

15. Четверть века после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления. Национальный доклад РБ. – Минск: Департамент по ликвид. последств. катастроф. на ЧАЭС Мин-ва по чрезвычай. ситуац. РБ. – 2011. – 90 с.

REMOVAL OF RADIONUCLIDES ^{137}CS AND ^{90}SR BY OATS FROM THE SOD-PODZOLIC LOAMY SAND SOIL

O. M. Tavrykina, V. A. Dovnar

Summary

The data on crop yield of oats, specific activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in grain and straw, total removal of radionuclide ^{137}Cs and potassium, ^{90}Sr and calcium are presented. Estimated data of zoning and potential five oats varieties at its cultivation on lands contaminated by radionuclide ^{137}Cs and ^{90}Sr is given.

Поступила 3 октября 2011 г.

УДК 631.265:631.828:631.832

ВЛИЯНИЕ НАТРИЯ И ХЛОРА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАЙГРАСА ОДНОЛЕТНЕГО

С. Е. Головатый, З. С. Ковалевич, Н. К. Лукашенко,
И. А. Ефимова, Н. В. Сидорейко

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Натрий и хлор относятся к эссенциальным элементам, они входят в состав всех живых организмов. Кларк натрия в литосфере составляет 2,3 %, биосе – 0,02 %. Кларк хлора в литосфере составляет 0,017 %. В организме человека хлора содержится около 0,14 % от массы тела [1].

В животном организме хлорид-ион с ионами натрия и калия участвуют в создании постоянного осмотического давления и регуляции водно-солевого обмена. Около 85 % хлора сосредоточено в межклеточных жидкостях. Физиологическая значимость хлора в растительном организме состоит в его участии в энергетическом обмене – активации окислительного фосфорилирования. Хлор-ион усиливает поглощение корнями кислорода, соединений калия, кальция, магния [2].

Физиологическая значимость натрия в животном организме определяется его участием в регулировании водно-солевого обмена. В исследованиях немецких авторов установлено, что недостаток натрия в рационе дойных коров оказывал отрицательное влияние на жирность молока [3].

В растительном организме основная функция натрия состоит в создании постоянного осмотического давления в клетке, натрий может заменить неспецифические функции калия.

Сельскохозяйственные культуры по-разному относятся к содержанию натрия и хлора в почве. К растениям с высокой потребностью в натрии относятся кормо-

2. Плодородие почв и применение удобрений

вая, сахарная и столовая свекла, мангольд, сельдерей, шпинат, томаты; со средней потребностью – люпин, овес, капуста, картофель, турнепс; с низкой – пшеница, ячмень, просо, лен, репа и очень низкой – гречиха, кукуруза, рис, соя, брюква [4]. Особую актуальность приобретает обеспечение натрием пастбищных трав. При употреблении большого количества травы у животных возникает заболевание, которое носит название травяная или пастбищная тетания (гипомагниемия). Типичные симптомы заболевания: повышенная нервная возбудимость, дрожь, шаткая походка, судороги. Причиной заболевания животных тетанией считают дисбаланс макроэлементов (избыток калия и недостаток магния, когда отношение $K/Ca+Mg$ составляет $> 2,2$) и повышенную концентрацию аммиака в рубце. Для уменьшения избыточного поступления калия в травяные корма и организм животных применяют натриевые удобрения, которые нормализуют соотношение в растениях натрия-калия, что в целом улучшает качество травяного корма и его усвоение животными. Нормальное соотношение $K:Na$ в травяных кормах должно составлять 3-5:1. Фактически это соотношение составляет 20-30:1 и более при содержании натрия менее 1 г/кг корма [3].

К повышенным концентрациям хлора в почве в меньшей степени чувствительны зерновые культуры (ячмень, кукуруза, сорго), подсолнечник, суданская трава, свекла, тогда как лен, картофель и гречиха резко реагируют на высокие концентрации хлоридов в почве, что приводит к различным внешним изменениям растений и резкому снижению урожая [5, 6].

Наряду с положительными физиологическими функциями хлора и натрия легко растворимые соли этих элементов, поступающие в почву в избыточных количествах, могут оказывать негативное влияние на физико-химические свойства почвы, рост и развитие растений.

Избыток обменного натрия может привести к набуханию и (или) распылению почвы, что создает ряд трудностей для инфильтрации воды в почву, аэрации и проникновения корней, снижает способность растений адсорбировать из почвенного раствора влагу [5]. Дефицит влаги, возникающий в растениях при засолении почв легко растворимым натрием и хлором, вызывает денатурацию белков, что отрицательно сказывается на жизненно важных процессах [7].

Избыточное поступление хлора в растения оказывает на них фитотоксическое действие, проявляющееся в замедлении роста и развития, отмирании тканей и целых органов, а зачастую – полной гибели растения. Легкорастворимые соли натрия и хлора оказывают влияние на фенольный комплекс, который регулирует рост растений и активность некоторых оксидоредуктаз [8].

Повышенное и избыточное содержание натрия и хлора в почве отмечается в условиях природного хлоридно-натриевого засоления как продукта почвообразовательного процесса аридных зон (солончаковые и солонцовые почвы). В районах распространения дерново-подзолистых почв повышенные концентрации натрия и хлора в почве обусловлены техногенным характером их загрязнения в зоне действия крупных промышленных предприятий, которые являются источниками выбросов этих элементов.

В Республике Беларусь основным источником хлоридно-натриевого загрязнения почв является ПО «Беларуськалий». Результаты исследований, выполненных РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в 1972-1975 гг. [9] и в 2005-2009 гг. [10, 11], показали, что в зоне воздействия калийных комбинатов локально выде-

ляются участки сельскохозяйственных земель с высоким и избыточным содержанием натрия и хлора в почве. В связи с этим возникла актуальная необходимость проведения исследований по изучению фитотоксического действия натрия и хлора на сельскохозяйственные культуры в условиях техногенного хлоридно-натриевого загрязнения почв.

Цель исследований – установить влияние разных уровней содержания натрия и хлора в почве на урожайность и химический состав райграса однолетнего.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ СЛЕДОВАНИЙ

В 2008-2009 гг. в условиях вегетационного эксперимента на дерново-подзолистой супесчаной почве были проведены исследования с райграсом однолетним Ивацевичский местный.

Почва, которая использовалась для проведения исследований, характеризовалась следующими агрохимическими показателями: гумус – 2,07-2,3 %; pH – 5,5-5,9; содержание подвижных форм фосфора – 120-150, калия – 180-200 мг/кг. Содержание водорастворимого натрия – 12-15, хлора – 20-25 мг/кг почвы.

Уровни содержания натрия и хлора в почве были созданы путем внесения солей NaCl, NaHCO₃ и NH₄Cl по схемам:

Хлоридно-натриевое загрязнение (NaCl):	Натриевое (содовое) загрязнение (NaHCO ₃):	Хлоридное загрязнение (NH ₄ Cl):
Na ₁₂₋₁₅ Cl ₂₀₋₂₅ – фон	Na ₁₂₋₁₅ – фон	Cl ₂₀₋₂₅ – фон
Na ₅₀₋₇₀ Cl ₉₅₋₁₃₀	Na ₅₀₋₇₀	Cl ₁₂₀₋₁₄₀
Na ₁₂₀₋₁₅₀ Cl ₂₂₀₋₂₄₀	Na ₁₂₀₋₁₅₀	Cl ₁₅₀₋₁₇₀
Na ₂₅₀₋₃₀₀ Cl ₅₇₅₋₆₇₀	Na ₂₅₀₋₃₀₀	Cl ₂₀₀₋₂₂₀
	Na ₄₀₀₋₅₀₀	Cl ₃₅₀₋₄₀₀

Растения выращивали в вегетационных сосудах с массой почвы 5,5 кг. После появления всходов в каждом сосуде оставляли по 25 растений райграса. Повторность в опыте пятикратная. В качестве удобрений были использованы карбамид, аммофос и хлористый калий.

В течение вегетационного периода за растениями велись фенологические наблюдения. В исследованиях были проведены учет и анализ урожая 2 укосов райграса однолетнего.

Содержание химических элементов в почве и растениях определяли по гостированным методикам, в частности, содержание водорастворимого натрия в почве определяли по ГОСТ 26427-85, хлора – по ГОСТ 26425-85. Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием метода дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фенологические наблюдения в период вегетации райграса однолетнего показали, что в условиях хлоридно-натриевого загрязнения почвы на уровне Na₂₅₀₋₃₀₀Cl₅₇₅₋₆₇₀ мг/кг отмечалось наиболее позднее появление всходов, в последующие фазы вегетации прослеживалось явное отставание в росте и развитии растений.

2. Плодородие почв и применение удобрений

В условиях натриевого (содового) загрязнения при содержании водорастворимого натрия в почве на уровне 250-300 мг/кг визуально отмечалось уплотнение почвы, плохая водопроницаемость, а при уровне загрязнения 400-500 мг Na/кг почвы – сильное уплотнение почвы и образование сплошной корки с признаками «высаливания». На этом уровне натриевого загрязнения произошла полная гибель райграса однолетнего в фазе единичных всходов.

В условиях хлоридного загрязнения на уровне 120-400 мг Cl/кг почвы явных признаков угнетения растений райграса однолетнего в период вегетации визуально не установлено.

В условиях хлоридно-натриевого загрязнения урожайность райграса однолетнего при фоновом содержании водорастворимого натрия и хлора в почве соответственно 12-15 и 20-25 мг/кг варьировала в пределах 31,7-43,9 г/сосуд (табл. 1). В среднем за 2 года исследований урожайность райграса по сумме укосов на фоновом варианте составила 37,8 г/сосуд. Содержание водорастворимого натрия и хлора в почве на уровнях Na_{50-70} Cl_{95-130} и $Na_{120-150}$ $Cl_{220-240}$ мг/кг не оказало существенного влияния на урожайность райграса однолетнего.

Фитотоксичность хлорида натрия на растения райграса однолетнего в полной мере проявилась при загрязнении почвы на уровне $Na_{250-300}$ $Cl_{575-670}$ мг/кг. В 2008 году урожайность райграса по сумме укосов на этом уровне загрязнения снизилась на 12,3 %. В наибольшей степени фитотоксичность натрия проявилась в 2009 году – урожайность райграса снизилась на 69,4 %.

Таблица 1

Урожайность райграса однолетнего при разных уровнях содержания в почве натрия и хлора

Натриевое загрязнение, Na мг/кг почвы	2008 г.			2009 г.			Среднее за 2 года		
	сумма 2-х укосов, г/сосуд	± к фону		сумма 2-х укосов, г/сосуд	± к фону		сумма 2-х укосов, г/сосуд	± к фону	
		г/сосуд	%		г/сосуд	%		г/сосуд	%
Na_{12-15} Cl_{20-25} (фон)	43,9			31,7			37,8		
Na_{50-70} Cl_{95-130}	43,2	-0,7	1,6	31,4	-0,3	0,9	37,3	-0,5	1,3
$Na_{120-150}$ $Cl_{220-240}$	43,0	-0,9	2,0	30,1	-1,6	5,0	36,6	-1,2	3,2
$Na_{250-300}$ $Cl_{575-670}$	38,5	-5,4	12,3	9,7	-22,0	69,4	24,1	-16,7	36,2
HCP_{05}	2,2			1,9			1,4		

В среднем за 2 года исследований снижение урожайности на данном уровне хлоридно-натриевого загрязнения почвы составило 36,2 %.

В условиях натриевого (содового) загрязнения при содержании водорастворимого натрия в почве на уровне 50-70 мг/кг урожайность райграса по сумме укосов находилась на уровне фоновой и варьировала в пределах 30,3-40,9 г/сосуд, в среднем – 35,6 г/сосуд (табл. 2). Тенденция к снижению урожайности отмечалась при повышении содержания натрия в почве до 120-150 мг/кг. В среднем за 2 года исследований снижение урожайности сена райграса однолетнего составило на этом уровне загрязнения 8,5 %. Существенное снижение урожайности райграса на 13,3 % в 2008 и на 10,3 % в 2009 годах установлено при содержании водорастворимого натрия в почве на уровне 250-300 мг/кг.

**Урожайность райграса однолетнего
при разных уровнях содержания в почве натрия**

Натриевое загрязнение, Na мг/кг почвы	2008 г.			2009 г.			Среднее за 2 года		
	сумма 2-х укосов, г/сосуд	± к фону		сумма 2-х укосов, г/сосуд	± к фону		сумма 2-х укосов, г/сосуд	± к фону	
		г/со-суд	%		г/со-суд	%		г/со-суд	%
Na ₁₂₋₁₅ (фон)	42,0			31,1			36,5		
Na ₅₀₋₇₀	40,9	-1,1	-2,6	30,3	-0,8	-2,6	35,6	-0,9	-2,5
Na ₁₂₀₋₁₅₀	37,9	-4,1	-9,8	28,9	-2,2	-7,1	33,4	-3,1	-8,5
Na ₂₅₀₋₃₀₀	36,4	-5,5	-13,3	27,9	-3,2	-10,3	32,1	-4,4	-12,1
Na ₄₀₀₋₅₀₀	Растения погибли			3,1	-28,0	-90,0	1,5	-35,0	-96,9
НСП ₀₅	4,7			2,5			2,5		

Загрязнение почвы натрием на уровне 400-500 мг/кг вызвало полную гибель растений в 2008 году. В 2009 г. при таком же уровне загрязнения урожая райграса практически не было получено (выжили отдельные растения), по сравнению с контрольным он снизился в 10 раз.

Хлор в меньшей степени, чем натрий оказывал фитотоксическое действие на урожайность райграса однолетнего. В условиях хлоридного загрязнения повышение содержания хлора в почве с 20-25 мг/кг на фоновом варианте до уровня 200-220 мг/кг почвы не оказало существенного влияния на урожайность райграса однолетнего по годам исследований. Снижение урожайности в среднем за 2 года составило 7,6 % (табл. 3). Фитотоксическое действие хлоридов на растения райграса установлено при содержании хлора в почве на уровне 350-400 мг/кг. Снижение урожайности на этом уровне в большей степени отмечено в 2009 году (на 20,5 %), чем в 2008 (на 11,4 %). В среднем за 2 года исследований при такой высокой концентрации хлоридов в почве урожайность райграса по сумме укосов снизилась на 14,9 %.

Повышение концентрации натрия и хлора в почве приводило не только к ухудшению питания растений райграса однолетнего, угнетению его роста и развития, но и оказывало непосредственное влияние на химический состав растений. При всех видах загрязнения почвы натрием и хлором в растениях райграса отмечено накопление этих элементов-загрязнителей.

Фоновое содержание натрия в сене райграса однолетнего в среднем за 2 года исследований составляло 218,8 мг/кг. В условиях хлоридно-натриевого загрязнения с увеличением уровня содержания натрия в почве с Na₁₂₋₁₅ мг/кг до Na₂₅₀₋₃₀₀ мг/кг произошло увеличение концентрации его в сене райграса однолетнего более чем в 11 раз (коэффициент накопления 11,3), и составило при максимальном уровне загрязнения почвы 2467,5 мг/кг сена.

Содержание хлора в сене райграса изменялось в меньшей степени (табл. 4). При увеличении содержания элемента в почве более чем в 25 раз содержание его в сене увеличилось только на 10-20 % (с 9200 до 1070 мг Cl/кг).

Накопление натрия райграсом однолетним в условиях натриевого загрязнения происходило более интенсивно, чем при хлоридно-натриевом загрязнении, о чем свидетельствуют коэффициенты накопления этого элемента (табл. 5). Так,

2. Плодородие почв и применение удобрений

увеличение загрязнения почвы натрием до $Na_{50-70} - Na_{250-300}$ мг/кг повышало его содержание в сене в 3,5–14,8 раза. При максимальном уровне загрязнения почвы натрием $Na_{250-300}$ мг/кг содержание натрия достигло 3247 мг/кг сена.

Таблица 3

Урожайность райграса однолетнего при разных уровнях содержания в почве хлора

Хлоридное загрязнение, Cl, мг/кг почвы	2008 г.			2009 г.			Среднее за 2 года		
	сумма 2-х укосов, г/сосуд	± к фону		сумма 2-х укосов, г/сосуд	± к фону		Сумма 2-х укосов, г/сосуд	± к фону	
		г/сосуд	%		г/сосуд	%		г/сосуд	%
Cl ₂₀₋₂₅ (фон)	43,9			29,7			36,8		
Cl ₁₂₀₋₁₄₀	42,2	-1,7	-3,9	28,0	-1,7	-5,7	35,1	-1,7	-4,6
Cl ₁₅₀₋₁₇₀	42,1	-1,8	-4,1	26,8	-2,9	-9,8	34,5	-2,3	-6,2
Cl ₂₀₀₋₂₂₀	41,9	-2,0	-4,6	26,2	-3,5	-11,8	34,0	-2,8	-7,6
Cl ₃₅₀₋₄₀₀	38,9	-5,0	-11,4	23,6	-6,1	-20,5	31,3	-5,5	-14,9
НСП ₀₅	2,3			3,0			3,8		

Таблица 4

Химический состав райграса однолетнего при разных уровнях содержания натрия и хлора в почве (среднее за 2 года)

Содержание Na и Cl в почве, мг/кг	Na, мг/кг	K _H [*] Na	Cl, мг/кг	K _H [*] Cl	N _{общ.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
					%				
Na ₁₂₋₁₅ Cl ₂₀₋₂₅ – (фон)	218,8		9210		2,20	0,63	3,66	0,70	0,22
Na ₅₀₋₇₀ Cl ₉₅₋₁₃₀	675,2	3,1	9900	1,1	2,16	0,62	3,83	0,55	0,21
Na ₁₂₀₋₁₅₀ Cl ₂₀₀₋₂₄₀	1054,2	4,8	1020	1,1	2,19	0,63	4,06	0,54	0,21
Na ₂₅₀₋₃₀₀ Cl ₅₇₅₋₆₇₀	2467,5	11,3	1070	1,2	2,17	0,72	4,18	0,53	0,21
НСП ₀₅					0,13	0,06	0,38	0,04	0,02

K_H^{*} – коэффициент накопления.

Таблица 5

Химический состав райграса однолетнего при разных уровнях содержания натрия в почве (среднее за 2 года)

Содержание Na в почве, мг/кг	Na, мг/кг	K _H [*] Na	N _{общ.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
			%				
Na ₁₂₋₁₅ – (фон)	218,8		2,20	0,63	3,66	0,70	0,22
Na ₅₀₋₇₀	777,1	3,5	2,22	0,63	4,11	0,56	0,22
Na ₁₂₀₋₁₅₀	1786,6	8,2	2,17	0,69	4,21	0,53	0,21
Na ₂₅₀₋₃₀₀	3246,7	14,8	2,17	0,80	4,24	0,51	0,22
НСП ₀₅			0,09	0,08	0,22	0,04	0,02

K_H^{*} – коэффициент накопления.

В условиях хлоридного загрязнения с увеличением содержания хлора в почве происходило увеличение его концентрации в сене райграса однолетнего. Коэффициенты накопления элемента, как и в условиях хлоридно-натриевого загрязнения, находились в узком диапазоне значений – 1,1-1,3. При увеличении хлора в почве до $Cl_{350-400}$ мг/кг содержание его в сене райграса увеличилось по сравнению с фоновым в 1,3 раза и составило 12200 мг/кг сена (табл. 6).

Экспериментальные данные химического анализа растений показали, что натрий и хлор в разной степени оказывали влияние на изменение содержания азота, фосфора, калия и кальция в сене райграса однолетнего.

Таблица 6

Химический состав райграса однолетнего при разных уровнях содержания хлора в почве (среднее за 2 года)

Содержание Cl в почве, мг/кг	Cl, мг/кг	K_n^* Na	$N_{общ.}$	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
			%				
Cl_{20-25} – (фон)	9200		2,20	0,63	3,66	0,70	0,22
$Cl_{120-140}$	10100	1,1	2,19	0,67	3,87	0,66	0,21
$Cl_{150-170}$	10600	1,2	2,16	0,64	3,85	0,69	0,22
$Cl_{200-220}$	10850	1,3	2,13	0,65	3,84	0,65	0,21
$Cl_{350-400}$	12200	1,3	2,16	0,70	3,89	0,66	0,21
HCP_{05}			0,11	0,07	0,26	0,06	0,02

K_n^* – коэффициент накопления.

На фоновом варианте содержание азота ($N_{общ.}$) в сене райграса составило 2,20 %, фосфора (P_2O_5) – 0,63, калия (K_2O) – 3,66, кальция – 0,70 и магния – 0,22 %.

В диапазоне изучаемых уровней загрязнения почвы натрием и хлором не установлено существенных изменений по содержанию общего азота в сене райграса (табл. 4-6). Отмечена тенденция к снижению содержания азота в растениях с повышением концентрации элементов-загрязнителей в почве.

На высоких уровнях хлоридно-натриевого загрязнения почвы отмечено повышение накопления в растениях райграса калия и фосфора. При увеличении степени хлоридно-натриевого загрязнения почвы до $Na_{250-300}$ и $Cl_{575-670}$ мг/кг установлено повышение содержания фосфора в растениях райграса на 0,52 %. Аналогичная закономерность наблюдалась в условиях натриевого загрязнения, где при максимальном уровне содержания натрия в почве – $Na_{250-300}$ мг/кг содержание фосфора увеличивалось на 0,17 %. В условиях хлоридного загрязнения почвы на уровне $Cl_{350-400}$ мг/кг отмечена тенденция к повышению содержания фосфора в растениях райграса.

На основании полученных результатов были установлены корреляционные зависимости между содержанием натрия в почве и содержанием фосфора в растениях, которые описывались линейными уравнениями регрессии. Коэффициент корреляции между этими показателями при хлоридно-натриевом загрязнении составил $r = 0,63$, при натриевом загрязнении – $r = 0,70$.

Результаты исследований показали, что с увеличением уровня содержания хлора в почве с Cl_{20-25} до $Cl_{350-400}$ мг/кг отмечено увеличение содержания фосфора в растениях на 0,07 %.

Содержание калия в райграсе однолетнем с увеличением уровня загрязнения почвы натрием и хлором увеличивалось. Так, в условиях хлоридно-натриевого загрязнения при содержании в почве $\text{Na}_{120-150}$ и $\text{Cl}_{200-240}$ мг/кг наблюдалось увеличение содержания калия в растениях на 0,4 %, при максимальном уровне загрязнения $\text{Na}_{250-300}$ и $\text{Cl}_{575-670}$ мг/кг – на 0,52 %. Такая же закономерность отмечена в условиях натриевого загрязнения, с увеличением содержания натрия в почве с Na_{50-70} до $\text{Na}_{250-300}$ мг/кг установлено повышение концентрации калия в растениях райграса на 0,45-0,58 %. Между содержанием натрия в почве и содержанием калия в растениях была установлена прямая зависимость: $R = 0,54$ – для хлоридно-натриевого загрязнения, $r = 0,53$ – для натриевого загрязнения. Очевидно, повышение накопления этих элементов в растениях на высоких уровнях загрязнения почвы обусловлено снижением урожайности и «концентрированием» их в продукции. Возможно, здесь имеет место и известное синергическое взаимодействие между катионами K, Na, Cl.

Хлоридно-натриевое и натриевое загрязнение почвы оказало влияние на содержание кальция в райграсе однолетнем. Между содержанием натрия в почве и кальция в растениях была установлена обратная зависимость. Коэффициент корреляции этих уравнений при хлоридно-натриевом и натриевом загрязнении составил $r = -0,63$. При содержании натрия и хлора в почве на уровне Na_{50-70} Cl_{95-130} мг/кг в условиях хлоридно-натриевого загрязнения и Na_{50-70} мг/кг – в условиях натриевого загрязнения установлено снижение содержания кальция в растениях на 0,14-0,15 %. С увеличением содержания элемента в почве до $\text{Na}_{250-300}$ $\text{Cl}_{575-670}$ мг/кг содержание кальция снижалось на 0,17-0,19 %. Вероятно, это связано с антагонистическим взаимодействием элементов при поступлении в растения. Высокое содержание натрия в почве уменьшает поглощение кальция растениями, что приводит к кальциевому голоданию [17].

Хлоридно-натриевое и натриевое загрязнение почвы не оказало влияния на содержание магния в сене райграса однолетнего.

В условиях хлоридного загрязнения почвы (25-400 мг Cl/кг) не установлено изменений в содержании азота, калия, кальция и магния в сене райграса однолетнего (табл. 6).

ВЫВОДЫ

1. Отрицательное влияние натрия на урожайность райграса увеличивалась с повышением концентрации элемента в дерново-подзолистой супесчаной почве. Снижение урожайности райграса однолетнего на 8,5 % отмечено при содержании в почве натрия на уровне 120-150 мг/кг, на 12,0 % – при содержании натрия на уровне 250-300 мг/кг почвы. Сильное угнетение и полная гибель растений отмечены при содержании в почве натрия на уровне 400-500 мг/кг.

2. Хлор оказывал меньшее фитотоксическое действие на растения райграса однолетнего, чем натрий и хлорид натрия. При хлоридном загрязнении снижение урожайности райграса однолетнего на 14,9 % установлено при содержании 350-400 мг Cl/кг почвы.

3. В условиях хлоридно-натриевого загрязнения почвы фитотоксическое действие натрия и хлора на урожайность райграса однолетнего установлено при концентрации $\text{Na}_{250-300}$ $\text{Cl}_{575-670}$ мг/кг почвы, снижение урожайности составило 36,2 %.

4. С увеличением уровня содержания натрия и хлора в почве установлено увеличение концентрации этих элементов-загрязнителей в сене райграса однолетнего. Наиболее интенсивно накопление натрия в растениях происходило в условиях натриевого загрязнения, коэффициенты накопления этого элемента при уровнях загрязнения 50-70 – 250-300 мг Na/кг почвы варьировали в пределах 3,5-14,8. В условиях хлоридно-натриевого загрязнения в диапазоне $Na_{50-70} Cl_{95-130} - Na_{250-300} Cl_{575-670}$ мг/кг коэффициенты накопления натрия составляли 3,1-11,3. Накопление хлоридов в растениях райграса однолетнего происходило менее интенсивно, чем натрия. Коэффициенты накопления элемента при хлоридно-натриевом и хлоридном загрязнении в диапазоне изучаемых доз варьировали в пределах 1,1-1,3.

5. Установлены корреляционные зависимости между содержанием натрия и хлора в почве и содержанием в растениях фосфора, калия и кальция, которые описывались линейными уравнениями регрессии. Коэффициенты корреляции между содержанием натрия в почве и содержанием фосфора в растениях составили $r = 0,63$ – при хлоридно-натриевом загрязнении и $-r = 0,70$ – при натриевом загрязнении. Прямая зависимость установлена между содержанием в почве натрия и содержанием в растениях калия: $r = 0,54$ – для хлоридно-натриевого загрязнения, $r = 0,53$ – для натриевого загрязнения. Обратная зависимость установлена между содержанием в почве натрия и содержанием кальция в растениях. Коэффициент корреляции при хлоридно-натриевом и натриевом загрязнении составил $r = -0,63$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хлор. Cl. / <http://microelements.ru/Cl>. – Дата доступа: 21.09.2011.
2. Carmen, Lopez-Berenguer. Are root hydraulic conductivity responses to salinity controlled by aquaporins in broccoli plants? / Carmen, Lopez-Berenguer, Cristina Garcia-Viguera & Micaela Carvajal // *Plant and Soil*. – 2006. – P. 279.
3. Георгиевский, В. И. Минеральное питание животных / В. И. Георгиевский, Б. Н. Анненков, В. Т. Самохин. – Москва: Колос, 1979. – 471 с.
4. Hempler, K. Spuren-und Sekundärnährstoffe im Pflanzenbau / K. Hempler. – Frankfurt / M., 2001. – 64 s.
5. Бреслер, Э. Солончаки и солонцы. Принципы, динамика, моделирование / Э. Бреслер, Б. Л. Макнил, Д. Л. Картер. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 300 с.
6. Чуприна, Э. В. Формирование генеративных органов ячменя в условиях почвенного засоления / Э. В. Чуприна // *Вопросы солеустойчивости растений*. – Ташкент, 1973. – С. 328-335.
7. Brod, H.-D. Risiko-Abschätzung für den Einsatz von Tausalyen / H.-D. Brod // *Verkerstechnik Hett*. – 1995. – V. 12.
8. Достанова, Р. Х. Фенольный комплекс растений при засолении среды: дис. ... д-ра биол. наук в форме научного доклада: 03.00.12 / Р. Х. Достанова; НГУ. – Новосибирск, 1994, – 42 с.:
9. Жигарев, П. Ф. Влияние промышленных отходов комбината «Беларуськалий» на засоление окружающих почв: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.03 / П. Ф. Жигарев; БГУ – Минск, 1975. – 28с.

10. Пространственное распределение химических загрязнителей в почвах территорий, прилегающих к предприятиям ПО «Беларуськалий». Сообщение I. Хлориды / С. Е. Головатый [и др.] // Почвоведение и агрохимия – Минск. – 2008. – №1(40). – С. 297-306.

11. Пространственное распределение химических загрязнителей в почвах территорий, прилегающих к предприятиям ПО «Беларуськалий». Сообщение II. Натрий / С. Е. Головатый [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – №2(41). – С. 244-255.

INFLUENCE OF SODIUM AND CHLORINE ON PRODUCTIVITY AND CHEMICAL COMPOUND OF LOLIUM WESTERWOLDICUM

**S. E. Golovaty, Z. S. Kovalevitch, N. K. Lukashenko,
I. A. Efimova, N. V. Sidoreiko**

Summary

Different degree of phytotoxicity of sodium and chlorine on productivity of Lolium westerwoldicum annual in conditions sodium, chlorine and chlorine-sodium pollution of luvisol loamy sandy soil is established.

Accumulation in hay of Lolium westerwoldicum sodium and chlorine at different levels of pollution of soil is presented.

Correlation dependences between the content in soil of sodium and the content in Lolium westerwoldicum of phosphorus, potassium and calcium are established.

Поступила 5 октября 2011 г.

УДК 361.416.1:631.445.2:631.84

МИГРАЦИЯ И БАЛАНС АЗОТА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ (ПО ДАННЫМ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РУП «ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ»)

Г. В. Пироговская¹, О. П. Сазоненко²

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Опытная научная станция по сахарной свекле, г. Несвиж, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Азот считается главным незаменимым биофильным элементом, определяющим урожайность сельскохозяйственных культур. Продуктивность агроценозов и динамика подвижных соединений азота в дерново-подзолистых почвах в основном зависит от почвенного плодородия в целом, системы удобрений и круговорота азотных соединений [1, 2, 3, 4, 5].

Баланс азота в системе «почва – удобрение – растение» позволяет регулировать плодородие почвы, контролировать качественный и количественный состав