УДК:612.392.64

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ СЕЛЕНА И ЙОДА В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ И
ЧЕЛОВЕКА
СЕЛЕН ЖАНА ЙОДДУН ЖАНЫБАРЛАРДЫН, КИШИНИН ОРГАНИЗМИНДЕГИ
БИОЛОГИЯЛЫК РОЛУ
BIOLOGICAL ROLE SELENIUM AND IODINE IN ANIMALS AND HUMANS

*Орозбаева Ж.М. – к.б.н., доцент,
Абдыкаарова Б. – соискатель,
Жалал-Абадский государственный университет,
медицинский факультет, кафедра «Фармация»*

Аннотации: В данной статье дано литературный обзор о биологической роли селена и йода в организме животных и человека

Бул макалада селен жана йоддун жаныбарлардын, кишинин организмдеги биологиялык ролу жөнүндө адабияттарды изилдөө берилген

In this paper we give a review of literature on the biological role of selenium and iodine in the body of animals and humans

Селен (Se) – химический элемент главной подгруппы VI группы периодической системы. Относится к типу рассеянных элементов, встречается в виде примесей в рудах сульфидных, ураново-ванадиевых, молибденовых, фосфоритных и серных месторождений. Известно более 40 микроминералов селена, среди которых наиболее распространены селениды металлов, имеющих большой порядковый номер (свинец, ртуть, серебро, медь, никель). По кристаллохимическим и геохимическим свойствам элемент тесно связан с серой.

Биологическое значение селена открыли в 1957 г. Шварц и Фольтц (Schwarz, Folltz, 1958). Селен оказался главным компонентом фактора 3, присутствующего в пивных дрожжах и оказывающего лечебный эффект при некрозе печени крыс.

Известно, что при недостатке селена возникает более 20 заболеваний, характеризующихся нарушением микроциркуляции и увеличением проницаемости капиллярных и клеточных мембран. Это ведет к отечности, кровоизлияниям и изменению структуры клеток организма (Атлавин и др., 1977; Кудрин, 2001).

Болезни селеновой недостаточности человека и животных широко распространены во многих странах мира и причиняют большой экономический ущерб. К ним относят беломышечную болезнь молодняка сельскохозяйственных животных, экссудативный диатез, токсическую дистрофию печени, некроз печени и почек крупного рогатого скота, сердечную миопатию свиней, телят и ягнят, миокардит, атрофию поджелудочной железы, артриты, некоторые энтериты, маститы, анемии, гемолиз эритроцитов, потерю остроты зрения, депрессии роста, бесплодие, дегенерацию яичников, депигментацию кожи и другие патологии.

Биохимические функции селена в организме связаны с его каталитической ролью и заключаются в регуляции скорости окислительно-восстановительных процессов, а также реакций, идущих с участием ферментов, витаминов и гормонов. Селен в малых дозах стимулирует активность многих ферментных систем млекопитающих, усиливая при этом процессы биологического окисления и фосфорилирования. Антиоксидантное действие селена обусловлено его включением в активный центр селензависимой глутатионпероксидазы и возможной способностью селенсодержащих аминокислот

оказывать самостоятельное антиоксидантное действие, так как они являются тушителями радикалов или участвуют в нерадикальном разложении липидных перекисей (Биленко, 1989).

Селен регулирует усвоение и расход в организме витаминов А, С, Е и К. По своему действию элемент близок к витамину Е, один его атом способен заменить 700-1000 молекул витамина (Кудрявцева, 1974). С другой стороны, витамин Е уменьшает потребность организма в селене, поддерживая его в активной форме или препятствуя выведению из организма (Кальницкий, 1985; Лебедев, 1990; Кузнецов, 2001).

Селен интенсивно влияет на белковый обмен, особенно на обмен серосодержащих аминокислот. В химическом отношении он близок к сере, но более активен и токсичен. Сера в определенной степени нейтрализует его токсическое действие. При избыточном поступлении в организм он может замещать серу в серосодержащих соединениях (Томмэ, Филиппович, 1975).

Селен необходим для поддержания функции мембран, биосинтеза белка на рибосомах и образования макроэргических соединений в митохондриях (Касумов, 1981). В опытах С.Ф. Алешко (1967) установлено, что селен оказывает большое влияние на процессы углеводного и липидного обмена животного организма. Есть предположение, что микроэлемент участвует в водно-солевом обмене. Видимо, он является одним из агентов, перераспределяющих тканевые жидкости, в том числе и кровь (Цалс, Пеликс, 1973).

При поступлении в организм человека и животных в небольших дозах селен обладает иммуностимулирующим эффектом: ускоряет синтез антител, повышает устойчивость к микробным и вирусным инфекциям, усиливает фагоцитоз, функции нейтрофилов и лимфоцитов (Дунин, Лебенгарц, 1997). Селен проявляет защитное действие в отношении соединений ртути, мышьяка, кадмия. В меньшей степени защищает от свинца, таллия и теллура. Селен и медь могут уменьшать токсическое действие друг друга. В целом селен является универсальным антидотом (Орджоникидзе, Громова, Скальный, 2001). Как отмечают М.Ф. Томмэ и Э.Г. Филиппович (1975), селен в значительной степени подавляет рост злокачественных опухолей, кроме того, обладает ярко выраженным радиозащитным свойством. В последние годы его стали использовать как стимулятор роста, развития, плодовитости животных, увеличения яйценоскости, оплодотворяемости, выводимости цыплят и улучшения других продуктивных качеств (Родионова, 1992; Мишанин, 2001; Тутельян и др., 2002).

При изучении биологического действия селена необходимо учитывать адаптивные свойства организмов, так как пороговая чувствительность животных к селену меняется в зависимости от содержания элемента в естественной среде обитания (Ермаков, Ковальский, 1968).

При использовании селеноорганических препаратов в рационах птицы улучшается состояние оперения, снижаются затраты корма на единицу продукции, благодаря повышению качества скорлупы и антиоксидантным свойствам селена увеличивается срок хранения товарных яиц. Высокое содержание селена в инкубационных яйцах значительно улучшает селеновый статус цыплят после вывода. Кроме того, повышенное содержание селена в яйцах и в мясе, снижение потерь влаги улучшают товарное и питательное качество продукции и дают человеку возможность потреблять большее количество селена из биологически полноценного источника (Фисинин, Папазян, 2003).

Селен обладает прооксидантной активностью, которая проявляется в условиях высоких (токсических) концентраций (Тутельян и др., 2002). При этом происходит угнетение тканевого дыхания, понижается активность окислительно-восстановительных ферментов. Это вызывает глубокие нарушения обменных процессов и приводит к

появлению специфических реакций, а иногда к смерти (Касумов, 1981). Явления токсикоза наблюдаются при уровне потребления селена, приблизительно в 10 раз превышающем его выделение. Для животных летальным является содержание селена в корме 10 мг/кг сухого вещества или (10-11) мг/кг живой массы (Дунин, Лебенгарц, 1997). Некоторые химические элементы и факторы питания снижают токсическое действие селена, в частности, высокий уровень белка в корме, введение метионина и триптофана, арсенид натрия (усиливает выведение селена с желчью), льняное масло, соединения меди, железа, кадмия, витамин Е в сочетании с метионином. Для предотвращения токсичности селена обычно применяют соединения мышьяка (Hill, 1975).

Таким образом, обладая чрезвычайно высокой токсичностью, в малых дозах селен является эссенциальным, жизненно необходимым микроэлементом, и исследования последних десятилетий окончательно доказали незаменимость его для млекопитающих и птицы, поскольку при дефиците селена нормальное течение обменных процессов в организме животных и получение от них максимальной продуктивности невозможны.

Йод (I) – химический элемент главной подгруппы VII группы периодической системы, относится к галогенам. В зависимости от рН среды может проявлять окислительные или восстановительные свойства. В щелочных условиях йод окисляется до хорошо растворимых йодидов и йодатов и накапливается в растворе, а в кислой среде, напротив, восстанавливается до молекулярного состояния и улетучивается. Это обстоятельство имеет огромное значение в процессах превращения йода в природе, усиливая или замедляя темпы его круговорота.

Наилучшим критерием обеспеченности животного организма йодом является содержание его в растительных кормах. Это объясняется тем, что свыше 90 % необходимого для животных йода поступает с растительной пищей. Растения могут поглощать йод не только из почвы, но и из воздуха, в их тканях йод находится в форме щелочных йодидов, которые быстро усваиваются в организме животных и человека. Растения черноземной зоны европейской части и приморских районов, содержащие йод в концентрациях (0,3-1,0) мг/кг, обеспечены достаточным количеством этого элемента. Растения, растущие на торфянистых и песчаных дерново-подзолистых почвах нечерноземной зоны Белоруссии, Прибалтики и других районов европейской части, а также растения ряда регионов Средней Азии, Сибири и Дальнего Востока, в большинстве своем содержат недостаточно йода – (0,04-0,3) мг/кг (Кашин, 1987).

По данным М.А. Байтурина и др. (1972), между содержанием йода в воде, почве, растениях, кормах и продуктах животного происхождения и уровнем обмена веществ в животных организмах существует прямая корреляционная зависимость.

Йодная недостаточность может обуславливаться причинами первичного и вторичного характера. К первичным относят недостаточное поступление йода с кормом и водой, к вторичным – действие гоитрина и цианата (Кашин, 1987). Гоитрин тормозит образование гормонов щитовидной железы. Им богаты все крестоцветные, соевые бобы, горох, арахис, белый клевер. Цианат превращается в теле животных в тиоцианат, который тормозит избирательное накопление йода щитовидной железой. Относительно много циановых соединений содержат различные крестоцветные, льняной шрот, отдельные виды клевера (Хенниг, 1976).

На усвояемость йода в организме животных большое влияние оказывает медь, которая переводит йод в неусвояемую форму, поэтому их соли несовместимы. Антагонисты йода в организме – кобальт, марганец, свинец, кальций, избыток которых в рационе может привести к йодной недостаточности (Микулец, 2002).

Йод через йодсодержащие гормоны щитовидной железы влияет на все обменные процессы в организме животных (Ковальский, 1972; Георгиевский, 1978; Кальницкий,

1985). Эти гормоны регулируют такие проявления жизнедеятельности, как теплообразование, рост и развитие организма, метаболические процессы – общий, белковый, углеводный и жировой обмены, транспорт метаболических субстратов и ионов через клеточные мембраны, превращение каротина в витамин А, обмен витаминов, кальция, водный и электролитный обмены, функционирование всех систем организма (Кашин, 1987). Важным этапом расшифровки механизма действия тиреоидных гормонов явилось открытие их регулирующего действия на ранних этапах биосинтеза ферментов и других белков (Верещагина, Трапкова, 1984).

Физиологически нормальное содержание йода играет важную роль в защитных реакциях организма человека и животных на действие болезнетворных агентов. В регионах значительного постоянного дефицита йода у животных и людей формируется эндемический зоб, на почве которого наблюдаются генетические нарушения. В зонах меньшего дефицита йода у животных наблюдается снижение активности большинства обменных процессов (Сазонов, Хлыбова, 1963; Гудкин, Носатова, 1963; Фирсова, 1968; Жданова, Казанцева, 1971).

У сельскохозяйственных животных образование зоба сопровождается снижением основного обмена, усиленным отложением жира и подавлением синтеза белка, снижением продуктивности и нарушением воспроизводительной функции. Отмечается замедление роста, значительное отставание в развитии половых желез, кожи и волос (Хенниг, 1976). Недостаток йода в рационе птиц также приводит к гипофункции щитовидной железы. В особенности это относится к молодняку, так как взрослая птица может довольно долго противостоять умеренному дефициту йода в рационе без заметного снижения продуктивности и выводимости яиц. Однако при очень низком содержании йода в корме [(10-20) мкг в 1 кг] яйцекладка может не снижаться, но уменьшается масса эмбрионов, понижаются выводимость и жизнеспособность цыплят.

Таким образом, йод, являясь обязательным компонентом гормонов щитовидной железы, через изменение их активности посредством своего дефицита или избытка оказывает влияние практически на все обменные процессы, что неизбежно сказывается на жизнедеятельности организма в целом, в том числе и на показателях продуктивности сельскохозяйственных животных. Недостаток йода в рационах животных необходимо компенсировать.

По данным J. Koehrl (1999), микроэлементы селен и йод были вымыты из верхних слоев почвы в течение и после ледникового периода во многих областях планеты, что привело к недостаточному их содержанию в рационах людей и животных. Недостаточное поступление селена вызывает его низкий уровень в сыворотке крови, что коррелирует с развитием опухолей щитовидной железы.

В опытах на животных показано, что одновременный дефицит селена и йода приводит к более сильному гипотиреозу, чем дефицит одного йода (Larsen, 1997; Fleming, 1980; Larsen, Berry, 1995; Salvatore, Tu, Harney, 1996).

По мнению J. Arthur, F. Nikol, G. Beckett (1992), дефицит селена препятствует синтезу йодтирониндейодиназы, которая превращает тироксин в более активную форму трийодтиронин. У крыс одновременный дефицит йода и селена ведет к увеличению щитовидной железы и количества в плазме крови тиреотропина в большей степени, чем при одном дефиците йода. Эти результаты указывают на то, что дефицит селена может быть причиной дефицита йода.

По данным Н.Д. Овчаренко (2001), сельскохозяйственные животные могут адаптироваться к недостатку йода, так что факт недостаточности йода в почве сам по себе не является главным зобогенным фактором. В возникновении заболевания животных существенное значение имеют пониженное содержание в биосфере таких микроэлементов,

как кобальт, медь, цинк, молибден, селен, повышенное – алюминия, марганца, железа, кроме того, инфекционные и инвазионные агенты.

Особую актуальность приобретает комплексное влияние селена и йода на продуктивность животных. По мнению А.Г. Зяббарова, А.Д. Большакова (2002), при дефиците селена в организме животных возникают признаки йодной недостаточности, которая проявляется, прежде всего, в увеличении щитовидной железы у растущего молодняка.

Необходимо отметить, что различные химические соединения селена и йода обладают неодинаковой биодоступностью для животных.

Селен поступает в организм животных с кормом и водой в двух формах: неорганической – в виде селенатов (соли селеновой кислоты H_2SeO_4), селенитов (соли селенистой кислоты H_2SeO_3) и селенидов (соли H_2Se), и органической – селенсодержащих белков и аминокислот (селенометионина и селеноцистеина). Неорганический селен широко используется в качестве добавки в корм сельскохозяйственных животных и птицы.

Большая часть селена в животных тканях присутствует в виде селенометионина (Se-Met) и селеноцистеина (Sec). Селенометионин включается на место метионина в различные белки. Он синтезируется микроорганизмами и растениями, но не синтезируется высшими животными и человеком и может рассматриваться как нерегулируемый запас селена. Селеноцистеин – форма селена, ответственная за биологическую активность микроэлемента, поскольку присутствует в активном центре ряда селенсодержащих белков – глутатионпероксидаз, йодтирониндейодиназ и селенопротеина. Поскольку Sec включается в транспортную РНК, не исключена возможность существования других биологически активных форм микроэлемента (Robinson, 1976; Gladyshev, Hatfield, 1999; Wittwer, 1989).

Неорганические и органические формы селена, абсорбируясь организмом, претерпевают биохимические превращения. Часть экзогенного селена идет на восполнение потребности организма в физиологически важных формах селена, часть образует селеновое депо организма (в основном в форме Se-Met), а часть превращается в экскретируемые формы. Биосуемость элемента составляет (50-80) % и зависит от других компонентов рациона. Улучшается под влиянием белков, витаминов А, Е и С, снижается при дефиците витаминов Е, В₂, В₆, метионина, избыточном поступлении с пищей тяжелых металлов, например, свинца и ртути. Сера и мышьяк ингибируют всасывание и метаболизм селена в организме животных (Тучемский, 1999). Селен выводится из органов и тканей в среднем по истечении (8-15) дней (Атлавин и др., 1990). Но основная масса элемента [(90-95) %] выделяется на протяжении месяца (Ермаков, Ковальский, 1974).

Согласно современным представлениям, общей регулируемой формой селена в организме является селенид. Так, Se-Met из рациона или продуктов распада белков превращается по реакции транссульфирования в Sec, который переходит в селенид. Неорганический селен (селенит) реагирует с ферментом глутатионпероксидазой (ГП) также с образованием селенида. Последний частично включается в биосинтез селенсодержащих белков и транспортной РНК, частично образует транспортные формы, а частично выделяется из организма преимущественно в виде метилированных форм с мочой или выдыхаемым воздухом (Тутельян и др., 2002).

Содержание и распределение селена в организме животных зависит от обеспеченности рациона данным элементом и составляет (20-25) мкг/кг живой массы (Георгиевский, 1979). Концентрация селена в теле животных, по В.К. Космачеву (1974), составляет (0,44-4,00) ч/млн, по В.И. Георгиевскому и др. (1979) и С.Н. Касумову (1981) – $2 \cdot 10^{-6}$ % на свежую ткань.

Концентрация селена в организме сельскохозяйственной птицы составляет примерно 0,02 мг/кг, или (0,000002-0,000025) %. С возрастом происходит увеличение концентрации (Мишанин, 1999). Селен поступает в организм животных через пищеварительный тракт, кожу и легкие. Наиболее активное всасывание происходит в двенадцатиперстной кишке и в меньшей – в тощей и подвздошной.

Скорость всасывания селена зависит от формы соединения и происходит в следующем порядке: органические соединения селена > селенаты > селениты > селениды (Визнер, 1976). Всасывание органических и неорганических форм является активным процессом. Селенометионин переносится против градиента концентрации, а абсорбция селенита происходит путем пассивной диффузии с участием глутатионпероксидазы. В процессе всасывания принимают участие белковые переносчики (Кононский, 1980). Селеносодержащие аминокислоты и их соответствующие аналоги (цистин, метионин) имеют общие места и механизмы всасывания.

В опытах на животных доступность селена из органических соединений (селенометионин, дрожжевые продукты, высокоселеновая пшеница) была достоверно выше, чем из селенита натрия (Кузнецов С., Кузнецов А., 2001). Sec и особенно Se-Met быстрее преобразуются (путем деградации аминокислот) в селенид, пригодный для образования глутатионпероксидазы.

По данным В.В. Ковальского, В.В. Ермакова (1968) и С.Н. Касумова (1981), наиболее высокой степенью усвоения обладает Se-Met. Благодаря большей химической стабильности, эта селенсодержащая аминокислота может использоваться в качестве резервного селена при недостатке его в рационе в большей мере по сравнению с селенитом натрия. Поджелудочная железа у цыплят лучше депонирует селен в форме Se-Met, чем в других формах (Cantor, Langevin, Noguchi, Scott, 1975).

Суммируя приведенные выше сведения, необходимо отметить, что селен и йод являются эссенциальными, жизненно необходимыми микроэлементами для человека и животных. Селен играет решающую роль в защите организма от оксидантного стресса, определяет активность ряда ферментов, служит универсальным антидотом. Йод входит в состав гормонов щитовидной железы, направляющих течение большинства метаболических процессов в организме. Кроме того, йод и селен функционально тесно взаимосвязаны, поскольку селен содержится в ферментах, регулирующих активность тиреоидных гормонов.

При одновременном дефиците в организме этих микроэлементов развивается гипотиреоз, следствием чего является торможение процессов усвоения кислорода, выработки энергии и нарушение процессов метаболизма с образованием недоокисленных продуктов, которые оказывают общетоксическое действие, в конечном итоге снижаются продуктивность и воспроизводительная функция животных. Выраженная вариабельность территориального распределения этих микроэлементов на земной поверхности побуждает исследовать и анализировать их взаимоотношения в различных объектах, в том числе комплексное влияние на продуктивность животных.

Литературы:

1. Ермаков В.В. Геохимическая экология растений, животных и человека. // Тр. Биогеохим.лаб, 1998. Т.23.-С.152-183.
2. Никитина Л.П., Иванов В.Н., Анкина Л.В. Коэффициент селена и йода как показатель благополучия биохимической ситуации. // 2 Российская школа «Геохим. эколог. и биогеохим. районирование биосферы», М.1999-С.201-201.
3. Дженбаев Б.М., Мурсалиева А.М., Ермаков В.В., Аденов Ж.А. Биогенность химических элементов и селеновый статус. Бишкек 1999г.

4. Матыев Э.С., Аденов Ж.А. и др. Роль химических элементов и их соединений в экологии, биологии и медицине. Бишкек. Издательство «Технология», 2002г.

Рецензент:

Эгембердиева А.Д. – к.б.н., доцент