

УДК 631.81.095.337:633.2«550»:546.23(476)

С. Е. ГОЛОВАТЫЙ, З. С. КОВАЛЕВИЧ, Н. К. ЛУКАШЕНКО

ПАРАМЕТРЫ И ПРОГНОЗ НАКОПЛЕНИЯ СЕЛЕНА В СЕНЕ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ ПРИ ВНЕСЕНИИ СЕЛЕНОВОГО УДОБРЕНИЯ В ПОЧВУ

Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Республика Беларусь,
e-mail: ZKovalevich@yandex.ru

(Поступила в редакцию 20.10.2011)

Содержание селена в растениях зависит от многих факторов: типа почвы, ее кислотности-щелочности, содержания селена в почве, биологических особенностей, фазы роста и развития растений, гидротермических факторов вегетации и др.

Среднее содержание селена в растениях, произрастающих на щелочных почвах, составляет 0,01–10,0 мг/кг сухой массы, на кислых значительно ниже – от следов до 0,2 мг/кг [1]. В растениях, произрастающих на переувлажненных почвах, отмечается низкое содержание селена, что можно объяснить высокой кислотностью и низким окислительно-восстановительным потенциалом почвы, которые снижают подвижность селена и поступление его в растения [2].

На почвах с одинаковым фоновым содержанием селена накопление его в растениях в наибольшей степени определяется их видовыми особенностями. Основным критерием способности растений накапливать химические элементы (по А. И. Перельману) является коэффициент биологического поглощения (КБП) – это отношение содержания элемента в золе растений к его содержанию в почве или к кларку почвы. По величине КБП селен можно отнести к группе элементов высокого биологического поглощения наряду с такими элементами, как Ca, Na, Mg, Sr, Zn, В.

Все растения по способности усваивать и накапливать селен подразделяют на три группы.

Первая группа – растения-накопители, содержащие селен в максимальных количествах – (до 1000–1500 мг/кг сухой массы). Содержание селена в биомассе растений в 1000 раз и более высокое, чем в почве. При низком содержании селена в верхних горизонтах почвы растения-накопители способны переводить его из нижних горизонтов в доступные для других растений формы. К селеновым индикаторам относятся астрагалы, астры, дикая мимоза, акация, моринда, горчица, красный мухомор, содержание селена в которых доходит до $1,68 \cdot 10^{-3}\%$ при содержании в почве до $7,7 \cdot 10^{-5}\%$. Растения – концентраторы селена астрагал (*Astragalus bisulcatus*) и стенлея (*Stanleya pinnata*) способны накапливать в наземной части до 1% Se/кг сухой массы. Селен у этих растений накапливается в трихоме (клетки эпидермиса в виде волосков, чешуек, железок, которые выполняют физиологическую защиту листа, в том числе и химическую защиту).

Вторая группа – содержание селена в биомассе растений в 3–10 раз более высокое, чем в почве, содержание селена достигает $n \cdot 10^2$ мг/кг сухой массы.

Третья группа – содержание селена в биомассе примерно в 1,5–2 раза более высокое по сравнению с содержанием его в почве. Максимальное содержание селена достигает 50 мг/кг сухой массы. К этой группе относятся все основные сельскохозяйственные культуры [3].

Бионакопление селена растениями во многом зависит от их химического состава, а именно от соотношения белков и углеводов. Наиболее богаты селеном высокобелковые растения, а особенно бедны им растения с высоким содержанием крахмала и сахаров.

Селен в растениях способен реутилизироваться. Установлено, что весной идет активное перераспределение элемента от корней к молодым листьям, а осенью, наоборот, происходит его отток к корням. В травах наиболее высокие концентрации селена отмечены рано весной, в период отрастания, в последующие периоды роста концентрация селена снижалась [4].

Актуальность селена в кормопроизводстве селендефицитных зон постоянно возрастает. Дефицит селена у животных способствует возникновению специфических селендефицитных заболеваний, таких как беломышечная болезнь новорожденных; диарея; выкидыши и отторжение плаценты; некоторые раковые заболевания; снижение иммунного статуса организма [5, 6].

Основным фактором риска возникновения селендефицитных заболеваний животных является низкое содержание этого микроэлемента в растительных кормах, особенно это касается травяных кормов, составляющих основную долю рационов КРС. Многочисленные исследования, проведенные в разных почвенно-климатических регионах, свидетельствуют, что возделываемые в сельском хозяйстве многолетние травы характеризуются невысоким содержанием селена.

В природных луговых травах Беларуси содержание селена составляет 0,04–0,09 мг/кг, в районах с заболеваниями животных беломышечной болезнью содержание селена в сене колебалось от 0,032 до 0,056 мг/кг, в почве не превышало 0,080 мг/кг. В исследованиях установлено, что коэффициенты биологического поглощения селена растениями были в 2–3 раза более высокими на лугах нормального увлажнения, чем на заболоченных лугах [7].

Анализ растений, отобранных в ходе почвенно-маршрутных исследований, выполненных РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в 2002–2003 гг. в разных почвенно-географических провинциях Беларуси, показал, что многолетние травы отличались крайне низким содержанием селена – 5,1–20,8 мкг/кг. Более высокое содержание селена отмечено в сене разнотравья пойменных лугов центральной части поймы р. Припять – в среднем 66 мкг/кг с колебаниями 16,6–149,3 мкг/кг [8].

Низкое содержание селена (5,0–52,7 мкг/кг сухой массы) отмечено в травостое культурных пастбищ Минской области [9]. Среднее содержание селена в образцах трав, отобранных на лугах и пастбищах в окрестностях Вроцлава (Польша), составляло 47 мкг/кг с колебаниями от 15 до 130 мкг/кг. Содержание селена в травах пастбищ составило 36–51, травах лугов – 50–80, травах пашни – 80–100 мкг/кг натурального корма [10]. В хозяйствах Латвии содержание селена в сене находилось в пределах 20–100 мкг/кг [5].

В Финляндии отмечены заболевания овец на пастбищах с содержанием селена в травах 8–30 мкг/кг [11], в Турции – заболевания овец на пастбищах с содержанием селена в травах 30–70 мкг/кг [12]. При содержании селена в травах более 100 мкг/кг животные дефицит селена не испытывали [13]. В Беларуси дефицит селена в кормовых рационах КРС отмечается и в стойловый период, где он составляет 10–62% [14].

Пополнение рационов животных дефицитным для них микроэлементом селеном наиболее эффективно и экологически безопасно осуществлять с использованием селеноорганических соединений. Наиболее рациональным и перспективным приемом, в полной мере учитывающим это условие, является обогащение кормовых культур селеном в период их вегетации. В обогащенных таким способом кормовых культурах микроэлемент находится уже в биотрансформированной и легкоусвояемой животным организмом форме. Кроме того, такой прием позволяет снизить риск передозировки селена, так как у растений имеются природные биологические барьеры (корневая система, функциональные защитные системы в наземных тканях и органах), ограничивающие избыточное поступление элемента в корма.

Актуальность настоящих исследований обусловлена необходимостью разработки в кормопроизводстве республики оперативных приемов по обогащению травяных кормов селеном.

Цель исследований – разработать параметры накопления селена в растениях многолетних злаковых трав для прогноза содержания этого элемента в сене при внесении селенового удобрения в почву.

Объекты и методы исследования. Исследования были проведены в 2006–2010 гг. на дерново-палево-подзолистой суглинистой почве, развивающейся на легких пылеватых суглинках (СПК «Щомыслица» Минского района) – почва № 1 и на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на водно-ледниковых рыхлых супесях, подстилаемых с глубины 1,15 м моренным суглинком, сменяемым песком (РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области) – почва № 2. Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы № 1: гумус – 2,2%, P_2O_5 – 300–310; K_2O – 240–265 мг/кг почвы, содержание валового селена – 40–60 мкг/кг почвы, кислотность почвы – pH_{KCl} 6,0 – фон 1 и pH_{KCl} 6,7 – фон 2, агрохимические показатели

пахотного горизонта почвы № 2: гумус – 2,05–2,15%; P_2O_5 – 120–150 мг/кг, K_2O – 180–200 мг/кг, содержание валового селена – 30–40 мкг/кг, кислотность почвы – pH_{KCl} 5,3 – фон 1 и pH_{KCl} 6,3 – фон 2.

Исследования проведены с многолетними злаковыми травами: ежой сборной (*Dactylis glomerata*) сорта Магутная, овсяницей луговой (*Festuca pratensis*) сорта Зорька и тимфеевкой луговой (*Phleum pratense*) сорта Волна, которые были посеяны в чистом виде.

В качестве минеральных удобрений в опыте применяли карбамид, суперфосфат аммонизированный и хлористый калий. Селен в форме селенита натрия (Na_2SeO_3) вносили в почву перед залужением в возрастающих дозах: 100; 200 и 300 г Se/га. Повторность в опытах четырехкратная.

Все аналитические исследования в почвенных и растительных образцах выполнены по ГОСТ. Пробоподготовку растительных и почвенных образцов для определения в них селена проводили в автоклаве аналитическом НПВФ «Анкон-АТ-2». Содержание 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. Изучаемые многолетние злаковые травы, возделываемые на легкосуглинистой (ежа, овсяница, тимфеевка) и рыхлосупесчаной (ежа, тимфеевка) почвах, характеризовались низким содержанием селена, наименьшее содержание элемента отмечено в растениях овсяницы луговой. На суглинистой почве фоновое содержание селена в сене ежи сборной, овсяницы луговой и тимфеевки луговой находилось в диапазоне 17,1–40,0; 14,3–29,7; 28,1–35,5 мкг/кг соответственно, что в 5,5–2,5; 7,0–3,4; 3,6–2,8 раза меньше нижнего уровня оптимального содержания этого микроэлемента в растительных кормах (100–500 мкг/кг). На супесчаной почве фоновое содержание селена в сене ежи составляло 17,1–25,5 мкг/кг, в сене тимфеевки – 18,3–25,6 мкг/кг (в 5,8–3,9 раза ниже оптимального уровня).

Внесение в почву перед посевом трав селенита натрия способствовало увеличению содержания селена в растениеводческой продукции. Установлено, что величина накопления селена во многом зависела от гранулометрического состава почв, на которых возделывались травы (рисунок).

Фоновое содержание селена в сене тимфеевки луговой, возделываемой на легкосуглинистой почве, было в 1,4–1,5 раза, в сене ежи сборной – в 1,6 раза более высоким, чем на рыхлосупесчаной почве.

Обогащение растениеводческой продукции селеном под действием селенита натрия в дозах 100; 200 и 300 г Se/га на супесчаной почве отмечено в меньшей степени, чем на суглинистой почве, однако, общая закономерность накопления оставалась такой же.

На легкосуглинистой почве при дозе селена 300 г/га содержание его в сене ежи и тимфеевки на уровне оптимального для кормов (100–500 мкг/кг) сохранялось в обоих укосах 1-го г. п. трав.

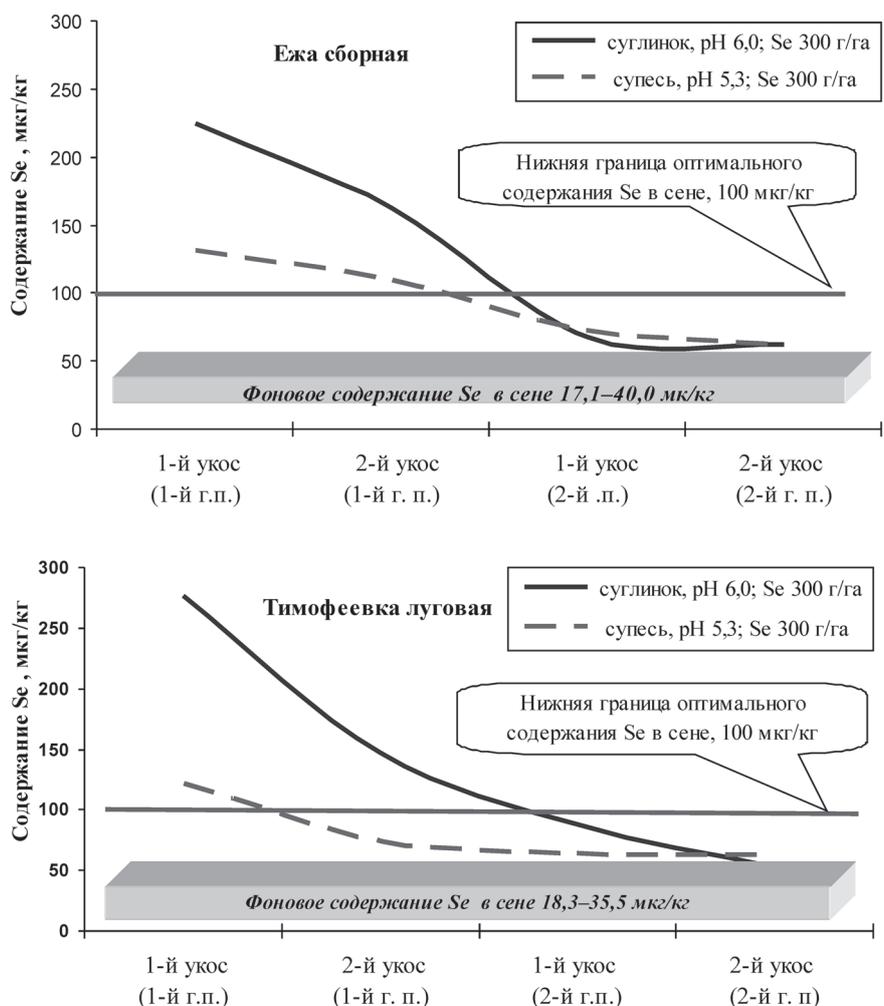
На рыхлосупесчаной почве в 1-й г. п. трав оптимальное содержание селена достигалось в сене ежи 1-го и 2-го укосов, в сене тимфеевки – только в 1-м укосе.

Содержание селена в травах 2-го г. п. на фоне последействия дозы 300 г Se/га было ниже оптимального уровня в кормах на 12,3–32,1% на суглинистой почве и на 24,3–36,9% на супесчаной почве, оставаясь при этом в 1,4–3,6 раза выше фонового содержания.

Таким образом, накопление селена в сене многолетних злаковых трав, возделываемых на легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах, определялось дозой селенового удобрения, видовыми особенностями трав и сроком их использования – содержание селена снижалось в каждом последующем укосе.

Для оценки агрохимического приема обогащения растениеводческой продукции селеном были рассчитаны параметры изменения содержания (нормативы сдвига содержания) микроэлемента в сене многолетних злаковых трав от дозы 10 г Se/га (таблица).

На легкосуглинистой почве в первый год вегетации трав при дозе внесения 100 г Se/га нормативы сдвига содержания микроэлемента составили: в сене тимфеевки луговой – 16,8 мкг/кг, в сене ежи сборной – 15,0, в сене овсяницы луговой – 11,0 мкг/кг. При дозах внесения селена 200 и 300 г/га каждые 10 г внесенного в почву селена увеличили содержание его в сене тимфеевки луговой в среднем на 10,0 мкг/кг, ежи сборной – на 13,6, овсяницы луговой – на 10,7 мкг/кг. Таким образом, на легкосуглинистой почве с кислотностью в диапазоне pH 6,0–6,7 в год внесе-



Накопление селена в сене многолетних злаковых трав на почвах разного гранулометрического состава

ния селена в почву в дозах 100–300 г/га в форме селенита натрия нормативы повышения содержания селена от 10 г Se/га в сене всех многолетних злаковых трав составил в среднем 12,5 мкг/кг.

В 1-й г. п. трав величины нормативного накопления селена в сене трав от последствие селенового удобрения в дозах 100–300 г Se/га уменьшались, в большей степени – во 2-м укосе. В 1-м укосе в среднем от дозы 10 г Se/га содержание селена в сене ежи и тимофеевки повышалось на 7,0 мкг/кг, сене овсяницы – на 5,5 мкг/кг, во 2-м укосе трав, в сене ежи, овсяницы и тимофеевки на – 4,1; 3,5 и 3,0 мкг/кг соответственно. В среднем в 1-й год пользования трав содержание селена в сене изучаемых многолетних злаковых трав от дозы 10 г Se/га в 1-м укосе повышалось на 6,8 мкг/кг, во 2-м – на 3,6 мкг/кг.

Во 2-й г. п. трав на фоне последствие селенового удобрения нормативы накопления селена в сене ежи, овсяницы и тимофеевки в 1-м укосе составляли в среднем 1,5; 1,9 и 1,7 мкг/кг, во 2-м – 1,2; 2,0 и 0,7 мкг/кг соответственно.

На рыхлосупесчаной почве в 1-й г. п. трав нормативы накопления селена в сене трав от дозы 10 г Se/га в диапазоне доз 100–300 г Se/га были более низкими, чем на суглинистой почве. В 1-м укосе 1-го г. п. трав содержание селена в сене ежи повышалось на 3,8 мкг/кг, сене тимофеевки – на 3,6 мкг/кг, во 2-м укосе трав – на 3,0 и 2,0 мкг/кг соответственно. Во 2-й г. п. трав нормативная величина накопления селена уменьшилась в среднем до 1,5 мкг/кг в 1-м укосе и до 1,1 мкг/кг во 2-м укосе трав.

На основании результатов исследований, проведенных с многолетними злаковыми травами на дерново-подзолистых суглинистой и супесчаной почвах, представляется возможным сделать

прогнозные расчеты по накоплению селена в сене при внесении под залужение селенита натрия в дозах 100; 200 и 300 г Se/га. Прогнозные расчеты представляют практическую значимость при планировании обогащения сена многолетних злаковых трав селеном на протяжении трехлетнего периода их использования (см. таблицу).

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в первый год жизни многолетних злаковых трав (один укос трав) оптимальное для кормов содержание селена достигается внесением в почву селенита натрия в дозах 100; 200 и 300 г Se/га и составляет 132–195; 227–301 и 343–428 мкг/кг сена соответственно.

В 1-й г. п. трав оптимальное содержание селена в сене в 1-м укосе обеспечивается дозой 200 г Se/га (146–169 мкг/кг) и дозой 300 г Se/га (181–249 мкг/кг), во 2-м – дозой 300 г Se/га (124–140 мкг/кг).

Во 2-й г. п. трав на фоне последействия селенита натрия оптимальное содержание селена в сене не достигается, однако оно значительно выше фонового содержания. В 1-м укосе при последействии селена в дозе 100 г/га содержание его в сене превышает фоновое в 1,5–1,8 раза, в дозе 200 г Se/га превышает фоновое в 2,1–3,0 раза, в дозе 300 г Se/га – в 2,5–3,1 раза. Во 2-м укосе трав содержание селена на фоне последействия селенита натрия в дозе 300 г Se/га остается выше фонового в сене тимopheевки в 1,8 раза, в сене овсяницы – в 3,6 раза.

Прогноз накопления селена в сене многолетних злаковых трав при внесении в почву селенита натрия, мкг/кг

Доза внесения селена, г/га	1-й год жизни трав		1-й год пользования трав				2-й год пользования трав			
	накопление Se от 10 г Se/га	содержание Se	1-й укос		2-й укос		1-й укос		2-й укос	
			накопление Se от 10 г Se/га	содержание Se	накопление Se от 10 г Se/га	содержание Se	накопление Se от 10 г Se/га	содержание Se	накопление Se от 10 г Se/га	содержание Se
<i>Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва</i>										
<i>Ежа сборная, фоновое содержание Se в сене 17,1–40,0 (среднее – 28,6) мкг/кг</i>										
Se 100	15,0	178,6	7,1	99,6	4,4	72,6	1,4	42,6	1,5	43,6
Se 200	13,6	300,6	7,0	168,6	4,3	114,6	1,6	60,6	1,1	50,6
Se 300	13,3	427,6	6,9	235,6	3,7	139,6	1,4	70,6	1,0	58,6
<i>Овсяница луговая, фоновое содержание Se в сене 14,3–29,7 (среднее – 22,0) мкг/кг</i>										
Se 100	11,0	132,0	5,0	72,0	4,0	62,0	1,8	40,0	2,3	45,0
Se 200	10,6	234,0	6,2	146,0	3,0	82,0	2,1	64,0	1,8	58,0
Se 300	10,7	343,0	5,3	181,0	3,4	124,0	1,9	79,0	1,9	79,0
<i>Тимофеевка луговая, фоновое содержание Se в сене 18,3–35,5 (среднее – 26,9) мкг/кг</i>										
Se 100	16,8	194,9	7,3	99,9	2,6	52,9	1,5	41,9	0,8	34,9
Se 200	10,0	226,9	6,3	152,9	2,8	82,9	1,8	62,9	0,7	40,9
Se 300	11,6	374,9	7,4	248,9	3,7	137,9	1,9	83,9	0,7	47,9
<i>Дерново-подзолистая рыхлосупесчаная почва</i>										
<i>Ежа сборная, фоновое содержание Se в сене 17,1–25,5 (среднее – 21,3) мкг/кг</i>										
Se 100	–	–	3,2	53,3	2,7	48,3	1,2	33,3	0,9	30,3
Se 200	–	–	4,1	103,3	3,2	85,3	1,0	41,3	0,8	37,3
Se 300	–	–	4,2	147,3	3,0	111,3	1,8	75,3	1,4	63,3
<i>Тимофеевка луговая, фоновое содержание Se в сене 18,3–25,6 (среднее – 22,0) мкг/кг</i>										
Se 100	–	–	3,2	54,0	1,8	40,0	0,9	31,0	0,9	31,0
Se 200	–	–	4,3	108,0	2,2	66,0	0,9	40,0	0,9	40,0
Se 300	–	–	3,4	124,0	1,9	79,0	1,3	61,0	1,3	61,0

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве обогащение сена многолетних злаковых трав селеном при внесении селеновых удобрений происходит в меньшей степени, чем на суглинистой почве, что обусловлено более низкой величиной нормативного сдвига накопления селена в растениях. В 1-й г. п. трав содержание селена на уровне оптимального в сене как ежи, так и ти-

мофеевки достигается в 1-м укосе последствием доз 200 и 300 г Se/га и составляет 103–108 и 124–147 мкг/кг, что в 1,5 раза (ежа) и в 2 раза (timoфеевка) ниже, чем на суглинистой почве. Во 2-м укосе содержание селена на уровне 111 мкг/кг достигается только в сене ежи сборной. Во 2-й г. п. трав в обоих укосах на фоне последствия селена в дозе 100 г Se/га содержание микроэлемента снижается до уровня 30–33 мкг/кг, на фоне последствия 200 г Se/га находится в пределах 37,3–41,3 мкг/кг, на фоне последствия 300 г Se/га составляет 61–75 мкг/кг.

Таким образом, последствие селена в дозах 100; 200 и 300 г Se/га во 2-й г. п. трав повышает содержание селена в сене ежи и тимофеевки в 1,4; 1,8 и 3,1 раза по сравнению с фоновым соответственно.

Несмотря на то что во 2-й г. п. трав на фоне последствия селенита натрия в дозе 300 г Se/га содержание селена в сене тимофеевки и ежи не достигало оптимального уровня, оно оставалось в 1,4–3,6 раза выше фонового содержания, что очень значимо для селендефицитной зоны Беларуси.

Выводы

1. Сено многолетних злаковых трав, возделываемых на дерново-подзолистой супесчаной и суглинистой почвах, характеризовалось очень низким содержанием селена: на суглинистой – в 2,8–3,3 раза, на супесчаной – в 4,5–4,7 раза ниже оптимального уровня содержания этого элемента в кормах (100–500 мкг/кг).

2. По результатам проведенных исследований рассчитаны параметры (нормативы) накопления селена в сене многолетних злаковых трав от дозы селенового удобрения 10 г Se/га. На *легкосуглинистой* почве в 1-й г. п. трав на фоне доз 100–300 г Se/га от 10 г Se/га норматив накопления для ежи и тимофеевки в 1-м укосе составил в среднем 7 мкг/кг, во 2-м укосе – 4,1 и 3,0 мкг/кг соответственно. Во 2-й г. п. трав нормативы накопления селена в сене ежи и тимофеевки в 1-м укосе составили 1,5 и 1,7 мкг/кг, во 2-м – 1,2 и 0,7 мкг/кг соответственно. На *рыхлосупесчаной* почве в 1-й г. п. трав нормативы накопления селена в сене были более низкими, чем на суглинистой почве. В 1-м укосе они составили 3,8 (ежа) и 3,6 (timoфеевка) мкг/кг, во 2-м – 3,0 и 2,0 мкг/кг соответственно. Во 2-й г. п. трав нормативная величина накопления уменьшилась до 1,5 мкг/кг в 1-м укосе и до 1,1 мкг/кг – во 2-м укосе трав.

3. Прогнозные расчеты по накоплению селена в сене многолетних злаковых трав в течение трехлетнего периода их использования под действием селенита натрия, внесенного в почву под залужение, показали, что на *легкосуглинистой* почве при дозе 100 г Se/га оптимальное содержание селена в сене (132–194,5 мкг/кг) достигается только в первый год жизни трав; при дозе 200 г Se/га – в первый год жизни трав (226,9–300,6 мкг/кг) и в 1-й г. п. трав в сене обоих укосов ежи (115–169 мкг/кг) и в сене 1-го укоса тимофеевки (153,0 мкг/кг); при дозе 300 г Se/га оптимальное содержание селена в сене сохраняется на протяжении трех лет использования трав (1-й год жизни, 1-й и 2-й годы пользования). На дерново-подзолистой *рыхлосупесчаной* почве обогащение сена многолетних злаковых трав селеном происходит в меньшей степени, чем на суглинистой почве. При дозе 100 г Se/га оптимальное содержание селена в сене 1-го г. п. трав не достигается. Доза 200 г Se/га обеспечивает оптимальное содержание селена (103–108 мкг/кг) в 1-м укосе 1-го г. п. трав ежи и тимофеевки, доза 300 г Se/га – в сене обоих укосов ежи (111–147 мкг/кг) и в сене 1-го укоса тимофеевки (124 мкг/кг), что в 1,6 раза (ежа) и в 2 раза (timoфеевка) ниже, чем на суглинистой почве.

4. Последствие селена в дозах 200 и 300 г Se/га во 2-й г. п. ежи и тимофеевки в среднем повышает содержание селена в сене по сравнению с фоновым в 1,9–2,4 раза на суглинистой почве и в 1,8–3,0 раза на супесчаной почве соответственно, что очень значимо для селендефицитной зоны Беларуси.

Литература

1. Gupta, U. C. Selenium in soils and crops, its deficiencies in livestock and humans: implications for management. / U. C. Gupta, S. C. Gupta // Commun soil sci plant anal. – 2000. – Vol. 3, N 11/14. – P. 1791–1807.
2. Mincher, B. J. Soil redox chemistry limitation of selenium concentration in Carex species sedges / B. J. Mincher, J. Mionczynski, P. A. Hnilicka // Soil Science. – 2007. – Vol. 172, N 9. – P. 733–739.
3. Ермаков, В. В. Биологическое значение селена / В. В. Ермаков, В. В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 300 с.

4. Seasonal fluctuations of selenium and sulfur accumulation in selenium hyperaccumulators and related nonaccumulators / L. Galeas Miriam [et al.] // *New-Phytologist*. – 2007. – Vol. 173. – P. 517–525.
5. *Космачев, В. К.* Селен, витамин Е и другие биологически активные вещества в профилактике некоторых заболеваний обмена веществ / В. К. Космачев. – М., 1974. – С. 7–9.
6. *Кучинский, М. П.* Распространение селена во внешней среде, его роль в организме животных, последствия дефицита и избытка [В условиях Белоруссии] / М. П. Кучинский // *Ветеринарная наука – производству / Ин-т эксперим. ветеринарии НАН Беларуси*. – Минск, 2007. – Вып. № 39. – С. 169–188.
7. *Лебедев, В. Н.* Содержание селена в почвах БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03/ В. Н. Лебедев; Беларус. науч.-исслед. ин-т земледелия. – Жодино, 1973. – 20 с.
8. Содержание селена в почвах и растениях Беларуси / С. Е. Головатый [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2005. – №1(34). – С. 89–93.
9. Эффективность применения селенсодержащих азотных удобрений при возделывании многолетних злаковых трав на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / М. В. Рак [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2008. – № 1(40). – С. 168–175.
10. *Skoczylinski, M.* The contents of selenium in soils of grassland in the environs of Wroclaw / M. Skoczylinski, B. Patorczyk-Pytlik // *Fragmenta-Agronomica*. – 2006. – Vol. 23, N 4. – P. 165–173.
11. Селен. Гигиенические критерии состояния окружающей среды / ВОЗ, Женева. – 1989. – № 58. – 270 с.
12. *Beytut, E.* Lambs with white muscle disease and selenium content of soil and meadow hay in the region of Kars / E. Beytut, F. Karatas, E. Beytut // *Turkey Veterinary-Journal*. – 2002. – Vol. 163/2. – P. 214–217.
13. *Verma, L. P.* Relationship of sulphur and selenium in soils and forage crops / L. P. Verma [et al.] // *Journal of the Indian Society of Soil Science*. – 2001. – Vol. 49/1. – P. 220–221.
14. Дополнительные введения йода и селена для профилактики нарушений воспроизводительной функции у высокопродуктивных коров / П. Е. Сахончик [и др.] // *Научные основы развития животноводства в Республике Беларусь*. – Минск, 1994. – Вып. № 25. – С. 59–63.

S. E. GOLOVATY, Z. S. KOVALEVICH, N. K. LUKASHENKO

PARAMETERS AND FORECAST OF SELENIUM ACCUMULATION IN HAY OF PERENNIAL GRASSES WHEN APPLYING SELENIUM FERTILIZERS

Summary

Due to the long-term field experiments on sod-podsol loamy and sandy soils the efficiency of application of selenium fertilizer in doses of 100; 200 and 300 g Se/ha is studied when growing perennial grasses. Parameters of selenium accumulation are developed, and prognosis of selenium accumulation in hay of grasses are made.