

ЗООЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ /
ZOOLOGY, HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 636.1: 636.082: 591.463.15

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-98-105>

**Физиологические особенности резистентности спермы жеребцов
к охлаждению с разным антигенным профилем эритроцитов**

**Александр Владимирович Ткачев^{1,2}, Ольга Леонидовна Ткачева¹,
Алина Вадимовна Петряева²**

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

² Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Александр Владимирович Ткачев: alex.tkachev@rgau-msha.ru

Аннотация

В статье показаны физиологические особенности жизнеспособности спермы жеребцов при температуре 2-5°C с разными антигенными особенностями по системам групп крови. Показано, что при наличии антигенов *cgm/ceg*, *ad/dk*, *cgm/dk*, *cgm/d*, *dg/di* на эритроцитах D-системы наблюдалась жизнеспособность спермиев не более 50 ч при 2-5°C. Средняя резистентность сперматозоидов к охлаждению в виде их жизнеспособности спермиев 50-75 ч при 2-5°C была установлена у носителей антигенов *ceg/cgm*, *ad/de*, *cgm/cgm*, *ad/bcm*, *bcm/dg*, *ad/d*, *ceg/dg*, *bcm/cgm*, *bcm/de*, *ceg/d*, *de/cgm*, *ceg/dk*, *dk/d*, *de/d*, *de/dk*, *cgm/dg*, *dk/de*. Высокая устойчивость спермиев к охлаждению до 2-5°C в виде жизнеспособности более 75 ч была установлена у лошадей-носителей антигенов *bcm/d*, *bcm/dk*, *ad/cgm*, *dg/dk*, *cgm/de*, *dg/cgm*, *dk/dk* D-группы крови. В случае наследования подопытными лошадьми *a/-* антигена К-системы жизнеспособность спермиев увеличилась на 7,24 ч ($P < 0,05$), а абсолютная жизнеспособность – на 24,18 усл. ед. ($P < 0,05$) по сравнению с отсутствием антигенов этой системы. Отсутствие *-/-* антигенов на плазмолемме эритроцитов по С-группе крови ассоциируется с повышением ($P < 0,05$) жизнеспособности на 10,21 ч и абсолютной выживаемости сперматозоидов на 30,29 усл. ед. относительно эякулятов жеребцов, у которых есть *a/-* антиген этой эритроцитарной системы. Отсутствие у жеребцов антигенов на поверхности мембран эритроцитов по А-системе *-/-* или наличие *a/-* антигена сопровождаются повышением резистентности эякулятов к охлаждению на 14 ч ($P < 0,05$) по сравнению с контролем. При этом абсолютная выживаемость сперматозоидов выше ($P < 0,01$) контрольных значений на 38,69 и 45,94 усл. ед. соответственно. Наследование жеребцами *ad/-* антигена сопровождается большей устойчивостью спермиев к охлаждению по сравнению с контролем лишь на 9,63 ч ($P < 0,05$) и меньшей резистентностью по сравнению с *a/-* и *-/-* на 5 ч. Практическое применение полученных данных заключается в том, что появляется возможность прогнозировать сроки хранения свежеразбавленной охлажденной спермы перед искусственным осеменением. Это особенно важно при длительной транспортировке спермодоз.

Ключевые слова

резистентность спермы жеребцов к охлаждению, физиологические особенности спермы, охлаждение спермы, антигенная структура эритроцитов, группы крови, лошади, жеребцы

Для цитирования

Ткачев А.В., Ткачева О.Л., Петряева А.В. Физиологические особенности резистентности спермы жеребцов к охлаждению с разным антигенным профилем эритроцитов // Тимирязевский биологический журнал. 2024. Т. 2, № 1. С. 98-105. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-98-105>



Physiological features of semen resistance of stallions to cooling with different antigenic profile of erythrocytes

Aleksandr V. Tkachev^{1,2}, Olga L. Tkacheva¹, Alina V. Petryaeva²

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

² Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

Corresponding author: Aleksandr V. Tkachev; alex.tkachev@rgau-msha.ru

Abstract

The article shows the physiological features of the survival ability of stallion semen at a temperature of 2 to 5°C with different antigenic features according to blood group systems. It was shown that in the presence of the antigens *cgm/ceg*, *ad/dk*, *cgm/dk*, *cgm/d*, *dg/di* on D system erythrocytes, the semen survival ability at 2 to 5°C was observed for a maximum of 50 hours. The carriers of the antigens *cegm/cgm*, *ad/de*, *cgm/cgm*, *ad/bcm*, *bcm/dg*, *ad/d*, *cegm/dg*, *bcm/cgm*, *bcm/de*, *cegm/d*, *de/cgm*, *cegm/dk*, *dk/d*, *de/d*, *de/dk*, *cgm/dg*, *dk/de* antigens have obtained a medium sperm resistance to cooling with a semen survival time of 50 to 75 hours. Stallions with the antigens *bcm/d*, *bcm/dk*, *ad/cgm*, *dg/dk*, *cgm/de*, *dg/cgm*, *dk/dk* of the D blood group showed a high semen resistance to cooling at 2 to 5°C in the form of a survival time of more than 75 hours. When the experimental stallions inherited the *a/-* antigen of the K system, the semen survival ability was increased by 7.24 h ($P < 0.05$) and the absolute survival ability by 24.18 standard units ($P < 0.05$) compared to the absence of this system antigen. The absence of *-/-* erythrocytic antigens of the C blood group is associated with an increase ($P < 0.05$) of 10.21 h in the survival ability and 30.29 standard units in the absolute semen survival ability compared to ejaculates from stallions with the *a/-* antigen of this erythrocytic system. The absence of the *-/-* antigen of the A system in stallions and the presence of the *a/-* antigen are followed by an increase in ejaculate resistance to cooling by 14 h ($P < 0.05$) as compared to the control. At the same time, the absolute semen survival ability is 38.69 and 45.94 standard units higher than the control values ($P < 0.01$). Inheritance by stallions of the *ad/-* antigen by stallions was followed by a higher semen resistance to cooling as compared to the control by only 9.63 h ($P < 0.05$) and a lower resistance compared to *a/-* and *-/-* by 5 h. The practical application of the data obtained is that it becomes possible to predict the shelf life of freshly dissolved cooled semen before artificial insemination, which is especially important for long transport of semen doses.

Keywords

semen resistance of stallions to cooling, physiological characteristics of semen, cooling of semen, erythrocytic antigens, blood group systems, horses, stallions

For citation

Tkachev A.V., Tkacheva O.L., Petryaeva A.V. Physiological features of semen resistance of stallions to cooling with different antigenic profile of erythrocytes. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):98-105. <https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-98-105>

Введение Introduction

Наиболее распространенным практическим методом биотехнологии воспроизводства лошадей в мире является искусственное осеменение свежеразбавленной охлажденной или замороженной спермой. Несмотря на все преимущества замороженно-оттаянной спермы при осеменении кобыл шире применяют свежеразбавленную охлажденную сперму. Поэтому повышение физиологических характеристик спермы жеребцов и поиск новых научно-обоснованных способов прогнозирования устойчивости спермы к охлаждению являются перспективным направлением исследований в физиологии репродукции лошадей [1-2].

Важнейшим фактором успеха при осеменении являются физиологические характеристики

спермы. Доказано, что показатели эякулятов зависят от большого количества внешних и внутренних факторов: условий содержания, качества кормления, гормонального профиля, бактериальной и микробиотной контаминации эякулята, абсолютного количества колониеобразующих единиц *Escherichia coli*, цитогенетических особенностей, сезона года, породы и возраста жеребцов [3].

Неблагоприятные факторы внешней среды могут отрицательно влиять на гормональную функцию половых желез лошадей и дифференцировку половых клеток, созревание сперматозоидов, а также на функциональное состояние придаточных половых желез.

Эффективность охлаждения и последующего замораживания спермы также зависит от технологических факторов: устройства искусственной вагины, скоростей охлаждения, состава разбавителей,

формы и объема сперматозоидов. Перед криоконсервированием спермы ее необходимо охладить до температуры 2-5°C, выдержать при этой температуре во избежание «температурного шока» половых клеток и только потом замораживать. Большинство спермиев погибает именно при температуре 2-5°C в результате «температурного шока» и просто не доживает до процесса криоконсервирования. Поэтому крайне важно изучать факторы, которые могут способствовать повышению устойчивости спермиев к «температурному шоку» от околонулевых температур. Главный фактор резистентности спермиев к этапу охлаждения хорошо известен: желток куриного яйца или другие компоненты разбавителей для спермы. Состав разбавителя – это важный, но все же внешний фактор, который достаточно хорошо изучен [4-6].

Наименее изученный фактор, от которого может зависеть физиологическая резистентность спермы к охлаждению, – это иммуногенетические особенности организма лошадей. В мире увеличивается количество исследований по выявлению взаимосвязей групп крови животных с хозяйственно-полезными признаками. Экспериментальные данные исследователей Всероссийского НИИ коневодства доказали, что от иммуногенетических маркеров зависит фертильность кобыл при естественной случке, однако они не изучали резистентность спермы жеребцов к охлаждению в зависимости от набора антигенов на поверхности эритроцитов. Ассоциированная связь антигенного профиля плазмолеммы красных клеток крови с физиологическими характеристиками эякулятов после замораживания-оттаивания практически не изучается несмотря на то, что еще в середине XX в. она была доказана по отношению к фертильному потенциалу лошадей [7-12].

Нашими предыдущими исследованиями показана ассоциированная связь антигенных характеристик мембраны эритроцитов жеребцов с физиологическими показателями нативной спермы и ее криорезистентностью [4-6]. Поэтому в данных исследованиях мы сопоставили антигенные особенности по D-, A-, C- и K-эритроцитарным системам крови лошадей с резистентностью их спермы к охлаждению до 2-5°C.

Цель исследований: установить физиологические особенности жизнеспособности спермы жеребцов при 2-5°C с разным антигенным профилем эритроцитов.

Методика исследований

Research method

Исследования выполняли с 2010 г. Эякуляты получали от 70 племенных жеребцов-производителей 9 пород (арабская, чистокровная верховая, украинская верховая, ганноверская, бельгийская,

траккененская, вестфальская, русская (призовая) рысистая и орловская рысистая). Было получено 1676 эякулятов, которые разбавлялись и охлаждались до 2-5°C. Контролем служили животные сопоставимого возраста и породы, о эритроцитарных антигенах которых нам ничего не было известно. Разбавление свежеполученных эякулятов лошадей выполняли стандартизированным разбавителем ЛХЦЖ (лактозо-хелато-цитратно-желточным), который разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом коневодства. Получение эякулятов от каждого производителя выполняли 2 раза в неделю на стерильную искусственную вагину собственной разработки по разработанной нами технологии и общепринятыми методиками [4-6] определяли жизнеспособность спермиев при температуре 2-5°C (ч) и абсолютную жизнеспособность сперматозоидов (усл. ед.). Жизнеспособность половых клеток жеребцов определяли до момента снижения их активности до 0,5 балла (до 5% сперматозоидов с прямолинейным движением) визуально в световом микроскопе Jena-val («Carl Zeiss», Германия) при увеличении объектива $\times 10-20$ и отмеряли время жизнеспособности половых клеток при 2-5°C.

Физиологические особенности охлажденной спермы анализировали в разрезе эритроцитарных систем групп крови (D, A, C и K) в лаборатории генетики ООО НИЦ Черкизово Московской области. Для этого применяли реакцию прямой агглютинации (РА). Сыворотки-реагенты Db, Dc, Dd, De, Dg, Dk, Aa, Ad, Ca, Da, Ka были изготовлены нами по общепринятым методикам в лаборатории генетики и верифицированы международными стандартными реагентами ISAG.

Статистический анализ полученных данных проводили по t-критерию Стьюдента с использованием специализированного пакета прикладных программ SPSS for Windows («IBM», USA).

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Экспериментальные данные установления особенностей устойчивости спермы жеребцов к охлаждению до 2-5°C в зависимости от особенностей профиля антигенов по D-системе были сведены к тому, что низкая физиологическая резистентность спермы лошадей к охлаждению (менее 50 ч выживаемости при 2-5°C) получена при наличии у обследованных производителей эритроцитарных антигенов *cgm/ceg*, *ad/dk*, *cgm/d*, *cgm/dk*, *dg/di* по D-группе, что было меньше ($P < 0,05-0,001$) относительно контроля, средней и высокой резистентности эякулятов. Средняя устойчивость спермы жеребцов-производителей к температурному шоку (50-75 ч при 2-5°C) была получена при наличии антигенов *bcm/cgm*, *cgm/cgm*, *ad/bcm*, *ad/d*,

ad/de, cegm/cgm, cegm/d, bcm/de, bcm/dg, de/cgm, de/d, de/dk, cegm/dg, cegm/dk, cgm/dg, dk/d, dk/de. Наличие антигенов *bcm/d, dg/cgm, bcm/dk, cgm/de, ad/cgm, dg/dk, dk/dk* на мембранах эритроцитов по D-группе ассоциировалось с получением достоверно ($P < 0,01-0,001$) высшей (более 75 ч при 2-5°C) физиологической резистентности сперматозоидов жеребцов к охлаждению после разбавления. Полученные данные в целом согласуются с проведенными ранее исследованиями по установлению ассоциированности антигенных особенностей спермы жеребцов с физиологическими показателями нативной и деконсервированной спермы (30-31), однако определяют физиологические особенности жизнеспособности эякулятов после охлаждения.

Установлено, что статистическая степень влияния антигенов мембран эритроцитов жеребцов по D-группе на резистентность спермы к охлаждению до 2-5°C составляет 23,6% ($P < 0,01$), на абсолютную жизнеспособность – 24,9% ($P < 0,05$). Полученные данные впервые доказывают наличие зависимости показателей охлажденной спермы жеребцов от аллелей эритроцитарных антигенов D-системы.

Полученные результаты анализа резистентности спермы лошадей к охлаждению до 2-5°C в зависимости от наличия антигенов на поверхности плазмолеммы красных клеток крови по A-системе представлены в таблице 1.

Таблица 1

Резистентность спермы жеребцов к охлаждению с разными антигенами системы группы крови A (EA A) ($M \pm m, n = 1676$)

Эритроцитарные антигены A-системы крови	Число проб	Жизнеспособность спермиев	
		при 2-5°C, ч	абсолютная, усл. ед.
-/-	121	69,17 $\pm$ 2,05*	171,25 $\pm$ 4,88**
a/-	8	69,5 $\pm$ 4,53*	178,5 $\pm$ 4,18**
ad/-	1242	64,82 $\pm$ 0,79*	161,12 $\pm$ 2,13**
Контроль			
Не определяли	305	55,19 $\pm$ 1,45	132,56 $\pm$ 3,63

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$ в сравнении с контролем.

Table 1

Semen resistance to cooling of stallions with different antigens of the A blood group system (EA A) ($M \pm m, n = 1676$)

Erythrocyte antigens of the A blood group system	Number of samples	Semen survival ability	
		at 2-5°C, h	absolute, standard units
-/-	121	69.17 $\pm$ 2.05*	171.25 $\pm$ 4.88**
a/-	8	69.5 $\pm$ 4.53*	178.5 $\pm$ 4.18**
ad/-	1242	64.82 $\pm$ 0.79*	161.12 $\pm$ 2.13**
Control			
not defined	305	55.19 $\pm$ 1.45	132.56 $\pm$ 3.63

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ compared to the control.

Анализируя полученные данные таблицы 1, можно заключить, что отсутствие на мембранах эритроцитов антигенов А-системы $-/-$ или наличие $a/-$ антигена ассоциируются с достоверным повышением резистентности эякулятов к охлаждению на 14 ч ($P < 0,05$) по сравнению с контролем. При этом абсолютная жизнеспособность выше ($P < 0,01$) контрольных значений на 38,69 и 45,94 усл. ед. соответственно. В случае наличия у жеребцов-производителей $ad/-$ антигена отмечена ассоциированность с лучшей устойчивостью спермиев к охлаждению по сравнению с контролем на 9,63 ч ($P < 0,05$) и меньшей резистентностью по сравнению с $a/-$ и $-/-$ на 5 ч. При этом абсолютная жизнеспособность превосходит контрольных лошадей на 28,56 усл. ед. ($P < 0,01$) и уступает аллельным вариантам $-/-$ и $a/-$ на 10,13 и 17,38 усл. ед.

С помощью статистического анализа установлено, что степень влияния антигенов плазмолеммы эритроцитов по А-системе крови на резистентность сперматозоидов к охлаждению составляет лишь 2,2% ($P < 0,05$), а на абсолютную жизнеспособность – 2,6% ($P < 0,05$). Это на порядок ниже степени влияния особенностей антигенной структуры по D-группе антигенов на устойчивость спермиев к охлаждению.

Проведен анализ резистентности половых клеток жеребцов к температурному шоку при охлаждении до 2-5°C в зависимости от особенностей антигенной структуры плазмолеммы красных клеток крови по С-системе (табл. 2).

Таким образом, данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что в случае отсутствия $-/-$ эритроцитарных антигенов мембран по С-системе наблюдали

Таблица 2

**Резистентность спермы жеребцов к охлаждению
с разными антигенами системы группы крови С (ЕА С) ($M \pm m$, $n = 1676$)**

Эритроцитарные антигены С-системы крови	Число проб	Жизнеспособность спермиев	
		при 2-5°C, ч	абсолютная, усл. ед.
$-/-$	1106	67,21 $\pm$ 0,81*	167,97 $\pm$ 2,12*
$a/-$	265	57,00 $\pm$ 1,79	137,68 $\pm$ 4,84
Контроль			
Не определяли	305	55,20 $\pm$ 1,44	132,60 $\pm$ 3,62

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$ в сравнении с контролем.

Table 2

**Semen resistance to cooling of stallions with different antigens
of the C blood group system (EA C) ($M \pm m$, $n = 1676$)**

Erythrocyte antigens of the C blood group system	Number of samples	Semen survival ability	
		at 2-5°C, h	absolute, standard units
$-/-$	1106	67.21 $\pm$ 0.81*	167.97 $\pm$ 2.12*
$a/-$	265	57.00 $\pm$ 1.79	137.68 $\pm$ 4.84
Control			
not defined	305	55.20 $\pm$ 1.44	132.60 $\pm$ 3.62

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$ compared to the control.

достоверную ($P < 0,05$) ассоциированность с повышением выживаемости на 10,21 ч и абсолютного показателя выживаемости спермиев на 30,29 усл. ед. по сравнению со спермой жеребцов-производителей, у которых только *a/-* антиген. Физиологические характеристики спермы производителей после разбавления и последующего охлаждения у контрольных животных практически не отличались от жеребцов с *a/-* антигеном на поверхности эритроцитов.

Статистический анализ свидетельствует о том, что степень влияния особенностей антигенной структуры мембран эритроцитов по С-группе на жизнеспособность эякулятов жеребцов после охлаждения до 2-5°C составляет 3,8% ($P < 0,05$), на абсолютную жизнеспособность – 4,7% ($P < 0,05$).

Следующим этапом исследований было установление ассоциированности иммуногенетических особенностей по К-системе антигенов мембран эритроцитов с физиологическими показателями спермы жеребцов после разбавления и охлаждения до 2-5°C.

Обобщение полученных данных позволяет утверждать, что в случае наследования подопытными лошадьми *a/-* антигена жизнеспособность спермиев увеличилась на 7,24 ч ($P < 0,05$) в сравнении с отсутствием антигенов на мембранах эритроцитов по этой системе ($64,26 \pm 0,82$ ч; $n = 1186$). Абсолютная жизнеспособность сперматозоидов также была наибольшей ($183,03 \pm 3,76$ усл. ед., $n = 185$), на 24,18 усл. ед. больше ($P < 0,05$) в сравнении с отсутствием этой системы группы крови. При этом статистический анализ показал, что степень влияния антигенов мембран эритроцитов по К-системе на жизнеспособность сперматозоидов после разбавления-охлаждения составляет 2,7% ($P < 0,05$), на абсолютную жизнеспособность половых клеток жеребцов-производителей – 3,5% ($P < 0,05$).

Полученные данные впервые свидетельствуют о наличии определенной ассоциированности физиологической устойчивости спермы жеребцов-производителей к охлаждению в зависимости от особенностей антигенной структуры мембран эритроцитов и по К-системе. Это подтверждают данные других исследователей о необходимости проведения исследований ассоциированности иммуногенетических особенностей с репродуктивной функцией животных (17-18), хотя ассоциированность с показателями свежеполученной и деконсервированной спермы уже была изучена ранее (30-31).

Выводы

Conclusions

Установлено, что наличие у обследованных лошадей антигенов на мембранах эритроцитов по D-системе *ad/dk*, *cgm/ceg*, *cgm/d*, *cgm/dk*, *dg/di* ассоциировалось с получением низкой резистентности спермиев к охлаждению, что выражалось в их жизнеспособности не более 50 ч. Получение средней резистентности сперматозоидов к охлаждению в виде жизнеспособности от 50 до 75 ч при 2-5°C было у носителей антигенов *cegmd/dk*, *cgm/dg*, *ad/bcm*, *ad/d*, *ad/de*, *bcm/cgm*, *cegmd/cgm*, *cegmd/d*, *cgm/cgm*, *bcm/de*, *bcm/dg*, *cegmd/dg*, *de/cgm*, *de/d*, *de/dk*, *dk/d*, *dk/de*. Высокая устойчивость сперматозоидов жеребцов-производителей к охлаждению до 2-5°C в виде жизнеспособности более 75 ч ассоциировалась с наличием антигенов *bcm/d*, *bcm/dk*, *cgm/de*, *dg/cgm*, *ad/cgm*, *dg/dk*, *dk/dk* на поверхности эритроцитов.

Обнаружение у лошадей *a/-* антигена К-системы ассоциировалось с увеличением жизнеспособности спермиев на 7,24 ч ($P < 0,05$), а абсолютная жизнеспособность – на 24,18 усл. ед. ($P < 0,05$) по сравнению с отсутствием антигенов этой системы. Отсутствие *-/-* на поверхности мембран эритроцитов антигенов системы С ассоциировалось с повышением ($P < 0,05$) жизнеспособности на 10,21 ч и абсолютной жизнеспособностью сперматозоидов на 30,29 усл. ед. по сравнению со спермой жеребцов, у которых есть *a/-* антиген. Отсутствие антигенов на поверхности мембран эритроцитов по А-системе *-/-* или наличие *a/-* антигена ассоциировались с повышением физиологической резистентности эякулятов лошадей к охлаждению на 14 ч ($P < 0,05$) относительно контроля. При этом абсолютная жизнеспособность сперматозоидов выше ($P < 0,01$) контрольных значений на 38,69 и 45,94 усл. ед. соответственно. Если обследованные жеребцы-производители характеризовались наличием *ad/-* антигена, то наблюдалась ассоциированность с высокой физиологической устойчивостью спермиев к охлаждению до 2-5°C по сравнению с контролем на 9,63 ч ($P < 0,05$) и меньшей резистентностью по сравнению с *a/-* и *-/-* на 5 ч. Практическое применение полученных данных заключается в том, что появляется возможность прогнозировать сроки хранения свежеразбавленной охлажденной спермы перед искусственным осеменением. Это особенно важно при длительной транспортировке спермодоз.

Список источников

References

1. Лебедева Л.Ф., Атрошенко М.М., Бурмистрова С.А. Основные факторы, влияющие на результативность осеменения кобыл спермой, криоконсервированной по российским и зарубежным технологиям // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50, № 4. С. 476-485. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.4.476rus>
2. Атрошенко М.М., Калашников В.В., Брагина Е.Е., Зайцев А.М. Сравнительное изучение ультраструктуры сперматозоидов в эпидидимальной, эякулированной и криоконсервированной сперме жеребцов // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 2. С. 274-281. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.274rus>
3. Багиров В.А., Калашников В.В., Зайцев А.М., Атрошенко М.М. и др. Репродуктивная функция жеребцов чистокровной арабской породы в зависимости от элементного статуса, оцененного по составу волоса из гривы // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 6. С. 1184-1193. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.6.1184rus>
4. Tkachev A.V., Sheremeta V.I., Tkacheva O.L., Rossokha V.I. Physiological relationship of erythrocyte antigens with indicators of horse spermogram. *Fiziologichnyi Zhurnal*. 2017;63(1):84-90. <https://doi.org/10.15407/fz63.01.084>
5. Ткачёв А.В., Ткачёва О.Л., Россоха В.И. Ассоциированность эритроцитарных антигенов с характеристиками спермы жеребцов после криоконсервирования // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53, № 4. С. 735-742. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.735rus>
6. Ткачёв А.В., Ткачёва О.Л., Россоха В.И. Цитогенетический статус кобыл украинской верховой породы в связи с оплодотворяемостью // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53, № 2. С. 302-308. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.302rus>
7. Monteiro G.A., Guasti P.N., Hartwig F.P., Del-laqua J.A.Jr., Alvarenga M.A., Papa F.O. Cooling of ejaculated and epididymal stallion sperm. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*. 2013;65(3):681-686. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000300010>
8. LeãoFreitas M., Bouéres C., Pignataro T., Gonçalves de Oliveira F., Oliveira Viu M., Oliveira R. Quality of fresh, cooled, and frozen semen from stallions supplemented with antioxidants and fatty acids. *Journal of Equine Veterinary Science*. 2016;46:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.07.003>
9. Stradaoli G., Sylla L., Zelli R., Chiodi P., Monaci M. Effect of L-carnitine administration on the seminal characteristics of oligoasthenospermic stallions. *Theriogenology*. 2004;62:761-777. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.11.018>
10. Arruda R.P., Silva D.F., Alonso M.A., Andrade A.F.C., Nascimento J., Gallego A.M. Nutraceu-ticals in reproduction of bulls and stallions. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2010;39:393-400. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300043>

1. Lebedeva L.F., Atroshchenko M.M., Burmis-trova S.A. Main factors affecting mare insemination with cryopreserved domestic and foreign sperm. *Agricultural Biology*. 2015;50(4):476-485. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2015.4.476eng>
2. Atroshchenko M.M., Kalashnikov V.V., Bra-gina Ye.Ye., Zaitsev A.M. Comparative study of the structural integrity of spermatozoa in epididy-mal, ejaculated and cryopreserved semen of stallions. *Agricultural Biology*. 2017;52(2):274-281. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.274eng>
3. Bagirov V.A., Kalaschnikov V.V., Zaitsev A.M., Atroshchenko M.M., Miroshnikov S.A., Zavialov O.A., Frolov A.N. Reproductive function in purebred Arabian stallions as related to the levels of chemical elements in mane hair samples. *Agri-cultural Biology*. 2017;52(6):1184-1193. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.6.1184eng>
4. Tkachev A.V., Sheremeta V.I., Tkacheva O.L., Rossokha V.I. Physiological relationship of erythrocyte antigens with indicators of horse spermogram. *Fiziol. Zh.* 2017;63(1):84-90. doi: <https://doi.org/10.15407/fz63.01.084>
5. Tkachev A.V., Tkacheva O.L., Rossokha V.I. Associated connection of erythrocytary antigens with characteristics of stallion semen after cryoconservation. *Agricultural Biology*. 2018;53(4):735-742. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.735eng>
6. Tkachev A.V., Tkacheva O.L., Rossokha V.I. Cytogenetic status of mares (*Equus caballus*) of Ukrainian riding breed influences their fertility. *Agricultural Biology*. 2018;53(2):302-308. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.302eng>
7. Monteiro G.A., Guasti P.N., Hartwig F.P., Del-laqua J.A.Jr., Alvarenga M.A., Papa F.O. Cooling of ejaculated and epididymal stallion sperm. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2013;65(3):681-686. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000300010>
8. LeãoFreitas M., Bouéres C., Pignataro T., Gonçal-ves de Oliveira F., Oliveira Viu M., Oliveira R. Qua-lity of fresh, cooled, and frozen semen from stallions supplemented with antioxidants and fatty acids. *Journal of Equine Veterinary Science*. 2016;46:1-6. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.07.003>
9. Stradaoli G., Sylla L., Zelli R., Chiodi P., Monaci M. Effect of L-carnitine administration on the seminal characteristics of oligoasthenosper-mic stallions. *Theriogenology*. 2004;62:761-777. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.11.018>
10. Arruda R.P., Silva D.F., Alonso M.A., An-drade A.F.C., Nascimento J., Gallego A.M. Nutra-ceuticals in reproduction of bulls and stallions. *R. Bras Zootec.* 2010;39:393-400. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300043>

11. Шишова Н.В., Комбарова Н.А., Тараховский Ю.С. Холестерин не повышает криозащитную эффективность среды на основе растительных фосфолипидов, используемой для замораживания спермы быка // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52, № 2. С. 306-313. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.306rus>

12. Шаталина О.С. Ассоциации между группами крови и репродуктивными показателями у крупного рогатого скота. *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53, № 2. С. 309-317. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.309rus>

Сведения об авторах

Ткачев Александр Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры ветеринарной медицины, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; доцент департамента ветеринарной медицины Аграрно-технологического института, РУДН; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; e-mail: alex.tkachev@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7721-5742>

Ткачева Ольга Леонидовна, кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель Технологического колледжа, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: tkacheva.o@rgau-msha.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5573-6117>

Петряева Алина Вадимовна, педагог дополнительного образования кафедры общеобразовательных дисциплин Института русского языка, Российский университет дружбы народов (РУДН); 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; e-mail: petryaeva-av@rudn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9815-4029>

Статья поступила в редакцию 28.01.2024
Одобрена после рецензирования 13.03.2024
Принята к публикации 20.03.2024

11. Shishova N.V., Kombarova N.A., Tarakhovsky Yu.S., Davydova G.A., Zalomova L.V., Seraya O.Yu., Abilov A.I. Cholesterol does not improve cryoprotective efficiency of soybean lecithin-based extenders for bull semen. *Agricultural Biology*. 2017;52(2):306-313. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.2.306eng>

12. Shatalina O.S. The association between blood group and reproductive performance in cattle. *Agricultural Biology*. 2018;53(2):309-317. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.2.309rus>

Information about the authors

Aleksandr V. Tkachev, DSc (Agr), Senior Research Associate, Professor at the Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine, Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia (6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow, 117198, Russian Federation); e-mail: alex.tkachev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7721-5742>

Olga L. Tkacheva, CSc (Agr), lecturer, Technological College, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: tkacheva.o@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5573-6117>

Alina V. Petryaeva, additional education teacher at the Department of General Education Disciplines, Institute of the Russian Language, Peoples' Friendship University of Russia (6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation); e-mail: petryaeva-av@rudn.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9815-4029>

The article was submitted to the editorial office
January 28, 2024
Approved after reviewing March 13, 2024
Accepted for publication March 20, 2024