

УДК 631.82+546.17(571.54)

## МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЦЕОЛИТЫ В АКТИВИЗАЦИИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА НА ПАСТБИЩЕ КРЕОЛИТОЗОНЫ ЗАБАЙКАЛЯ\*

*Н.Н. Пигарева, Институт общей и экспериментальной биологии,  
Н.М. Кожевникова, Байкальский институт природопользования*

Природные цеолиты обладают высокой биологической активностью и являются мощным средством, позволяющим управлять различными биологическими процессами [Лобода, 2000]. Внедренные в матрицу цеолита редкоземельные элементы (РЗЭ) — La, Ce, Nd, Sm — способны катализировать биологические процессы. Показано [Абашеева и др., 2003; 2005], что РЗЭ лантан и неодим активизируют ферментные системы, связанные с симбиотической фиксацией азота, ускоряют азотный и фосфорный обмен, участвуют в процессах накопления гумуса, повышают содержание в почве подвижных форм азота и фосфора, способствуют повышению эффективного плодородия песчаных легкосуглинистых криоаридных почв.

В районах криолитозоны Забайкалья сохранение и повышение продуктивности пастбищ и сенокосов приобретает особую значимость в связи с арадизацией почвенно-растительного покрова межгорных котловин и увеличивающейся деградацией лугов и пастбищ. Вследствие общей гористости рельефа северного Забайкалья, суровых почвенно-климатических условий, сельскохозяйственное производство носит очаговый характер, а наиболее пригодными для освоения являются почвы пойм и надпойменных террас [Вторушин и др., 1996].

Изучение эффективности самарийсодержащего микроудобрения на основе природного цеолита проводили в 2004—2006 гг. на естественном пастбище с преобладанием осоки, гусяной лапки, злаковых трав, кровохлебки, горечавки. Почва участка — перегнойно-гумусовая глееватая типичная мерзлотная, имеющая следующие характеристики (слой 0—20 см):  $pH_{водн} = 6,9$ , содержание гумуса — 6,1%, валового азота — 0,35%,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  — соответственно 2,63 и 6,75 мг/100 г почвы, емкость катионного обмена — 40 мг-экв/100 г почвы. Валовое количество самария в почве составило 1,64 мг/кг. Учетная площадь делянки — 1 м<sup>2</sup>. Самарий вносили без минерального фона в форме  $Sm_2(SO_4)_3$  и в виде микроудобрения (МУ), полученного по сорбционной технологии насыщением природного морденитсодержащего туфа из 0,01% раствора  $Sm_2(SO_4)_3$ . В почву также вносили цеолит из расчета 1 и 2 г/кг. Природный цеолит имел следующий состав (массовая доля, %):  $SiO_2$  — 70,96,  $Al_2O_3$  — 11,97,  $MgO$  — 0,18,  $CaO$  — 0,92,  $Na_2O$  — 2,38,  $K_2O$  — 5,22. Отношение Si/Al = 5:2. Массовая доля цеолита в туфе — 60-62%, размеры зерен туфа — 1—2 мм, отношение массы цеолита и раствора  $Sm_2(SO_4)_3$  варьировало от 1:5 до 1:10.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили стандартными методами. Валовое содержание самария в почве определяли после разложения ее смесью концентрированных кислот  $HF$ ,  $HNO_3$  и  $HCl$  с последующим атомно-адсорбционным анализом на спектрофотометре ААС SOLAAR М6 и фотоколориметрически с арсенатом Ш. Для атомизации в пламени использовали смесь ацетилен + воздух. Подвижную форму самария определяли в вытяжке ацетатно-аммонийного буферного раствора с  $pH=4,8$ . В растениях валовое содержание самария устанавливали после сухого озоления при 550°C и последующего растворения в разбавленной  $HCl$  (1:1).

Схема полевого опыта включала следующие варианты: I — без удобрений (контроль), II — Sm (0,5 мг/кг почвы), III — Sm (1,0), IV — Sm (2,0), V — Sm (3,0), VI — Sm (6,0 мг/кг почвы), VII — цеолит (1,0 г/кг почвы), VIII — МУ (Sm — 0,5 мг/г цеолита), IX — МУ (Sm — 1,0), X — МУ (Sm — 2,0), XI — МУ (Sm — 3,0), XII — МУ (Sm — 6 мг/г цеолита). Расположение делянок рендомизированное. Повторность опыта 4-кратная.

Установлено, что применение природного цеолита и МУ способствовало повышению продуктивности пастбища. Следовательно, внесение цеолита увеличивало продуктивность надземной фитомассы на 39% по сравнению с контролем. Использование МУ в виде сульфата самария и на основе природного цеолита повышало продуктивность надземной фитомассы на 2—48% по сравнению с контролем. При внесении самария в виде  $Sm_2(SO_4)_3$  урожайность повышалась на 8,6—26,6%. Так, урожайность зеленой массы в контроле составила 1,28 т/га, в варианте IV — 1,62, варианте VII — 1,78, а в варианте VIII — 1,90 т/га.

Несмотря на различные гидротермические условия, в годы исследований в действии МУ наблюдалась одна и та же закономерность — наибольшая продуктивность надземной фитомассы пастбищного травостоя на перегнойно-гумусовой глееватой типичной мерзлотной почве получена при внесении низкой дозы МУ (Sm — 0,5 мг/кг почвы), прибавка на этом варианте составила 0,62 т/га или 48% по сравнению с контролем. Повышение дозы Sm с 1,0 до 6,0 мг/кг почвы не способствовало дальнейшему увеличению надземной фитомассы. Это, вероятно, обусловлено тем, что при повышении дозы Sm до 6 мг/кг почвы в 2 раза увеличилась масса модернистового туфа, а следовательно, возросла сорбция биофильных элементов из почвы.

Внесение цеолита и МУ оказывает влияние не только на продуктивность надземной фитомассы, но и на химический состав пастбищного фитоценоза (табл. 1). Под его влиянием зафиксировано увеличение всех макроэлементов (кроме Ca) и золы. Содержание самария в травостое невелико и варьирует от 0,031 до 0,073 мг/кг. Существенное влияние на увеличение содержания в травостое азота, золы и зольных элементов оказало внесение цеолита. При этом величина  $N_{общ.}$  возросла в 1,7 раза,  $N_{белк.}$  — в 1,5, P — в 1,9, K — в 1,6, Mg — в 1,7, золы — в 1,2 раза. Количество нитратного азота увеличилось по сравнению с контролем только при внесении Sm 6 мг/кг почвы, однако и в этом варианте данный показатель был значительно меньше ПДК. Содержание кальция в фитомассе травостоя снизилось при внесении цеолита в 1,3 раза, что, вероятно, обусловлено частичным замещением кальция на самарий. В вариантах с МУ значительное улучшение качественного состава пастбищного корма происходило при внесении дозы Sm 0,5—1 мг/кг. Содержание Ca в травостое при внесении МУ снизилось в 1,1—1,9 раза по сравнению с контролем. Содержание самария в фитомассе пастбищного травостоя при внесении цеолита и МУ составило 0,024—0,083 мг/кг, что означает слабый уровень поглощения самария надземной фитомассой. Не выявлено прямой зависимости

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 05-04-49421

между содержанием самария в почве и его поступлением в растения, что характерно для «барьерного» механизма поступления микроэлементов.

**Таблица 1. Влияние природного цеолита и микроудобрения на химический состав травостоя (сухое вещество)**

Вариант	N <sub>общ.</sub> , %	N <sub>белк.</sub> , %	Зола, %	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %	Sm, мг/кг
I (контроль)	1,47	1,13	6,91	309,6	0,15	0,39	0,72	0,38	0,024
II	1,64	1,23	7,03	300,2	0,17	0,42	0,65	0,40	0,031
III	1,58	1,26	7,15	300,8	0,17	0,44	0,61	0,43	0,027
IV	1,65	1,25	7,26	270,1	0,18	0,58	0,63	0,49	0,033
V	1,58	1,17	7,34	279,4	0,21	0,58	0,64	0,52	0,054
VI	1,62	1,17	7,07	249,5	0,18	0,60	0,61	0,48	0,073
VII	1,91	2,23	8,22	224,2	0,29	0,62	0,55	0,66	0,028
VIII	1,35	1,79	7,63	263,1	0,26	0,61	0,65	0,58	0,039
XIX	1,58	1,75	7,22	288,1	0,30	0,61	0,44	0,51	0,043
X	1,10	1,40	7,09	210,2	0,22	0,59	0,40	0,45	0,055
XI	1,24	1,69	6,80	188,3	0,21	0,49	0,53	0,42	0,051
XII	1,19	1,55	6,24	380,2	0,18	0,43	0,33	0,37	0,083

Следовательно, при внесении цеолита, Sm<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> и МУ на основе цеолита проявляется тенденция к увеличению в надземной фитомассе общего и белкового азота, фосфора, калия и магния по сравнению с контролем. Сбор белка в вариантах с внесением цеолита и МУ существенно превышал контроль, что обусловлено не только повышением содержания в растениях белкового азота, но и более высокой продуктивностью надземной фитомассы на удобренных вариантах. Максимальное содержание кальция отмечено в контроле (0,72%), снижаясь с 0,65 до 0,33% с возрастанием дозы самария с 0,5 до 6,0 мг/кг почвы.

**МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПРИРОДНЫЕ ЦЕОЛИТЫ В АКТИВИЗАЦИИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА НА ПАСТБИЩЕ КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАБАЙКАЛЬЯ  
THE MODIFIED NATURAL ZEOLITES IN ACTIVIZATION OF PRODUKTIONAL PROCESS ON A PASTURE OF CRYOLITHOZONE OF ZABAİKALIE**

**Авторы**

Н.Н. Пигарева  
Н.М. Кожевникова

N.N. Pigareva  
N.M. Kozhevnikova

**Резюме**

В полевом опыте изучено влияние возрастающих доз самарийсодержащего микроудобрения на основе модифицированного природного цеолита на продуктивность и химический состав пастбищного травостоя на мерзлотной почве криолитозоны Забайкалья.

Influence of increasing dozes of samarium-containing microfertilizer on the basis of the modified natural zeolite on efficiency and chemical composition of a pasturable herbage is studied in the field experience on frozen soils of cryolithozone of Zabaikalie.

**Ключевые слова**

Криолитозона, самарийсодержащее микроудобрение, активизация продукционного процесса, улучшение качественного состава пастбищного фитоценоза.  
Cryolithozone, samarium-containing microfertilizer, activization of productional process, improvement of qualitative composition of pasturable phytocenosis.

Внесение цеолита и МУ оказало влияние и на агрохимические свойства почвы. По сравнению с контролем при внесении удобрений наблюдалось повышение подвижных форм азота и фосфора (табл. 2).

**Таблица 2. Влияние природного цеолита и микроудобрения на содержание подвижных форм питательных элементов и самария в почве, мг/кг почвы**

Вариант	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Sm <sub>подв.</sub>
I (контроль)	26,3	76,5	3,8	15,0	0,11
II	28,9	75,8	4,5	15,9	0,12
III	31,7	75,2	5,8	18,2	0,13
IV	32,4	74,1	6,3	19,8	0,15
V	33,1	74,6	6,8	20,3	0,20
VI	32,2	76,5	5,5	20,7	0,26
VII	56,9	73,0	7,0	23,0	0,10
VIII	49,6	74,7	7,8	15,6	0,10
XIX	45,3	76,4	9,7	22,2	0,11
X	32,7	72,3	6,8	18,2	0,13
XI	38,7	77,1	8,1	19,8	0,21
XII	32,7	86,4	6,8	15,4	0,28

Содержание калия снижалось при внесении самария как в форме Sm<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, так и МУ (за исключением вариантов XI и XII). Проявление подобной тенденции отмечено ранее на каштановой почве при внесении лантаносодержащих микроудобрений под горох и овощные культуры, что, вероятно, обусловлено сорбцией калия из почвы цеолитом [Кожевникова, Абашеева и др., 1999].

Таким образом, внесение цеолита, Sm<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> и самарийсодержащего микроудобрения на перегнойно-гумусовой глееватой типичной мерзлотной почве способствует повышению продуктивности пастбища и качества надземной фитомассы. 