

ШКАЛЬНО-БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БИОИНДИКАЦИИ ПОЧВ ДЛЯ СЕЯНЦЕВ ЯБЛОНИ

Вячеслав Леонидович Захаров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Наталья Викторовна Моргачёва, кандидат педагогических наук, доцент

Елена Борисовна Сотникова, кандидат педагогических наук, доцент

Роман Викторович Щучка, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», г. Елец, Липецкая обл., Россия

E-mail: zaxarov7979@mail.ru

Аннотация. Исследования проводили в 2010–2022 годах в Липецкой и Тамбовской областях. Грунт (гумусовый горизонт) отбирали в яблоневых садах разных возрастов, типов и подтипов почвы. Для вегетационного опыта использовали сеянцы яблони сорта Ренет Кичунова от свободного опыления. При возрастании содержания в почве физической глины с 10 до 45% длина побегов сеянцев увеличивался с 3,5 до 15,5 см, общая сухая биомасса – с 0,7 до 2,2, в том числе листьев – от 0,3 до 1,0, побегов – от 0,2 до 0,6, корней – от 0,2 до 0,6 г/сосуд. Если содержание физической глины достигает 85%, то это приводит к остановке роста побегов и снижению общей сухой биомассы. С возрастанием бонитета чернозема выщелоченного с 75 до 90 баллов высота сеянцев увеличивается с 4 до 15 см, общая сухая биомасса – с 0,3 до 1,9, в том числе листьев – с 0,1 до 0,5, побегов – с 0,1 до 0,4, корней – с 0,1 до 1,0 г/сосуд. При изменении возраста яблоневого сада с 1 года до 20 лет высота сеянцев яблони, высаженных на этой почве, снижается с 40 до 4 см, общая сухая биомасса – с 6,2 до 0,6, в том числе масса листьев – с 3 до 0,3, побегов – с 1,8 до 0,2, корней – с 1,4 до 0,1 г/сосуд. Это позволило нам разработать биометрическую шкалу, по которой можно оценить возраст почвы (степень почвоутомления) с помощью сеянцев. Полученные данные позволяют предложить биометрические шкалы для оценки изменения гранулометрического состава, бонитета почвы и времени пребывания ее в яблоневом саду по величине биомассы сеянцев яблони сорта Ренет Кичунова.

Ключевые слова: биоиндикация почв, сеянцы яблони, бонитет, гранулометрический состав, почвоутомление

SCALE AND BIOMETRIC BASIS OF SOIL BIOINDICATION FOR APPLE SEEDLINGS

V.L. Zakharov, *Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor*

N.V. Morgacheva, *PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor*

E.B. Sotnikova, *PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor*

R.V. Shchuchka, *PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor*

I.A. Bunin Yelets State University, Yelets, Lipetsk region, Russia

E-mail: zaxarov7979@mail.ru

Abstract. The studies were carried out in 2010–2022 in the Lipetsk and Tambov regions. Soil (humus horizon) was sampled from apple orchards of different ages, soil types and subtypes. For the growing season, apple seedlings of the Renet Kichunov variety from open pollination were used. With an increase in the content of physical clay in the soil from 10 to 45%, the length of seedling shoots increased from 3.5 to 15.5 cm, the total dry biomass – from 0.7 to 2.2, including leaves – from 0.3 to 1.0, shoots – from 0.2 to 0.6, roots – from 0.2 to 0.6 g/vessel. If the content of physical clay reaches 85%, this leads to a stop in shoot growth and a decrease in the total dry biomass. With an increase in the leached chernozem bonitet from 75 to 90 points, the height of seedlings increases from 4 to 15 cm, the total dry biomass – from 0.3 to 1.9, including leaves – from 0.1 to 0.5, shoots – from 0.1 to 0.4, roots – from 0.1 to 1.0 g/vessel. When the age of an apple orchard changes from 1 year to 20 years, the height of apple seedlings planted on this soil decreases from 40 to 4 cm, the total dry biomass – from 6.2 to 0.6, including the mass of leaves – from 3 to 0.3, shoots – from 1.8 to 0.2, roots – from 1.4 to 0.1 g/vessel. This allowed us to develop a biometric scale by which we can estimate the age of the soil (degree of soil fatigue) using seedlings. The obtained data make it possible to propose biometric scales for assessing changes in the granulometric composition, quality of the soil and the time it remains in the apple orchard based on the biomass of apple tree seedlings of the Renet Kichunov variety.

Keywords: soil bioindication, apple seedlings, bonitet, granulometric composition, soil fatigue

Сосудистые растения – сильные индикаторы общего биоразнообразия во всех экологических градиентах и широких таксономических областях. [3] Горчица горькая, накапливая в своих побегах цинк и кадмий, служит не только тест-культурой на загрязненность почвы тяжелыми металлами, но и считается фиторемедиатором. [8] Сорго, напротив, очень устойчивая культура к большим концентрациям этих двух металлов в почве. [6] Отличный индикатор на загрязнение почвы тяжелыми металлами (Ni, Cr, Co, Cd, Zn, Pb и Hg) – падуб остролистный. [13] В опыте изучали коэффициенты

концентрации цинка и кадмия (отношение доли Zn и Cd в побегах к содержанию их в почве) с помощью подорожника узколистного и одуванчика обыкновенного. [11] Резуховидка Талля имеет маркерный ген β-глюкуронидазы, который очень чутко реагирует на ионизирующее излучение. [9] К содержанию в почве органического вещества юглона чувствительно большинство садовых и злаковых растений. [4] Клубеньки бобовых культур окрашиваются в розовый цвет, когда содержание свинца в почве превышает пороговое в 1,5...2,0 раза. [2] Рожь очень хорошо отзывается на варьирование в почве азота

и фосфора (корреляция между элементами в листьях и почве высокая). [15] На увеличение доли фосфора в почве 96 генотипов сои реагировали увеличением биомассы растения, особенно массы корней и количества клубеньков. [16] По величине побегов ячменя можно отследить стрессовые концентрации кадмия в почве. [10] Установлены пороговые концентрации свинца, меди и цинка в почве, при которых многие растения погибают, так и не вступив в фазу цветения. [14] Выявлены виды древесных растений, рекомендованные для биомониторинга антропогенного загрязнения окружающей среды в умеренных широтах (изучение биогеохимических параметров листьев): клен платановидный, каштан конский, береза повислая, кизильник блестящий, тополь черный и ива ломкая. [7] Индикаторы на содержание в верхнем слое почвы калия, магния, фосфора, марганца и азота — роза морщинистая и черемуха поздняя. [4] Большая часть литературных источников (отечественные, зарубежные) по биоиндикации почв посвящена реакции растений на тяжелые металлы, особенно кадмий. В научной литературе пока мало сведений о влиянии отдельных почвенных параметров плодородия на величину биомассы плодовых растений. Не освещены вопросы создания оценочных шкал для сеянцев яблони.

Цель исследования — разработать шкалы, по которым можно оценить с помощью сеянцев яблони изменение трех параметров почвы (гранулометрический состав, бонитет, время пребывания под яблоневым садом).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2010–2022 годах в Липецкой и Тамбовской областях на почвах разного возраста (1...20 лет) закладывали сады по схемам 5×3, 6×4 и 6×8 м на подвоях 62-396, 54-118 и семенных. Почвы — черноземы выщелоченные, оподзоленные, типичные, лугово-черноземные, серые лесные, дерново-подзолистые средне- и тяжелосуглинистые, аллювиальные дерновые супесчаные. Агрохимические анализы, выполненные по инструкции ЦИНАО, послужили основой для расчета бонитета почв. Гранулометрический состав определяли пирофосфатным методом. [4] По общепринятой методике вегетационные опыты были заложены в 2007–2020 годах на базе двух университетов — Елецкого государственного (имени И.А. Бунина) и Мичуринского государственного аграрного. Продолжительность — 142 дня. Масса почвы в пластиковом сосуде — 750 г, повторность четырехкратная. Дренаж на дне сосудов — 100 г чистого кварцевого песка слоем 1 см. Поверхность почвы с целью мульчирования и стабилизации гидротермического режима в сосудах покрывали сантиметровым слоем песка. В качестве вариантов служили почвенные разности, отобранные в яблоневых садах. В пределах подтипа (чернозем выщелоченный) были выделены почвы, отличающиеся между собой лишь по одному из параметров. В работе приведены данные по гранулометрическому составу, времени пребывания под яблоневыми садами, суммарному выражению почвенных параметров (бонитет). Растение-биоиндикатор — сеянцы яблони сорта *Ренет Кичунова* от свободного опыления.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Самый замедленный рост и наименьшая высота растений отмечены на аллювиальных дерновых почвах. На супесчаных было усыхание и отмирание верхушки побега, верхних листьев яблони, а также очень слабое развитие корневой системы. На серой, светло-серой лесной и дерново-подзолистой супесчаной — самый бурный рост корневой системы. Образовывались длинные и густые корни, охватывающие весь объем вегетационного сосуда. На серых лесных почвах наибольшая высота растений (до 40 см) с максимальным количеством листьев на побеге (22...24). На черноземных почвах, наоборот, корневая система яблони была намного слабее развита. Масса корней сеянцев очень слабо зависела от бонитета черноземных почв ($r = 0,57$). В пределах группы лесных почв с увеличением содержания физической глины возрастала сырая масса листьев ($r = 0,69$) и побегов ($r = 0,91$), сухая масса побегов ($r = 0,85$) и общая сырая биомасса ($r = 0,95$). В группах почв, сформированных на аллювии, с увеличением содержания физической глины прибавилась сырая ($r = 0,84$) и сухая ($r = 0,77$) масса побегов, общая сырая биомасса ($r = 0,79$), водоудерживающая способность листьев ($r = 0,73$) и содержание в побегах сухих веществ ($r = 0,74$).

Вегетационные исследования позволили разработать биометрическую шкалу для оценки гранулометрического состава почвы по величине биомассы сеянцев яблони (табл. 1).

При возрастании содержания в почве физической глины с 10 до 45% длина побегов увеличивается с 3,5 до 15,5 см, общая сухая биомасса — с 0,7 до 2,2, в том числе листьев — от 0,3 до 1,0, побегов — от 0,2 до 0,6, корней — от 0,2 до 0,6 г/сосуд. Если содержание физической глины достигает 85%, происходит резкая остановка роста побегов и снижение общей сухой биомассы.

На черноземах с повышением содержания щелочногидролизующего азота увеличивалась водоудерживающая способность листьев ($r = 0,69$). С расчетом содержания подвижного фосфора масса корней сокращалась ($r = 0,65$). С возрастанием процента гумуса повышалась сырая масса листьев ($r = 0,77$), общая биомасса ($r = 0,66$) и содержание в побегах сухих веществ ($r = 0,8$). С изменением бонитета черноземных почв возрастала надземная масса ($r = 0,81$) и общая сырая биомасса ($r = 0,8$).

На лесных почвах с повышением содержания в почвах обменных оснований возрастала сы-

Таблица 1.
Биометрическая шкала сеянцев яблони
для гранулометрического состава почвы (на 750 г почвы)

Содержание физической глины, %	Высота растения, см	Общая сухая биомасса, г	Сухая масса, г		
			листья	побеги	корни
0...10	3,5...4,5	0,7...1,0	0,3...0,4	0,2...0,3	0,2...0,3
10...20	4,5...8,5	1,0...1,3	0,4...0,5	0,3...0,4	0,3...0,4
20...30	8,5...10,0	1,3...1,6	0,5...0,6	0,4...0,5	0,4...0,5
30...45	10,0...15,5	1,6...2,2	0,6...1,0	0,5...0,6	0,5...0,6
45...85	3,5...5,0	0,6...0,9	0,3...0,4	0,2...0,3	0,1...0,2

рая масса листьев ($r = 0,68$), сухая масса побегов ($r = 0,74$), общая сырая биомасса ($r = 0,7$), водоудерживающая способность листьев ($r = 0,72$) и побегов ($r = 0,75$). С увеличением емкости поглощения усиливалась водоудерживающая способность побегов ($r = 0,71$). Установлена корреляционная зависимость между бонитетом этих почв и сухой массой побегов яблони.

На аллювиальных дерновых супесчаных почвах при увеличении наименьшей влагоемкости возрастала сухая масса листьев и общая сырая биомасса ($r = 0,66$). С усилением обменной и гидролитической кислотности росла водоудерживающая способность побегов ($r = 0,67$). С увеличением суммы обменных оснований увеличивалась сырая масса побегов ($r = 0,67$), водоудерживающая способность листьев ($r = 0,78$), содержание сухих веществ в листьях ($r = 0,75$) и побегах ($r = 0,79$). По мере прибавления емкости поглощения увеличивалась водоудерживающая способность листьев ($r = 0,77$) и побегов ($r = 0,67$), содержание в них сухих веществ — $r = 0,71$ и $r = 0,74$ соответственно. С возрастанием содержания гумуса увеличивалось количество воды в листьях ($r = 0,68$).

В результате корреляционных анализов установлены показатели почвы, прирост которых стимулирует наращивание биомассы сеянцев яблони: на черноземах — содержание подвижного фосфора и щелочногидролизующего азота; лесных и аллювиальных — сумма обменных оснований, емкость поглощения и содержание физической глины. Повышение содержания гумуса, гигроскопичности и влагоемкости улучшает биомассу и тургор сеянцев яблони на всех почвах.

Установлено, что чем выше бонитет черноземов, тем больше надземная масса яблони ($r = 0,81$). Это стало основанием для разработки биометрической шкалы сеянцев яблони применительно к бонитету чернозема выщелоченного (табл. 2).

При изменении бонитета чернозема выщелоченного с 75 до 90 баллов высота сеянцев возрастает с 4 до 15 см, общая сухая биомасса — с 0,3 до 1,9, в том числе листьев — с 0,1 до 0,5, побегов — с 0,1 до 0,4, корней — с 0,1 до 1,0 г/сосуд.

Выращивание монокультуры (яблони) приводит к тому, что в почве накапливается содержание фенольных соединений, тормозящих рост сеянцев. [1, 12] С увеличением возраста яблоневого сада с 1 года до 20 лет высота сеянцев снижается с 40 до 4 см, общая сухая биомасса — с 6,2 до 0,6, в том числе масса листьев — с 3 до 0,3, побегов — с 1,8 до 0,2, корней — с 1,4 до 0,1 г/сосуд. Это позволило нам разработать биометрическую шкалу, по которой можно оценить возраст почвы (степень почвоутомления) с помощью сеянцев яблони сорта *Ренет Кичунова* (табл. 3).

Выводы. 1. При возрастании содержания в почве физической глины с 10 до 45% длина побегов сеянцев яблони сорта *Ренет Кичунова* увеличилась с 3,5 до 15,5 см, общая сухая биомасса — с 0,7 до 2,2, в том числе листьев — от 0,3 до 1,0, побегов — от 0,2 до 0,6, корней — от 0,2 до 0,6 г/сосуд. Если содержание физической глины достигает 85%, то это приводит к резкой остановке роста побегов и снижению общей сухой биомассы.

Таблица 2.

Биометрическая шкала сеянцев яблони для бонитета почвы (на 750 г почвы)

Бонитет, балл	Высота растения, см	Общая сухая биомасса, г	Сухая масса, г		
			листья	побеги	корни
75,0...80,0	4,0...5,0	0,3...0,7	0,1...0,3	0,1...0,2	0,1...0,2
80,0...85,0	5,0...8,5	0,7...1,2	0,3...0,4	0,2...0,3	0,2...0,5
85,0...90,0	8,5...15,0	1,2...1,9	0,4...0,5	0,3...0,4	0,5...1,0

Таблица 3.

Биометрическая шкала сеянцев яблони для времени пребывания почвы под садом (на 750 г почвы)

Время пребывания почвы под садом, лет	Высота растения, см	Общая сухая биомасса, г	Сухая масса, г		
			листья	побеги	корни
0...1,0	30,0...40,0	3,9...6,2	1,8...3,0	1,1...1,8	1,0...1,4
2,0...7,0	20,0...30,0	2,7...3,9	1,3...1,8	0,7...1,1	0,7...1,0
8,0...10,0	15,0...20,0	1,9...2,7	0,9...1,3	0,5...0,7	0,5...0,7
11,0...15,0	8,0...15,0	1,0...1,9	0,5...0,9	0,3...0,5	0,2...0,5
16,0...20,0	4,0...8,0	0,6...1,0	0,3...0,5	0,2...0,3	0,1...0,2

2. С изменением бонитета чернозема выщелоченного с 75 до 90 баллов высота сеянцев возрастает с 4 до 15 см, общая сухая биомасса — с 0,3 до 1,9, в том числе листьев — с 0,1 до 0,5, побегов — с 0,1 до 0,4, корней — с 0,1 до 1,0 г/сосуд.

3. При увеличении возраста яблоневого сада с 1 года до 20 лет высота сеянцев яблони снижается с 40 до 4 см, общая сухая биомасса — с 6,2 до 0,6, в том числе масса листьев — с 3 до 0,3, побегов — с 1,8 до 0,2, корней — с 1,4 до 0,1 г/сосуд. Разработана биометрическая шкала, по которой можно оценить возраст почвы с использованием сеянцев.

4. Полученные данные позволяют предложить биометрические шкалы для оценки изменения гранулометрического состава, бонитета почвы и времени пребывания ее в яблоневом саду по величине биомассы сеянцев.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Рылов Г.П. Яблоня в вашем саду. Минск: Ураджай, 1998. 399 с.
2. Bekuzarova S.A., Bekmurzov A.D., Datieva I.A. et al. Clover nodule bacteria as bioindicators of soils contaminated with heavy metals // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 421. No. 6. 062043.
3. Brunbjerg A.K., Bruun H.H., Dalby L. et al. Vascular plant species richness and bioindication predict multi-taxon species richness // Methods in Ecology and Evolution. 2018. Vol. 9. Issue 12. P. 2372–2382.
4. Campos J.A., Paco J.D., García-Noguerra E. Antigerminative comparison between naturally occurring naphthoquinones and commercial pesticides. Soil dehydrogenase activity used as bioindicator to test soil toxicity // Science of The Total Environment. 2019. Vol. 694. P. 133672.
5. Dassonville N., Vanderhoeven S., Vanparys V. et al. Impacts of alien invasive plants on soil nutrients are correlated with initial site conditions in NW Europe. 2008. Oecologia. Vol. 157. P. 131–140.
6. Epelde L., Mijangos I., Becerril J.M., Garbisu C. Soil microbial community as bioindicator of the recovery of soil functioning derived from metal phytoextraction with sor-

- ghum // *Soil Biology and Biochemistry*. 2009. Vol. 41. Issue 9. P. 1788–1794.
7. Gorelova S.V., Frontasyeva M.V. The use of higher plants in biomonitoring and environmental bioremediation // *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants*. Vol. 5. 2017. P. 103–155.
 8. Guo D., Ali A., Ren C. et al. EDTA and organic acids assisted phytoextraction of Cd and Zn from a smelter contaminated soil by potherb mustard (*Brassica juncea*, Coss) and evaluation of its bioindicators // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019. Vol. 167. P. 396–403.
 9. Kovalchuk, I., Kovalchuk, O., Arkhipov, A. et al. Transgenic plants are sensitive bioindicators of nuclear pollution caused by the Chernobyl accident. *Nat Biotechnol*. 1998. Vol. 16. P. 1054–1059.
 10. Ma P., Tian T., Dai Z. et al. Assessment of Cd bioavailability using chemical extraction methods, DGT, and biological indicators in soils with different aging times // *Chemosphere*. 2022. Vol. 296. 133931.
 11. Muhammad I., Puschenreiter M., Wenzel W.W. Cadmium and Zn availability as affected by pH manipulation and its assessment by soil extraction, DGT and indicator plants // *Science of The Total Environment*. 2012. Vol. 416. P. 490–500.
 12. Nicola L., Vrhovsek U., Insam H., Pertot L. Phlorizin released by apple root debris is related to apple replant disease // *Phytopathologia Mediterranea*. 2016. Vol. 55. No. 3. P. 432–437.
 13. Samecka-Cymerman A., Kempers A.J. Bioindication of heavy metals in the town Wrocław (Poland) with evergreen plants // *Atmospheric Environment*. 1999. Vol. 33. Issue 3. P. 419–430.
 14. Terekhova V.A., Prudnikova E.V., Kiryushina A.P. et al. Phytotoxicity of Heavy Metals in Contaminated Podzolic Soils of Different Fertility Levels. 2021. *Eurasian Soil Sc.* Vol. 54. P. 964–974.
 15. Tsegaye T., Hill R.L. Intensive tillage effects on spatial variability of soil test, plant growth, and nutrient uptake measurements // *Soil Science*. 1998. Vol. 163. No. 2. P. 155–165.
 16. Xiang-wen P., Wen-bin L., Qiu-ying Z. et al. Assessment on Phosphorus Efficiency Characteristics of Soybean Genotypes in Phosphorus-Deficient Soils // *Agricultural Sciences in China*. 2008. Vol. 7. Issue 8. P. 958–969.
 4. Campos J.A., Paco J.D., García-Noguerra E. Antigerminative comparison between naturally occurring naphthoquinones and commercial pesticides. Soil dehydrogenase activity used as bioindicator to test soil toxicity // *Science of The Total Environment*. 2019. Vol. 694. P. 133672.
 5. Dassonville N., Vanderhoeven S., Vanparys V. et al. Impacts of alien invasive plants on soil nutrients are correlated with initial site conditions in NW Europe. 2008. *Oecologia*. Vol. 157. P. 131–140.
 6. Epelde L., Mijangos I., Becerril J.M., Garbisu C. Soil microbial community as bioindicator of the recovery of soil functioning derived from metal phytoextraction with sorghum // *Soil Biology and Biochemistry*. 2009. Vol. 41. Issue 9. P. 1788–1794.
 7. Gorelova S.V., Frontasyeva M.V. The use of higher plants in biomonitoring and environmental bioremediation // *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants*. Vol. 5. 2017. P. 103–155.
 8. Guo D., Ali A., Ren C. et al. EDTA and organic acids assisted phytoextraction of Cd and Zn from a smelter contaminated soil by potherb mustard (*Brassica juncea*, Coss) and evaluation of its bioindicators // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019. Vol. 167. P. 396–403.
 9. Kovalchuk, I., Kovalchuk, O., Arkhipov, A. et al. Transgenic plants are sensitive bioindicators of nuclear pollution caused by the Chernobyl accident. *Nat Biotechnol*. 1998. Vol. 16. P. 1054–1059.
 10. Ma P., Tian T., Dai Z. et al. Assessment of Cd bioavailability using chemical extraction methods, DGT, and biological indicators in soils with different aging times // *Chemosphere*. 2022. Vol. 296. 133931.
 11. Muhammad I., Puschenreiter M., Wenzel W.W. Cadmium and Zn availability as affected by pH manipulation and its assessment by soil extraction, DGT and indicator plants // *Science of The Total Environment*. 2012. Vol. 416. P. 490–500.
 12. Nicola L., Vrhovsek U., Insam H., Pertot L. Phlorizin released by apple root debris is related to apple replant disease // *Phytopathologia Mediterranea*. 2016. Vol. 55. No. 3. P. 432–437.
 13. Samecka-Cymerman A., Kempers A.J. Bioindication of heavy metals in the town Wrocław (Poland) with evergreen plants // *Atmospheric Environment*. 1999. Vol. 33. Issue 3. P. 419–430.
 14. Terekhova V.A., Prudnikova E.V., Kiryushina A.P. et al. Phytotoxicity of Heavy Metals in Contaminated Podzolic Soils of Different Fertility Levels. 2021. *Eurasian Soil Sc.* Vol. 54. P. 964–974.
 15. Tsegaye T., Hill R.L. Intensive tillage effects on spatial variability of soil test, plant growth, and nutrient uptake measurements // *Soil Science*. 1998. Vol. 163. No. 2. P. 155–165.
 16. Xiang-wen P., Wen-bin L., Qiu-ying Z. et al. Assessment on Phosphorus Efficiency Characteristics of Soybean Genotypes in Phosphorus-Deficient Soils // *Agricultural Sciences in China*. 2008. Vol. 7. Issue 8. P. 958–969.

REFERENCES

1. Rylov G.P. *Yablonya v vashem sadu*. Minsk: Uradzhaj, 1998. 399 s.
2. Bekuzarova S.A., Bekmurzov A.D., Datieva I.A. et al. Clover nodule bacteria as bioindicators of soils contaminated with heavy metals // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 421. No. 6. 062043.
3. Brunbjerg A.K., Bruun H.H., Dalby L. et al. Vascular plant species richness and bioindication predict multi-taxon species richness // *Methods in Ecology and Evolution*. 2018. Vol. 9. Issue 12. P. 2372–2382.

*Поступила в редакцию 12.11.2023
Принята к публикации 27.11.2023*