

В.И.Гидранович, доктор биологических наук, профессор

Витебский государственный университет им. П.М.Машерова

М.Э.Ахтанина, преподаватель

Лужеснянский сельскохозяйственный техникум им. Ф.А.Сурганова

УДК 577.164.2+546.23: 636.4

Влияние аскорбиновой кислоты и селена на обмен углеводов в организме свиней и рост поросят

В крови супоросных и лактирующих свиноматок, а также у поросят обнаружено преобладание пентозофосфатного пути метаболизма углеводов. Дана сравнительная оценка роли аскорбиновой кислоты в дозах 2,5 и 10,0 мг/кг и натрия селенита в дозе 0,1 мг/кг в регуляции гликолитического и пентозофосфатного путей метаболизма углеводов в организме свиноматок во время беременности, лактации и их влияния через организм матерей на метаболизм углеводов, рост и развитие поросят. Установлено стимулирующее действие аскорбиновой кислоты на пентозофосфатный путь в организме свиноматок и поросят, внутриутробное развитие, рост и сохранность поросят.

The prevalence of phosphate pathway of carbohydrates metabolism in the blood of pregnant and lactating sows as well as sucking piglets has been found. The article studies on a comparative basis the role of ascorbic acid in the dosage of 2.5 and 10.0 milligrams per kilogram and sodium selenite in the dosage of 0.1 milligram per kilogram in connection with glycolysis and pentose phosphate pathway regulation on the organisms of the sows during pregnancy, lactation and their influence on the development of sucking piglets and their growth via mother's organism. The stimulating effect of ascorbic acid on pentose phosphate pathway in the organism of brood-sows, sucking piglets, embryonic development, growth and safety of pigs has been studied.

Продуктивность, рост и развитие животных определяются интенсивностью и направленностью обмена веществ и энергии. Процессы биосинтеза нуклеиновых кислот, белков, липидов, коферментов нуклеотидного строения и других соединений, выполняющих специфические защитные и регуляторные функции в организме животных, тесно взаимосвязаны с метаболизмом углеводов.

Одной из причин снижения резистентности, воспроизводительной способности и продуктивности животных является нарушение обмена веществ, обусловленного дефицитом определенных микронутриентов.

Аскорбиновая кислота — необходимый пищевой фактор (витамин С) для приматов и морских свинок. Сельскохозяйственные животные способны к синтезу аскорбиновой кислоты и она является продуктом модифицированного пентозофосфатного пути метаболизма углеводов. Потребность свиней в аскорбиновой кислоте обеспечивается за счет эндогенных биосинтетических процессов и экзогенных источников. Биосинтетические процессы не всегда обеспечивают организм свиней аскорбиновой кислотой, а у поросят способность к ее синтезу ограничена. Промышленное ведение свиноводства с преобладанием концентратного типа кормления нарушило эволюционно сложившуюся систему поступления аскорбиновой кислоты в организм животных с сочными кормами. Дополнительно введенная в рацион аскорбиновая кислота оказывает стимулирующее действие на ряд биохимических процессов, рост и развитие поросят [1, 4, 9].

В организме животных аскорбиновая кислота, наряду с витамином Е и глутатионом, обладает антиокси-

дантными свойствами, защищает клетки от разрушающего действия сильных окислителей, принимает участие в обезвреживании пероксидов липидов [2, 18], образующихся как в организме животных, так и в результате порчи кормов.

Антиоксидантными свойствами обладают и соединения селена. Селен входит в состав ферментов глутатионпероксидазы и глутатионредуктазы — главных ферментов защиты от "окислительного стресса" [6, 17]. Глутатионпероксидаза катализирует восстановление пероксида водорода и гидропероксидов липидов, предохраняя клеточные мембраны от повреждающего действия этих окислителей. Глутатионредуктаза восстанавливает глутатион, который предохраняет окисление аскорбиновой кислоты. Препараты селена нашли широкое применение в профилактике и лечении различных гипоселенозов [3, 8, 13, 16].

Цель работы — сравнительная оценка роли аскорбиновой кислоты и натрия селенита в обмене углеводов в организме свиноматок во время беременности, лактации и их влияния через организм матери на метаболизм, рост и развитие поросят.

Материал и методы исследований

Экспериментальные исследования проведены на свиноводческом комплексе совхоза им. П.М.Машерова. На 40-45-м дне супоросности по принципу аналогов было сформировано 4 группы основных свиноматок крупной белой породы живой массой 240-260 кг по 15 голов в каждой. Животные 1-й группы были в качестве контроля и получали основной рацион. Свиноматки 2-й и 3-й групп во время супоросности и лак-

тащин дополнительно к основному рациону ежедневно получали аскорбиновую кислоту из расчета 2,5 и 10,0 мг/кг, а животные 4-й группы — натрия селенит в дозе 0,1 мг/кг живой массы. В качестве основного рациона супоросные свиноматки получали комбикорм СК-1Б-10, подсосные свиноматки — комбикорм СК-10Б-10, а поросята — комбикорм СКС-3. Содержание и кормление супоросных свиноматок было групповым, а после опороса — индивидуальным.

Биохимические исследования крови проводили у 5 супоросных свиноматок из каждой группы в три периода через 10, 30 и 60 дней подкормки, которые соответствовали 50-55, 70-75 и 100-105 дням супоросности. У подсосных свиноматок и поросят кровь исследовали при отъеме у 5 животных из каждой группы. В крови определяли содержание аскорбиновой кислоты [14], глюкозы, фруктозы, пентоз [5], неорганического фосфата [11] и активность ферментов [10].

Результаты исследований и их обсуждение

Установлено, что на 100-105-й день супоросности происходит снижение концентрации аскорбино-

вой кислоты в крови свиноматок на 17,5% ($P < 0,001$) по сравнению с первоначальным периодом исследований, что может быть связано с интенсивным использованием ее плодами. В крови лактирующих свиноматок концентрация аскорбиновой кислоты на 11,5% выше, чем у свиноматок перед опоросом, а в крови поросят на 12% больше, чем у подсосных свиноматок ($P < 0,01$).

Концентрация глюкозы на 70-75-й день супоросности снизилась на 48% ($P < 0,01$), а к 100-105-мудню — на 24,9% ($P < 0,05$) по сравнению с содержанием в крови на 50-55-м дне супоросности. В крови свиноматок в период лактации содержание глюкозы несколько выше, чем во втором периоде супоросности, а в крови поросят в 2,8 раза выше в сравнении с содержанием ее в крови подсосных свиноматок. Динамика концентрации пентоз в крови свиноматок примерно такая, как и глюкозы.

Содержание фруктозы, наоборот, с течением беременности возрастает. Так, на 70-75 и 100-105-м дне супоросности оно было выше на 38,5 и 19,2% ($P < 0,01$) по сравнению с содержанием ее на 1-м периоде исследова-

Таблица 1. Биохимические показатели крови свиноматок и поросят

Группы	Свиноматки супоросные			Свиноматки подсосные	Поросята
	1 (50-55)	2 (70-75)	3 (100-105)		
Аскорбиновая кислота, мг/100 мл					
1	0,63±0,01	0,60±0,02	0,52±0,01	0,58±0,01	0,65±0,01
2	0,85±0,04*	0,88±0,06*	0,91±0,08*	0,98±0,10*	0,92±0,07*
3	0,91±0,08*	1,23±0,08*	1,27±0,07*	1,20±0,06*	1,12±0,05*
4	0,66±0,02	0,68±0,01*	0,62±0,01*	0,60±0,01	0,67±0,01
Глюкоза, ммоль/л					
1	2,05±0,11	1,21±0,10	1,54±0,08	1,80±0,15	5,13±0,16
2	2,09±0,18	1,42±0,14	1,84±0,04*	2,35±0,23	4,63±0,18
3	1,53±0,10	1,46±0,14	1,75±0,05*	1,64±0,05	4,30±0,16
4	1,67±0,13	0,87±0,10*	1,84±0,04*	3,02±0,22*	3,50±0,08*
Фруктоза, ммоль/л					
1	0,26±0,01	0,36±0,03	0,31±0,01	0,36±0,02	0,35±0,02
2	0,29±0,02	0,34±0,02	0,31±0,02	0,39±0,01	0,29±0,03
3	0,28±0,02	0,36±0,02	0,28±0,04	0,37±0,02	0,33±0,03
4	0,28±0,01	0,40±0,03	0,28±0,03	0,39±0,04	0,28±0,01*
Пентозы, ммоль/л					
1	2,07±0,13	1,66±0,09	1,84±0,03	1,79±0,04	1,66±0,04
2	2,29±0,06	1,69±0,11	2,07±0,07*	1,85±0,12	2,05±0,06*
3	2,14±0,08	1,54±0,10	1,74±0,05	1,87±0,04	1,97±0,09*
4	1,99±0,19	1,80±0,06	2,02±0,06*	1,75±0,08	2,08±0,06*
Фосфат неорганический, ммоль/л					
1	2,37±0,05	2,54±0,14	2,03±0,04	1,90±0,14	2,45±0,15
2	2,50±0,05	2,37±0,10	2,27±0,07*	1,90±0,09	2,54±0,07
3	2,01±0,02	2,23±0,13	1,96±0,05	2,10±0,08	2,28±0,11
4	2,14±0,14	2,56±0,11	1,93±0,13	1,96±0,11	2,12±0,12

Примечание. * — изменения статистически достоверны по сравнению с контрольной группой

дований. В крови поросят и подсосных свиноматок концентрация фруктозы была одинаковой.

К концу супоросности произошло снижение концентрации неорганического фосфата на 14,3% ($P < 0,05$), а в крови подсосных свиноматок оно было еще более низким. У поросят содержание неорганического фосфата в крови было на 28,9% больше, чем у матерей.

Подкормка супоросных свиноматок в течение 10 дней аскорбиновой кислотой в дозах 2,5 и 10,0 мг/кг привела к повышению ее концентрации на 34,9 и 44,4% по сравнению с контрольной группой. Подкормка в течение 30 и 60 дней в дозе 2,5 мг/кг сопровождалась повышением концентрации аскорбиновой кислоты в крови на 46,7 и 75,0%, а в дозе 10 мг/кг увеличение соответственно составило 105,0 и 144,2%. Аналогичная картина наблюдалась в крови лактирующих свиноматок и поросят, что свидетельствует о поступлении аскорбиновой кислоты в организм поросят с молоком матерей.

Скармливание натрия селенита сопровождалось повышением аскорбиновой кислоты в крови свиноматок на 70-75-й день супоросности на 13,3%, а на 100-105-й день — на 19,2% по сравнению с первоначальным периодом исследований. Повышение аскорбиновой кислоты в крови супоросных свиноматок, по-видимому, связано с антиоксидантными свойствами селена и, возможно, со стимуляцией ее биосинтеза. Повышение концентрации аскорбиновой кислоты в крови лактирующих свиноматок и поросят под влиянием селена было незначительным.

В крови супоросных свиноматок, получавших аскорбиновую кислоту в дозе 2,5 мг/кг, содержание глюкозы повысилось через 60 дней эксперимен-

та. Аскорбиновая кислота в дозе 10,0 мг/кг вначале вызывала снижение, а потом повышение концентрации глюкозы. У подсосных свиноматок аскорбиновая кислота в дозе 2,5 мг/кг повышает, а в дозе 10 мг/кг снижает содержание глюкозы в крови. Натрия селенит через 10 и 30 подкормок снижает, а через 60 дней, наоборот, повышает концентрацию глюкозы в крови супоросных свиноматок. Более значительное повышение содержания глюкозы под воздействием селена происходит в крови лактирующих свиноматок.

Большинство тканей животных зависимо от потребления глюкозы, а особенно высока зависимость мозга и эритроцитов. Физиологическое снижение глюкозы в крови связано с усилением ее утилизации в организме. Повышение глюкозы в конце супоросности и лактации может быть обусловлено интенсивным использованием резервов углеводов организма матерей и транспортом в молочные железы для биосинтетических процессов и, в частности, лактозы и липидов. Аскорбиновая кислота и натрия селенит повышают утилизацию глюкозы в организме поросят, что ведет к снижению ее содержания в крови.

Концентрация фруктозы практически не претерпевает существенных изменений в крови супоросных и лактирующих свиноматок под влиянием аскорбиновой кислоты и натрия селенита.

В крови поросят, находящихся под свиноматками, которые получали подкормку аскорбиновой кислоты и натрия селенита, происходит повышение содержания пентоз. Аналогичные изменения в концентрации пентоз происходят в крови свиноматок в конце супоросности под влиянием аскор-

Таблица 2. Активность ферментов в крови свиноматок и поросят (нкат/мл)

Группы	Супоросные свиноматки			Подсосные свиноматки	Поросята
	50-55 дней	70-75 дней	100-105 дней		
<i>Глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназа</i>					
1	61,17±1,05	40,17±2,50	48,16±1,16	14,08±0,07	25,83±1,66
2	70,83±3,33*	49,83±2,00*	53,00±1,25*	16,00±0,30*	49,83±3,00*
3	46,67±4,00*	37,00±2,16*	37,00±3,16*	12,58±0,22*	54,66±5,16*
4	62,66±4,67	40,16±2,03	49,83±3,13	18,58±0,25*	37,00±1,66*
<i>Фруктозобисфосфат-альдолаза</i>					
1	1,11±0,03	2,38±0,35	1,34±0,12	0,98±0,14	7,95±0,95
2	1,69±0,48*	2,45±0,19	1,46±0,11	1,36±0,13	5,81±0,63
3	1,53±0,27*	2,05±0,31	1,23±0,31	1,50±0,10*	7,39±0,59
4	1,62±0,24*	2,89±0,34	0,95±0,09*	1,16±0,05	9,46±0,61
<i>Лактатдегидрогеназа</i>					
1	4,08±0,03	3,25±0,03	4,83±0,01	1,33±0,01	7,66±0,17
2	3,83±0,08*	3,33±0,01	2,16±0,01*	1,66±0,01*	6,00±0,16*
3	3,33±0,01*	2,75±0,02*	2,08±0,02*	1,50±0,02*	6,33±0,13*
4	3,51±0,01*	3,17±0,03	2,83±0,05*	1,83±0,05*	8,00±0,19

Примечание. * — изменения статистически достоверны по сравнению с контрольной группой

биновой кислоты в дозе 2,5 мг/кг и натрия селенита. Следовательно, аскорбиновая кислота и селен стимулируют метаболизм углеводов по пентозофосфатному пути.

Фосфат неорганический в крови существенных изменений под воздействием изучаемых препаратов не претерпевает, хотя динамика его в крови поросят сходна с динамикой глюкозы.

Исследования активности ферментов в крови свиноматок и поросят представлены в таблице 2.

Активность глюкозо-6-фосфат — дегидрогеназы в крови свиноматок с течением беременности снижается с высокой степенью достоверности. Глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназная активность крови у лактирующих свиноматок в несколько раз ниже, чем у супоросных, а у поросят в 1,8 раза выше по сравнению с активностью у подсосных свиноматок.

Аскорбиновая кислота в дозе 2,5 мг/кг активирует глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназу в крови супоросных и подсосных свиноматок, а в дозе 10,0 мг/кг, наоборот, оказывает ингибирующее действие. Натрия селенит не оказывает влияния на активность этого фермента в крови супоросных и повышает в крови лактирующих свиноматок. Как аскорбиновая кислота, так и натрия селенит оказывают активизирующее действие на активность глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы в крови поросят.

Повышение активности глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы — ключевого фермента окислительной ветви пентозофосфатного пути под действием аскорбиновой кислоты и натрия селенита следует рассматривать как положительный акт, так как пентозофосфатный путь метаболизма углеводов обеспечивает организм пентозофосфатами и восстановленными эквивалентами в виде NADPH для биосинтетических процессов.

Фермент фруктозобисфосфат — альдолаза определяет гликолитический (дихотомический) путь метаболизма углеводов. Изучаемые препараты в начальный период исследований примерно в одинаковой мере повышают активность этого фермента в крови супоросных свиноматок. В дальнейшем активность фруктозобисфосфат — альдолазы существенных изменений не претерпевает за исключением снижения под действием натрия селенита в конце супоросности и повышения у подсосных свиноматок, получавших

10,0 мг/кг аскорбиновой кислоты. Обращает на себя внимание высокая активность фермента в крови поросят, что можно объяснить повышенной потребностью в дигидроксинацетилфосфате для биосинтеза липидов.

Лактатдегидрогеназная реакция является заключительным этапом гликолиза, на котором NADH, образовавшийся в глицеральдегидфосфат-дегидрогеназной реакции, окисляется и снова может принимать участие в окислении глицеральдегид-3-фосфата. У супоросных свиноматок активность лактатдегидрогеназы превышает активность фруктозобисфосфат-альдолазы. Это дает основание предполагать, что лактатдегидрогеназа способна окислять NADH, образовавшийся при окислении глицеральдегид-3-фосфата как метаболита гликолиза, так и пентозофосфатного пути, и обеспечивает соответствующий уровень регенерации NAD⁺.

Аскорбиновая кислота и натрия селенит снижают активность лактатдегидрогеназы в организме супоросных и повышают в организме подсосных свиноматок. При этом лактатдегидрогеназа по активности превосходит фруктозобисфосфат-альдолазу и только у лактирующих свиноматок, получавших аскорбиновую кислоту 10,0 мг/кг, активность этих ферментов одинакова. В организме поросят аскорбиновая кислота вызывает снижение активности лактатдегидрогеназы. Однако ее уровень в несколько раз выше, чем у свиноматок. Окислительно-восстановительные реакции гликолиза, сопряженные с субстратным фосфорилированием и трансфосфорилированием ADP с образованием АТФ, поставляющие энергию клеткам, более интенсивно протекают в организме поросят.

Результаты по изучению влияния аскорбиновой кислоты и натрия селенита на рост и развитие поросят представлены в таблице 3. Скармливание аскорбиновой кислоты супоросным свиноматкам стимулировало внутриутробное развитие поросят. Так, живая масса гнезда поросят при рождении, полученных от свиноматок, которые получали подкормку аскорбиновой кислоты в дозах 2,5 и 10,0 мг/кг, была соответственно выше на 5,7% ($P < 0,001$) и 3,1% ($P < 0,01$). Дальнейшая подкормка подсосных свиноматок аскорбиновой кислотой оказала благоприятное влияние на рост и сохранность поросят.

Таблица 3. Влияние аскорбиновой кислоты и натрия селенита на рост поросят

Группы	Количество поросят		Сохранность поросят, %	Живая масса гнезда, кг		Среднесуточный прирост, г
	при рождении	при отъеме		при рождении	при отъеме	
1	60	58	96,7	14,76±0,11	117,2±3,2	306±9
2	61	60	98,4	15,60±0,13*	134,4±4,1*	342±11*
3	59	58	98,3	15,22±0,12*	131,0±3,1*	345±10*
4	58	58	96,7	14,88±0,13	121,8±3,2	319±9

Примечание. * — изменения статистически достоверны по сравнению с контрольной группой

Живая масса гнезда при отъеме соответственно по группам была выше на 14,7 и 11,8% ($P < 0,01$), а среднесуточный прирост на 11,8% ($P < 0,05$) и 12,8% ($P < 0,02$). Влияние натрия селенита на рост и развитие поросят через организм матери было менее значительным.

На основании анализа экспериментальных данных можно сделать заключение, что в организме супоросных, подсосных свиноматок и поросят метаболизм углеводов характеризуется своими особенностями. При этом значительно преобладает превращение углеводов по пентозофосфатному пути в сравнении с гликолизом.

Супоросность сопровождается снижением в крови свиноматок концентрации аскорбиновой кислоты, глюкозы, пентоз, фосфата неорганического и активности глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы.

Аскорбиновая кислота в дозах 2,5 и 10,0 мг/кг живой массы и натрия селенит в дозе 0,10 мг/кг изменяют концентрацию метаболитов и активность ферментов углеводного обмена в крови супоросных и лактирующих свиноматок. Направленность действия в организме супоросных свиноматок зависит от периода супоросности и используемой дозы аскорбиновой кислоты. В крови поросят аскорбиновая кислота стимулирует пентозофосфатный путь метаболизма углеводов.

Считаем целесообразным применение аскорбиновой кислоты в качестве подкормки в дозе 2,5 мг/кг живой массы в сутки супоросным и подсосным свиноматкам на свиноводческих комплексах для стимуляции роста и сохранности поросят.

Литература

1. Алексеев В. Витамины С в рационах молодняка // Свиноводство. 1991. – № 2. – С. 19-20.
2. Бохински Р. Современные воззрения в биохимии. – Москва: Мир, 1987. – 544 с.
3. Гидранович В.И., Жаков М.С., Пучкова Л.И. Профилактика и лечение беломышечной болезни ягнят // Ветеринария. – 1965.
4. Гидранович В.И., Ахтанина М.Э., Денисюк А.Ф. Биохимические процессы в организме свиней при использовании антиоксидантов // Биохимия сельскохозяйственных животных и продовольственная программа: Тез. докл. – Киев, 1989. – С. 168.
5. Головацкий И.Д. Обмін вуглеводів у сільськогосподарських тварин. – Київ: Видавництво УАСН, 1961. – 210 с.
6. Кактурский Л.В., Строчкова Л.С., Истомина А.А. Гипоселениты // Архив патологии. – 1990. – № 12. – С. 3-7.
7. Кальницкий Б.Д. Заболевания, связанные с селеновой недостаточностью, и их профилактика // Сельское хозяйство за рубежом. – 1980. – № 4. – С. 50-53.
8. Мишанин Ю.Ф. Биохимические и физиологические аспекты патогенеза селеновой недостаточности у крупного рогатого скота: Автореф. дис... докт. биол. наук. – Львов, 1992. – 42 с.
9. Орликовский Б.С. Добавки и премиксы в рационах. – Москва: Россельгиздат, 1984. – 173 с.
10. Орловски М. Физиологические свойства и методы определения некоторых ферментов // Клиническая ферментология / Под ред. Э.Щеклика. – Варшава, 1966. – С. 147-190.
11. Островский Ю.М. Микрометод определения неорганического фосфора в крови // Биохимические методы исследования в клинике / Под ред. А.А.Покровского. – Москва: 1969. – С. 437.
12. Папин Н.Е. Изменение содержания аскорбиновой кислоты в тканях коров и их плодов в течение беременности // Биохимия сельскохозяйственных животных и продовольственная программа. – Киев, 1989. – С. 192-193.
13. Титов Г.И. Беломышечная болезнь поросят // Ветеринария. – 1964. – № 4. – С. 74-76.
14. Тодоров Й. Клинические лабораторные исследования в педиатрии. – София, 1968. – 1064 с.
15. Тутьельян В.А. Изучение влияния селена *in vitro* на образование активных форм кислорода и перекисное окисление липидов в микросомах печени крыс // Вопросы мед. химии. – 1996. – Т. 42. – № 2. – С. 119-124.
16. Яров И.И., Калыникова Е.Т., Кудрявцева С.В. Применение минеральных премиксов с селеном при откорме свиней // Животноводство. – 1983. – № 3. – С. 49-51.
17. Schirmer R.H., Krauth-Siegel R.L., Schultz G.E. Glutathione: chemical, biochemical and medical aspects // J.Wiley Sons. – 1989. – P. 553-596.
18. Zubay G. Biochemistry. WCB Wm. C. Brown Publishers. – 1997. – 1024 p.