

УДК 631.81.095.337+[546.23]:633.1

З. С. КОВАЛЕВИЧ, С. Е. ГОЛОВАТЫЙ

### НАКОПЛЕНИЕ СЕЛЕНА В ЗЕРНЕ КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНЫХ ФОРМ СЕЛЕНОВЫХ УДОБРЕНИЙ

*Институт почвоведения и агрохимии*

*(Поступила в редакцию 18.02.2010)*

**Введение.** О здоровье населения судят по его диете. Современное рациональное питание основывается на его сбалансированности по количеству калорий, белков, жиров, углеводов, соотношению между растительными и животными белками, элементами минерального питания. Особенно актуальна проблема обеспеченности и сбалансированности продуктов питания по микроэлементам. В условиях Беларуси особую значимость приобретает микроэлемент селен.

Актуальность изучения селена в биологии обусловлена такими специфическими жизненно важными функциями этого элемента, как снижение риска некоторых сердечно-сосудистых заболеваний (ишемическая болезнь сердца, кардиомиопатия); предохранение (защита) животных организмов от накопления тяжелых металлов (ртуть, кадмий, мышьяк, таллий); применение некоторых селеноорганических соединений для предупреждения и лечения онкологических заболеваний (рак органов желудочно-кишечного тракта, лимфома), а также высокой антиоксидантной активностью селена, которая в 500–1000 раз выше активности  $\alpha$ -токоферола (витамина Е). В мире ведутся исследования по эффективности селена при лечении астмы, ВИЧ и СПИДа [1].

Беларусь относится к биогеохимической провинции с критически низким содержанием селена в биологических объектах [2, 3]. Очень низкое содержание селена отмечается и в белорусских продуктах питания. Например, в хлебе ржаном его содержание колеблется от 2,0 до 24,3 мкг/кг, хлебе пшеничном – от 7,2 до 59,0, мясе говяжьим – от 4,6 до 18,7, мясе свином – от 10 до 82, картофеле – от 1,4 до 8,0, овощах (морковь, свекла, капуста) – от 0,8 до 8,6 мкг/кг, молоке – от 1,7 до 6,5 мкг/л. Среднее потребление селена человеком с основными продуктами питания по областям Беларуси составляет 9,9–14,0 мкг/сут, что в 4–5 раз ниже минимального суточного потребления селена (50 мкг/сут), рекомендованного ВОЗ [4].

Суточная норма потребления селена взрослым населением планеты колеблется в пределах 30–85 мкг. Наиболее высокие нормы суточного потребления селена рекомендуются в Австралии (табл. 1).

Таблица 1. Рекомендуемые количества суточного потребления селена, мкг [5]

Страна	Рекомендации	Женщины	Мужчины
Все страны	WHO	30	40
Австралия	RDI	70	85
Великобритания	LNRI (RNI)	40 (60)	40 (75)
Европа	PRI	55	55
Канада	RDA	50	50
Россия	МЗ РФ	63	63
США	RDA	55	70
Беларусь [6]	МЗ РБ	50	50

**П р и м е ч а н и е.** WHO – Рекомендации Всемирной организации здравоохранения; RDI – Рекомендуемое ежедневное потребление; LNRI (RNI) – предельное пищевое рекомендуемое потребление; RNI – Рекомендуемое пищевое потребление; PRI – Рекомендуемое потребление населением; RDA – Рекомендуемое дневное потребление; МЗ РФ – Рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации; МЗ РБ – Рекомендации Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

Для поддержания функций Se-содержащих ферментов человеку необходимо потреблять не менее 40 мкг Se в сутки. Более низкое потребление селена резко снижает его важные биохимические функции, в первую очередь антиоксидантную и противомикробную [7]. Следует помнить, однако, что селен является высокотоксичным химическим элементом (1-й класс опасности) [8].

Для повышения селенового статуса человека наиболее рациональным приемом является дополнительное введение в рационы питания селена. Коррекция селенового статуса населения может осуществляться за счет природных и искусственных источников.

Природными источниками селена являются продукты животного и растительного происхождения. Селен локализуется главным образом в белковой фракции растительных и животных тканей. Среди продуктов животного происхождения наиболее богаты селеном печень, почки, яйцо, морская рыба, креветки (500–9000 мкг/кг сухой массы), несколько меньшее содержание отмечается в мясопродуктах (60–400 мкг/кг). Растительные продукты беднее селеном, чем продукты животного происхождения. Очень низкие концентрации селена содержат фрукты и овощи, более высокое его содержание отмечено у грибов, чеснока и горчицы [9, 10].

Искусственное повышение селена в продуктах питания осуществляется несколькими путями, основными из которых являются следующие: производство лечебных и витаминных селеновых препаратов, биологически активных добавок (БАД) с селеном; производство промышленных продуктов с селеном (напитки, хлебобулочные и кондитерские изделия); производство растениеводческой продукции, обогащенной селеном посредством применения селеновых удобрений в период вегетации растений (агрохимический способ обогащения). У каждого из способов обогащения рационов питания селеном есть свои преимущества и свои недостатки.

Основные преимущества агрохимического способа корректировки повышения селена в продуктах питания состоят в том, что, во-первых, селен в растениеводческой продукции находится в биотрансформированной растениями форме в виде селенометионина и селеноцистеина, которые биологически более активны и лучше усваиваются организмом, во-вторых, исключается вероятность передозировки высокотоксичных соединений селена в продуктах и отравления ими.

В рационе человека важное место отводится крупяным изделиям, из которых при варке селена теряется меньше, чем из других продуктов (овощи, молочные продукты) [11]. В связи с этим рациональным способом повышения селенового статуса населения является применение селеновых удобрений при возделывании зерновых культур, которые используются для производства крупяных изделий.

Цель работы – установить степень перехода селена из почвы в растения и накопление его в зерне крупяных культур при внесении в почву разных форм селеновых соединений.

**Объекты и методы исследования.** Исследования проводили в 2002–2006 гг. в условиях вегетационного эксперимента на дерново-подзолистой связносупесчаной почве со следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,46%,  $pH_{KCl}$  5,72,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  – 203 и 278 мг/кг почвы соответственно. Фоновое содержание селена – 37–42 мкг/кг почвы.

Селеновые удобрения – селенит натрия ( $Na_2SeO_3$ ) и селенат натрия ( $Na_2SeO_4$ ) – вносили в почву в возрастающих дозах ( $Se_1$ – $Se_4$ ): 40,0 мкг/кг; 80,0; 160,0; 320,0 мкг/кг почвы. Макроудобрения (карбамид, суперфосфат аммонизированный и хлористых калий) внесены в дозах (мг/кг почвы) из расчета:  $N_{150}P_{80}K_{100}$  – для проса,  $N_{100}P_{80}K_{100}$  – для овса,  $N_{90}P_{60}K_{90}$  – для гречихи и  $N_{30}P_{60}K_{90}$  – для гороха.

Возделываемые культуры – просо (*Panicum sativum*) сорта Славянское, овес (*Avena sativa*) сорта Запавет, горох (*Pisum sativum*) сорта Фацет, гречиха (*Fagopyrum sativum*) сорта Лена. В каждом сосуде с массой почвы 5,5 кг выращивали по 15 растений проса и гречихи, по 20 растений овса и по 12 растений гороха. Повторность в опытах пятикратная.

Разложение растительных и почвенных образцов для определения селена проводили в автоклаве аналитическом НПВФ «Анкон-АТ-2». Концентрацию селена определяли на атомно-абсорбционном спектрометре Perkin Elmer AAnalyst 100 с приставкой холодного пара Perkin Elmer HGA-800 и дейтериевым корректором неселективного поглощения.

**Результаты и их обсуждение.** В среднем за два года исследований существенного влияния обеих форм соединений селена в диапазоне доз по элементу 40–320 мкг/кг почвы на урожай-

ность зерна злаковых культур проса и овса не отмечено (табл. 2). Тенденция к повышению урожайности зерна проса отмечалась при внесении селена в дозах 80 и 160 мг/кг почвы в форме селенита натрия и в дозах селена 40 и 80 мг/кг почвы – при внесении селената натрия. При дозе селена 320 мг/кг в форме селената натрия наблюдалась тенденция к снижению урожайности зерна проса. Несущественное повышение урожайности зерна овса отмечено при внесении обеих форм соединений селена в дозах 80 и 160 мг/кг почвы.

Т а б л и ц а 2. Влияние форм и доз селеновых препаратов на урожайность зерна

Вариант опыта	Овес (2004–2005 гг.)		Просо (2002–2003 гг.)		Гречиха (2005–2006 гг.)		Горох (2005–2006 гг.)	
	г/сосуд	прибавка, г (%)	г/сосуд	прибавка, г (%)	г/сосуд	прибавка, г (%)	г/сосуд	прибавка, г (%)
<i>Селенит натрия</i>								
НРК (фон)	10,0		14,1		10,5		18,5	
Фон + Se <sub>40</sub>	10,8	0,8 (8,0)	14,1	–	10,6	0,1 (0,9)	19,0	0,5 (2,7)
Фон + Se <sub>80</sub>	11,1	1,1 (11,0)	14,8	0,7 (5,0)	10,4	–0,1 (–0,9)	20,1	1,6 (8,6)
Фон + Se <sub>160</sub>	10,4	0,4 (4,0)	15,2	1,1 (7,8)	9,9	–0,6 (–5,7)	17,2	–1,3 (–7,0)
Фон + Se <sub>320</sub>	9,2	–0,8 (–8,0)	14,4	0,3 (2,1)	9,2	–1,3 (–12,4)	16,5	–2,0 (–10,8)
НСР <sub>05</sub>		1,3		1,8		1,7		2,0
<i>Селенат натрия</i>								
НРК (фон)	10,0		14,1		10,5		18,5	
Фон + Se <sub>40</sub>	9,4	–0,6 (6,0)	14,5	0,4 (2,8)	10,5	–	20,0	1,5 (8,1)
Фон + Se <sub>80</sub>	10,4	0,4 (4,0)	14,4	0,3 (2,1)	10,2	–0,3 (–2,9)	20,1	1,6 (8,6)
Фон + Se <sub>160</sub>	10,8	0,8 (8,0)	14,2	0,1 (0,7)	10,0	–0,5 (–4,8)	17,5	–1,0 (–5,4)
Фон + Se <sub>320</sub>	10,7	0,7 (7,0)	13,9	–0,2 (–1,4)	9,9	–0,6 (–5,7)	15,7	–2,8 (–15,1)
НСР <sub>05</sub>		1,3		1,8		1,7		2,0

Внесение в почву селена в дозах 40–320 мг/кг не оказало положительного влияния на урожайность зерна гречихи. Тенденция к снижению урожайности зерна этой культуры отмечена уже при дозе селена 80 мг/кг почвы.

При внесении селенита натрия в максимальной дозе (320 мг/кг почвы) урожайность зерна гречихи по сравнению с фоновой снизилась на 12,4%, при внесении селената – на 5,7%, что, однако, меньше значения критерия достоверности (НСР<sub>05</sub>).

Тенденция к повышению урожайности зерна гороха наблюдалась при внесении обеих форм соединений селена в дозах 40 и 80 мг/кг почвы. При дальнейшем возрастании доз селена отмечалось снижение урожайности зерна гороха. При дозе селена 320 мг/кг почвы урожайность зерна снизилась существенно: при внесении селенита и селената натрия – на 10,8 и 15,1% соответственно.

Таким образом, результаты исследований показали, что при внесении в почву селена в дозах 40 мг/кг; 80; 160 и 320 мг/кг в форме селенита и селената натрия существенного повышения урожайности зерна проса, овса, гречихи и гороха не установлено. Отмечена тенденция к снижению урожайности зерна гречихи на 5,7 и 12,4% и снижение урожайности зерна гороха на 10, и 15,1% при внесении дозы селена 320 мг/кг в форме селенита и селената натрия соответственно.

Накопление селена в растениеводческой продукции определяется многими факторами, в первую очередь видовыми особенностями возделываемых культур. Бионакопление селена растениями во многом зависит от их химического состава, а именно от соотношения белков и углеводов. Наиболее богаты селеном высокобелковые продукты, а особенно бедны растительные продукты с высоким содержанием углеводов [12]. На накопление селена в растениях существенное влияние оказывают условия произрастания (почвенные условия, применение селеновых удобрений) [13–15].

Для оценки степени накопления селена в зерне изучаемых культур в наших исследованиях были использованы следующие критерии: *коэффициент биологического поглощения* – КБП (отношение содержания элемента в растениях к содержанию его в почве или к кларку почвы); *коэффициент накопления* –  $K_{\text{н}}$  (показывает, во сколько раз увеличилось содержание элемента в зерне

от доз селеновых удобрений по сравнению с содержанием его в зерне на контрольном варианте без внесения селена); *норматив накопления*  $N_n$  – накопление селена в зерне (мкг/кг) от внесения дозы селена 10 мкг/кг почвы.

По величине коэффициента биологического поглощения селен наряду с такими элементами, как Ca, Na, Mg, Sr, Zn, B, можно отнести к группе элементов-аккумуляторов [16]. Растения по способности накапливать селен подразделяют на три группы: 1-я – КБП ~ 100; 2-я – КБП ~ 10; 3-я – КБП ~ 1–2 [17, 18].

В исследованиях установлено, что коэффициенты биологического поглощения селена растениями овса, проса, гречихи и гороха из супесчаной почвы с фоновым содержанием валовых форм селена на уровне 40 мкг/кг почвы составили 0,41; 0,45; 0,51 и 0,69 соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Влияние форм и доз селеновых удобрений на накопление селена в зерне

Вариант опыта	Овес (2004–2005 гг.)		Просо (2003–2004 гг.)		Гречиха (2005–2006 гг.)		Горох (2005–2006 гг.)	
	мкг/кг	КБП	мкг/кг	КБП	мкг/кг	КБП	мкг/кг	КБП
<i>Селенит натрия</i>								
НPK (фон)	16,4	0,41	17,9	0,45	20,5	0,51	27,4	0,69
Фон + Se <sub>40</sub>	57,3	0,72	54,0	0,68	60,7	0,76	80,2	1,00
Фон + Se <sub>80</sub>	124,1	1,03	288,9	2,41	177,2	1,48	156,7	1,31
Фон + Se <sub>160</sub>	284,9	1,42	640,6	3,20	335,7	1,68	352,2	1,76
Фон + Se <sub>320</sub>	608,9	1,69	1250,0	3,47	649,6	1,80	767,3	2,13
НCP <sub>05</sub>	102,2		113,2		141,9		101,4	
<i>Селенат натрия</i>								
НPK (фон)	16,4	0,41	17,9	0,45	20,5	0,51	27,4	0,69
Фон + Se <sub>40</sub>	280,1	3,50	345,6	4,32	614,4	7,68	657,5	8,22
Фон + Se <sub>80</sub>	468,1	3,90	684,0	5,70	1378,5	11,49	1585,8	13,20
Фон + Se <sub>160</sub>	900,5	4,50	2536,6	12,70	3743,5	18,72	4698,0	23,50
Фон + Se <sub>320</sub>	1728,3	4,80	5126,7	14,20	9584,0	26,62	10350,0	28,80
НCP <sub>05</sub>	102,2		113,2		141,9		101,4	

При внесении в почву селена в форме селенита значения КБП повышались с увеличением доз элемента. При максимальной дозе селена 320 мкг/кг почвы из всех изучаемых культур самый высокий КБП установлен у проса – 3,5, у гороха – 2,1, у гречихи – 1,8, у овса – 1,7. Таким образом, по величине КБП селена при всех дозах селенита натрия культуры расположились в следующем порядке: просо > горох > гречиха > овес.

При внесении селената натрия закономерность увеличения КБП с повышением доз селена сохранялась, однако, значения коэффициентов были более высокими. В диапазоне доз селена 40–320 мкг/кг коэффициенты биологического поглощения селена у овса и проса были в 2,8–6,4 раза, а у гречихи и гороха – в 8,2–15,7 раза большими, чем при внесении селенита натрия.

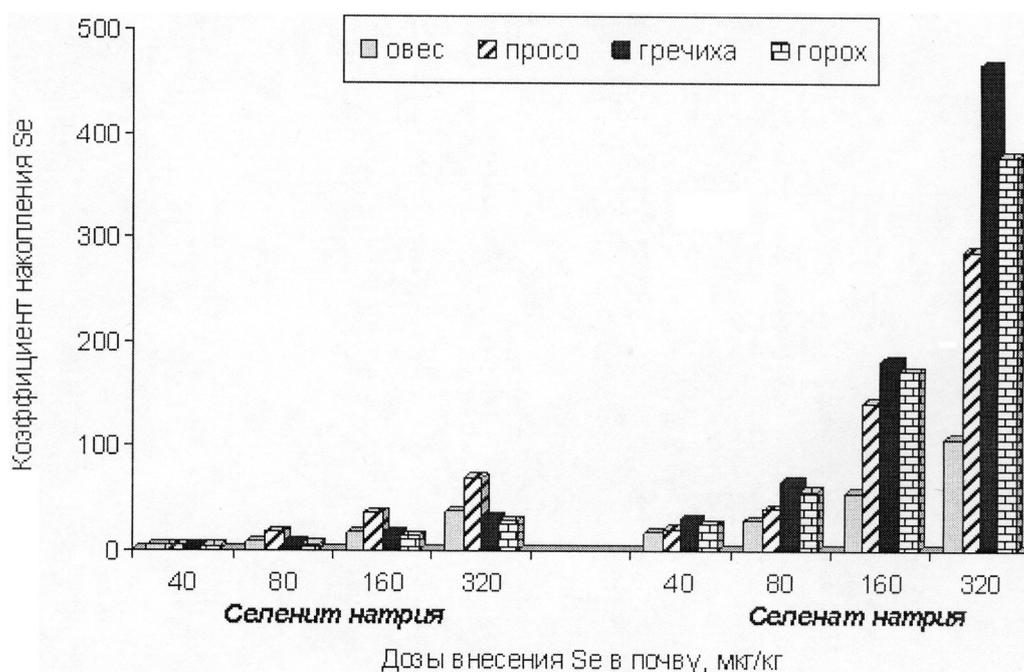
При всех дозах селената натрия по степени биологического поглощения селена изучаемые культуры составили такой ряд: горох > гречиха > просо > овес.

Высокая степень биологической аккумуляции способствовала обогащению продукции селеном по сравнению с его фоновым содержанием (табл. 3). Накопление селена в зерне зависело от вида культуры и формы селенового удобрения.

Коэффициенты накопления ( $K_n$ ) при обеих формах селеновых удобрений находились в прямой зависимости от доз их внесения (рисунок).

При дозе селена 40 мкг/кг почвы (селенит натрия) содержание элемента в зерне всех культур увеличилось по сравнению с фоновым в три раза. При максимальной дозе селена содержание его в зерне овса, гречихи и гороха повысилось до 609; 612 и 767 мкг/кг (в 37; 31,7 и 28 раз соответственно). Накопление селена в зерне проса было более интенсивным, при максимальной дозе селенита содержание его достигало 1250 мкг/кг ( $K_n = 70$ ).

При внесении селената натрия содержание селена на уровне 468–684 мкг/кг в зерне проса и овса отмечено при дозе селена 80 мкг/кг почвы, в зерне гречихи и гороха – на уровне 614–658 мкг/кг при дозе селена 40 мкг/кг почвы.



Коэффициенты накопления селена зерновыми культурами при внесении в почву селеновых удобрений

При максимальной дозе внесения селена содержание его в зерне овса достигало 1728,3 мкг/кг, зерне проса – 5127; зерне гороха – 9584, зерне гречихи – 10350 мкг/кг, коэффициенты накопления относительно фоновое содержание – 105; 286; 467 и 378 соответственно.

Для оценки степени обогащения продукции селеном при внесении селеновых удобрений в диапазоне доз 40–320 мкг/кг были рассчитаны нормативы увеличения содержания элемента ( $H_n$ ) в зерне от дозы 10 мкг/кг почвы (для супесчаной почвы это составляет дозу внесения ~ 30 г/га) (табл. 4). При внесении *селенита* в дозах 40 мкг/кг почвы величина накопления селена в зерне от каждых 10 мкг составила 9–13 мкг/кг зерна.

Таблица 4. Накопление селена в зерне от дозы 10 мкг/кг почвы

Вариант опыта	Увеличение содержания Se, мкг/ кг зерна							
	Овес	Просо	Гречиха	Горох	Овес	Просо	Гречиха	Горох
	<i>Селенит натрия</i>				<i>Селенат натрия</i>			
Фон + Se <sub>40</sub>	10,2	9,0	10,0	13,2	65,9	81,9	148,8	157,5
Фон + Se <sub>80</sub>	13,5	33,9	19,6	16,2	56,5	83,3	169,7	194,8
Фон + Se <sub>160</sub>	16,8	39,8	19,7	20,3	55,3	157,4	232,7	291,9
Фон + Se <sub>320</sub>	18,5	38,5	20,3	23,1	53,5	159,6	298,9	322,6

Каждые 10 мкг селена в интервале доз 80–320 мкг/кг почвы в среднем повышали содержание элемента в зерне овса на 16,3 мкг/кг; зерне гречихи и гороха – на 19,9; зерне проса – на 36,0 мкг/кг.

При внесении *селената* в дозах 40–80 мкг/кг почвы величина накопления селена в зерне от 10 мкг в зерне овса составила 61,2 мкг/кг, проса – 82,6; гречихи – 159,3; гороха – 176,2 мкг/кг. В интервале доз 160–320 мкг/кг почвы от каждой дозы 10 мкг/кг содержание селена в зерне овса, проса, гречихи и гороха увеличивалось на 54,4 мкг/кг; 158,5; 265,6 и 307,3 мкг/кг соответственно.

Оценить допустимое накопление селена в зерне крупяных культур не представляется возможным, так как отсутствуют допустимые уровни содержания этого элемента (МДУ) для пищевых продуктов. При возможной оценке зерна овса и гороха по кормовой группе можно утверждать, что при внесении селенита натрия интервал оптимума содержания селена в зерне достигается при дозах 80–160 мкг/кг почвы. Допустимое для кормов содержание селена в зерне овса

и гороха [19] получено при внесении селенита натрия в дозах 40–160 мкг/кг почвы. При внесении селената натрия содержание селена в зерне овса не превышало МДУ (500 мкг/кг) при дозах элемента 40–80 мкг/кг почвы. В зерне гороха содержание селена выше допустимого в 1,3 раза (657,5 мкг/кг) отмечено уже при минимальной дозе 40 мкг/кг почвы.

**Заключение.** На дерново-подзолистой супесчаной почве при внесении селена в дозах 40,0 мкг/кг; 80; 160,0 и 320 мкг/кг почвы в форме селенита и селената натрия существенного повышения урожайности зерна проса, овса, гречихи и гороха не установлено. Отмечена тенденция к снижению урожайности зерна гречихи на 5,7 и 12,4% и достоверное снижение урожайности зерна гороха на 10,8 и 15,1% при внесении в почву дозы селена 320 мкг/кг в форме селенита и селената натрия соответственно.

Внесение селена в почву в дозах 40–320 мкг/кг способствовало обогащению зерна микроэлементом селеном. При внесении селенита натрия в дозе 40 мкг/кг почвы содержание селена в зерне овса, проса, гречихи и гороха увеличивается до 57,3 мкг/кг; 54; 60,7; 80 мкг/кг, при внесении селената – до 280,1 мкг/кг; 345,6; 614,4; 658 мкг/кг. При дозе селена 320 мкг/кг почвы содержание его в зерне увеличивалось до 609–1250 мкг/кг (селенит) и до 1728–10350 мкг/кг (селенат).

Коэффициенты биологического поглощения селена (КБП) растениями овса, проса, гречихи и гороха из супесчаной почвы с фоновым содержанием валовых форм селена на уровне 40 мкг/кг почвы составили 0,41; 0,45; 0,51 и 0,69 соответственно. При обеих формах соединений селена значения КБП повышались с увеличением доз элемента.

Изучаемые культуры в большей степени поглощали селен из селената натрия, чем из селенита. При максимальной дозе селена 320 мкг/кг почвы в форме селенита самый высокий КБП отмечен у проса – 3,5, у гороха он составил 2,1, у гречихи – 1,8, у овса – 1,7. При внесении селената натрия КБП селена у овса и проса были в 2,8–6,4 раза, а у гречихи и гороха – в 8,2–15,7 раза большими, чем при внесении селенита натрия. По величине поглощения селена при всех дозах селенита натрия культуры расположились в следующем порядке: просо > горох > гречиха, овес, при всех дозах селената натрия: горох > гречиха > просо > овес.

Для прогноза обогащения зерна микроэлементом селеном рассчитаны ориентировочные нормативы увеличения содержания селена в зерне от дозы 10 мкг/кг почвы (~ 30 г/га). При внесении *селенита* в дозе 40 мкг/кг почвы величина накопления селена в зерне от каждых 10 мкг составила 9–13 мкг/кг зерна. В интервале доз 80–320 мкг/кг почвы от 10 мкг селена содержание его в зерне овса в среднем повышалось на 16,3 мкг/кг, в зерне гречихи и гороха – на 19,9; в зерне проса – на 36,0 мкг/кг.

При внесении *селената* в дозах 40–80 мкг/кг почвы величина накопления селена в зерне от 10 мкг в зерне овса составила 61,2 мкг/кг, проса – 82,6; гречихи – 159,3; гороха – 176,2 мкг/кг. В интервале доз 160–320 мкг/кг почвы от дозы 10 мкг/кг содержание селена в зерне овса, проса, гречихи и гороха увеличивалось на 54,4 мкг/кг; 158,5; 265,6 и 307,3 мкг/кг соответственно.

При внесении в почву *селенита* натрия максимальная допустимая доза селена, при которой не отмечено превышения МДУ по этому элементу, в зерне овса и гороха составила 160 мг/кг почвы (~ 480 г/га).

При внесении в почву *селената* натрия превышение МДУ в зерне овса не отмечено при дозе селена 80 мкг/кг почвы (~ 240 г/га). Превышение МДУ селена в зерне гороха в 1,3 раза отмечено при минимальной дозе селена 40 мкг/кг почвы. Ориентировочно допустимой дозой внесения селена в почву в форме селената при возделывании гороха на зерно можно принять 90 г/га.

## Литература

1. Lyons, G. High-selenium wheat: biofortification for better health / G. Lyons, J. Stangoulis, R. Graham // Nutrition-Research-Reviews. – 2003. – Vol. 16, N 1. – P. 45–60.
2. Содержание селена в почвах и растениях Беларуси / С. Е. Головатый [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1(34). – С. 89–93.
3. Лебедев, В. Н. Содержание селена в почвах БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / В. Н. Лебедев / ИЗК. – Жодино, 1973. – 20 с.
4. Зайцев, В. А. Содержание селена в основных пищевых продуктах, потребляемых населением Беларуси / В. А. Зайцев // Питание и обмен веществ. – Гродно, 2002. – С. 34–45.

5. Ермаков, В. В. Биогеохимия селена и его значение в профилактике эндемических заболеваний человека // Вестник отделения наук о Земле [Электронный науч.-информ. журнал]. – № 1(22)'2004URL. – Режим доступа: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2004/scpub-4pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2004/scpub-4pdf). – Дата доступа: 15.02.2010.
6. Мохорт, Е. Г. Содержание йода и селена в пищевых рационах детей и подростков, проживающих в домашних условиях и в организованном коллективе / Е. Г. Мохорт, А. В. Славинский // Проблема дефицита витаминов и микроэлементов в Республике Беларусь. – Минск, 2007. – С. 42–46.
7. Combs, G. F. Selenium in global food systems / G. F. Combs // Br. J. Nutr. – 2001. – Vol. 85, N 5. – P. 517–547.
8. Почвы. Охрана природы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.41.02–83. – Введ. 01.01.85. – М.: Госстандарт, 1983. – 18 с.
9. Muller, R. The selenium content of the flora and plant and animal foodstuffs in Germany / R. Muller, M. Anke, K. Frobis // Environmental chemistry and ecotoxicology. Research and development for environmental protection and consumer health: Symposium 2002, Braunschweig, Germany, 6–8 October 2002. – Fresenius-Environmental-Bulletin. – 2003. – Vol. 12, N 6. – P. 584–588.
10. Тутьельян, В. А. Значение селена в полноценном питании человека / В. А. Тутьельян, В. К. Мазо, Л. И. Ширина // Гинекология: Журнал для практических врачей. – 2002. – Т. 4, № 2. – С. 88–90.
11. Селен. Гигиенические критерии состояния окружающей среды / ВОЗ. – Женева, 1989. – № 58. – 208 с.
12. Muller, R. The selenium content of the flora and plant and animal foodstuffs in Germany / R. Muller, M. Anke, K. Frobis // Environmental chemistry and ecotoxicology. Research and development for environmental protection and consumer health: Symposium 2002, Braunschweig, Germany, 6–8 October 2002. – Fresenius-Environmental-Bulletin. – 2003. – Vol. 12, N 6. – P. 584–588.
13. Lyons, G. H. Tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) to high soil and solution selenium levels (2005) / G. H. Lyons, J. R. Stangoulis, R. D. Graham // Plant and Soil. – 2005. – Vol. 270, N 1. – P. 179–188.
14. Демьянова – Рой Г. Б. Эффективность применения селената и селенита натрия при выращивании томата в защищенном грунте / Г. Б. Демьянова-Рой, Н. А. Голубкина, А. Д. Жумаев // Докл. РАСХН. – 2003. – № 2. – С. 11–13.
15. Cartes, P. Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenate and selenite forms (2005) / P. Cartes, L. Gianfreda, M. L. Mora // Plant and Soil. – 2005. – Vol. 276, N 1–2. – P. 359–367.
16. Saritha, K. Qualitative detection of selenium in fortified soil and water samples by a paper chromatographic-carboxyl esterase enzyme inhibition technique / K. Saritha, N. V. Nanda-Kumar. – 2001. – Vol. 919, N 1. – P. 223–228.
17. Ермаков, В. В. Биологическое значение селена / В. В. Ермаков, В. В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 300 с.
18. Ермаков, В. В. Геохимическая экология как следствие системного изучения биосферы // Проблемы биохимии и геохимической экологии // Тр. биохим. лаборатории. – Т. 23. – М., 1999. – С. 160–162.
19. Показатели безопасности кормов: ветерин.-санит. норматив, утв. постановлением Минсельхозпрода Респ. Беларусь № 47 от 28.04.2008 г. – Минск, 2008. – 6 с.

*Z. S. KOVALEVICH, S. E. GOLOVATY*

#### **ACCUMULATION OF SELENIUM IN CEREALS GRAINS WHEN USING DIFFERENT FORMS OF SELENIUM FERTILIZERS**

#### **Summary**

As a result of the vegetation experiment on sod-podzolic loamy soils with low content of selenium it's established that application of 40 mkg/kg; 160 and 320 mkg/kg of selenium in the form of selenate and sodium selenate contributes to the accumulation of microelements of selenium in millet, barley, buckwheat and pea grains. However, barley and millet absorb 2.8–6.4 times more selenium from selenate than from sodium selenate and buckwheat and pea – 8.2–15.7 times more.