутробной задержки развития плодов, часто связанной с окислительным стрессом в поздние сроки супоросности [1, 4].

Снижение концентрации МДА на

33.98% демонстрирует выраженный антиперекисный эффект аскорбата лития. Этот показатель имеет общую клиническую значимость, так как перекисное повреждение липидов в поздний период супоросности ассоциировано с риском преждевременных опоросов и рождения ослабленного потомства [3, 6, 10].

Важным аспектом действия аскорбата лития является его влияние на иммунный статус. Повышенный уровень GSH способствует усилению фагоцитарной активности макрофагов и продукции цитокинов, что имеет особое значение для поддержания иммунного гомеостаза в условиях повышенной антигенной нагрузки в конце супоросности [4, 6]. Как отмечено некоторыми авторами, глутатион играет ключевую роль в регуляции иммунного ответа у супоросных свиноматок [4].

Метаболические эффекты АЛ в данном периоде проявлялись в оптимизации энергетического обмена, что особенно важно в условиях повышенных энергетических потребностей в конце супоросности. Улучшение утилизации питательных веществ стабилизация энергетического баланса способствует нормальному развитию плодов и подготовке к предстоящему опоросу [8, 9, 10].

Таблица 1 – Функциональное состояние антиоксидантной системы у свиноматок в течении супоросности

Показатели	GSH, мкмоль/мл	GSSG, мкмоль/мл	SH/SS	МДА нмоль/мл
Ранняя супоросность 30 суток				
Опыт	1,12±0,1	0,36±0,07*	3,22±0,77	5,13±0,62*
Контроль	0,92±0,43	0,53±0,02	1,73±0,81	7,77±0,7
Поздняя супоросность 110 сутки				
Опыт	1,17±0,09*	0,45±0,03*	2,6±0,27*	6,19±0,71*
Контроль	0,82±0,08	0,56±0,04	1,47±0,21	8,89±0,88

Примечания: *P≤0,05 по t - критерию при сравнении с контролем

ВЫВОДЫ / CONCLUSION

Наиболее стабильным и значимым эффектом применения аскорбата лития на протяжении всего репродуктивного цикла свиноматок стало достоверное повыше-

ние уровня восстановленного глутатиона, сопровождающееся снижением его окисленной формы. Это указывает на улучшение клеточного редокс-баланса и усиление антиоксидантной защиты. поддержа-

ние устойчивого тиол-дисульфидного соотношения свидетельствует о благоприятном влиянии АЛ на активность тиол-зависимых ферментов и обменные процессы. Снижение уровня малонового диальдегида в разные периоды супоросности подтверждает антиоксидантный и мембранопротекторный эффект АЛ, особенно выраженный в условиях максимальной физиологической нагрузки перед опоросом.

В целом, применение АЛ способствует оптимизации окислительно-восстановительного статуса, снижению оксидативного стресса и созданию условий для полноценного течения гестации.

FUNCTIONAL STATE OF THE ANTI-OXIDANT SYSTEM IN SOWS WITH LITHIUM ASCORBATE SUPPLEMENTATION

Kutyin I.V. * – researcher of the laboratory of immunobiotechnology and microbiology (ORCID 0000-0002-4605-9417).

Institute of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition,
branch of the Federal Research Center of Animal Husbandry, Ernst VIZh,

*Kurookami@mail.ru

Financing: *The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science, project №. 124020200032-4.*

ABSTRACT

One of the key physiological factors determining the success of reproduction is the oxidative status of the body, since during gestation, farrowing and lactation, the level of metabolic stress in sows increases, accompanied by increased formation of free radicals. The aim of the study was to comprehensively evaluate the effectiveness of lithium ascorbate in modulating the antioxidant system of sows during gestation. For this purpose, an experiment was conducted on clinically healthy sows, which were divided into two groups: control and experimental. The animals in the experimental group were given lithium ascorbate orally at

a dose of 10 mg/kg body weight per day throughout the entire reproductive cycle, including the service period, gestation, and lactation. The control group did not receive any supplement. To assess the antioxidant status, blood samples were collected from the sows on days 30 and 110 of gestation to measure the concentrations of glutathione (GSH and GSSG), calculate the thiol-disulfide ratio (GSH/GSSG), and determine the level of malondialdehyde (MDA). It has been established that the use of lithium ascorbate causes statistically significant changes in indicators of oxidative-antioxidant homeostasis in pregnant sows. In the experimental group, there was an increase in glutathione (GSH) levels and a decrease in glutathione disulfide (GSSG) content, leading to an improvement in the GSH/GSSG ratio compared to the control group. Additionally, a reduction in malondialdehyde (MDA) concentration was observed. The positive effects were more pronounced on day 110 of gestation, which corresponds to the period of maximum physiological stress. The results suggest that lithium ascorbate has antioxidant activity in sows during pregnancy, possibly through activation of the glutathione system and inhibition of lipid peroxidation. These findings support the potential use of lithium ascorbate in feeding schemes to prevent oxidative stress and support the reproductive health of sows in conditions of increased physiological and environmental stress.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Остренко, К. С. Антиоксидантный и стресспротекторный эффекты аскорбата лития в биомедицинских моделях у свиней / К. С. Остренко // Фармакокинетика и фармакодинамика. – 2019. – № 2. С. 32-35. – DOI 10.24411/2587-7836-2019-10044
Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/antioksidantnyy-i-stressprotektornyy-effekty-askorbata-litiya-v-biomeditsinskih-modelyah-u-sviney>
2. Agarwal, A. Oxidative stress and its implications in female infertility - a clinician's perspective / A. Agarwal, S. Gupta, R. Sharma // *Reprod. Biomed. Online.* – 2005. –

Vol. 11, № 5. – P. 641-650. – DOI: 10.1016/s1472-6483(10)61174-1.

3. Ниязов, Н. С. Эффективность антиоксидантного действия добавок витамина С у супоросных и лактирующих свиноматок / Н. С. Ниязов, К. С. Остренко, В. О. Лемешевский, А. Н. Овcharova // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2019. – № 3. С. 67-77. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-antioksidantnogo-deystviya-dobavok-vitamina-s-u-suporosnyh-i-laktiruyuschih-svinomatok>

4. Ostrenko, K. The Effect of Lithium Salt with Ascorbic Acid on the Antioxidant Status and Productivity of Gestating Sows / K. Ostrenko, R. Nekrasov, A. Ovcharova, V. Lemiasheuski, I. Kutin // *Animals*. – 2022. – Vol. 12, № 7. – P. 915. – DOI: 10.3390/ani12070915.

5. Арутюнян, А. В. Методы оценки свободнорадикального окисления и антиоксидантной системы организма: методические рекомендации / А. В. Арутюнян, Е. Е. Дубинина, Н. Н. Зыбина. – СПб.: Фолиант, 2000. – 104 с.

6. Al-Gubory, K. H. The roles of cellular reactive oxygen species, oxidative stress and antioxidants in pregnancy outcomes / K. H. Al-Gubory, P. A. Fowler, C. Garrel // *Int. J. Biochem. Cell Biol.* – 2010. – Vol. 42, № 10. – P. 1634-1650. – DOI: 10.1016/j.biocel.2010.06.001.

7. Guérin, P. Oxidative stress and protection against reactive oxygen species in the pre-implantation embryo and its surroundings / P. Guérin, S. El Mouatassim, Y. Ménezé // *Hum. Reprod. Update*. – 2001. – Vol. 7, № 2. – P. 175-189. – DOI: 10.1093/humupd/7.2.175.

8. Семенова, А. А. Использование антиоксидантов в качестве адаптогенов для свиней (*Sus scrofa domestica* Erxleben, 1777) (мета-анализ) / А. А. Семенова, Т. Г. Кузнецова, В. В. Насонова, Р. В. Некрасов, Н. В. Боголюбова, Е. Ю. Цис // *Сельскохозяйственная биология*. – 2020. – № 6. – С. 1107-1125. Режим доступа: [https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-antioksidantov-v-kachestve-adaptogenov-dlya-sviney-sus-scrofa-domesticus-erxleben-](https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-antioksidantov-v-kachestve-adaptogenov-dlya-sviney-sus-scrofa-domesticus-erxleben-1777-meta-analiz)

1777-meta-analiz

9. Максимов, Г. В. Система антиоксидантной защиты организма в зависимости от стресс-реакции, возраста и породы свиней / Г. В. Максимов, Н. В. Ленкова // *Ветеринарная патология*. – 2010. – № 4 (35). – С. 59-61. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-antioksidantnoy-zaschity-organizma-v-zavisimosti-ot-stress-reaktsii-vozrasta-i-porody-sviney>

10. Berchieri-Ronchi, C. B. Oxidative stress status of highly prolific sows during gestation and lactation / C. B. Berchieri-Ronchi, S. W. Kim, Y. Zhao, C. R. Correa, K. J. Yeum, A. L. Ferreira // *Animal*. – 2011. – Vol. 5, № 11. – P. 1774-1779. – DOI: 10.1017/S1751731111000772.

11. Lykkesfeldt, J. Oxidants and antioxidants in disease: oxidative stress in farm animals / J. Lykkesfeldt, O. Svendsen // *Vet. J.* – 2007. – Vol. 173, № 3. – P. 502-511. – DOI: 10.1016/j.tvjl.2006.06.005.

REFERENCES

1. Ostrenko, K. S. Antioxidant and stress protective effects of lithium ascorbate in biomedical models in pigs / K. S. Ostrenko // *Pharmacokinetics and pharmacodynamics*. – 2019. – No. 2. pp. 32-35. – DOI 10.24411/2587-7836-2019-10044 Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/antioksidantnyy-i-stressprotektorny-effekty-askorbata-litiya-v-biomeditsinskih-modelyah-u-sviney>

2. Agarwal, A. Oxidative stress and its implications in female infertility - a clinician's perspective / A. Agarwal, S. Gupta, R. Sharma // *Reprod. Biomed. Online*. – 2005. – Vol. 11, № 5. – P. 641-650. – DOI: 10.1016/s1472-6483(10)61174-1.

3. Niyazov, N. S. The effectiveness of the antioxidant effect of vitamin C supplements in pregnant and lactating sows / N. S. Niyazov, K. S. Ostrenko, V. O. Lemeshevsky, A. N. Ovcharova // *Problems of biology of productive animals*. – 2019. – № 3. С. 67-77. Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-antioksidantnogo-deystviya-dobavok-vitamina-s-u-suporosnyh-i-laktiruyuschih-svinomatok>

4. Ostrenko, K. The Effect of Lithium Salt with Ascorbic Acid on the Antioxidant Status and Productivity of Gestating Sows / K. Ostrenko, R. Nekrasov, A. Ovcharova, V. Lemiasheuski, I. Putin // *Animals*. – 2022. – Vol. 12, No. 7. – P. 915. – DOI: 10.3390/ani12070915.
5. Harutyunyan, A.V. Methods for assessing free radical oxidation and the antioxidant system of the body: methodological recommendations / A.V. Harutyunyan, E. E. Dubinina, N. N. Zybina. – St. Petersburg: Foliant, 2000. – 104 p.
6. Al-Gubory, K. H. The roles of cellular reactive oxygen species, oxidative stress and antioxidants in pregnancy outcomes / K. H. Al-Gubory, P. A. Fowler, C. Garrel // *Int. J. Biochem. Cell Biol.* – 2010. – Vol. 42, № 10. – P. 1634-1650. – DOI: 10.1016/j.biocel.2010.06.001.
7. Guérin, P. Oxidative stress and protection against reactive oxygen species in the pre-implantation embryo and its surroundings / P. Guérin, S. El Mouatassim, Y. Ménezio // *Hum. Reprod. Update.* – 2001. – Vol. 7, № 2. – P. 175-189. – DOI: 10.1093/humupd/7.2.175.
8. Semenova, A. A. The use of antioxidants as adaptogens for pigs (*Sus scrofa domestica* Erxleben, 1777) (meta-analysis) / A. A. Semenova, T. G. Kuznetsova, V. V. Nasonova, R. V. Nekrasov, N. V. Bogolyubova, E. Y. Cis // *Agricultural Biology*. – 2020. – № 6. – C. 1107-1125. Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-antioksidantov-v-kachestve-adaptogenov-dlya-sviney-sus-scrofa-domesticus-erxleben-1777-meta-analiz>
9. Maksimov, G. V. The system of antioxidant protection of the body depending on the stress reaction, age and breed of pigs / G. V. Maksimov, N. V. Lenkova // *Veterinary pathology*. – 2010. – № 4 (35). – C. 59-61. Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-antioksidantnoy-zaschity-organizma-v-zavisimosti-ot-stress-reaktsii-vozrasta-i-porody-sviney>
10. Berchieri-Ronchi, C. B. Oxidative stress status of highly prolific sows during gestation and lactation / C. B. Berchieri-Ronchi, S. W. Kim, Y. Zhao, C. R. Correa, K. J. Yeum, A. L. Ferreira // *Animal*. – 2011. – Vol. 5, № 11. – P. 1774-1779. – DOI: 10.1017/S1751731111000772.
11. Lykkesfeldt, J. Oxidants and antioxidants in disease: oxidative stress in farm animals / J. Lykkesfeldt, O. Svendsen // *Vet. J.* – 2007. – Vol. 173, № 3. – P. 502-511. – DOI: 10.1016/j.tvjl.2006.06.005.