

ПРИМЕНЕНИЕ АГРОМЕЛИОРАНТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕЛЕННЫХ И ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

В. Н. БОСАК, Т. В. САЧИВКО, М. П. АКУЛИЧ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: bosak1@tut.by

О. Ф. КУЗЬМЕНКОВА, Г. Д. СТРЕЛЬЦОВА, А. Г. ЛАПЦЕВИЧ, С. С. МАНКЕВИЧ

ГП «НПЦ по геологии»,
г. Минск, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 15.01.2020)

Сапонитсодержащие базальтовые туфы и глауконитсодержащие породы, которые являются попутным сырьем при планируемой добыче базальтов в Республике Беларусь, могут быть использованы при производстве портландцемента, керамических изделий, стекла и стеклокристаллических материалов, приготовлении буровых промывочных жидкостей, в качестве мелиорантов широкого спектра действия в агробиоценозах, природных сорбентов тяжелых металлов и радионуклидов, для нейтрализации и обезжелезивания вод.

Учитывая минералогический и химический состав, в агропромышленном комплексе их рекомендуется применять в качестве магнийсодержащего (сапонитсодержащие базальтовые туфы) и калийсодержащего (глауконитсодержащая порода) агромелиорантов.

*В совместных исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и ГП «НПЦ по геологии» изучено влияние сапонитсодержащих базальтовых туфов и глауконитсодержащей породы на урожайность зеленой массы пажитника голубого (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) сорта Росквіт и укропа пахучего (*Anethum graveolens* L.) сорта Грибовский.*

В результате исследований установлено, что применение глауконитсодержащей породы увеличило урожайность зеленой массы пажитника голубого на 0,09 кг/м² при общей урожайности зеленой массы 1,61 кг/м², укропа пахучего – на 51 (зелень) и 69 (пряность) г/м² при общей урожайности зеленой массы соответственно 926 и 1143 г/м².

В исследованиях с пажитником голубым лучшая агрономическая эффективность при применении сапонитсодержащих базальтовых туфов получена при их внесении в дозах, эквивалентных Mg₄₀ (урожайность зеленой массы в фазу цветения составила 1,73 кг/м², прибавка урожая – 0,21 кг/м²).

При возделывании укропа пахучего лучшая агрономическая эффективность отмечена в варианте с внесением сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозе по магнию Mg₂₀ – урожайность зеленой массы при уборке на зелень составила 958 г/м², при уборке на пряность – 1211 г/м² с прибавкой урожая 83 (зелень) и 137 (пряность) г/м².

Ключевые слова: сапонитсодержащий базальтовый туф, глауконитсодержащая порода, укроп, пажитник голубой, зеленая масса.

Saponite-containing basalt tuffs and glauconite-containing rocks, which are associated raw materials for the planned extraction of basalts in the Republic of Belarus, can be used in the production of Portland cement, ceramic products, glass and glass-crystalline materials, in preparation of drilling fluids, as broad-spectrum ameliorants in agrobiocenoses, natural sorbents of heavy metals and radionuclides, and for to neutralization and deferrization of water.

Given the mineralogical and chemical composition, it is recommended to use them in the agricultural sector as magnesium-containing (saponite-containing basalt tuffs) and potassium-containing (glauconite-containing rocks) agro-ameliorants.

*In a joint study of the Belarusian State Agricultural Academy and the Scientific Research Center for Geology, the influence of saponite-containing basalt tuffs and glauconite-containing rocks on the yield of green mass of blue fenugreek (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) of the Roskvit variety and odorous dill (*Anethum graveolens* L.) of the variety Gribovskii.*

As a result of studies, it was found that the use of glauconite-containing rocks increased the yield of green mass of blue fenugreek by 0.09 kg / m² with a total yield of green mass of 1.61 kg / m², odorous dill – by 51 (greens) and 69 (spice) g / m² with a total yield of green mass, respectively, 926 and 1143 g / m².

In studies with blue fenugreek, the best agronomic efficiency in the application of saponite-containing basalt tuffs was obtained when they were applied in doses equivalent to Mg₄₀ (the yield of green mass in the flowering phase was 1.73 kg / m², the yield increase was 0.21 kg / m²).

When cultivating odorous dill, the best agronomic efficiency was noted in the variant with addition of saponite-containing basalt tuffs in the dose of magnesium Mg₂₀ – the yield of green mass when harvesting for greens was 958 g / m², while harvesting for spice – 1211 g / m² with a crop increase of 83 (greens) and 137 (spice) g / m².

Key words: saponite-containing basalt tuff, glauconite-containing rock, dill, blue fenugreek, green mass.

Введение

Использование местных сырьевых ресурсов является приоритетным направлением развития различных отраслей экономики. В Республике Беларусь в настоящее время планируется добыча и переработка нового силикатного сырья – базальтов вендской трапповой формации, промышленные залежи которых разведаны в юго-западной части Республики Беларусь (месторождение Новодворское). В геологическом разрезе им сопутствуют сапонитсодержащие вендские базальтовые туфы и туффиты, а

также глауконитсодержащие породы палеогенового возраста, которые также будут извлекаться и накапливаться при добыче базальтового сырья [1–5].

Основу сапонитсодержащих базальтовых туфов составляет сапонит $(Ca_{0,5}, Na)_{0,3}(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2 \times 4H_2O$, глинистый минерал, слоистый силикат из группы монтмориллонита (сметкитов). В составе сапонитсодержащих базальтовых туфов присутствуют также такие минералы, как анальцит $Na[AlSi_2O_6] \times H_2O$, гематит $\alpha-Fe_2O_3$, гидрослюда $K_x(Al, Mg, Fe)_{2-3} \times [Si_{4-x}Al_xO_{10}] \times (OH)_2 \cdot nH_2O$ ($x \leq 0,5$, $n \leq 1,5$), 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 [6, 7].

Глауконитсодержащие породы представляют собой глауконит-кварцевые слюдястые алевриты и алевриты. Минерал глауконит $(K, H_2O)(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_2[Si_3AlO_{10}](OH)_2 \times nH_2O$ – водный алюмосиликат железа, кремнезема и оксида калия непостоянного состава, который относится к группе гидрослюд [8].

В усредненных пробах сапонитсодержащих базальтовых туфов, отобранных в Пинском, Ивановском и Малоритском районах Брестской области, содержание MgO составило 6,53–9,87 %, K_2O – 0,79–3,46 %, $N_{общ.}$ – 0,14–0,18 %, P_2O_5 – 0,22–0,24 %, Na_2O – 2,31–3,29 %, CaO – 0,04–1,94 %, подвижных форм марганца (средние значения) – 162,39 мг/кг, кобальта – 4,45 мг/кг, цинка – 35,37 мг/кг, меди – 51,69 мг/кг. В глауконитсодержащей породе вскрыши месторождения Новодворское содержание азота в среднем составило 0,06–0,07 %, фосфора – 0,12–0,14 %, калия – 1,33–3,10 %, кальция – 0,91–0,97 %, магния – 0,27 %, подвижных соединений марганца – 12,4 мг/кг, кобальта – 4,5 мг/кг, цинка – 13,8 мг/кг, меди – 10,7 мг/кг.

Учитывая минералогический и химический состав, существует несколько направлений использования сапонитсодержащих и глауконитсодержащих пород: производство портландцемента, керамических изделий, стекла и стеклокристаллических материалов, приготовление буровых промывочных жидкостей, в качестве мелиорантов широкого спектра действия в агробиоценозах, природных сорбентов тяжелых металлов и радионуклидов и т. д.

В сельском хозяйстве сапонитсодержащие базальтовые туфы и глауконитсодержащие породы могут использоваться в качестве магнийсодержащих (сапонитсодержащий базальтовый туф) или калийсодержащих агромелиорантов (глауконитсодержащие породы), в первую очередь для почв легкого гранулометрического состава и выработанных торфяников [1–19].

Цель исследования – изучить влияние новых видов агромелиорантов на урожайность зеленных и пряноароматических культур (пажитник голубой, укроп пахучий).

Основная часть

Исследования по изучению эффективности применения новых видов агромелиорантов проводили в совместных исследованиях УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» и ГП «НПЦ по геологии» на протяжении 2017–2019 гг.

Полевые опыты проводили в ботаническом саду УО БГСХА на окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с пажитником голубым (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) сорта Росквіт и укропом пахучим (*Anethum graveolens* L.) сорта Грибовский [20, 21].

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} 6,5–6,8, содержание P_2O_5 (0,2 М HCl) – 390–410 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 370–390 мг/кг, гумуса (0,4 н $K_2Cr_2O_7$) – 2,9–3,1 % (индекс агрохимической окультуренности 1,0).

Схема опыта включала варианты без применения удобрений, варианты с внесением под предпосевную культивацию $N_{40-50}P_{40-50}K_{50-80}$ (карбамид, аммофос, сульфат калия), а также варианты с применением сапонитсодержащего базальтового туфа и глауконитсодержащей породы. Все виды минеральных удобрений и агромелиорантов вносили весной под предпосевную культивацию.

Дозу сапонитсодержащих базальтовых туфов рассчитывали по магнию – 20, 40 и 60 кг д.в. MgO (Mg_{20} , Mg_{40} , Mg_{60}) или 243–731 кг/га по препарату. В качестве эталона использовали 4 % раствор сульфата магния (Mg_8), которым обрабатывали вегетирующие растения в стадию ветвления. Доза глауконитсодержащей породы – 600 кг/га, которую вносили на фоне двух доз калия: полной K_{70-80} и сокращенной на 20 кг/д.в. (K_{50-60}).

Полевые исследования, проведение лабораторных анализов и статистическую обработку результатов проводили согласно существующим методикам [22–24].

Как показали результаты полевых испытаний, погодные условия, применение минеральных удобрений и новых видов агромелиорантов оказало существенное влияние на урожайность пажитника голубого и укропа пахучего (табл. 1–2).

В исследованиях с пажитником голубым сорта Росквіт урожайность зеленой массы в фазу цветения в зависимости от опытного варианта в 2017 г. составила 1,24–1,74 кг/м², в 2018 г. – 1,21–1,79 кг/м², в 2019 г. – 1,09–1,81 кг/м².

В среднем за годы исследований применение полного минерального удобрения N₄₀P₄₀K₇₀ при возделывании пажитника голубого увеличило урожайность на 0,34 кг/м² при общей урожайности зеленой массы 1,52 кг/м².

Внесение под предпосевную культивацию сапонитсодержащих базальтовых туфов на фоне N₄₀P₄₀K₇₀ увеличило урожайность зеленой массы на 0,12 (Mg₂₀), 0,21 (Mg₄₀) и 0,26 (Mg₆₀) кг/м². Увеличение дозы магния с 20 до 40 кг/га д.в. способствовало существенному увеличению урожайности зеленой массы пажитника голубого на 0,09 кг/м². Дальнейшее возрастание дозы магния до Mg₆₀ обозначило лишь тенденцию роста урожайности зеленой массы на 0,05 кг/м² и находилось в пределах НСР₀₅, что определяет дозу сапонитсодержащего базальтового туфа по магнию Mg₄₀ как наиболее эффективную с агрономической точки зрения при возделывании пажитника голубого.

Некорневая обработка посевов сульфатом магния (Mg₈) по эффективности практически оказалась эквивалентна применению Mg₂₀ в виде сапонитсодержащих базальтовых туфов.

Внесение 600 кг/га глауконитсодержащей породы на фоне N₄₀P₄₀K₇₀ обеспечило достоверную прибавку урожая зеленой массы пажитника 0,09 кг/м² при общей урожайности 1,61 кг/м². На фоне пониженной дозы калия (N₄₀P₄₀K₅₀) в варианте с применением 600 кг/га глауконитсодержащей породы урожайность зеленой массы пажитника голубого (1,57 кг/м²) получена на уровне урожайности зеленой массы как в варианте с полным минеральным удобрением N₄₀P₄₀K₇₀ (1,52 кг/м²), так и в варианте с применением аналогичной дозы глауконитсодержащей породы на фоне N₄₀P₄₀K₇₀ (1,61 кг/м²), что говорит о возможности экономии 20 кг/га д.в. калия при применении данной дозы глауконитсодержащей породы при возделывании пажитника голубого.

Содержание сырого протеина в зеленой массе пажитника голубого составило 18,1–19,2 % и практически не зависело от изучаемого варианта, что связано, по-видимому, с одной стороны, с невысокой дозой азотных удобрений (N₄₀), а с другой – со способностью пажитника голубого балансировать свое азотное питание с помощью симбиотической азотфиксации [25–27].

Таблица 1. Влияние минеральных удобрений и агромелиорантов на урожайность зеленой массы пажитника голубого

Вариант	Зеленая масса, кг/м ²				Прибавка, кг/м ²		Сырой протеин, %
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	∅	контроль	фон	
Контроль без удобрений	1,24	1,21	1,09	1,18	–	–	18,1
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ – фон	1,51	1,54	1,52	1,52	0,34	–	18,8
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₈	1,58	1,62	1,59	1,60	0,42	0,08	18,6
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₂₀ (сапонит)	1,62	1,65	1,64	1,64	0,46	0,12	18,9
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₄₀ (сапонит)	1,69	1,74	1,75	1,73	0,55	0,21	19,2
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ + Mg ₆₀ (сапонит)	1,74	1,79	1,81	1,78	0,60	0,26	18,7
N ₄₀ P ₄₀ K ₅₀ + глауконит	1,58	1,62	1,52	1,57	0,39	–	18,3
N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀ + глауконит	1,61	1,65	1,58	1,61	0,43	0,09	18,5
НСР ₀₅	0,06	0,07	0,07	0,07			0,9

Таблица 2. Влияние минеральных удобрений и агромелиорантов на урожайность зеленой массы укропа пахучего

Вариант	Зелень, г/м ²	Прибавка, г/м ²		Прянность, г/м ²	Прибавка, г/м ²	
		контроль	фон		контроль	фон
Контроль без удобрений	695	–	–	834	–	–
N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀ – фон	875	180	–	1074	240	–
N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀ + Mg ₈	952	257	77	1185	351	111
N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀ + Mg ₂₀ (сапонит)	958	263	83	1211	377	137
N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀ + Mg ₄₀ (сапонит)	965	270	90	1238	404	164
N ₆₀ P ₅₀ K ₆₀ + глауконит	909	214	–	1105	271	–
N ₆₀ P ₅₀ K ₈₀ + глауконит	926	231	51	1143	309	69
НСР ₀₅	41			49		

При возделывании укропа пахучего сорта Грибовский в среднем за два года исследований (2018–2019 гг.) внесение сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозе по магнию Mg₂₀ и Mg₄₀ на фоне N₆₀P₅₀K₈₀ увеличило урожайность зеленой массы в сравнении с фоновым вариантом при уборке на зелень на 83–90 г/м², при уборке на пряность – на 137–164 г/м² с лучшей агрономической эффективностью в варианте с внесением 20 кг/га д.в. MgO (прибавка урожая при уборке на зелень – 83 г/м², при уборке на пряность – 137 г/м² при общей урожайности зеленой массы соответственно 958 и

1211 г/м²). Увеличение дозы магния до 40 кг/га д.в. способствовало лишь тенденции дальнейшего роста урожайности зеленой массы укропа пахучего в пределах НСР₀₅.

Некорневая обработка посевов укропа пахучего сульфатом магния (Mg₈) обеспечила прибавку урожая зеленой массы укропа на 77 г/м² (зелень) и 111 г/м² (пряность) при общей урожайности соответственно 952 и 1185 г/м².

Применение глауконитсодержащей породы на фоне полного минерального удобрения увеличило урожайность зеленой массы укропа пахучего при уборке на зелень на 51 г/м², при уборке на пряность – на 69 г/м². На фоне пониженной дозы калия N₆₀P₅₀K₆₀ применение глауконитсодержащей породы при возделывании укропа пахучего, как и в исследованиях с пажитником голубым, обеспечило урожайность (909 и 1105 г/м²) на уровне с вариантом с внесением полной дозы калия N₆₀P₅₀K₈₀ (875 и 1074 г/м²), что также говорит о возможной экономии 20 кг/га д.в. калия при применении глауконитсодержащей породы в дозе 600 кг/га.

Внесение полного минерального удобрения в исследованиях с укропом пахучим способствовало максимальной прибавке урожая зеленой массы (180 г/м² (зелень) и 240 г/м² (пряность)) при общей урожайности соответственно 875 и 1074 г/м².

Заключение

В исследованиях на окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве применение минеральных удобрений и новых видов агроメリорантов (сапонитсодержащие базальтовые туфы, глауконитсодержащая порода) существенно увеличило урожайность зеленой массы пажитника голубого и укропа пахучего.

При возделывании пажитника голубого лучшая агрономическая эффективность получена в варианте с внесением сапонитсодержащих базальтовых туфов в дозе по магнию Mg₄₀ (урожайность зеленой массы составила 1,73 кг/м², прибавка урожая – 0,21 кг/м²), при возделывании укропа пахучего – Mg₂₀ (урожайность зеленой массы при уборке на зелень – 958 г/м², при уборке на пряность – 1211 г/м², прибавка урожая – соответственно 83 и 137 г/м²).

Внесение глауконитсодержащей породы в дозе 600 кг/га увеличило урожайность зеленой массы пажитника голубого на 0,09 кг/м² при общей урожайности зеленой массы 1,61 кг/м², укропа пахучего – на 51 г/м² (зелень) и на 69 г/м² (пряность) при общей урожайности зеленой массы соответственно 926 и 1143 г/м².

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы использования вмещающих пород при добыче базальтов / В. Н. Босак [и др.] // Отходы, причины их образования и перспективы использования. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – С. 67–69.
2. Применение сапонитсодержащих базальтовых туфов в земледелии: рекомендации / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: БГТУ, 2016. – 14 с.
3. Сапонитсодержащие базальтовые туфы Беларуси как ценный мелиорант / В. Н. Босак [и др.] // Наше сельское хозяйство: агрономия. – 2018. – № 1. – С. 63–64.
4. Характеристика и направления использования новых видов агроメリорантов / В. Н. Босак [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 30–32.
5. Hydrothermal alteration of the Ediacaran Volyn-Brest volcanics on the western margin of the East European Craton / J. Środoń, O. Kuzmenkova, J. Stanek et al. // Precambrian Research. – Nr. 325. – P. 217–235.
6. Босак, В. Н. Применение сапонитсодержащих базальтовых туфов при возделывании зерновых и зернобобовых культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Агрохимия. – 2017. – № 9. – С. 58–62.
7. Геохимический состав сапонитсодержащих базальтовых туфов / Г. Д. Стрельцова [и др.] // Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование. – Минск: БГУ, 2018. – С. 326–329.
8. Глауконитсодержащие породы поискового участка Пинский (Беларусь) / О. Ф. Кузьменкова [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы запада Восточно-Европейской платформы: проблемы изучения и рационального использования. – Минск: СтройМедиаПроект, 2017. – С. 172–176.
9. Босак, В. Н. Применение сапонитсодержащего базальтового туфа при возделывании овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2017. – № 5. – С. 83–88.
10. Босак, В. Н. Эффективность применения сапонитсодержащего базальтового туфа при возделывании базилика / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства. – Ульяновск: УГАУ, 2017. – С. 111–115.
11. Вендские траппы Беларуси – перспективное сырье для силикатной промышленности / О. Ф. Кузьменкова [и др.] // Літасфера. – 2012. – № 2. – С. 130–147.
12. Влияние сапонитсодержащих базальтовых туфов на продуктивность сельскохозяйственных культур / В. Н. Босак [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 5. – С. 6–9.
13. Кольненков, В. П. Сорбционные свойства сапонитсодержащих туфов Беларуси / В. П. Кольненков, Г. Д. Стрельцова, О. В. Мурашко // Природные ресурсы. – 2015. – № 2. – С. 5–12.

14. Левченко, Е. Н. Глауконит России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы / Е. Н. Левченко, Л. П. Тигунов. – Москва: ВИМС, 2011. – 65 с.
15. О возможностях использования в сельском хозяйстве глауконита из пород Бакчарского месторождения (Западная Сибирь) / М. А. Рудмин [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327, № 11. – С. 6–16.
16. Ecological sorbent which is mainly consist of saponite mineral from Ukrainian clay-field / V. Spivak, I. Astrelin, N. Tolstopalova, I. Atamaniuk // Chemistry & Chemical Technology. – 2012. – Vol. 6, Nr. 4. – P. 451–457.
17. Franzosi, C. Technical Evaluation of Glauconies as Alternative Potassium Fertilizer from the Salamanca Formation, Patagonia, Southwest Argentina / C. Franzosi, L.N. Castro, A.M. Celeda // Natural Resources Research – 2014. – V. 23 (3). – P. 311–320.
18. Numitor, G. Saponite / G. Numitor. – Fly Press, 2012. – 60 p.
19. The potential of glauconitic sandstone as a potassium fertilizer for olive plants / E. Karimi, A. Abdolzadeh, H. R. Sadeghipour, A. Aminey // Archives Agronomy Soil Science. – 2011. – V. 58 (9). – P. 983–993.
20. Государственный реестр сортов Республики Беларусь / Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2019. – 272 с.
21. Характеристика и особенности агротехники новых сортов пряно-ароматических культур: рекомендации / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 19 с.
22. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Москва: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
23. Лапа, В. В. Методические указания по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / В. В. Лапа, М. В. Рак, С. А. Титова; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2008. – 36 с.
24. Литвинов, С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве / С. С. Литвинов. – Москва: ВНИИО, 2011. – 650 с.
25. Босак, В. Н. Биологическая фиксация азота при возделывании бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: АГАУ, 2019. – С. 156–157.
26. Босак, В. Н. Особенности азотфиксации в посевах бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. Е. Кошман // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. – Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2019. – Ч. 1. – С. 15–17.
27. Босак, В. Н. Продуктивность и особенности азотфиксации в посевах бобовых овощных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Земледелие и защита растений. – 2019. – № 1. – С. 21–23.