

УДК 577.1: 636.2.082.455

**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ, ЖЕЛЕЗА, ГЕМОГЛОБИНА  
И ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ КРОВИ НЕТЕЛЕЙ  
В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ СТЕЛЬНОСТИ**

*И.В. Котович,  
О.П. Позывайло,  
Т.М. Власевич*

Работа посвящена изучению показателей прооксидантно-антиоксидантного статуса организма нетелей в разные периоды стельности. Выявлен дисбаланс динамики содержания гемоглобина, меди и железа и показателей антиоксидантной системы крови нетелей. Рекомендуется корректировка рациона нетелей по меди, железу и витаминам-антиоксидантам.

*Ключевые слова:* нетели, медь, железо, гемоглобин, антиоксиданты, церулоплазмин, аскорбиновая кислота.

**Введение.** В настоящее время не вызывает сомнений то, что антиоксиданты являются обязательным компонентом жизни нормальной здоровой клетки, являясь регуляторами состава, структуры и активности клеточных мембран. В организме животных действует регуляторная система, поддерживающая физиологический уровень свободно-радикальных реакций, регулирующая обмен мембранных липидов и скорость расщедования антиоксидантов [1].

В нормально функционирующем организме свободнорадикальное окисление находится под постоянным контролем компенсаторных систем и регулируется реакциями антиоксидации. Регуляция уровня перекисей липидов в биологических мембранах осуществляется за счет согласованности реакции образования этих продуктов (реакция оксидации) и механизмов контроля, ведущих к торможению их образования (реакция антиоксидации) [2].

Установлено, что перекисное окисление липидов (ПОЛ) и антиоксидантная защита организма (АОЗ) представляют собой единую систему, находящуюся в состоянии динамического равновесия и способную к саморегуляции [1].

Медь и железо входят в состав многих ферментов, необходимых для обеспечения процессов жизнедеятельности организма (кровообразование, окислительное фосфорилирование и др.). В организме животных медь участвует в мобилизации железа из печени и клеток ретикулоэндотелиальной системы, катализирует включение железа в структуру гемоглобина [3]–[5].

В тоже время ионы  $\text{Cu}^+$  и  $\text{Fe}^{2+}$  могут инициировать процессы ПОЛ через реакцию Фентона, что при их интенсификации может привести к различным патологиям [6], [7].

В связывании и транспорте меди в организме животных основную роль осуществляет церулоплазмин (ЦП), выполняющий также и антиоксидантные функции. Находясь в крови, он связывает свободнорадикальные формы кислорода и таким образом, защищает от них липидосодержащие биоструктуры. Являясь центральным участником метаболизма железа и меди, ЦП проявляет специфическую и неспецифическую антиоксидантную активность [8]–[10].

Антиоксидантное действие аскорбиновой кислоты (АК) заключается в разрушении перекисных водорастворимых радикалов. Находясь в физиологических концентрациях, АК способна окисляться под влиянием перекисных радикалов, предохраняя тем компоненты плазмы клетки от их воздействия. В своем антиоксидантном действии витамин С связан с глутатионом и токоферолом, являясь таким образом важным звеном биологической неферментативной АОЗ организма [2], [11].

В результате изменения течения антиоксидантных процессов происходит повышенное накопление токсичных продуктов в организме, что приводит к развитию окислительного стресса, который, по сути, представляет собой активацию свободнорадикальных процессов за счет избыточного образования активных метаболитов кислорода и является одним из звеньев патогенеза многих заболеваний [12].

*Цель работы* состояла в исследовании показателей прооксидантного и антиоксидантного статуса организма нетелей в разные периоды стельности. В связи с этим в работе поставлены следующие *задачи*:

– изучить содержание меди и железа в сыворотке, а гемоглобина – в цельной крови нетелей;

– определить уровень антиоксидантов – содержание аскорбиновой кислоты и активность церулоплазмينا в сыворотке крови выше указанных животных.

**Материалы и методика исследований.** Работа выполнена в РСУП «Экспериментальная база «Криничная» Мозырского района Гомельской области Республики Беларусь в июле-ноябре 2016 года. Для проведения исследований были отобраны 10 нетелей черно-пестрой породы, находившихся на 2–3 месяце стельности (в июле) и 6–7 месяце стельности (в ноябре). Кровь от животных брали из яремной вены в стерильные пробирки с соблюдением правил асептики и антисептики. Стабилизацию крови осуществляли с помощью гепарина.



Экспериментальные исследования были выполнены в лаборатории научно-исследовательского института прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии (НИИПВИБ, аттестат аккредитации согласно СТБ/ИСО/МЭК 17025 № ВУ / 11202.1.0.0870) и в научно-исследовательской лаборатории технолого-биологического факультета «Экология животных и биомониторинг» УО «Мозырский государственный педагогический университет имени И.П. Шамякина».

В сыворотке крови определяли содержание меди (колориметрическим методом без депротеинизации с использованием набора «Витал Диагностикс СПб», Российская Федерация) и железа (по образованию комплекса ионов  $Fe^{+2}$  с хромогеном с применением набора НТК «Анализ-Х», Республика Беларусь).

В цельной крови нетелей, с целью более полной характеристики их обмена в организме определяли содержание гемоглобина (гемиглобинцианидным методом с применением набора НТК «Анализ-Х»).

Об активности церулоплазмينا судили по реакции окисления парафенилендиамина, а о содержании аскорбиновой кислоты – по реакции с  $\alpha, \alpha'$ -дипиридиллом.

Полученные результаты обрабатывали при помощи программы «Microsoft Excel».

**Результаты исследований.** Анализируя данные таблицы 1, можно отметить, что содержание меди в сыворотке крови нетелей на 2–3 месяце стельности имело широкую вариабельность значений ( $Cv=65\%$ ). При этом у 40 % исследованных животных данный показатель был ниже физиологической нормы, а у 60 % – выше нормативных критериев [10]. На 6–7 месяце стельности данный показатель снизился на 55,77 % ( $P<0,01$ ) по отношению к начальному периоду стельности и у 90 % исследованных нетелей не соответствовал физиологической норме. При этом также отмечался широкий диапазон колебаний содержания данного микроэлемента в крови животных ( $Cv=60\%$ ).

Таблица 1. – Содержание меди, гемоглобина, аскорбиновой кислоты и активность церулоплазмينا в крови нетелей в разные периоды стельности

Исследованные показатели	Min-Max	M±m	Норма
<b>2–3 месяц стельности</b>			
Медь, мкмоль/л	7,86–51,12	25,58±5,25	14,10–15,70
Железо, мкмоль/л	3,54–17,07	8,07±1,23	16,10–19,70
Гемоглобин, г/л	128,50–162,40	139,56±2,99	99,00–129,00
ЦП, мкмоль/л	62,12–96,71	78,85±3,42	150,00–550,00
АК, мкмоль/л	13,73–49,04	20,59±3,32	34,07–85,17
<b>6–7 месяц стельности</b>			
Медь, мкмоль/л	1,93–14,12	7,19±1,37**	14,10–15,70
Железо, мкмоль/л	9,38–37,50	18,75±2,78**	16,10–19,70
Гемоглобин, г/л	130,37–168,94	148,46±3,88	99,00–129,00
ЦП, мкмоль/л	31,77–55,77	44,69±2,40***	150,00–550,00
АК, мкмоль/л	2,94–8,44	5,71±0,53***	34,07–85,17

Примечание – \*\*P< 0,01; \*\*\*P< 0,001 по отношению к начальному периоду стельности

Уровень железа в сыворотке крови нетелей в начальный период стельности оказался ниже нормативных значений. На 6–7 месяце стельности содержание железа увеличилось на 32,34 % (P<0,01) по отношению к начальному периоду стельности и соответствовало физиологической норме.

На протяжении всего срока исследований уровень гемоглобина в цельной крови был выше нормы [10]. При этом его содержание на 6–7-м месяце стельности увеличивается на 6,38% (P>0,05) по отношению к начальному периоду исследований. Известно, что данный белок может проявлять как антиоксидантные, так и прооксидантные свойства. Высокий уровень гемоглобина может создать предпосылки для интенсификации окислительных процессов в клетке и усиления ПОЛ [4], [5].

Активность ЦП и содержание АК в сыворотке крови нетелей в разные периоды стельности были ниже необходимой нормы. На 6–7-м месяце стельности их уровень снизился на 1,76 и 1,65 раза (P<0,001) соответственно по отношению к начальному периоду стельности.

Низкий уровень антиоксидантов (ЦП и АК) в сыворотке крови нетелей выявлен на фоне дисбаланса между содержанием меди, железа и гемоглобина, а также отсутствия витаминов и антиоксидантов в рационе животных. Это может привести к ослаблению АОЗ нетелей, когда организм этих животных отличается напряжением всех метаболических процессов и подвержен воздействию различных стрессовых факторов.

Сопряженность протекания процессов ПОЛ и АОЗ можно оценить, рассчитав корреляционные связи между компонентами этих систем (см. таблицу 2).

Таблица 2. – Корреляционные взаимосвязи между показателями АОЗ нетелей в разные периоды стельности

Показатели	2–3 месяц стельности	6–7 месяц стельности
Hb–ЦП	–0,45	0,13
Hb–АК	0,17	–0,04
Fe–АК	0,22	–0,24
ЦП–Fe	–0,20	0,09
ЦП–Cu	–0,38	–0,11
ЦП–АК	–0,48	–0,02

Расчет корреляций между показателями ПОЛ и АОС показал, что между ними в целом имеет место отрицательная зависимость. Это указывает на разбалансированность в работе данных систем [13].

**Заключение.** Проведенные нами исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Дисбаланс динамики содержания гемоглобина, меди и железа в крови нетелей в разные периоды стельности отражается на снижении антиоксидантного статуса (уровень церулоплазмينا и аскорбиновой кислоты в сыворотке крови).

2. Для устранения нарушения прооксидантно-антиоксидантного статуса в организме нетелей необходима корректировка рациона животных по меди, железу и витаминам-антиоксидантам.

3. Полученные результаты исследований могут быть использованы в качестве ориентировочных величин для оценки состояния прооксидантно-антиоксидантного статуса организма нетелей, а в комплексе с другими биохимическими показателями сыворотки крови – для мониторинга физиологического состояния данных животных в разные периоды стельности.

#### Список использованных источников

1. Бурлакова, Е.Б. Биохимические механизмы действия антиоксидантов / Е.Б. Бурлакова // Тез. докладов 5-го Всесоюзного съезда биохимиков. – Т. 1. – М., 1985. – С. 85.
2. Перекисное окисление липидов и эндогенная интоксикация (значение в патогенезе животных, пути коррекции: монография) / С.С. Абрамов [и др.]. – Витебск: УО ВГАВМ, 2006. – 2008 с.
3. Кучинский, М.П. Биоэлементы – фактор здоровья и продуктивности животных: монография / М.П. Кучинский. – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 372 с.
4. Калиман, П.А. Метаболизм гема и оксидативный стресс / П.А. Калиман, Т.В. Баранник / Укр. биохим. журнал. – 2001. – Т. 73. – № 1. – С. 5–15.
5. Позывайло, О.П. Динамика некоторых показателей прооксидантной и антиоксидантной системы крови у коров-первотелок в течение лактационного периода / О.П. Позывайло, И.В. Котович, С.Ю. Зайцев // Веснік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя І.П. Шамякіна. – 2012. – № 4 (37). – С. 39–43.
6. Gutteridge, J.M. Inhibition of the Fenton reaction by the protein caeruloplasmin and other copper complexes. Assessment of ferroxidase and radical scavenging activities / J.M. Gutteridge // Chem. Biol. Interact. – 1985. – V. 56. – P. 113–120.
7. Орлов, Ю.П. Метаболизм железа в биологических системах (биохимические, патофизиологические и клинические аспекты) / Ю.П. Орлов, В.Т. Долгих // Биомедицинская химия. – 2007. – Т. 53, вып. 1. – С. 25–38.

8. Васин, А.В. Идентификация молекулярной формы церулоплазмينا, локализованной в митохондриях крысы: автореф. ... дис. канд. биол. наук: 03.00.04 / А.В. Васин: ГУ НИИ экспер. медицины РАМН. – СПб., 2005. – 24 с.

9. Мжельская, Т.И. Биологические функции церулоплазмينا и их дефицит при мутации генов, регулирующих обмен меди и железа / Т.И. Мжельская // Бюлл. эксперимент.биол. и мед. – 2000. – Т. 130, № 8. – С. 124–133.

10. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник / И.П. Кондрахин [и др.]; под ред. проф. И.П. Кондрахина. – М.: КолосС, 2004. – 520 с.

11. Морозкина, Т.С. Витамины / Т.С. Морозкина, А.Г. Мойсеенок. – Минск : ООО «Асар», 2002. – 112 с.

12. Перекисное окисление липидов и система антиоксидантной защиты в период ранней постнатальной адаптации телят / М.И. Рецкий [и др.] // Сельскохозяйственная биология. Серия биология животных. – 2004, № 2. – С. 56–60.

13. Особенности липидного обмена и показатели пероксидного окисления липидов и антиоксидантной системы плазмы крови коров-первотелок в начальный период лактации / И.В. Котович [и др.]. – Веснік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя І.П. Шамякіна. – 2013. – № 3 (40). – С. 18–23.

#### **DYNAMICS OF THE CONTENTS OF COPPER, IRON, HEMOGLOBIN AND INDICATORS OF ANTIOXIDANT SYSTEM OF BLOOD OF NETWORKS IN DIFFERENT PERIODS OF STABILITY**

*Summary:* the work is devoted to the study of the prooxidant-antioxidant status of the heifer organism in different periods of pregnancy. An imbalance in the dynamics of hemoglobin, copper and iron content and indices of the antioxidant blood system of heifers is revealed. It is recommended to adjust the diet of heifers for copper, iron and antioxidant vitamins.

*Keywords:* heifers, iron, copper, hemoglobin, antioxidants, ceruloplasmin, ascorbic acid.