

ПРИМЕНЕНИЕ САПОНИТСОДЕРЖАЩИХ БАЗАЛЬТОВЫХ ТУФОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

© 2017 г. В.Н. Босак¹, Т.В. Сачивко²

¹Белорусский государственный технологический университет
220006 Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь

E-mail: bosak1@tut.by

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия
213407 Горки, ул. Мичурина, 5, Республика Беларусь

E-mail: sachyuka@rambler.ru

Поступила в редакцию 29.11.2016 г.

Приведены результаты исследования эффективности применения сапонитсодержащих базальтовых туфов при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой супесчаной почве со средним содержанием обменного магния 110–120 мг/кг почвы. Предпосевное внесение сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозах Mg20–80 увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 2.6–5.2, зерна овса – на 2.4–5.1, семян гороха посевного – на 3.6–4.5, бобов фасоли овощной – на 14.2–16.2 ц/га с лучшими показателями агрономической эффективности при внесении Mg40 на фоне полного минерального удобрения.

Ключевые слова: сапонитсодержащие базальтовые туфы, зерновые и зернобобовые культуры.

DOI: 10.7868/S000218811709006X

ВВЕДЕНИЕ

Сапонитсодержащие туффиты и туфы основного состава (базальтовые туфы) залегают среди потоков и покровов базальтов вендского (неопротерозойского) возраста (волинская серия, ратайчицкая свита) в юго-западной части Республики Беларусь. Глубина залегания туфов варьирует от 40–150 м в Ивановском и Пинском р-нах, до 150–300 м – в Волковысском, Дрогичинском и Малоритском р-нах и 600–1500 м – в Брестском и Кобринском р-нах [1, 2].

Основу сапонитсодержащих туфов составляет минерал сапонит $(Ca_{0.5}, Na)_{0.3}[(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$ (англ. saponite – глинистый минерал, слоистый силикат из группы монтмориллонита (сметитов)). Сапонит встречается в виде землистых или глиноподобных масс и скоплений в зоне выветривания магнезиальных горных пород, в частности в основных эффузивных породах – базальтах, где он развивается как вторичный минерал по витро- и литокластам, а также заполняет миндалины и трещины в породах.

Наряду с сапонитом в состав сапонитсодержащих базальтовых туфов Беларуси в некотором количе-

стве входят минералы: анальцит $Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$, гематит $\alpha-Fe_2O_3$, гидрослюда $K_x(Al, Mg, Fe)_{2-3} \times [Si_{4-x}Al_xO_{10}] \cdot (OH)_2 \times nH_2O$ ($x \leq 0.5$, $n \leq 1.5$), каолинит $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$, полевой шпат (плаггиоклаз: альбит $Na[AlSi_3O_8]$ и анортит $Ca[Al_2Si_2O_8]$; ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$), кварц SiO_2 .

В усредненных пробах, отобранных в Пинском, Ивановском и Малоритском р-нах Брестской обл., в сапонитсодержащих базальтовых туфах содержание MgO составило 6.5–9.9, K_2O – 0.8–3.5, $N_{общ}$ – 0.1–0.2, P_2O_5 – 0.2–0.2, Na_2O – 2.3–3.3, CaO – 0.04–1.9, FeO – 17.1–24.2, Al_2O_3 – 11.5–14.5, SiO_2 – 41.8–57.1%. Наряду с макроэлементами в туфе обнаружены микроэлементы: содержание подвижных форм марганца в среднем составило 162, кобальта – 4.45, цинка – 35.4, меди – 51.7 мг/кг.

Сапонитсодержащие базальтовые туфы, учитывая их минеральный и химический состав, являются перспективным силикатным сырьем в промышленности (производство портландцемента, керамических изделий, стекла и стеклокристаллических материалов, приготовление буровых промывочных жидкостей), а также могут использоваться в качестве мелиоранта широкого спектра действия в агробиоценозах, природного

сорбента тяжелых металлов и радионуклидов, для нейтрализации и обезжелезивания вод [1–4].

В агропромышленном комплексе сапонитсодержащие базальтовые туфы могут быть использованы в первую очередь в качестве источника магния для питания сельскохозяйственных культур. Значение магния в питании растений определяется главным образом тем, что он входит в состав зеленого пигмента листьев – хлорофилла и непосредственно участвует в фотосинтезе. В хлорофилле содержится 2.7% (по массе) магния, что составляет $\approx 10\%$ общего его содержания в зеленых частях растений. Остальное количество магния необходимо для регулирования нормального хода биологических процессов в протоплазме, а также построения самой протоплазмы и клеток [5–7]. В качестве сопутствующих элементов при внесении сапонитсодержащих базальтовых туфов будут использоваться макроэлементы – калий, фосфор, азот и кальций; микроэлементы – марганец, медь, цинк и кобальт.

Сапонитсодержащие базальтовые туфы, учитывая, что они представлены в основном глинистыми минералами, можно также использовать для улучшения гранулометрического состава и водно-физических свойств минеральных почв легкого гранулометрического состава (песчаных и супесчаных) и деградированных торфяно-болотных почв, а также для частичной нейтрализации почвенной кислотности (рН туфов в среднем составляет 8.21).

Дозы внесения магния под различные сельскохозяйственные культуры зависят от биологических особенностей растений и их отзывчивости на магниевые удобрения (зерновые культуры в среднем выносят 3.0 кг MgO/т зерна, зернобобовые – 6.5 кг/т), содержания магния в почве (средневзвешенное содержание обменного магния в пахотных почвах Республики Беларусь составляет 259, в почвах луговых угодий – 271 мг/кг почвы), а также от периодичности внесения других магнийсодержащих удобрений (в первую очередь доломитовой муки, которая содержит 18–20% MgO) [5–8]. Кроме доломитовой муки магний содержится в органических удобрениях (в подстильном навозе – 1.0–1.1, в компосте – 0.6–1.0, помете птичьим – 5.0, соломе и зеленом удобрении – 1.0 кг MgO/т) и золе [9, 10].

В качестве магнийсодержащих удобрений в Республике Беларусь применяют также сульфат магния (эпсомит, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), который содержит 16.2% MgO, и комплексные минеральные удобрения, в состав которых входит магний; в мировом земледелии – кизерит (25–30% MgO),

калимагнезию (8–10% MgO, 28–30% K_2O), каинит (6–7% MgO, 10–12% K_2O) и др. [5].

Цель работы – изучить агрономическую эффективность применения сапонитсодержащих базальтовых туфов при возделывании отдельных видов зерновых и зернобобовых культур.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование по изучению эффективности применения сапонитсодержащих базальтовых туфов проводили в полевых опытах на протяжении 2014–2016 гг. в Дзержинском р-не Минской обл. на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследованной почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} 5.5–5.7, содержание P_2O_5 (0.2 М HCl) – 135–145, K_2O (0.2 М HCl) – 120–130 мг/кг, гумуса (0.4 н. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) – 2.2–2.4%, CaO (1 М KCl) – 1480–1690, MgO (1 М KCl) – 110–120 мг/кг почвы.

Исследованная почва характеризовалась повышенным содержанием гумуса и кальция, средним содержанием фосфора и магния, низким содержанием калия, а также слабокислой реакцией почвенной среды.

Схема опытов в четырехкратной повторности предусматривала контрольный вариант без применения удобрений, варианты с внесением в предпосевную культивацию полного минерального удобрения NPK (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий) и различных доз сапонитсодержащих базальтовых туфов (дозы были рассчитаны по магнию – Mg20–80), а также некорневую обработку посевов фасоли овощной и гороха полевого 4%-ным раствором сульфата магния (Mg8).

Исследованные культуры – яровая пшеница сорта Тома (*Triticum aestivum* L.), овес сорта Завет (*Avena sativa* L.), горох посевной сорта Эйфель (*Pisum sativum* L.), фасоль овощная сорта Чыжовенка (*Phaseolus vulgaris* L.).

Полевые исследования, лабораторные анализы и статистическую обработку результатов проводили согласно существующим методикам [11, 12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате полевых исследований установлено, что применение полного минерального удобрения NPK в среднем за 3 года существенно увеличило урожайность товарной продукции

Влияние минеральных удобрений и сапонитсодержащих базальтовых туфов на урожайность и качество зерно-бобовых культур

Вариант	Зерно (бобы), ц/га				Прибавка к фону, ц/га	Сырой протеин, %
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	среднее		
Яровая пшеница						
Без удобрений	21.3	22.8	22.9	22.3	–	12.8
N90P60K120 (фон NPK)	46.5	48.1	49.8	48.1	–	14.5
Фон NPK + Mg20	48.9	50.7	52.4	50.7	2.6	14.7
Фон NPK + Mg40	51.1	53.6	55.4	53.4	5.3	14.8
Фон NPK + Mg60	48.6	53.7	57.1	53.1	5.0	14.8
HCP ₀₅	2.3	2.4				0.7
Овес						
Без удобрений	16.1	16.4	16.9	16.5	–	9.8
N70P50K90 (фон NPK)	30.2	30.6	31.2	30.7	–	12.2
Фон NPK + Mg20	32.0	32.9	34.4	33.1	2.4	12.2
Фон NPK + Mg40	34.1	35.2	37.8	35.7	5.0	12.3
Фон NPK + Mg60	33.5	34.9	38.9	35.8	5.1	12.5
HCP ₀₅	1.7	1.8				0.6
Горох						
Без удобрений	12.3	11.8	12.0	12.1	–	20.5
N30P60K120 (фон NPK)	23.1	24.2	24.3	23.9	–	23.1
Фон NPK + Mg8	25.7	26.9	27.4	26.7	2.8	23.4
Фон NPK + Mg40	26.5	28.1	28.2	27.6	3.7	23.2
Фон NPK + Mg60	25.8	29.8	29.7	28.4	4.5	23.4
Фон NPK + Mg80	23.9	29.4	29.1	27.5	3.6	23.4
HCP ₀₅	1.5	1.6	1.5			0.8
Фасоль овощная						
Без удобрений	150	162	162	158	–	15.5
N50P60K120 (фон NPK)	252	248	255	252	–	16.6
Фон NPK + Mg8	265	265	267	266	14	16.8
Фон NPK K + Mg40	266	265	267	266	14	16.8
Фон NPK + Mg60	269	266	269	268	16	16.9
Фон NPK + Mg80	263	265	273	267	15	16.9
HCP ₀₅	12					0.8

всех изученных сельскохозяйственных культур (таблица).

Внесение в предпосевную культивацию минеральных удобрений N90P60K120 увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 27.5 ц/га, N70P50K90 – урожайность зерна овса на

14.2 ц/га, N30P60K120 – урожайность зерна гороха на 11.8 ц/га, N50P60K120 – урожайность бобов фасоли овощной на 94 ц/га.

Внесение сапонитсодержащих базальтовых туфов также оказало существенное влияние на урожайность изученных зерновых и зернобобовых

культур. В исследованиях с яровой пшеницей и овсом увеличение урожайности отмечено при дозах магния до 40 кг/га: при внесении Mg20 прибавка урожая зерна яровой пшеницы составила 2.6, овса – 2.4 ц/га; Mg40 – соответственно 5.3 и 5.0 ц/га. С увеличением дозы магния с 20 до 40 кг/га прибавка урожая зерна яровой пшеницы возросла на 2.7, овса – на 2.6 ц/га.

Внесение дозы Mg60 привело к увеличению урожайности зерна яровой пшеницы и овса в сравнении с фоновым НРК-вариантом (соответственно N90P60K120 для яровой пшеницы и N70P50K90 для овса), однако в сравнении с внесением Mg40 существенного изменения в урожайности зерна яровой пшеницы и овса не отмечено.

При возделывании гороха и фасоли овощной прирост урожайности товарной продукции получен при внесении Mg в дозах до 60 кг/га, однако увеличение дозы магния с 40 до 60 кг/га не приводило к дальнейшему существенному росту прибавки урожая зерна гороха и бобов фасоли овощной.

Увеличение дозы магния до 80 кг/га приводило к некоторому (в пределах $HCP_{0.5}$) снижению урожайности гороха и фасоли овощной.

Некорневая обработка посевов зернобобовых культур сульфатом магния увеличила урожайность зерна гороха на 2.8, бобов фасоли овощной – на 14.1 ц/га и по эффективности практически была равна вариантам с предпосевным внесением сапонитсодержащих базальтовых туфов.

Содержание сырого протеина в товарной продукции исследованных культур (зерне яровой пшеницы, овса и гороха, бобах фасоли овощной) увеличивалось в вариантах с применением полного минерального удобрения, однако практически не зависело от применения сапонитсодержащих базальтовых туфов и некорневой обработки посевов сульфатом магния.

Следует отметить, что действие сапонитсодержащих базальтовых туфов на урожайность исследованных зерновых и зернобобовых культур зависело не только от содержания в них магния, но и других элементов. Наряду с магнием определенное положительное влияние на урожайность могли оказать содержащиеся в них калий (K_2O – 0.79–3.46%), фосфор (P_2O_5 – 0.22–0.24%), азот (N – 0.14–0.21%), кальций (CaO – 0.04–1.94%), а также микроэлементы – марганец (Mn – 162 мг/кг), медь (Cu – 51.7 мг/кг), цинк (Zn – 35.4 мг/кг) и кобальт (Co – 4.5 мг/кг).

Железо (FeO – 17.1–24.2%) и алюминий (Al_2O_3 – 11.5–14.5%) в чрезмерных дозах, наоборот, могли

оказать определенное негативное действие на рост и развитие растений. Следует также учитывать, что минеральные элементы, которые в сапонитсодержащих базальтовых туфах содержатся в составе различных почвенных минералов, становятся доступными для растений постепенно в результате их выветривания.

Результаты исследований по выветриванию почвообразующих минералов показали, что при $pH > 4.0$ вымывание катионов алюминия и кремния, которые находились в плотной решетке $Al-O-Si-O$, а также железа практически не происходило. В данных условиях с протонами H^+ в первую очередь реагировали менее связанные щелочные и щелочноземельные катионы K, Ca, Na, Mg [13–15].

В исследованиях авторов на дерново-подзолистой супесчаной почве величина pH_{KCl} составила 5.5–5.7, средневзвешенная величина pH_{KCl} пахотных почв в Республике Беларусь составляет 5.89, улучшенных луговых угодий – 5.85 [8]. Высокие дозы сапонитсодержащих туфов, основу которых составляет глинистый минерал сапонит $(Ca_{0.5}, Na)_{0.3}[(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$ (203–1230 кг/га), кроме обеспечения растений элементами питания в определенной мере способствуют увеличению емкости поглощения почвы и улучшению водно-физических свойств почв легкого гранулометрического состава [16–18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сапонитсодержащие базальтовые туфы из различных скважин юго-запада Республики Беларусь, благодаря их химическому и минералогическому составу, можно использовать в агробиоценозах в качестве магнийсодержащего мелиоранта широкого спектра действия. Дозу сапонитсодержащих базальтовых туфов рекомендуется рассчитывать по содержанию магния (содержание MgO в нем – 6.5–9.9%).

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве со средним содержанием обменного магния (110–120 мг/кг почвы) применение сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозах 20–60 кг MgO/га увеличило урожайность зерна яровой пшеницы на 2.6–5.3 ц/га, зерна овса – на 2.4–5.1 ц/га; в дозах 40–80 кг MgO/га – зерна гороха на 3.6–4.5 ц/га, бобов фасоли овощной – на 14–16 ц/га с лучшими показателями агрономической эффективности при внесении Mg40 на фоне полного минерального удобрения.

Некорневая обработка посевов зернобобовых культур сульфатом магния (Mg8) увеличила урожайность зерна гороха на 2.8, бобов фасоли овощной – на 14 ц/га. Таким образом, эффективность этого приема практически была равна эффективности предпосевного внесения сапонитсодержащих базальтовых туфов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кольненков В.П., Стрельцова Г.Д., Мурашко О.В. Сорбционные свойства сапонитсодержащих туфов Беларуси // Природ. ресурсы. 2015. № 2. С. 5–12.
2. Кузьменкова О.Ф., Левицкий И.А., Баранцева С.Е., Позняк А.И. Вендские траппы Беларуси – перспективное сырье для силикатной промышленности // Лістасфера. 2012. № 2. С. 130–147.
3. Numitor G. Saponite. Fly Press, 2012. 60 p.
4. Spivak V., Astrelin I., Tolstopalova N., Atamaniuk I. Ecological sorbent which is mainly consist of saponite mineral from Ukrainian clay-field // Chem. Technol. 2012. V. 6. № 4. P. 451–457.
5. Богдевич И.М., Ломонос О.Л. Магниевые удобрения на дерново-подзолистых почвах. Минск: Ин-т почвовед. и агрохим., 2009. 39 с.
6. Богдевич И.М., Пуятин Ю.В., Таврыкина О.М., Ломонос О.Л. Диагностика магниевого питания сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых суглинистых почвах // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. 2016. № 2. С. 34–43.
7. Босак В.Н. Оптимизация питания растений. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. 203 с.
8. Богдевич И.М., Лана В.В., Рак М.В., Черныш А.Ф. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. Минск: Ин-т почвовед. и агрохим., 2012. 276 с.
9. Босак В.Н. Органические удобрения. Минск: ПолесГУ, 2009. 256 с.
10. Босак В.Н., Марицкая О.Н., Серая Т.М., Богатырева Е.Н. Применение древесной золы в питании растений // Тр. БГТУ: Лесн. хоз-во. 2012. № 1. С. 158–160.
11. Вильдфлуш И.Р., Кукреш С.П., Персикова Т.Ф., Ходякова С.Ф. Агрохимия: практикум. Минск: ИВЦ Минфина, 2010. 368 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
13. Босак В.Н., Штар К. Влияние антропогенно вносимых кислот на процессы выветривания гранита // Тр. БГТУ: Лесн. хоз-во. 2012. № 1. С. 218–220.
14. Bosak V., Stahr K., Zarei M. Einfluß verschiedener Säurestärken und Anionen auf die Verwitterungswerte von Granit im Modellexperiment // Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 2007. № 110/2. S. 639–640.
15. Bosak V., Stahr K., Zarei M. Säurepufferung und Mineralverwitterung von Granit und Granitsand im Modellexperiment // Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. 2005. № 107/2. S. 539–540.
16. Гаевский Е.Е. Влияние торфонавозного компоста и суглинка на свойства дерново-подзолистой песчаной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур // Земледелие и защита растений. 2014. № 2. С. 28–33.
17. Куликов Я.К., Гаевский Е.Е., Босак В.Н. Экологические особенности оптимизации плодородия почв Беларуси // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. Гродно: ГГАУ, 2011. С. 126–138.
18. Сергеев В.Г., Лисица В.Д. Глинистые минералы почв Беларуси. Минск, 2011. 277 с.

Application of Saponite-Containing Basalt Tuffs in Grain and Legume Crops Cultivation

V.N. Bosak¹, T.V. Sachivko²

¹Belarusian State Technological University
ul. Sverdlova str. 13a, Minsk 220006, Republic of Belarus

E-mail: bosak1@tut.by

²Belarusian State Agricultural Academy
ul. Michurina 5, Gorki 213407, Republic of Belarus

E-mail: sachyuka@rambler.ru

Efficiency study results of saponite-containing basalt tuffs in crop cultivation on sod-podzolic sandy loam soil with an average level of exchangeable magnesium of 110–120 mg/kg are presented. Pre-sowing application of saponite-containing basalt tuffs at the rate of Mg20–80 increased yield of spring wheat grain by 2.6–5.2 dt/ha, oats grain – by 2.4–5.1 dt/ha, peas grain – by 3.6–4.5 dt/ha, green beans – by 14.2–16.2 dt/ha. This application had better agronomic efficiency than Mg40 was applied on a complete mineral fertilizer background.

Key words: saponite-containing basalt tuffs, grain and legumes crops.