

Полубояринов П.А.¹, Голубкина Н.А.², Глебова Н.Н.³

¹Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
E-mail: 89502304876@yandex.ru

²Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур, г. Москва
E-mail: segolubkina45@gmail.com

³Пензенский государственный университет
E-mail: natali.glebova@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЕНОЦИСТИНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОБОГАЩЕННЫХ СЕЛЕНОМ МЯСА И ЯИЦ ПЕРЕПЕЛА ЯПОНСКОГО (*COTURNIX COTURNIX JAPONICA*)

Мясо и яйца сельскохозяйственной птицы, обогащенные селеном, широко используются во всем мире для повышения селенового статуса населения и улучшения здоровья птицы.

Изучено влияние использования селеноцистина на накопление селена органами и тканями японского перепела при дозах микроэлемента 0,15 и 0,3 г/т. Показано, что внесение в корм селеноцистина значительно увеличивает содержание микроэлемента в яйцах и органах/тканях перепелов. Потребление 5 перепелиных яиц, обогащенных микроэлементом, обеспечивает половину адекватного уровня потребления селена для человека.

Установлено, что мышечная ткань перепелов, получавших селеноцистин, содержала более низкие концентрации As, Pb, В и Sn, чем контрольные птицы, получавшие с рационом селенит натрия. По сравнению с литературными данными использование селеноцистина более интенсивно увеличивает концентрацию селена в скорлупе яиц, чем селенометионин (Сел-Плекс), что может иметь важное практическое значение в использовании яичной скорлупы.

Ключевые слова: селен, селеноцистин, перепелиные яйца, тяжелые металлы.

Современная концепция оптимального питания предусматривает необходимость и обязательность полного обеспечения потребностей организма не только в энергии, но и в эссенциальных макро- и микронутриентах. К числу наиболее важных микронутриентов относится селен.

Дефицит селена среди населения широко распространен во всем мире, включая значительную часть территории России [1], [2].

Одним из наиболее перспективных путей решение проблемы селенодефицита принято считать использование органических форм селена в премиксах сельскохозяйственной птицы [3]. Такой подход позволяет не только значительно повысить содержание селена в мясе и яйцах, но и улучшить репродуктивные функции птицы, снизить конверсию корма, смертность молодняка и заболеваемость экссудативным диатезом, фиброзом поджелудочной железы, мышечной дистрофией [2].

По сравнению с использованием в ряде государств селенометионина в виде селен обогатенных дрожжей неорганические формы селена отличаются более высокой токсичностью, конкуренцией с другими микроэлементами в

ЖКТ, слабым удержанием тканями, низким коэффициентом переноса в яйцо и мясо и слабой способностью поддерживать резервы селена в организме.

С учетом вышеизложенного, поиск и использование в кормопроизводстве новых источников селена на основе органических соединений является актуальным.

На кафедре «Физики и химии» Пензенского ГУАС был разработан и проведен синтез селенсодержащей аминокислоты L-селеноцистина (окисленная форма аминокислоты селеноцистеина), (пат. РФ № 2537166), представляющего собой промежуточный продукт метаболизма селенометионина в организме человека и животных [2].

Ранее нами была установлена возможность использования селеноцистина в качестве источника селена в кормлении мясной птицы – цыплят-бройлеров [4].

Данная работа посвящена изучению возможности использования аминокислоты селеноцистина (Sec-Sec) для обогащения яиц и мяса перепела японского селеном (*Coturnix coturnix japonica*), а также ее влиянию на элементный состав мышечной ткани и печени птицы.

Материалы и методы исследований

Для реализации поставленной задачи был проведен опыт на 5-суточных перепелах по схеме, представленной в таблице 1, рецепты экспериментальных комбикормов по рекомендациям ВНИТИП. Птица содержалась в клеточной батарее фирмы «Инкубаторий», включающей системы микроклимата и поения птицы, (по 50 голов в каждой клетке). Условия содержания и кормления птицы соответствовали существующим рекомендациям ФГБНУ ВНИТИП [5], [6]. Комбикорм (ГОСТ 18221-99) производства ООО «Агросервис» п.г.т. Мокшан Пензенской области. Раздача кормов вручную.

Общее содержание селена определяли флуориметрическим методом с диаминафталином [7]. В качестве референс-стандартов в каждом определении использовали образцы яичного порошка и лиофилизованной мышечной ткани с регламентированным содержанием селена соответственно 630 и 394 мкг/кг.

Другие элементы определялись методом атомно-эмиссионной спектроскопии (ИСП-АЭС) на приборе Optima 2000 DV (PerkinElmer,

США) в лаборатории АНО «Центр биотической медицины».

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с помощью компьютерной программы Microsoft Excel, достоверность различий устанавливали с помощью критерия Стьюдента. Результаты представлены как средние значения и отклонения от среднего ($M \pm SD$).

Результаты исследования и их обсуждение

За 30 дней учетного периода, яичная продуктивность перепелов опытных групп превысила контрольную на 7,3% при дозе селеноцистина в 0,15 г/т и на 15,4% при дозе 0,3 г/т, что находится в хорошем соответствии с известными литературными данными о положительном действии органических форм селена на яйценоскость сельскохозяйственной птицы [3]. При использовании селеноцистина масса яиц в опытных группах перепелов, по сравнению с контролем практически не изменялась.

Известно, что яйца являются наилучшим «транспортным средством» для доставки в орга-

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Характеристика кормления
Контроль (1 – группа)	Комбикорм, сбалансированный по всем питательным веществам (ОР) и содержащий 0,1 ppm селенита натрия
Опытная (2 – группа)	ОР с селеноцистином (Se – 0,15 г/т корма)
Опытная (3 – группа)	ОР с селеноцистином (Se – 0,3 г/т корма)

Таблица 2 – Накопление селена в перепелиных яйцах

Объект	Контроль	Sec-Sec (Se – 0,15 г/т)	Sec-Sec (Se – 0,3 г/т)
Масса, г			
Белок	6,08	6,56	5,92
Желток	3,75	3,34	3,53
Мкг/кг			
Скорлупа	69	168	234
Пленка	1553	1038	1192
Белок	218	308	501
Желток	461	683	682
Мкг/яйцо			
Белок /яйцо	1,33	2,02	3,0
Желток/яйцо	1,73	2,28	2,41
Всего, мкг/яйцо	3,06	4,30	5,41

низм человека всех необходимых питательных веществ. Поэтому есть все основания говорить о том, что они относятся к функциональной здоровой пище [8].

Уровни накопления селена перепелиными яйцами (табл. 2) свидетельствуют о перспективности использования селеноцистина для получения яиц с повышенным содержанием микроэлемента.

Действительно, как видно из данных табл. 2, пять перепелиных яиц от несушек, получавших 0,3 г Se/т корма, могут обеспечить половину суточной потребности человека в селене. Производство яиц с повышенным содержанием селена осуществляется во многих странах мира, например, в Великобритании, Бельгии, Франции, Испании, США, Израиле, Н. Зеландии, Турции, Португалии, России [3]. В Беларуси выпускают перепелиные яйца с высоким содержанием микроэлемента, используя в качестве органической формы селена селен обогатенные дрожжи (Сел-Плекс; яйца «Молодецкие люкс» п/ф Солигорская).

Так же как и в случае использования Сел-Плекса [2], [9], максимальный уровень обогащения селеном при использовании селеноцистина наблюдался для белка. В то же время специфической особенностью распределения микроэлемента в яйце при использовании селеноцистина по сравнению с данными для Сел-Плекса является более интенсивное накопление микроэлемента скорлупой на фоне снижения уровня селена в подскорлупной пленке. Этот факт представляется важным с позиции возможности использования скорлупы птицы в качестве функционального продукта питания у человека не только как источника диетического кальция [10], но и природного антиоксиданта селена.

Так же как и яйца, перепелиное мясо относится к ценнейшим диетическим продуктам. Как видно из данных табл. 3, внесение в корм птицы селеноцистина позволяет повысить пищевую ценность продукции, увеличивая содержание микроэлемента в мышечной ткани в 1,5–1,7 раза. Эти результаты подтверждают установленную ранее перспективность использования органических форм селена (селен обогатенные дрожжи, Сел-Плекс) для получения обогащенного селеном перепелиного мяса [9]. Уровни аккумуляции селена мышечной тканью перепелов, получавших с кормом селеноцистин, косвенно указывали на более интенсивное накопление микроэлемента по сравнению с литературными данными по использованию в питании птицы селен обогатенных дрожжей, где основной химической формой микроэлемента является селенометионин [9]. По-видимому, более высокая доступность связана с тем, что селеноцистин, в отличие от селенометионина белков в препарате Сел-Плекс, представляет собой индивидуальную аминокислоту и быстро поступает с аминокислотной транспортной системой в организм птицы, включаясь в метаболизм.

Как видно из данных табл. 3, содержание селена у перепелов, получавших с кормом 0,3 г Se/т корма, убывало в ряду: печень > сердце = желудок > мышечная ткань. Содержание селена при этом возрастало в сыворотке крови в 1,4 раза.

Из приведенных данных можно заключить, что селен из аминокислоты селеноцистина по-разному накапливается в различных органах и тканях. Наибольшее количество селена накапливается в грудных мышцах и превышает контроль на 37,2% и 75,0%, а также в мышцах ног – на 34,9% и 50,9%. В сыворотке крови со-

Таблица 3 – Содержание селена в тканях/органах перепелов (мкг/кг сырой массы)

Ткань/орган	1-я контрольная	2-я опытная Sec-Sec (Se – 0,15 г/т)	3-я опытная Sec-Sec (Se – 0,3 г/т)
Ноги	175±14	236±17 ^{a,b}	264±18 ^a
Грудь	148±13	203±18 ^b	259±2 ^a
Желудок	226±30 ^a	249±20 ^a	332±21 ^b
Сердце	268±10 ^a	291±10	305±16 ^b
Печень	309±5	542±47	599±10
Сыворотка	88±6	106±3	126±9

Значения в столбцах с одинаковыми индексами статистически не различаются (P>0,05)

держание селена также повышено – на 20,5% и 43,2%. Менее значительно селен накапливался в желудке – на 10,2% и 46,9%, сердце – на 8,6% и 13,8 и печени – на 6,5% и 17,7%.

Известно, что селен, является энтеросорбентом и антагонистом тяжелых металлов в кормлении птицы [11].

Тяжелые металлы и их соли (Hg, Cd, Pb, Sn, Ag, Ni, As, Al) – широко распространенные загрязнители. Отдельные элементы (Cu, Zn, Fe, Mn, Cr, Co) входят в состав ферментов и относятся к биогенным микроэлементам. Однако, избыток особо токсичных тяжелых металлов, таких как кадмий, свинец, ртуть и мышьяк может представлять серьезную опасность для здоровья человека.

Оценка элементного состава тканей перепелов, получавших с кормом селеноцистин, показала, что, как в мышечной ткани, так и в печени под действием селеноцистина происходило снижение содержания As, Pb, В и Sn (табл. 4). Образование неактивных комплексов селена с тяжелыми металлами и более интенсивное выведение таких комплексов из организма [2] хорошо объясняет наблюдаемое явление снижения уровня мышьяка, свинца и олова в мышечной ткани при введении в корм селеноцистина. С другой стороны, снижение концентрации бора в мышечной ткани и печени под действием селена ранее не описано в литературе и несомненно требует дополнительных исследований.

Таблица 4 – Элементный состав мышц и печени перепелов (мг/кг сухой массы)

Элементы	Мышцы		Печень	
	контроль	Sec-Sec (Se – 0,3 г/г)	контроль	Sec-Sec (Se – 0,3 г/г)
Al	2,47±0,25 ^a	2,56±0,26 ^a	4,27±0,51	1,57±0,16
As	0,023±0,003 ^a	0,019±0,003 ^a	0,037±0,007	0,02±0,003
B	0,333±0,04	0,189±0,023	0,189±0,028	0,103±0,012
Ca	476±48	693±69	236±28 ^b	194±19 ^b
Cd	0,01±0,002 ^a	0,0076±0,00151 ^a	0,211±0,032 ^b	0,236±0,028 ^b
Co	0,03±0,004 ^a	0,025±0,004 ^a	0,136±0,02	0,18±0,022
Cr	0,116±0,014	0,158±0,19	0,345±0,052 ^b	0,423±0,051 ^b
Cu	3,23±0,32 ^a	3,58±0,36 ^a	27,67±3,32	16,25±1,62
Fe	50,39±5,04 ^a	43,24±4,32 ^a	711±85 ^b	813±81 ^b
Hg	<0,0036	0,0043±0,00087	0,021±0,004 ^b	0,02±0,003 ^b
I	0,865±0,104	0,531±0,04	0,582±0,087 ^b	0,524±0,063 ^b
K	11871±1187 ^a	11716±1172 ^a	10365±1244 ^b	9099±910 ^b
Li	0,047±0,007	0,065±0,01	0,050±0,011	0,074±0,011
Mg	1018±102 ^a	984±98 ^a	787±94 ^b	709±71 ^b
Mn	0,679±0,081 ^a	0,715±0,86 ^a	10,15±1,22 ^b	9,81±0,98 ^b
Na	2474±247 ^a	2508±251 ^a	3417±410 ^b	3206±321 ^b
Ni	0,129±0,015 ^a	0,114±0,014 ^a	0,127±0,019 ^b	0,13±0,016 ^b
P	7614±761 ^a	7639±764 ^a	11339±1361 ^b	10702±1070 ^b
Pb	0,196±0,024	0,116±0,014	0,158±0,024	0,1±0,015
Si	33,6±3,36	25,69±2,57	26,06±3,12 ^b	28,56±2,86 ^b
Sn	0,024±0,004	0,015±0,002	0,068±0,014	0,016±0,002
Sr	0,743±0,089 ^a	0,664±0,08 ^a	0,412±0,062 ^b	0,426±0,051 ^b
V	0,0063±0,00126 ^a	0,0063±0,00127 ^a	0,02±0,004	0,013±0,002
Zn	41,6±4,16 ^a	49,08±4,91 ^a	100±12 ^b	87,74±8,77 ^b

Значения в строках с одинаковыми индексами статистически не различаются (P>0,05)

Другие специфические особенности накопления элементов под действием приема селеноцистина включали следующие показатели. Так, в печени при обогащении корма селена происходило снижение содержания Al, Cu и V. В мышечной ткани наблюдалось увеличение содержания Ca, Cr и Li и незначительное снижение уровня I и Si. Из литературных данных известно, что органический селен снижает уровень меди в печени, увеличивая экскрецию этого элемента с мочой [12], не изменяя концентрацию цинка, железа и марганца, что находится в хорошем соответствии с полученными данными.

В целом следует признать, что исследования влияния селена на элементный состав организма сельскохозяйственной птицы крайне ограничены. Полученные результаты указывают на необходимость проведения дополнительных исследований взаимосвязи селена, в частности, с такими элементами как Al и V.

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о перспективности использования новой органической формы селена – селеноцистина – в птицеводстве для получения функциональных продуктов питания с повышенным содержанием микроэлементов и сниженных концентрациях Pb, Sn и As.

05.10.2016

Список литературы:

1. Ермаков, В.В. Субрегионы и биогеохимические провинции СССР с различным содержанием селена / В.В. Ермаков // Тр. биогеохимической лаборатории. – 1978. – Т. 15. – С. 54–57.
2. Голубкина, Н.А. Селен в питании. Растения, животные, человек / Н.А. Голубкина, Т.Т. Папазян. – М. Печатный город. – 2006. – 254 с.
3. Surai, P.F. Selenium in Nutrition and health / P.F. Surai. – Nottingham press. – 2006. – 974 p.
4. Возможность использования селеноцистина в качестве источника селена / П.А. Полубояринов и др. // Птицеводство. – 2015. – №8. – С. 9–12.
5. Кормление сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин и др. – Сергиев Посад. – 2004. – 375 с.
6. Методические указания по оптимизации рецептов комбикормов для сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин и др. – М. – 2014. – 119 с.
7. Alfthan, G.V. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry / G.V. Alfthan // Anal. Chim. Acta. – 1984. – Vol. 165. – P. 187–194.
8. Агафоновичев, В.П. К вопросу оценки потребительских свойств куриных яиц разных категорий / В.П. Агафоновичев, Т.И. Петрова, С.С. Кругалев // Птица и птицепродукты. – 2012. – №1(15). – С. 12–17.
9. Sparks NHC Effect of long-tem consumption of organic selenium by quail on selenium concentration in egg yolk and quail tissues / F. Karadas // Book of Abstracts XXXII world's Poultry congress. – Istanbul, Turkey. – 2004 – 8–13 June. – P. 521.
10. Mineral, amino acid, and hormonal composition of chicken eggshell powder and the evaluation of its use in human nutrition / A. Schaafsma et al. // Poult Sci. – 2000, Dec. – 79(12) – P. 1833–8138.
11. Мещлер, Д. Биохимия. Химические реакции в живой клетке / Д. Мещлер, Н.З. Хазипов, А.Н. Аскарова. – Т. 1–3. – М: Мир, 1980.
12. Monedero-Prieto, M.J. Effects of Selenium on Liver and Muscle Contents and Urinary Excretion of Zinc, Copper, Iron and Manganese / M.J. Monedero-Prieto, J.M. González-Pérez, E. González-Reimers // Biol Trace Elem Res – 2014. –Vol. 158. – P. 224–238.

Сведения об авторах:

Полубояринов Павел Аркадьевич, доцент кафедры физики и химии
Пензенского государственного университета архитектуры и строительства,
кандидат сельскохозяйственных наук
440028, г. Пенза, ул. Титова, д. 28, e-mail: 89502304876@yandex.ru

Голубкина Надежда Александровна, ведущий научный сотрудник агрохимического испытательного центра
Всероссийского научно-исследовательского института селекции и семеноводства овощных культур,
доктор сельскохозяйственных наук
143080, МО, Одинцовский р-н, пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14, e-mail: segolubkina45@gmail.com

Глебова Наталья Николаевна, старший преподаватель кафедры общей и клинической фармакологии
Пензенского государственного университета
440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40, e-mail: natali.glebova@gmail.com