

УДК:619:612.12:618.7:636.4

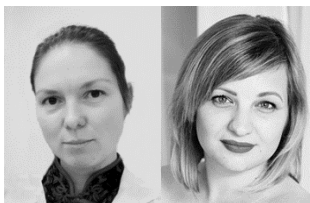
DOI 10.52419/ISSN2072-2419.2022.4.407

ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРОКСИДНОГО И АНТИОКСИДАНТНОГО СТАТУСА В ПЕРИОД СУПОРОСНОСТИ У СВИНОМАТОК, ПРЕДРАСПОЛОЖЕННЫХ К ПОСЛЕРОДОВЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ

Сашнина Л.Ю. (ORCID ID 000-0001-6477-6156) - лаборатория иммунологии и серологии, доктор ветеринарных наук, Никоненко Г.В. (ORCID ID 0000-0003-4983-7170) - лаборатория иммунологии и серологии, Владимирова Ю.Ю. (ORCID ID 0000-0001-8888-7264) - лаборатория иммунологии и серологии, Дрожжин О.С. (ORCID ID 0000-0002-0354-8149) - лаборатория гематологии и биохимии, кандидат биологических наук, Фурчаков С.Н. (ORCID ID 0000-0001-8917-2324) - лаборатория иммунологии и серологии
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии»

Ключевые слова: свиноматки, эндогенная интоксикация, антиоксидантный статус, оксид азота, эндометриты.

Keywords: sows, endogenous intoxication, antioxidant status, nitric oxide, endometritides.



РЕФЕРАТ

Промышленные свиноводческие хозяйства предусматривают интенсивное использование свиноматок с высоким генетическим потенциалом для получения максимально возможного количества жизнеспособных поросят. Развивающийся на фоне дисбаланса пероксидных реакций и антиоксидантной защиты, окислительный стресс является причиной возникновения послеродовых болезней у свиноматок, которые приводят к снижению или прекращению секреции молока, высокой заболеваемости и гибели новорожденных поросят. Целью работы являлось изучение разного уровня метаболического статуса у супоросных свиноматок в норме и при возникновении у них послеродовых эндометритов.

В статье изучены показатели системы антиоксидантной защиты, оксида азота и эндогенной интоксикации у свиноматок в период супоросности. Для исследования были взяты свиноматки 3-4 опороса, которых после опороса, на основании клинического осмотра, разделили на две группы: клинически здоровые и с признаками послеродового эндометрита. На 38-40 сутки супоросности у свиноматок обеих групп установлено состояние физиологического окислительного стресса. На 78-81 дни супоросности у них отмечено снижение накопления продуктов протеолиза и активизация ферментативного и неферментативного звеньев антиоксидантной системы. При этом, у заболевших эндометритом свиноматок по сравнению со здоровыми животными выявлено повышенное содержание малонового диальдегида, среднемолекулярных пептидов и молекул средних масс, сниженная активность каталазы, глутатионпероксидазы, витаминов А, Е и С во все сроки исследования. У них же отмечен высокий уровень стабильных метаболитов азота, участвующего в развитии окислительного стресса и в механизмах антиоксидантной защиты.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные свиноводческие хозяйства предусматривают интенсивное использование свиноматок с высоким генетическим потенциалом для получения максимально возможного количества жизнеспособных поросят.

Супоросность характеризуется высоким напряжением функциональной активности всех органов и систем организма свиноматок, особенную нагрузку при этом испытывают детоксикационная и выделительная системы. Формирование плацентарного кровообращения, рост и развитие плодов сопровождается усилением метаболических процессов и накоплением токсических продуктов белкового и липидного обмена, что приводит к развитию эндогенной интоксикации. Значительную роль в предотвращении оксидативного стресса и восстановлении баланса между про- и антиоксидантами играет активация системы антиоксидантной защиты [1].

Известно, что в реакциях окислительного стресса и механизмах антиоксидантной защиты принимает участие оксид азота, который усиливает отрицательные эффекты активных форм кислорода и сдерживает пероксидное окисление липидов, действуя как акцептор кислородных радикалов [8]. Помимо этого, процессы свободнорадикального окисления и система оксида азота являются универсальными факторами регуляции стрессорных и адаптивных ответов организма [8].

Развивающийся на фоне дисбаланса пероксидных реакций и антиоксидантной защиты, окислительный стресс является причиной возникновения послеродовых болезней у свиноматок, которые приводят к снижению или прекращению секреции молока, высокой заболеваемости и гибели новорожденных поросят [4].

В связи с этим изучение у свиноматок в период супоросности процессов свободнорадикального окисления липидов и механизмов антиоксидантной защиты с целью прогнозирования возникновения послеродовых заболеваний у животных является актуальным.

Целью работы являлось изучение разного уровня метаболического статуса у супоросных свиноматок в норме и при возникновении у них послеродовых эндометритов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований были подобраны клинически здоровые свиноматки третьего-четвёртого опороса на базе промышленного свиноводческого комплекса.

За 5-7 дней до осеменения, на 37-39 и 78-80 сутки супоросности от животных (n=15) брали кровь для проведения биохимических исследований. В крови определяли содержание малонового диальдегида (продукт ПОЛ), показатели эндогенной интоксикации – концентрацию молекул средней массы, выявляемых на длине волны 238, 254 и 282нм с последующим расчётом индекса эндогенной интоксикации (ИЭИ), общее количество среднемолекулярных пептидов, активность каталазы и глутатионпероксидазы (показатели ферментативного звена АОЗ), уровень метаболитов оксида азота (NO•), количество витаминов А, Е и С (показатели неферментативного звена АОЗ) в соответствии с «Методическим пособием» [5].

После опороса, на основании клинического осмотра, свиноматок разделили на две группы: первая - клинически здоровые (n=8), вторая - с признаками эндометрита (n=7). У заболевших свиноматок регистрировали угнетённое состояние, увеличение температуры тела до 40-42°C (лихорадка), снижение секреции молока, выделение мутного слизистого и слизистогнойного экссудата из влагалища.

Исследуемые показатели крови подвергали ретроспективному анализу в соответствии с клиническим состоянием животных. Полученные данные статистически обрабатывали с использованием программы «Statistica 8.0» (Stat Soft Inc., США) и «Microsoft Excel», оценку значимости различий средних арифметических - по критерию Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

У свиноматок, предрасположенных к послеродовым заболеваниям, по сравнению с клинически здоровыми, до осеменения отмечено повышенное содержание МДА (маркера оксидативного стресса) на 13,8%. Концентрация среднемолекулярных пептидов, представляющих собой промежуточные и конечные продукты белкового и липидного обмена, была выше на 10,0%. Уровень токсических фракций МСМ, определяемых на длинах волн $\lambda 238$ и $\lambda 254$, превышал на 10,7% и 25,0% значения аналогичных показателей у клинически здоровых животных, а количество ароматических нетоксических фракций МСМ $\lambda 280$ - на 19,0%. При этом индекс эндогенной интоксикации (ИЭИ), отражающий интенсификацию процессов аутоинтоксикации, был выше на 17,9% (табл. 1).

Наряду с активацией процессов перекисного окисления липидов у них регистрировали сниженную активность ферментов антиоксидантной защиты - каталазы и ГПО на 8,3 и 7,3% соответственно (табл. 2).

Недостаток активности ферментатив-

ного звена антиоксидантной защиты компенсировался уровнем оксида азота, который на 23,1% был выше аналогичного показателя у здоровых свиноматок.

Активность неферментативного звена АОЗ у заболевших после родов свиноматок - концентрации витаминов А, Е и С также были ниже на 6,5; 3,8 и 7,5% соответственно по сравнению с аналогичными показателями у клинически здоровых животных.

Физиологическая беременность сопровождалась существенными изменениями в про/антиоксидантном статусе. На 38-40 дни супоросности у свиноматок первой и второй группы было выявлено повышение содержания МДА на 13,8 и 12,8%; СМП на 5,1 и 14,9%; молекул средней массы МСМ $\lambda 238$ на 5,3 и 7,2%, МСМ $\lambda 254$ на 12,5 и 16,7%, МСМ $\lambda 280$ на 9,5 и 14,7%; значения ИЭИ на 16,8 и 14,7% (табл. 3).

Увеличение концентрации малонового диальдегида и уровня эндогенной интоксикации обусловлены активацией процессов ПОЛ в предплодный период супоросности, что связано с повышением метабо-

Таблица 1
Показатели эндогенной интоксикации у свиноматок до осеменения

Показатели	здоровые	впоследствии заболевшие
МДА, мкМ/л	1,3 \pm 0,051	1,5 \pm 0,033*
СМП, у.е.	0,8 \pm 0,026	0,9 \pm 0,034
МСМ λ 238, у.е.	0,8 \pm 0,011	0,8 \pm 0,007***
МСМ λ 254, у.е.	0,2 \pm 0,017	0,3 \pm 0,006**
МСМ λ 280, у.е.	0,2 \pm 0,006	0,3 \pm 0,009**
ИЭИ, у.е.	17,3 \pm 0,27	20,4 \pm 0,38***

* $P < 0,01$; ** $P < 0,005$; *** $P < 0,0005$ относительно показателей здоровых животных

Таблица 2
Показатели антиоксидантной защиты у свиноматок до осеменения

Показатели	здоровые	впоследствии заболевшие
Каталаза, мкМ H_2O_2 /л ^х мин	80,5 \pm 1,32	73,8 \pm 2,36*
ГПО, мкМ GSH/л ^х мин	21,8 \pm 0,63	20,2 \pm 0,46*
Оксид азота, мкМ/л	11,7 \pm 1,09	14,4 \pm 2,40
Витамин А, мкМ/л	0,8 \pm 0,048	0,7 \pm 0,048
Витамин Е, мкМ/л	7,8 \pm 0,116	7,5 \pm 0,339
Витамин С, мкМ/л	27,9 \pm 0,88	25,8 \pm 0,87

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ относительно показателей здоровых животных

лической активности организма, напряженным функционированием дезинтоксикационных и выделительных систем вследствие формирования новых органов и тканей, и интенсивного развития плодов [3].

У заболевших после опороса свиноматок уровень МДА, образующегося при деградации полиненасыщенных жиров активными формами кислорода, превышал на 12,8% аналогичный показатель животных первой группы. У них же отмечено преобладание промежуточных продуктов интенсивного протеолиза. Так, количество СМП было выше на 20,5%, токсических фракций МСМ λ 238 и МСМ λ 254 на 11,4% на 29,6% и ароматических МСМ λ 280 – на 21,7%, интегральный показатель аутоинтоксикации ИЭИ на 15,8%. Более высокое содержание показателей ПОЛ и продуктов протеолиза у предрасположенных к послеродовым заболеваниям свиноматок свидетельствуют о повышенном оксидативном напряжении организма.

В эти же сроки у свиноматок первой и второй группы установлено повышение активности глутатионпероксидазы на 7,9 и 16,8% и содержания витамина С на 6,1 и 5,4%. У них же выявлено снижение активности каталазы на 7,0 и 11,1% и содержания витамина А на 7,0 и 19,0% и токоферо-

ла на 20,0 и 12,0% соответственно. Отмеченные изменения системы антиоксидантной защиты вероятно имели компенсаторный характер.

Кроме этого, выявлено существенное увеличение уровня оксида азота в 1,8 раз у животных обеих групп (табл. 4).

У свиноматок, впоследствии заболевших, по сравнению с клинически здоровыми животными, была ниже на 11,7% активность каталазы, разрушающей токсичный пероксид водорода без участия кофакторов, одной из причин которого может являться повреждение фермента свободными радикалами, концентрация которых значительно возрастает при развитии окислительного стресса.

Активность селензависимой глутатионпероксидазы (ГПО), катализирующей превращение пероксида водорода и гидроперекисей жирных кислот до нетоксических соединений у них было ниже на 8,2%. При уменьшении активности данного фермента нарушается защита клеток печени, повышается риск возникновения заболеваний репродуктивной системы, бесплодия и других заболеваний [7].

У свиноматок второй группы отмечено пониженное содержание витаминов А и Е и С на 24,3; 6,7% и 8,1% соответственно,

Таблица 3
Показатели эндогенной интоксикации у супоросных свиноматок

Показатели	Срок супоросности, сутки			
	38-40		78-81	
	здоровые	впоследствии заболевшие	здоровые	впоследствии заболевшие
МДА, мкМ/л	1,5 \pm 0,033 ⁺	1,7 \pm 0,033 ^{**}	1,3 \pm 0,038 ⁺⁺	1,47 \pm 0,052 ^{*++}
СМП, у.е.	0,8 \pm 0,049	1,0 \pm 0,066 [*]	0,8 \pm 0,025	0,89 \pm 0,039 [*]
МСМ λ 238, у.е.	0,8 \pm 0,001 ⁺⁺	0,9 \pm 0,021 ^{***}	0,7 \pm 0,014 ⁺⁺	0,82 \pm 0,005 ^{***+}
МСМ λ 254, у.е.	0,3 \pm 0,014	0,4 \pm 0,026 [*]	0,2 \pm 0,016 ⁺	0,28 \pm 0,005 ^{***+}
МСМ λ 280, у.е.	0,2 \pm 0,002 ⁺⁺	0,3 \pm 0,005 ^{***}	0,2 \pm 0,002 ⁺⁺⁺	0,24 \pm 0,016 ^{*+}
ИЭИ, у.е.	20,2 \pm 0,62 ⁺⁺	23,4 \pm 0,59 ^{**}	18,7 \pm 0,31 ⁺	20,2 \pm 0,34 ^{***++}

* $P < 0,1$; ** $P < 0,005$; *** $P < 0,0005$ относительно показателей здоровых животных

⁺ $P < 0,1$; ⁺⁺ $P < 0,005$; ⁺⁺⁺ $P < 0,0005$ относительно показателей предыдущего периода

Таблица 4

Показатели антиоксидантной защиты у супоросных свиноматок

Показатели	Срок супоросности, сутки			
	38-40		78-81	
	здоровые	впоследствии заболевшие	здоровые	впоследствии заболевшие
Каталаза, мкМ H ₂ O ₂ /л ^х мин	75,2±1,00 ⁺⁺	66,43±1,89 ^{**}	79,3±1,68	71,1±1,46 ^{**}
ГПО, мкМ GSH/ л ^х мин	25,7±0,68 ⁺⁺	23,6±0,53 [*]	21,9±0,36 ⁺⁺⁺	19,4±0,33 ^{****}
Оксид азота, мкМ/л	20,7±1,30 ⁺⁺⁺	25,9±6,93	214,2±17,36 ⁺⁺	286,0±18,59 ^{****}
Витамин А, мкМ/ л	0,7±0,058	0,53±0,029 [*]	0,74±0,051	0,63±0,042
Витамин Е, мкМ/ л	9,0±0,46 ⁺	8,4±0,34	8,18±0,27	7,74±0,42
Витамин С, мкМ/ л	29,6±0,73	27,2±1,03 ^{**}	30,02±0,81	29,5±1,39

*P<0,05; **P<0,01 относительно показателей здоровых животных

⁺P<0,1; ⁺⁺P<0,005; ⁺⁺⁺P<0,0005 относительно показателей предыдущего периода

что связано с увеличением расхода на нейтрализацию токсических продуктов ПОЛ.

Уровень оксида азота у впоследствии заболевших свиноматок превосходил на 25,1% аналогичный показатель здоровых животных.

С увеличением срока супоросности у свиноматок на 78-81 сутки происходило ослабление интенсивности процессов ПОЛ. У свиноматок первой и второй групп отмечено снижение концентрации МДА на 12,8 и 12,0%, уровня СМП на 6,0 и 11,0%, МСМ λ 238 на 6,3 и 6,8%, МСМ λ 254 на 18,5 и 20,0%, МСМ λ 280 на 13,0 и 14,3% соответственно, что указывает на повышение утилизации продуктов нарушенного белкового обмена. Снижение фракции МСМ сочеталось с уменьшением значения индекса эндогенной интоксикации на 7,4 и 13,7% соответственно (табл. 3).

Отмеченное снижение активности процессов ПОЛ у супоросных свиноматок, по-видимому, обусловлено увеличением срока беременности, характеризующегося повышением массы плодов, завершённой адаптацией организма матери, и являющегося благоприятным признаком тече-

ния второй половины супоросности.

При этом у свиноматок, впоследствии заболевших, по сравнению с показателями здоровых животных, был выше уровень МДА на 14,0%, содержание СМП на 14,1%, МСМ λ 238 на 10,8% МСМ λ 254 на 27,3% и МСМ λ 280 на 20,0%. Индекс ИЭИ, указывающий на выраженность аутоинтоксикации у них превышал на 8,0% показатель первой группы.

При изучении антиоксидантного статуса у супоросных свиноматок первой и второй группы (таблица 4) на 78-81 сутки установлено увеличение активности каталазы на 5,5 и 7,0% при снижении уровня ГПО на 14,8 и 17,8%, что обусловлено конкурентными отношениями этих ферментов за совместно используемые физиологические концентрации субстрата [2]. Содержание витамина А, антиоксидантная активность которого проявляется в регулировании процессов ПОЛ в мембранах клеток, у здоровых и впоследствии заболевших свиноматок повысилось на 5,7 и 18,9%. Концентрация витамина С, разрушающего пероксид водорода за счёт взаимодействия с кислородными радикалами стала выше на 1,4 и 8,5% соответственно. При этом у них было

отмечено снижение уровня витамина Е, участвующего в процессах тканевого дыхания и обмена веществ, на 9,1 и 7,9%.

У свиноматок обеих групп установлено существенное увеличение содержания NO^\bullet в 10,4 и 11,0 раз, что связано с ростом активности NO -синтаз и продукции оксида азота для расслабления гладких мышц матки, торможения сокращения матки в течение беременности и снижения тонуса цервикального канала [8]. Протекторное действие обеспечивается способностью NO^\bullet увеличивать активность антиоксидантных ферментов, а также взаимодействовать с супероксиданион-радикалом и обеспечивать детоксикацию потенциально опасных активных форм кислорода [6].

По сравнению с показателями здоровых животных у заболевших после опороса свиноматок была ниже активность каталазы и глутатионпероксидазы на 10,3 и 11,4%; и концентрация витаминов А, Е и С на 14,9; 5,4 и 1,7% соответственно, обеспечивающих неферментативную антиоксидантную защиту за счёт инактивации на разных уровнях высокотоксичных форм кислорода.

При увеличении у обеих групп животных уровня оксида азота у впоследствии заболевших свиноматок, по сравнению со здоровыми животными, он был выше на 33,5%.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в период супоросности у свиноматок установлены значительные изменения в про- и антиоксидантном статусе. На 38-39 сутки у них отмечена активация процессов перекисидации липидов и эндогенной интоксикации, проявляющиеся увеличением уровня МДА, содержания молекул средней массы и индекса эндогенной интоксикации. С увеличением супоросности происходило снижение интенсивности процессов ПОЛ, обусловленное завершением перестройки организма свиноматок к позднему плодному периоду. Динамика изменений показателей системы АОЗ в эти сроки исследований отражала адаптивную ее реакцию, обеспечивающую нормализацию

процессов перекисного окисления липидов и предупреждающую избыточное накопление в организме его токсических продуктов. При этом у свиноматок, предрасположенных к послеродовым заболеваниям, регистрировали более высокую концентрацию продуктов перекисного окисления липидов при сниженной активности системы АОЗ, что может являться одной из причин метаболических нарушений в организме, на фоне которых увеличивается риск развития послеродовых заболеваний.

CHANGES IN PEROXIDE AND ANTI-OXIDANT STATUS DURING GESTATION IN SOWS PREDISPOSED TO POSTPARTUM DISEASES

Sashnina L.Yu., Doc. of Vet. Sciences ORCID ID 0000-0001-6477-6156, Nikonenko G.V., Junior Scientific Associate ORCID ID 0000-0003-4983-7170, Vladimirova Yu.Yu., Junior Scientific Associate ORCID ID 0000-0001-8888-7264, Drozhzhin O.S., Cand. of Biol. Sciences ORCID ID 0000-0002-0354-8149, Furchakov S.N. ORCID ID 0000-0001-8917-2324, FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy", Voronezh, Russia

ABSTRACT

Industrial pig farms involve intensive use of sows with high genetic potential to produce the highest possible number of viable piglets. Developing against the background of an imbalance of peroxide reactions and antioxidant protection, oxidative stress is the cause of postpartum diseases in sows, which lead to a decrease or cessation of milk secretion, high morbidity and death of newborn piglets. The aim of the work was to study different levels of metabolic status in pregnant sows in the norm and in the event of postpartum endometritis in them. The article presents the studies on the indicators of the antioxidant defense system, nitric oxide and endogenous intoxication in sows during gestation. The study included sows of 3-4 farrowings. The sows were included after farrowing, on the basis of a clinical examination, were divided into two groups: clinically healthy and with signs of postpartum endometritis. On day 38-40 of gestation, the state

of physiological oxidative stress was established in sows of both groups. On days 78-81 of gestation, they noted a decrease in the accumulation of proteolysis products and activation of the enzymatic and non-enzymatic components of the antioxidant system. At the same time, in sows with endometritis, compared with healthy animals, an increased content of malondialdehyde, medium molecular weight peptides and medium-weight molecules, reduced activity of catalase, glutathione peroxidase, vitamins A, E, and C were revealed in all periods of the study. They also had a high level of stable nitrogen metabolites involved in the development of oxidative stress and in the mechanisms of antioxidant protection.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бригадиров Ю. Н. Показатели антиоксидантного статуса у клинически здоровых и предрасположенных к послеродовой патологии свиноматок / Ю. Н. Бригадиров, В. Н. Коцарев, Т. Г. Ермолова, А. Э. Лобанов // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2020. – №. 1. – С. 154-170. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.1.154
2. Вашанов, Г.А. Взаимосвязи между основными антиоксидантными системами крови телят разного возраста / Г. А. Вашанов, Н. Н. Каверин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2009. – №. 1. – С. 58-61.
3. Гриц, Е.С. Синдром эндогенной интоксикации при беременности (патогенетические механизмы и лабораторная диагностика) / Е. С. Гриц, В. Н. Сидоренко, А. Г. Давыдовский // Репродуктивное здоровье в Беларуси. – 2009. – № 4(4). – С. 37-51.
4. Рецкий, М. И. Влияние дисбаланса активных форм кислорода и азота на развитие послеродовых осложнений у коров / М. И. Рецкий, Г. Н. Блинецова, А.Г. Нежданов, В. А. Сафонов, И. Ю. Венцова // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»: научно-практический журнал. - Витебск, 2011. - Т. 47, вып. 2, ч. 2. - С. 102-104.

5. Рецкий, М.И. Методические положения по изучению процессов свободнорадикального окисления и системы антиоксидантной защиты организма / М. И. Рецкий, С. В. Шабунин, Г. Н. Блинецова и др.: методические указания. Воронеж: Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии, 2010. – 72 с.

6. Сафонов, В.А. Свободнорадикальное окисление липидов и репродуктивное здоровье коров / В. А. Сафонов, А. Г. Нежданов, Рецкий М. И., С. В. Шабунин, Г. Н. Блинецова // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – №. 6. – С. 107-115. doi: 10.15389/agrobiology.2014.6.107rus
7. Ткач, С.М. Глутатион как универсальный гепатопротектор с плеiotропными эффектами / С.М. Ткач // Тематичний номер «Гастроентерологія. Гепатологія. Колопроктологія». – 2018. – № 2 (48). – С. 16-17.
8. Шабунин, С.В. Влияние аминокислот на состояние прооксидантной и антиоксидантной систем крови у свиноматок / С. В. Шабунин, А. Г. Шахов, Г. А. Востроилова, П. А. Паршин, Т. Г. Ермолова, Н. А. Хохлова, Г. Н. Блинецова // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – №. 7. – С. 71-74. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10716

REFERENCES

1. Brigadirov Yu.N., Kotsarev V.N., Ermolova T.G., Lobanov A.E. Indicators of antioxidant status in clinically healthy sows and sows predisposed to postpartum pathology. Bulletin of Veterinary Pharmacology. – 2020. – No. 1. - P. 154-170. DOI: 10.17238/issn2541-8203.2020.1.154 (in Russ. & in Eng.)
2. Vashanov G.A., Kaverin N.N. Relationships between the main antioxidant blood systems of calves of different ages [Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация]. - 2009. - No. 1. - P. 58-61 (in Russ.)
3. Grits E.S., Sidorenko V.N., Davydovskiy A.G. Syndrome of endogenous intoxication during gestation (pathogenetic mechanisms

- and laboratory diagnostics) [Репродуктивное здоровье в Беларуси]. 2009. - No. 4 (4). - P. 37-51 (in Russ.)
4. Retskiy, M.I., Bliznetsova G.N., Nezhdanov A.G., Safonov V.A., Ventsova I.Yu. Effect of imbalance of reactive oxygen and nitrogen species on the development of post-partum complications in cows [Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»: научно-практический журнал]. Vitebsk, 2011. - V. 47, issue. 2, part 2. - P. 102-104 (in Russ.)
5. Retskiy M.I., Shabunin S.V., Bliznetsova G.N. [et al.] Methodological provisions for the study of processes of free radical oxidation and antioxidant defense systems of the organism: methodical instructions. Voronezh: All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Agricultural Academy, 2010. - 72 p. (in Russ.)
6. Safonov V.A., Nezhdanov A.G., Retskiy M.I., Shabunin S.V., Bliznetsova G.N. Free radical lipid oxidation and reproductive health of cows [Сельскохозяйственная биология]. 2014. - No. 6. - P. 107-115. doi: 10.15389/agrobiology.2014.6.107rus (in Russ.)
7. Tkach, S.M. Glutathione as a universal hepatoprotector with pleiotropic effects [Тематичний номер «Гастроентерологія. Гепатологія. Колопроктологія». 2018. - No. 2 (48). - P. 16-17 (in Russ.)
8. Shabunin S.V., Shakhov A.G., Vostroilova G.A., Parshin P.A., Ermolova T.G., Khokhlova N.A., Bliznetsova G.N. Effect of aminoseleuton on the state of prooxidant and antioxidant blood systems in sows [Достижения науки и техники АПК]. 2019. - V. 33. - No. 7. - P. 71-74. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10716 (in Russ.)