

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЗМА Fe, Zn, Mn, Se, J, Co И Cu В ОРГАНИЗМЕ ВСЕЯДНЫХ ЖИВОТНЫХ

¹Воробьев В.И., ¹Щербакова Е.Н., ¹Захаркина Н.И.

¹ГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет», Астрахань, Россия (414056, Астрахань, ул. Татищева, 20а) e-mail: veterinaria-2011@mail.ru

В работе впервые показаны результаты исследования метаболизма физиологически важных микроэлементов в организме растущих поросят на откорме в биогеохимических условиях региона Нижней Волги. Балансовыми опытами установлено, что у свиней при низком уровне в среде и кормах Астраханской области селена, йода, кобальта и, частично, меди в организме свиней, обнаружен дефицит селена, йода и меди, что подтверждено их отрицательными балансами. Применение органических препаратов Se, J и CuSO₄ обусловило положительные балансы дефицитных микроэлементов в организме свиней из опытных групп. Это положительно влияло на интегративные функции роста и развития свиней, давало дополнительное количество мяса и тем самым способствовало решению проблемы импортозамещения и продовольственной безопасности России.

Ключевые слова: свиньи, селен, йод, кобальт, медь, цинк, марганец

THE PHYSIOLOGICAL FEATURES OF THE METABOLISM OF Fe, Zn, Mn, Se, J, Co AND Cu IN THE ORGANISM OF OMNIVORES

¹Vorobev V.I., ¹Shcherbakova E.N., ¹Zaharkina N.I.

¹Astrakhan state university, Astrakhan, Russia (41400, Astrakhan, Street Tatischeva, 20 A), e-mail: veterinaria-2011@mail.ru

In the work results of research of a metabolism of physiologically important microelements in an organism of the growing pigs fattening in biogeochemical conditions of the region of the Low Volga are for the first time shown. By balance experiences it is established that at pigs at low level in the environment and sterns of the Astrakhan region of a selenium, an iodine, a cobalt and, partially, copper in an organism of pigs, deficiency of a selenium, iodine and copper that is confirmed with their negative balances is found out. Application of the organic preparations Se, J and CuSO₄ caused positive balances of scarce microelements in an organism of pigs from experienced groups. It positively influenced integrative functions of body height and development of pigs, gave padding amount of meat and by that promoted a solution of the problem of the import substitution and the food security of Russia.

Keywords: biogeochemistry, blood, pigeons, ontogenesis, enzymes, vitamins

В регионе Нижней Волги ранее нами и И.И. Дедовым установлен [2, 3, 7] в основных компонентах экосистем низкий уровень ряда жизненно важных микроэлементов (J, S, Co и, частично, в почвах – меди). Согласно разработанной нами физиолого-биогеохимической концепции, позволяющей принципиально по-новому решать проблему выбора и применения недостающих в среде и кормах микроэлементов [3, 4, 6], мы сочли необходимым провести ряд балансовых опытов на поросятах, стоящих на откорме, с целью диагностики скрытых форм, комбинированных гипомикроэлементозов и коррекции этих синдромов у растущих свиней. Следует отметить, что проблемами физиологии свиней в постнатальном онтогенезе до нас в Астраханской области никто не занимался.

Материал и методы. В предварительном балансовом опыте, продолжавшимся 30 дней, участвовало 5 хрячков и 5 самок аналогичной массы породы крупная белая в возрасте

одного месяца. Микроэлементы определяли атомно-абсорбционным методом [9]. Второй тридцатидневный балансовый опыт поставлен на поросятах в возрасте 85 дней с применением органических препаратов селена (ДАФС-25) в дозе 0,2 мг/кг, йода - ЙОДДАР – 0,2 мг на голову в сутки и 0,5 мг/кг CuSO_4 .

Результаты и их обсуждение. В предварительном балансовом опыте нами был установлен отрицательный баланс в организме поросят йода, селена и меди. Балансы железа, цинка, кобальта и марганца носили у животных положительный характер (табл. 1). Это показывает хорошую обеспеченность Fe, Zn, Co и Mn организма всеядных животных и не требует дополнительного внесения этих физиологически важных микроэлементов в рацион всеядных животных. Отрицательные балансы J, Se и Cu позволяют считать установленным факт наличия у растущих свиней скрытой формы комбинированного гипомикроэлементоза J, Se и Cu, который согласуется с биогеохимической ситуацией региона Нижней Волги, где йод и селен находятся в дефиците [2, 5, 6] и клинически не проявляется. Весьма интересно, что в тех же биогеохимических условиях нами в тоже время были поставлены балансовые опыты на симментальских коровах, у которых обнаружены отрицательные балансы селена, йода и кобальта, а баланс меди был положительным [3, 4, 5]. Следовательно, уровень микроэлементов в организме определяется не только содержанием химических элементов в среде и кормах, но и видовыми и возрастными различиями [4, 5]. Видимо, кобальт всеядным животным не столь важен, как жвачным, которые способны синтезировать в рубце с помощью этого элемента кобаламин (вит. B_{12}). В тоже время растущим поросятам крайне необходима медь для биосинтеза гемоглобина [1, 3].

Таблица 1

Баланс микроэлементов у 30-дневных поросят, в мг

Микроэлементы	Поступило с кормом рациона (в среднем на голову)	Выделено из организма			Усвоено организмом (баланс ±)	Усвоено в % к принятому
		кал	моча	всего		
железо	307±14	289	2,56	291,56	+15,44	5,03±0,31
селен	0,4±0,08	0,41	-	0,41	-0,01	-2,50±0,08
цинк	23,4±1,5	11,73	0,009	11,74	+11,6	49,83±1,62
кобальт	2,05±0,1	0,74	0,012	0,75	+0,30	28,57±1,39
медь	5,7±0,8	5,6	0,15	5,75	-0,05	-0,39±0,01
йод	0,49±0,01	0,51	0,01	0,52	-0,03	-1,06±0,03
марганец	28,7±1,3	12,9	0,06	12,96	+15,74	54,84±2,25

У поросят контрольной группы баланс меди во втором балансовом опыте, как и в первом, был отрицательным и животные, находясь в клетках, теряли некоторое количество меди из организма (табл. 2).

Таблица 2

Баланс меди у 85-115-ти дневных поросят, в мг

Группа	Кол-во животных в группах	Поступило с кормом рациона	Выделено из организма			Усвоено организмом (баланс ±)	Усвоено в % к принятому
			кал	моча	всего		
I контрольная, основной рацион (OP)	n=3	25,67	25,68	0,04	25,72	-0,05	-0,88
		25,52	25,70	0,02	25,72	-0,20	-3,62
		26,01	25,99	0,01	26,00	+0,01	+0,17
	среднее	25,73±1,31	25,79	0,02	25,81±1,3	-0,08	-1,40±0,09
II опытная (OP+ДАФС-25)	n=3	26,09	26,01	0,08	26,09	±0,00	0,00
		26,02	25,87	0,12	25,99	+0,02	0,33
		25,89	25,94	0,14	25,78	+0,11	1,87
	среднее	26,00±2,62	25,97	0,11*	25,95±1,6	+0,04	0,73±0,03*
III опытная (OP+ДАФС-25+CuSO ₄ +ЙОДДАР)	n=3	37,49	35,01	0,09	35,10	+2,39	31,91
		37,61	34,87	0,18	35,05	+2,56	33,64
		37,41	34,52	0,17	34,69	+2,72	36,36
	среднее	37,48±1,91	34,80	0,15*	34,95±1,8	+2,53	33,82±1,74*

* P<0,05 относительно контроля

Иная картина наблюдалась у животных из опытных групп. Во второй группе животных, получавшей дополнительно селен, баланс меди в организме стал положительным, хотя и приближался к нулю. У животных в III группе, получавших дополнительно ДАФС-25, «ЙОДДАР» и сернокислую медь, баланс меди был устойчиво положительным, и поросята утилизировали от 31,9 до 36,4% металла в организме. Количество меди в моче поросят возросло относительно контроля (P<0,05), что подтверждает дополнительное вовлечение меди в процессы промежуточного обмена веществ животных и коррекцию гипомикроэлементозного синдрома. Баланс марганца у поросят контрольной и опытной групп в 85-115-ти дневном возрасте был положительным (табл. 3). Поступление марганца с кормами в контрольной группе животных в среднем составило 53,7 мг, или 39,1 мг/кг сухого вещества, что было вполне достаточно для растущих поросят.

Таблица 3

Баланс марганца у поросят 85-ти дневного возраста (в мг)

Группа	Кол-во животных в группах	Поступило с кормом рациона	Выделено из организма			Усвоено организмом (баланс ±)	Усвоено в % к принятому
			кал	моча	всего		
I контрольная, основной рацион (OP)	(n=3)	55,31	32,03	0,07	32,15	+23,86	51,3
		52,48	32,86	0,09	32,96	+19,52	46,2
		53,51	35,53	0,08	35,61	+19,90	43,6
	Среднее	53,73±3,4	33,48	0,08	33,56	+20,27	47,1±2,6

II опытная (ОР+ДАФС-25)	(n=3)	52,22	31,18	0,17	31,35	+21,57	50,4
		53,01	31,96	0,26	32,22	+20,79	48,2
		53,48	31,36	0,06	31,42	+22,06	50,7
	Среднее	53,14±4,2	31,50	0,16	31,66	+21,17	49,7±2,8
III опытная (ОР+ДАФС- 25+CuSO ₄ + ЙОДДАР)	(n=3)	53,27	24,48	0,12	24,60	+28,67	66,2
		52,94	23,93	0,10	24,03	+28,81	67,4
		53,12	27,89	0,05	27,84	+25,28	58,6
	Среднее	53,12±3,8	25,41	0,08	25,59	+27,63	62,8±3,4*

Опытные животные (III гр.) лучше усваивали марганец – 62,9% от принятого, против 47,0% у животных контрольной группы ($P < 0,05$). Следовательно, подкормка поросят III группы органическими препаратами селена, йода и меди оказывала положительное влияние на процессы пищеварения, повышая ассимиляцию питательных веществ, в том числе и марганца, увеличивая его активность в биохимических процессах, протекающих в организме. При этом следует отметить, что марганец не только регулирует многие окислительно-восстановительные реакции, но и входит в состав супероксиддисмутазы (СОД) – антиоксидантного фермента, участвующего в регулировании перекисного окисления липидов [3]. Известно, что недостаток в организме жвачных Se, J и Co обуславливает возникновение гипомикроэлементоза, который ведет к повышению в крови продуктов перекисаации и уровень активности СОД играет в антиоксидантной системе ведущую роль [3, 5, 6]. Анализ метаболизма селена во II опыте показал, что у одного поросенка в контрольной группе был отрицательный баланс этого элемента, у другого – положительный, а у третьего – был равен нулю (табл. 4). В среднем поросята в контроле ежедневно теряли 0,01 мг селена на голову в сутки. Во второй опытной группе у поросят получены устойчивые положительные балансы селена. более высокий уровень усвоения селена наблюдался в III группе. Различия между группами статистически достоверны ($P < 0,05$). Нет сомнения, что поросята III группы имели наивысший уровень обменных процессов, что подтверждается и наличием наибольшего содержания селена в моче, относительно II и I групп ($P < 0,05$), гематологическими показателями [3], лучшими суточными привесами и более высокой массой опытных животных [5].

Таблица 4

Баланс селена у поросят 85-ти дневного возраста (в мг)

Группа	Кол-во животных в группах	Принято животными с кормом	Выделено из организма			Утилизировано животными (баланс ±)	Усвоено в % к принятому
			Кал	Моча	Всего		
I контрольная основной рацион (ОР)	(n=3)	0,52	0,51	сл.	0,51	+0,01	1,92
		0,51	0,53	сл.	0,53	-0,02	-3,92
		0,53	0,53	сл.	0,53	±0,0	0,00
	Среднее	0,52±0,02	0,52	сл.	0,52±0,01	-0,003	-1,25±0,29

II опытная (ОР+ДАФС-25)	(n=3)	1,11	0,63	0,005	0,63	+0,48	43,24
		11,12	0,79	0,004	0,80	+0,32	28,57
		1,01	0,75	0,006	0,76	+0,34	33,66
	Среднее	1,08±0,04	0,72	0,005	0,73±0,02	+0,38	35,19±1,41*
III опытная (ОР+ДАФС- 25+CuSO ₄ + «ЙОДДАР»)	(n=3)	1,02	0,57	0,008	0,578	+0,044	36,67
		1,12	0,77	0,009	0,779	+0,034	30,36
		1,01	0,59	0,005	0,595	+0,041	41,00
	Среднее	1,05±0,01	0,64	0,007	0,65±0,04	0,40	38,1±1,99*

Известно, что селен и его соединения стимулируют синтез белков, в т.ч. фракцию иммуноглобулинов, повышая иммунный статус организма, процессы тканевого дыхания, выступая в качестве антиоксиданта, регулируя обмен липидов, окислительное фосфорилирование, влияя, таким образом, на увеличение привесов растущих животных, их массу и жизнестойкость [4, 5], что и обуславливает необходимость применения селеновых препаратов в животноводстве, которое следует проводить осторожно с обязательным комплексным учетом биогеохимической обстановки и уровня обменных процессов этого физиологически важного элемента в организме [6]. Только все это в совокупности и позволяет теоретически грамотно выбрать недостающий элемент питания, определить дозировку применения его в животноводстве конкретного региона, что способствует коррекции скрытых форм гипомикроэлементоза. По мнению академика В.И. Фисинина [8], в стресс-условиях, когда происходит окисления не только липидов, но и белков, Se не может быть заменен витамином E, и если селена в рационе достаточно (положительный баланс в организме), то дополнительно вводить вит. E в корма не следует, что подчеркивает важность этого элемента в коррекции эндемических заболеваний, в т.ч. гипомикроэлементозов всеядных животных. Исследуя балансы йода у поросят (табл. 5), мы понимали, что баланс этого элемента в организме, изучаемый существующими методами проведения балансовых опытов, несовершенен, т.к. часть этого элемента, в отличие от других микроэлементов, может испаряться, например, с выдыхаемым воздухом, и мы не улавливаем всего йода, и он частично теряется. Следует иметь в виду, что в литературе существует определенное мнение, что в приморских областях потребность человека и животных в йоде может быть удовлетворена за счет йода, поглощаемого при дыхании, а в других регионах и субрегионах организм с вдыхаемым воздухом получает до 4% этого физиологически важного элемента. Примерно такое же количество йода и выводится из организма с выдыхаемым воздухом и через кожу [1, 3, 4, 7]. Данные по балансу йода в организме у растущих поросят в литературе отсутствуют. Мы в своих экспериментах решили пренебречь (величинами йода в воздухе), т.к. погрешность была одинакова как для опытных, так и для контрольных групп. Баланс йода у поросят контрольной группы был отрицательным, что говорит о слабой обеспеченности среды и кормов этих элементов.

Дополнительное введение пороссятам селена изменило баланс йода в организме растущих животных опытных групп, и он стал положительным (табл. 5). Вероятно, селен как-то «экономит» расход йода и он выводится из организма с калом в меньших количествах (II группа), чем в контроле. Увеличилось и содержание йода в моче (в среднем в 3 раза), что является свидетельством более активного вовлечения йода в процессы метаболизма пороссят опытных групп. Дополнительное введение 0,2 мг йода пороссятам в рацион предопределило устойчивый положительный баланс в организме этого важного химического элемента у животных III группы.

Таблица 5

Баланс йода у пороссят 85-ти дневного возраста (в мг)

Группа	Кол-во животных в группах	Поступило с кормом рациона	Выделено из организма			Усвоено организмом (баланс ±)	Усвоено в % к принятому
			Кал	Моча	Всего		
I контрольная (OP)	(n=3)	0,52	0,67	0,02	0,69	-0,17	-32,69
		0,48	0,57	0,01	0,58	-0,10	-20,83
		0,50	0,59	сл	0,59	-0,09	-18,00
	Среднее	0,50±0,03	0,61	0,01	0,62±0,02	-0,12	-22,84±1,3
II OP + опытная, (OP+ДАФС-25)	(n=3)	0,58	0,51	0,03	0,54	+0,04	+6,89
		0,59	0,46	0,04	0,50	+0,09	+15,25
		0,61	0,52	0,02	0,54	+0,07	+11,48
	Среднее	0,59±0,02	0,50	0,03	0,53	+0,06	+10,17±0,9*
III опытная (OP + ДАФС-25+ ЙОДДАР+CuSO ₄)	(n=3)	0,73	0,59	0,05	0,64	+0,09	12,32
		0,74	0,45	0,06	0,51	+0,13	+17,68
		0,71	0,42	0,15	0,57	+0,14	+19,72
	Среднее	0,73±0,01	0,49	0,05*	0,54	+0,12	+16,44±0,8*

Уровень селена в моче опытных пороссят из III группы был выше, чем в контроле в 5 раз ($P < 0,05$), что свидетельствует о более высоком уровне промежуточного метаболизма. Среднесуточный баланс цинка в организме контрольных пороссят был положительным (табл. 6). Подкормка опытных пороссят недостающими микроэлементами оказывала положительное влияние на обмен цинка, несколько повышая процент его усвоения организмом, но различия из-за малой выработки балансового опыта оказались статистически недостоверны ($P > 0,5$). Однако уровень цинка в моче опытных групп был выше, чем у контрольных животных. Следовательно, он более активно вовлекался в процессы метаболизма у опытных пороссят, чем в контроле. Нам предоставляется, что в биогеохимических условиях Нижней Волги содержание цинка в количестве 29,4-30,7 мг корма рациона оказалось вполне достаточным, чтобы обеспечить физиологическую потребность пороссят 85-115-дневного возраста в этом эксперименте.

Таблица 6

Баланс цинка у пороссят 85-дневного возраста (в мг)

Группа	Кол-во животных в группах	Поступило с кормом с рационом	Выделено из организма			Усвоено организмом (баланс ±)	Усвоено в % к принятому
			Кал	Моча	Всего		
I контрольная	(n=3)	27,16	22,12	0,05	20,17	+8,79	33,3
		32,14	20,54	0,10	19,65	+10,49	32,6
		29,04	19,81	0,05	19,86	+9,18	31,6
	Среднее	29,43±1,1	19,86	0,06	19,94	+9,59	32,6
II опытная (ДАФС-25)	(n=3)	30,57	18,77	0,82	19,60	+10,95	34,64
		30,06	19,44	1,06	20,58	+9,51	31,11
		31,36	20,12	1,23	21,25	+10,12	32,3
	Среднее	30,66±1,8	19,44	1,04*	20,48	+10,18	33,2
III опытная (ДАФС-25+CuSO ₄ +«ЙОДДАР»)	(n=3)	32,06	19,12	1,30	19,32	+10,74	33,5
		31,41	17,04	1,44	19,48	+11,43	36,4
		38,48	17,58	1,46	19,14	+9,34	24,3
	Среднее	30,55±1,5	17,92	1,41*	19,33	+10,52	34,4

Среднесуточный баланс кобальта у поросят контрольной группы и опытных групп был положительным, но обмен его у различных животных протекал по-разному (табл. 7). Довольно высокий процент усвоения кобальта у поросят II и III групп, очевидно, связан с более высоким коэффициентом переваримости корма у опытных животных, т.е. более высоким уровнем обменных процессов и вовлечение кобальта в процессы метаболизма животных. Наличие в моче большого количества кобальта у поросят 85-115-дневного возраста во II и, в III группе лишь подтверждает наше мнение о более высоком уровне промежуточного метаболизма в организме поросят этой группы и большим участием кобальта в обмене веществ. А как известно, этот элемент необходим для прироста белка мышечной ткани, что подтверждается лучшими привесами опытных поросят в течение всего периода выращивания животных [3].

Таблица 7

Баланс кобальта у поросят 85-дневного возраста (в мг)

Группа	Кол-во животных в группах	Поступило с кормом рациона	Выделено из организма			Усвоено организмом (баланс ±)	Усвоено в % к принятому
			Кал	Моча	Всего		
I контрольная (OP)	(n=3)	1,25	1,11	сл.	1,11	+0,14	11,2
		1,34	0,99	сл.	0,99	+0,35	26,12
		1,42	1,36	0,01	1,37	+0,05	3,52
	Среднее	1,34±0,93	1,15	0,01	1,16	+0,18	13,45±0,7
II опытная, (OP+ДАФС-25)	(n=3)	1,12	0,95	0,02	1,01	+0,11	9,8
		1,29	0,87	0,02	0,89	+0,31	-24,03
		1,08	0,01	0,01	1,02	+0,07	-6,48
	Среднее	1,16±0,74	1,00	0,02	1,00	+0,03	13,44±0,6
III опытная (OP+ДАФС-25+CuSO ₄)	(n=3)	1,21	0,96	0,07	1,03	+0,18	14,88
		1,24	0,79	0,08	0,87	+0,37	29,84
		1,32	0,86	0,05	0,91	+0,41	31,06

ЙОДДАР)	Среднее	1,26±0,61	1,07	0,07*	1,12	+0,32	25,26±1,4*
---------	---------	-----------	------	-------	------	-------	------------

Это обстоятельство следует рассматривать, как подтверждение правильности выбранного нами физиолого-биохимического принципа подбора микроэлементов для применения животным не только с точки зрения их физиологической роли в организме, но, непременно, с учетом результатов балансовых опытов и биохимической ситуации конкретного региона.

Таблица 8

Переваримость сухого вещества корма у поросят 85-ти дневного возраста

Группа	Кол-во животных	Принято сухого вещества корма (кг)	Выделилось сухого вещества кала (г)	Усвоилось корма (кг)	Коэффициент переваримости сухого вещества корма (в %)
I контрольная, (ОР)	(n=3)	1,40	143,0	1,262	89,8
		1,46	156,0	1,305	89,3
		1,46	157,0	1,304	89,3
	Среднее	1,44±0,07	152,0	1,290	89,4±2,24
II опытная, (ОР+ДАФС-25)	(n=3)	1,482	144,0	1,345	90,3
		1,545	154,0	1,391	90,0
		1,545	157,0	1,388	89,8
	Среднее	1,53±0,09	152,0	1,374	90,0±1,49
III опытная, (ОР+ДАФС-25+CuSO ₄ +ЙОДДАР)	(n=3)	1,405	142,0	1,263	89,9
		1,49	144,0	1,345	90,3
		1,49	148,0	1,341	90,0
	Среднее	1,46±0,08	145,0	1,316	90,1±2,17

Подкормка растущих свиней недостающими микроэлементами оказывала положительное влияние на физиологические процессы пищеварения (табл. 8). Коэффициент переваримости сухого вещества у подопытных групп поросят (II и III группы) 85-115-ти дневного возраста был на 0,6-0,7% выше, чем у контрольных ($P < 0,05$), что служит подтверждением полезности и необходимости применения *per os* органических препаратов селена, йода и сернистой меди для организма растущих свиней в биохимических условиях низкого уровня этих элементов в среде обитания и кормах всеядных животных, с целью получения дополнительного количества продукции (живая масса контрольных поросят в конце откорма равнялась 91,01 кг, во II гр. – 98,02 кг и III гр. – 107,09 кг), что послужит определенным вкладом в решение проблемы импортозамещения мясных продуктов.

Заключение. Нам представляется, что применение органических препаратов ДАФС-25 и «ЙОДДАР», а также легко усвояемой сернистой меди, в изучаемом регионе Нижней Волги, способствует восстановлению физиологически нормального микроэлементного гомеостаза, который у значительного процента растущих свиней может нарушаться при

недостаточном поступлении эссенциальных микроэлементов и возникновении скрытых форм комбинированных гипомикроэлементозов [3, 4, 5], что мы наблюдали у контрольных животных (отрицательные балансы J, Se и Cu) при проведении балансовых опытов. Поэтому применение органических препаратов Se, J и CuSO₄ в биотических количествах *per os* в совокупности оказывает положительное влияние на все виды метаболизма животных, улучшая в целом их физиологическое состояние и предопределяя повышение интегративных функций продуктивности во II гр. – на 7,01 кг, а в III гр. на 16,08 кг или 17,7% на голову относительно контроля.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-08-01292 а.

Список литературы

1. Воробьев В.И. Биогеохимия и рыбоводство / В.И. Воробьев // Саратов. – Изд. ЛИТЕРА. - 1993. – 224 с.
2. Воробьев Д.В. Динамика тяжелых металлов в основных компонентах наземных экосистем дельты р. Волги / Д.В. Воробьев, В.И. Воробьев // Естественные науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований. – Астрахань. – 2007. - №3 (20). – С. 11-16.
3. Воробьев Д.В. Профилактика и коррекция гематологических показателей свиней препаратами селена, йода и меди в условиях их дефицита в среде / Д.В. Воробьев, В.И. Воробьев // Естественные науки. – 2011. - №1 (34). – С. 105-110.
4. Воробьев Д.В. Коррекция морфо-физиологических показателей при комбинированном гипомикроэлементозе растущих свиней препаратами селена, йода и меди в биогеохимических условиях их недостатка / Д.В. Воробьев // Естественные науки. – 2011. – №4 (37) - С. 92-97.
5. Воробьев Д.В. Влияние Se, Co и I на продуктивность симментальских коров в биогеохимических условиях региона Нижней Волги / Д.В. Воробьев, В.И. Воробьев, Е.Н. Щербакова // Известия Оренбургского ГАУ – 2013. - №3. – С. 52-54.
6. Воробьев В.И. Поиски научно-обоснованных критериев дефицита микроэлементов в организме животных / В.И. Воробьев, Д.В. Воробьев // Естественные науки. Астрахань. №3 (48). - 2014. - С. 80-85.
7. Дедов И.И. Результаты эпидемиологических исследований йоддефицитных заболеваний в рамках проекта «Тирумбаль» / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко // Ж. Проблемы эпидемиологии, №5. - 2005. - С. 32-36.
8. Папазян Т.Т. Взаимодействие между витамином Е и селеном: новый взгляд на

старую проблему / Т.Т. Папазян, В.И. Фисенко, П.Ф. Сурай // «Птица и птицепродукты», №1. – 2009. – С. 21-39.

9. Прайс С.В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия / С.В. Прайс // М.: Мир. - 1976. - 355 с.

Рецензенты:

Зайцев В.Ф., д.с-х.н., профессор, заведующий кафедрой «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань;

Федорова Н.Н., д.м.н., профессор, профессор кафедры «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань.