

ПРИМЕНЕНИЕ КРЕМНИЕВОГО УДОБРЕНИЯ КОВЕЛОС ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАВСТОЯ ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВ

¹С.Н. Поцепай, к.с.-х.н., ²Л.Н. Анищенко, д.с.-х.н.,

¹М.В. Семышев, к.п.н., ¹В.М. Семышева, к.п.н.

¹Брянский государственный аграрный университет, e-mail: bgsha@bgsha.com

²Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского, e-mail: eco_egf@mail.ru

Применение кремнийсодержащей добавки в качестве препарата, стимулирующего биохимические процессы в травостое естественных лугов, показало повышение белковости корма (растительного происхождения), каротина, клетчатки, а также сырой золы. На фоне этого агрохимического приема содержание сырого протеина повысилось на 3,5-4,8%, каротина – на 11,5-14,5 мг/кг, клетчатки – на 2,5-4,5%, сырой золы – на 3,5-4,0%. Особенно значительно повышение этих показателей для сообществ борщевиково-лисохвостового и келериево-красноовсянищевого лугов. Рекомендуется вносить кремнийсодержащий препарат в средней дозе – 80 кг/га, хотя повышение концентрации также положительно сказывается на динамике этих показателей. Внесение препарата Ковелос стимулировало накопление в биомассе аскорбиновой кислоты независимо от концентрации. Для всех трех сообществ ассоциаций на третий и четвертый год внесения кремнийсодержащего препарата зарегистрировано максимальное содержание аскорбиновой кислоты. Применение аморфного диоксида кремния для почв естественных и искусственных луговых сообществ различных ассоциаций позволяет получить высококачественный корм, как и при применении различающихся, последовательно возрастающих концентраций и доз минеральных удобрений, что снижает себестоимость агрохимических и агротехнических мероприятий на лугах. В экспериментах на лугах естественного и искусственного происхождения показано положительное влияние кремнийсодержащего препарата на биохимические процессы в травостое лугов, которое объясняется тем, что миграция кремния внутри растения осуществляется в основном в форме поликремниевой кислоты с помощью специальных транспортных ферментов, различающихся у видов.

Ключевые слова: мелиорация, кремнийсодержащий препарат, травостой, биохимические показатели, аскорбиновая кислота, протеины, клетчатка, каротин, зола, Брянская область.

APPLICATION OF KOVELOX SILICON FERTILIZER TO IMPROVE HERBAGE QUALITY OF MEADOW COMMUNITIES

¹PhD. S.N. Potsepai, ²Dr.Sci. L.N. Anishchenko, ¹PhD. M.V. Semyshev, ¹PhD. V.M. Semysheva

¹Bryansk State Agrarian University, e-mail: bgsha@bgsha.com

²Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky, e-mail: eco_egf@mail.ru

The use of silicon-containing additive as a preparation stimulating biochemical processes in the herbage of natural meadows showed an increase in forage protein (of plant origin), carotene, fiber, and crude ash. On the background of this agrochemical technique the content of crude protein increased by 3.5-4.8%, carotene – by 11.5-14.5 mg/kg, fiber – by 2.5-4.5%, crude ash – by 3.5-4.0%. The increase in these indices is especially significant for communities of hogweed – foxtail and koeleria – red fescue meadows. It is recommended to apply silicon-containing preparation at an average dose of 80 kg/ha, although increasing the concentration also has a positive effect on the dynamics of these indicators. Kovelos application stimulated ascorbic acid accumulation in biomass irrespective of concentration. The maximum ascorbic acid content was recorded for all the three association communities in the third and fourth years of application of a silicon-containing preparation. The use of amorphous silicon dioxide in the soils of natural and artificial meadow communities of various associations makes it possible to obtain high-quality food, as is the case with the use of varying, successively increasing concentrations and doses of mineral fertilizers, which reduces the cost of agrochemical and agrotechnical measures in the meadows. In experiments on meadows of natural and artificial origin, a positive effect of silicon-containing preparation on biochemical processes in grass meadows was shown, which is explained by the fact that silicon migration inside the plant is probably carried out mainly in the form of polysilicon acid with the help of special transport enzymes that differ among species.

Keywords: reclamation, silicon-containing preparation, herbage, biochemical indicators, ascorbic acid, proteins, fiber, carotene, ash, the Bryansk region.

Использование синтетических нанопрепаратов при химической реабилитации интенсивно эксплуатируемых луговых сообществ разного происхождения актуально для интенсивно эксплуатируемых агроценозов, в том числе пастбищных и укосных лугов. Установлено, что такие препараты позволяют улучшить биохимические показатели травостоя лугов различного происхождения в результате оптимизации обмена минеральных и органических соединений, увеличить резистентность травостоя, повышая содержание аскорбиновой кислоты к факторам абиотического стресса [1-6].

В Брянской области мелиоративные мероприятия актуальны с использованием кремнийсодержащего препарата торговой марки Ковелос Рост, представляющего собой синтетический нанопористый аморфный диоксид кремния в виде порошка для внесения в почву, который хорошо превращается в поликремниевые кислоты, определяющие биологические процессы, вызывающие значительные изменения биохимии растительной биомассы, так как кремний – лимитирующий показатель развития растений. Способ применения в агротехнологиях заключается в использовании аморфного диоксида кремния в качестве регуляторов биохимических и обменных процессов в растительной биомассе и почве, способных мобилизовать продукционные, защитные системы растительных организмов. Несмотря на значительное распространение кремния в земной коре и биокосном теле – почве, продуценты поглощают только мономеры кремниевой кислоты [7, 8]. Изучение влияния синтетических нанопористых кремнийсодержащих удобрений на продукционные процессы лугового травостоя позволит сократить затраты на мероприятия по улучшению природных и сеяных лугов, повысит качество готовой продукции, а также позволит развивать устойчивое сельскохозяйственное производство по воспроизведению кормовой базы для животноводства в условиях импортозамещения. Интерес к использованию кремнийсодержащих удобрений связан также и с экологической безопасностью препаратов, возможностью восполнения запасов кремния в почве и относительно недорогим приемом химической мелиорации и реабилитации.

Цель работы – представить промежуточные результаты изменения биохимических показателей лугового травостоя при мелиоративных и реабилитационных мероприятиях с применением кремнийсодержащих нанопрепаратов.

Объекты и методы. Исследовали влияние кремнийсодержащего препарата «Ковелос-Рост» (ДК) в естественных условиях на основе многолетнего эксперимента с естественными лугами (Брянский, Рогнединский, Дубровский и Мглинский район Брянской области) и сеяными лугами (Выгоничский и Карачевский район Брянской области). Основные

показатели почв на лугах: почвы дерново-оглеенные супесчаные, pH_{KCl} 4,6-5,3, содержание P_2O_5 582-617 мг/кг. Для определения результатов мелиоративных мероприятий закладывали опыты на посевных делянках размером 50 м² и учетной площадью 20 м² в соответствии с рекомендациями «Методикой опытов на сенокосах и пастбищах» [9]. Мелиорант – аморфный диоксид кремния (ДК) вносили в виде подкормки полной дозой в один прием, как и фосфорные (суперфосфат простой гранулированный) и калийные (хлористый калий) удобрения – $\text{P}_{40}\text{K}_{60}$; под бобово-злаковые сеяные луга не вносили азотные удобрения. В естественных лугах на пробных площадках ДК вносили методом распыления в виде подкормки также в один прием, в весенний период при начале вегетации, в течение 4-летнего периода.

Число укосов для многолетних посевов – два: в первую декаду июня, в четвертую декаду августа, для однолетнего посева – третья декада июля.

В естественных лугах выбирали пробные площадки (ПП) с травостоем, формирующимся в различных экологических условиях по увлажнению, кислотности почвы, содержанию азота (определяли по шкалам Г. Элленберга) [10]. Рассматривали сообщества ассоциации *Phalaridetum arundinaceae* Libbert 1931 (В – влажность почвы 7,9 (влажные местообитания), К – кислотность почвы 6,3 – слабокислые, N – обеспеченность азотом 5,8 – среднеобеспеченные азотом); сообщества ассоциации *Heracleo sibirici – Alopecuretum pratensis* Bulokhov 2001 (В (4,9) – свежие местообитания, К (5,4) – умеренно кислые, N (8,8) – богатые азотом); сообщества ассоциации *Koelerio delavignei – Festucetum rubrae* Bulokhov 2001 (В (4,6) – умеренно сухие местообитания, К (6,1) – умеренно кислые, N (4,2) – умеренно бедные азотом).

В сообществах ассоциации *Phalaridetum arundinaceae* Libbert 1931 проективное покрытие 98%, при переувлажнении местообитаний преобразуется в осоковый тип лугов, флористическая насыщенность видов 5-8/100 м². В борщевиково-лисохвостовом сообществе наибольшая флористическая насыщенность (23-32 вида/100 м²) – хорошо развито разнотравье. Сообщества ассоциации *Koelerio delavignei – Festucetum rubrae* Bulokhov 2001 широко распространены, со средним флористическим составом 12-18 видов/100 м², представлена группа разнотравья с доминированием ксеромезофитных злаков.

Доминанты сеяных лугов представлены клевером красным и тимopheевкой луговой, чиной луговой и овсом посевным: возраст многолетнего луга 3 года.

Определение аскорбиновой кислоты проводили титрованием по ГОСТ 24556-89 [11]. Препарат аморфного диоксида кремния вносили 5 г/м², что соответствовало концентрации 50 кг/га, 8 г/м² – 80 кг/га, 12 г/м² – 120 кг/га. Содержание аскорбиновой кислоты определяли перед укосом в биомассе травостоя лугов в смешанных пробах. Все экспери-

менты проводили в пятикратной повторности. Аналитические исследования по определению биохимического состава корма проводили по общепринятым методикам: каротин определяли по Цирелю; сырую золу – по ГОСТ 26226-95; сырую клетчатку – ГОСТ 31675-2012; сырой белок расчетом – общий азот, % $\times$ коэффициент 6,25 [12, 13].

В почву опытных делянок вносили аналогичные концентрации препарата Ковелос-Рост. Статистическую обработку данных проводили в пакете Microsoft Office Excel 2010 с использованием общепринятых статистических параметров [14].

Результаты. Содержание аскорбиновой кисло-

ты (АКт) в травостое лугов, различающихся по экологическим условиям биотопа (влажности, кислотности субстрата, содержанию азота), изменяется в зависимости от внесения препарата и дозовой нагрузки (рис. 1-3).

Внесение препарата ДК стимулировало накопление в биомассе АКт независимо от концентрации. Для всех трех сообществ ассоциаций на третий и четвертый год внесения ДК зарегистрировано максимальное содержание витамина С: особенно для сообществ ассоциации *Koelerio delavignei* – *Festucetum rubrae* Bulokhov 2001, формирующихся на почве, бедной азотом и умеренно сухих место-

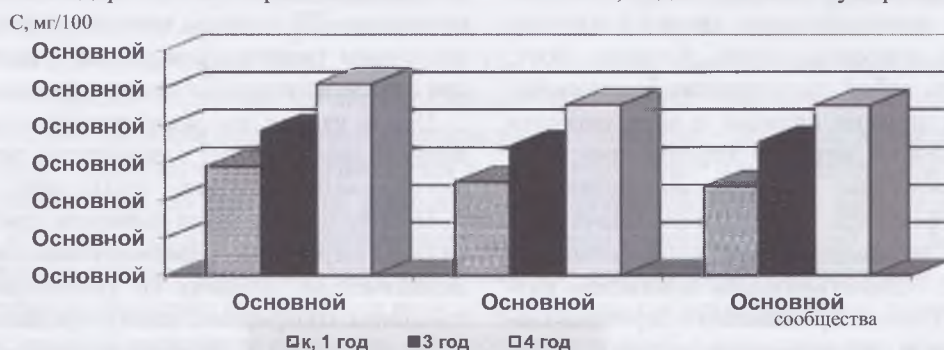


Рис. 1. Содержание аскорбиновой кислоты в биомассе травостоя лугов различного типа при внесении синтетического кремнийсодержащего препарата в дозе 50 кг/га, мг/100 г. Сообщества ассоциации: 1 *Phalaridetum arundinaceae* Libbert 1931, 2 *Heracleo sibirici* – *Alopecuretum pratensis* Bulokhov 2001, 3 *Koelerio delavignei* – *Festucetum rubrae* Bulokhov 2001. Содержание АК: 1 год (без препарата); 3 год, 4 год при внесении препарата.



Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в биомассе травостоя лугов различного типа при внесении синтетического кремнийсодержащего препарата в дозе 80 кг/га, мг/100 г. Примечание. Обозначения, аналогичные рисунку 1.



Рис. 3. Содержание аскорбиновой кислоты в биомассе травостоя лугов различного типа при внесении синтетического кремнийсодержащего препарата в дозе 120 кг/га, мг/100 г. Примечание. Обозначения, аналогичные рисунку 1.

обитаний и интенсивно использующихся для пастбищных целей. Однако наиболее оптимально использовать концентрацию ДК 80 кг/га, так как эффект стимулирования накопления аскорбиновой кислоты практически аналогичен концентрации ДК в 120 кг/га. Возрастание концентрации биологически активного соединения АКт в результате мелиоративного применения ДК статистически достоверно во всех вариантах.

Накопление сырого протеина, каротина, содержание клетчатки и сырой золы в биомассе травостоя естественных лугов в зависимости от дозы ДК принимали во внимание как один из основополагающих критериев для оценки кормов при стойловом и пастбищном животноводстве. Все показатели определяли на второй и четвертый год экспонирования ПП лугов естественного происхождения (табл. 1).

Применение кремнийсодержащей добавки в качестве препарата, стимулирующего биохимические процессы в травостое естественных лугов, показало повышение белковости корма (растительного происхождения), каротина, клетчатки, а также сырой золы. На фоне этого агрохимического приема содержание сырого протеина повысилось на 3,5-4,8%, каротина – на 11,5-14,5 мг/кг, клетчатки – на 2,5-4,5%, сырой золы – на 3,5-4,0%. Особенно значительно повыше-

ние этих показателей для сообществ борщевиково-лисохвостового (№ 2) и келериево-красноовсянищевого (№ 3). Особенно благоприятно повышение в исследуемой биомассе клетчатки как основного энергетического материала, стимулирующего процесс пищеварения у биологических систем. Рекомендуются вносить ДК в средней дозе 80 кг/га, хотя повышение концентрации также положительно сказывается на динамике этих показателей.

В ходе эксперимента выявлены и показатели урожайности (первичной продуктивности) для сырой биомассы (табл. 2), которые также динамичны, как и показатели биохимических особенностей травостоя.

Наибольшие данные по биомассе показаны для сообщества 1, для сообществ 2 и 3 они также значительны и сопоставимы с урожайностью и других лугов в долинах крупных рек Нечерноземья РФ [1, 4]. Для всех лугов естественного происхождения также целесообразно использовать препарат ДК в концентрации 80 кг/га, при внесении которой достигаются наибольшие показатели урожайности. Наиболее восприимчивы к внесению ДК травостой сообщества ассоциации *Phalaridetum arundinaceae*.

Внесение ДК в почвы естественных луговых сообществ различных ассоциаций позволяет получить высококачественный корм (зеленую массу) как и при

1. Изменение биохимических показателей травостоя естественных лугов при использовании кремнийсодержащего препарата

Показатель	Сообщества ассоциаций луговой растительности*											
	1				2				3			
	контр	1	2	3	контр	1	2	3	контр	1	2	3
Второй год наблюдений												
**СП	11,72	11,98	12,73	12,90	12,72	13,11	14,15	14,86	10,80	12,46	12,98	13,21
К	18,35±1,3	18,93±1,2	19,91±1,5	21,83±2,3	19,11±1,2	19,85±1,7	21,33±2,5	22,64±3,9	17,91±1,1	19,14±1,7	20,50±2,9	20,95±2,6
Кл	5,0	5,87	6,91	7,79	26,50	7,80	9,51	1,20	3,0	5,0	6,0	6,9
СЗ	5,70	5,96	6,88	7,45	5,90	6,70	8,20	8,97	5,20	7,11	8,13	9,15
Четвертый год наблюдений												
**СП		2,58	13,45	13,82		15,62	16,12	16,11		15,36	17,22	17,80
К		9,57±1,9	25,74±1,5	29,57±2,3		25,74±2,6	30,20±2,9	30,74±3,1		24,62±2,3	28,90±3,1	29,45±3,1
Кл		5,97	27,84	29,43		31,55	32,64	37,74		26,0	27,84	28,91
СЗ		8,29	9,08	9,11		7,21	8,64	9,11		8,43	9,73	9,89

* Сообщества ассоциаций луговой растительности: 1 – *Phalaridetum arundinaceae* Libbert 1931, 2 – *Heracleo sibirici* – *Alopecuretum pratensis*, 3 – *Koelerio delavignei* – *Festucetum rubrae* Bulokhov 2001.
** СП – сырой протеин, %; К – каротин, мг/кг; Кл – клетчатка, %; СЗ – сырая зола, %.

2. Динамика урожайности биомассы травостоя естественных лугов

Показатели урожайности (первичной продуктивности, М±m), т/га	Луговые сообщества		
	1	2	3
А*	4,15±0,25	3,72±0,21	3,41±0,21
	4,27±0,28	3,77±0,22	3,46±0,23
Б	4,19±0,22	3,75±0,24	3,44±0,23
	4,29±0,25	3,82±0,27	3,50±0,25
В	4,18±0,27	3,71±0,21	3,43±0,23
	4,27±0,28	3,77±0,23	3,48±0,26

Примечание. А – препарат ДК вносили 5 г/м² (50 кг/га), Б – 8 г/м² (80 кг/га), В – 12 г/м² (120 кг/га).
* в числителе показатели после первого года внесения ДК, в знаменателе – после третьего года внесения ДК.
Луговые сообщества: 1 *Phalaridetum arundinaceae* Libbert 1931, 2 *Heracleo sibirici* – *Alopecuretum pratensis*, 3 *Koelerio delavignei* – *Festucetum rubrae* Bulokhov 2001.

применении различающихся, последовательно возрастающих концентраций и доз минеральных удобрений, что снижает себестоимость агрохимических и агротехнических мероприятий на лугах. Воздействие аморфного диоксида кремния на биологические процессы у травянистых и кустарниковых растений лугов можно объяснить хорошей поглощаемостью элементов препарата АД: он состоит из смеси различных полигидросилоксанов и растворяется очень хорошо в воде, превращаясь в доступные для растений формы, быстро встраиваясь в состав почвенного поглощающего комплекса [2, 7, 15-17]. В почве естественных цено-

зов доступный для растений аморфный диоксид кремния присутствует в виде фитоцитов, количество которых зависит от продуктивности сообществ [2, 3, 6-8].

Таким образом, в экспериментах на лугах естественного и искусственного происхождения показано положительное влияние кремнийсодержащего препарата на биохимические процессы в травянистых лугах. Эта особенность объясняется тем, что миграция кремния внутри растения, вероятно, осуществляется в основном в форме поликремниевой кислоты с помощью специальных транспортных ферментов, различающихся у видов.

Литература

1. Анищенко Л.Н., Поцепай С.Н., Справцев А.А., Васькина Т.И., Семышев М.В., Сычев С.М. Организация устойчивого управления лугами в Нечерноземье РФ // *Аграрная наука*, 2022, № 362(9). – С. 111-116.
2. Матыченков И.В. Взаимное влияние кремневых, фосфорных и азотных удобрений в системе: почва-растение: дисс. к.б.н. – М.: МГУ, 2014. – 136 с.
3. Пашкевич Е.Б., Киришин Е. П. Роль кремния в питании растений и защита сельскохозяйственных культур от фитопатогенов // *Проблемы агрохимии и экологии*, 2008, № 2. – С. 52-57.
4. Поцепай С.Н., Бельченко С.А., Анищенко Л.Н., Продуктивность и эколого-химические характеристики сеяных лугов Подесенья в фоновых условиях (Брянской области) // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*, 2019, № 1. – С. 39-44.
5. Поцепай С.Н., Анищенко Л.Н., Белоус Н.М., Ториков В.Е., Шаповалов В.Ф., Кубышкин А.В. Экологические аспекты применения синтетического кремнийсодержащего препарата на естественных лугах Подесенья в Нечерноземье // *Агрохимический вестник*, 2021, № 4. – С. 48-57.
6. Ma J.F., Takahashi E. Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan. – Netherlands: Elsevier, 2002. – 281 p.
7. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова – М.: Наука, 1985. – 263 с.
8. Матыченков В.В., Бочарникова Е.А., Кособрюхов А.А. О подвижных формах кремния в растениях // *Доклады РАН*, 2008, № 418(2). – С. 279-281.
9. Методика опытов на сенокосах и пастбищах. – М.: ВИК, 1971. – 175 с.
10. Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., Wirth V., Werner W., Paulsen D. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa // *Scripta Geobotanica*, 1992, V. XVIII. – 2. Aufl. – 258 P.
11. ГОСТ 24556-89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – М.: ИПК Изд-во Стандартов, 1989. – 11 с.
12. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. – М.: ЦИНАО, 2002. – 76 с.
13. Серда Н.А., Валеев В.М., Баязитова Р.И., Алибаев А.А. Практикум по агрохимии. – Уфа: БГАУ, 2004. – С. 115.
14. Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1990. – 296 с.
15. Боброва Е.К. Биогенный кремний в почвах сложного генеза: автореф. дисс. к.б.н. – М.: МГУ, 1995. – 16 с.
16. Борисов М.В. Экспериментальное исследование форм нахождения кремнекислоты в растворах: автореф. дисс. к.г.-м.н. – М.: МГУ, 1976. – 28 с.
17. Добровольский Г.В., Бобров А.А., Гольева А.А., Шоба С.А. Опаловые фитоциты таежного биогеоценоза средней тайги // *Биологические науки*, 1988, № 2. – С. 96-101.

УДК 631.8.022.3(571.12)

DOI: 10.24412/1029-2551-2024-3-008

ВЛИЯНИЕ ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

¹С.В. Шерстобитов, к.с.-х.н., ²М.М. Визирская, к.б.н., ¹Н.В. Абрамов, д.с.-х.н., ³Т.В. Гребенникова

¹ГАУ Северного Зауралья, e-mail: sv5888857@yandex.ru, abramovnv@gausz.ru

²ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, e-mail: mvizir@gmail.com

³АО «Минерально-химическая компания ЕвроХим», e-mail: tatyana.grebennikova@eurochem.ru

Приведены результаты исследования системы листовых подкормок, состоящей из комбинации водорастворимых NPK удобрений Aqualis различных составов в период вегетации яровой пшеницы на фоне почвенного внесения азота в дозе 51 кг/га д.в. перед посевом. Исследования проведены в Западной Сибири в северной лесостепи Тюменской области в 2022-2023 гг. Научно-производственный опыт заложен на полях Учебно-опытного хозяйства ГАУ Северного Зауралья на черноземе выще-