

## АДАПТАЦИЯ МИКРОРАСТЕНИЙ СЛИВЫ ДОМАШНЕЙ (*PRUNUS DOMESTICA*) К УСЛОВИЯМ *IN VIVO*

**А.В. Ложкин**, кандидат сельскохозяйственных наук

**М.Г. Маркова**, научный сотрудник

**Е.Н. Сомова**, старший научный сотрудник

*Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН, Ижевск, Россия*

**E-mail:** markovamg@udman.ru

**Ключевые слова:** микрорастения, слива домашняя, адаптация, низовой торф, цеолит.

**Реферат.** Целью исследований являлась возможность применения цеолита для адаптации микрорастений сливы домашней сорта Казанская в условиях *in vivo*. Для экспериментов контрольным был субстрат на основе низового торфа (изготовитель АО «Удмуртторф», Удмуртская Республика, Россия). В исследуемых вариантах в торф добавляли цеолит (Татарско-Шатрашанское месторождение, Республика Татарстан, Россия) в дозах 60; 90, 120 г/л. Микрорастения также высаживали на субстрат из 100% -го цеолита. Установлено, что приживаемость микрорастений сливы домашней к нестерильным условиям в субстрате из низового торфа с добавлением цеолита во всех дозах значительно выше, чем в контрольном варианте (78,3%), и варьирует в пределах 86,7–99,2%. Приживаемость микрорастений сливы домашней в 100%-м субстрате из цеолита составила 80,8%, что на уровне контрольного показателя. На первом этапе адаптации значительно увеличилась длина прироста микрорастений в субстрате из низового торфа с добавлением цеолита в дозах 60 и 90 г/л, она составила 1,9 и 3,3 см соответственно при 1,2 см в контроле. В сравнении с максимальной допустимой длительностью адаптации по ГОСТ Р 54051-2010 в 45 суток адаптация сливы домашней в целом составила 21 сутки. При этом в вариантах с внесением в субстрат на основе низового торфа цеолита в дозах 60; 90 и 120 г/л длина прироста микрорастений сливы домашней в среднем оказалась 6,0; 8,0 и 5,3 см соответственно, а высота адаптированных микрорастений к концу второго этапа адаптации составила 7,0; 9,0; 7,3 см, что превысило показатели ГОСТ Р 54051-2010.

## ADAPTATION OF PLUM HOME (*PRUNUS DOMESTICA*) MICRO PLANTS TO *IN VIVO* CONDITIONS

**A.V. Lozhkin**, PhD in Agricultural Sciences

**M.G. Markova**, Researcher

**E.N. Somova**, Senior Researcher

*Udmurt Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia*

**E-mail:** markovamg@udman.ru

**Keywords:** micro plants, domestic plum, adaptation, grassroots peat, zeolite.

**Abstract.** The aim of the research was the possibility of using zeolite for the adaptation of micro plants of plum home variety Kazanskaya under *in vivo* conditions. The control was a substrate for experiments based on grassroots peat (manufactured by JSC “Udmurtorf”, Udmurt Republic, Russia). In the studied variants, zeolite (Tatarsko-Shatraschanskoe deposit, Republic of Tatarstan, Russia) was added to peat in 60, 90, and 120 g/l doses. Microplants were also planted on a 100% zeolite substrate. It has been established that the survival rate of domestic plum micro plants to non-sterile conditions in a grassroots peat substrate with the addition of zeolite in all doses is significantly higher than in the control variant (78.3%) and varies within 86.7–99.2%. The survival rate of domestic plum micro plants in a 100% zeolite substrate was 80.8% at the control indicator’s level. At the first stage of adaptation, the growth length of micro plants in the bottom peat substrate with the addition of zeolite at doses of 60 and 90 g/l increased significantly. It amounted to 1.9 and 3.3 cm, respectively, with 1.2 cm in control. Compared with the maximum allowable duration of adaptation according to GOST R 54051-2010 of 45 days, the transformation of home plum was 21 days in general. At the same time, in the variants with the addition of zeolite to the substrate based on grassroots peat at doses of 60: 90 and 120 g/l, the growth length of home plum micro plants was, on average, 6.0, 8.0, and 5.3 cm, respectively, and the height of adapted micro plants to the end of the second stage of adaptation were 7.0; 9.0; 7.3 cm, which exceeded the performance of State Standard (SS) R 54051-2010.

В условиях Среднего Предуралья России слива домашняя занимает не последнее место в любительских садах. Плоды ценятся за богатый минеральный состав, высокое содержание пектиновых веществ, наличие большого количества биологически активных веществ и витаминов. Использование новых адаптированных, пластичных, способных противостоять болезням и стрессовым погодным условиям сортов сливы позволяет существенно увеличить экологическую устойчивость садоводства [1]. В условиях Удмуртской республики хорошо адаптировался сорт сливы домашней Казанская селекции ТатНИИСХ.

Большой вред плодовым культурам наносят вирусные и фитоплазменные болезни, которые способны изменять фотосинтетическую деятельность, потребление и накопление минеральных элементов и даже скорость прохождения фаз растений [2]. Культивирование *in vitro* – один из способов оздоровления растений, надежный с точки зрения генетической стабильности размножаемых форм [3]. Клональное микроразмножение состоит из четырех этапов: введение эксплантов в культуру ткани, собственно микроразмножение, укоренение и адаптация. Переход из стерильных условий в нестерильные является для микрорастений стрессовым. Успех адаптации зависит от множества факторов, одним из которых является использование различных субстратов, обеспечивающих высокую приживаемость посадочного материала [4]. Добавление в субстраты цеолитов – минералов, обладающих уникальными адсорбционными, ионообменными и каталитическими свойствами, способствует обеспечению длительного действия внесенного удобрения, предотвращению вымывания питательных веществ, накоплению и в течение длительного времени удержанию в почве дополнительного количества воды, что очень важно при адаптации микрорастений к нестерильным условиям [5, 6].

Наибольший эффект при использовании цеолитов как удобрений получен при их обогащении минеральными и органическими компонентами. Торфоцеолитные удобрения как в чистом виде, так и обогащенные стандартными минеральными туками (10; 20 и 30 %) положительно влияют на морфометрические параметры растений [7]. Имеются также данные, что растения могут расти на 100%-м цеолитном субстрате и положительно отзываться на добавку такого субстрата к удобренным и неудобренным грунтам. Добавка сравнительно небольшого количества неудобренного нейтра-

лизованного верхового торфа к цеолитному субстрату резко улучшает рост растений [8]. Установлено, что оптимальной для изменения ростовой среды биологических патогенных микроорганизмов является фракция активированного цеолита размером до 0,2 мм. В ростовой среде при этом происходит увеличение показателя щелочности [9]. Добавление смеси селенита натрия с цеолитом в почву при орошении положительно влияет на развитие корневой системы [10]. Введение природного цеолита в почву улучшало прирост растительной биомассы подсолнечника, площадь листьев, потенциал фотосинтеза и обеспечивало высокие урожаи [11].

Важным свойством цеолитов является способность выделять и вновь впитывать различные вещества [12]. Основываясь на этих свойствах цеолитов, их рекомендуют добавлять в садовую землю и почвосмеси для горшечных растений. Так, 1 кг цеолита способен впитать около 700 г воды, при поливе он впитывает влагу, а затем постепенно отдает растениям, являясь своего рода водным резервуаром. Пористая структура цеолитов повышает аэрацию почвы, делая ее более рыхлой и воздухопроницаемой [13]. Под действием цеолита уменьшается вымывание из почвы азота. Цеолит пролонгирует действие удобрений [14]. Активированный цеолит марки ZEOL, полученный путем термической и механической обработки цеолитсодержащих пород Татарско-Шатрашанского месторождения, положительно влияет на агрохимические свойства почв, а также обладает высокой адсорбционной и ионообменной способностью, механической прочностью и малой токсичностью. Его использование в качестве добавки к грунту на основе низового торфа на этапе адаптации микрорастений представляет практический интерес [15].

Цель исследований – изучить возможность применения цеолита для адаптации микрорастений сливы домашней в условиях *in vivo*.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследований – микрорастения сливы домашней сорта Казанская. Исследования проведены на базе меристемной лаборатории УдмФИЦ УрО РАН согласно «Технологии получения оздоровленного посадочного материала плодовых и ягодных культур» [16]. Субстратом в исследованиях служил торф низовой с рН 5,0–5,5 производства АО «Удмуртторф» (Удмуртская Республика,

Россия), в который добавляли цеолит осадочно-го происхождения Татарско - Шатрашанского месторождения (Республика Татарстан, Россия) в дозах 30; 60; 90 и 120 г/л грунта. В одном из вариантов использовали 100%-й цеолит, в контрольном варианте – торф низовой.

Используемый в данных исследованиях цеолит состоит из клиноптилолита – 20–30%, монтмориллонита – 20–30, кварца – 4,6–11,3, опал-кристобалита – 20–30 и кальцита – 10,6–20,1%. Содержит  $\text{SiO}_2$  57,12–66,34%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5,74–6,51,  $\text{CaO}$  – 14,6–18,75,  $\text{K}_2\text{O}$  – 1,06–1,8,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 1,32–2,75,  $\text{MgO}$  – 1,33–1,8,  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,04–0,25,  $\text{TiO}_2$  – 0,25–0,36,  $\text{MnO}$  – 0–0,01,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0,08–0,49,  $\text{SiO}_2$  (аморф.) – 31,64%. Соотношение Si/Al 10,02–10,64. Кислотность (pH) водной суспензии 6,8–7,2. Пористость 55,65, плотность насыпная 0,65–0,7 г/см<sup>3</sup>, плотность истинная 2,3 г/см<sup>3</sup>, эффективный диаметр пор 0,4 нм, динамическая влагоемкость 3,85.

Торф низовой имел следующие характеристики: среднюю степень разложения, зольность 31,8%, pH 5,5–5,7, содержание сухого вещества 86%, N-NH<sub>4</sub> – 9%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 61,0 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 9,2 мг/кг.

Микрорастения для адаптации были высажены в мини-парники по 30 шт. в каждом варианте. На первом этапе (14 суток) влажность

воздуха составляла 100%, температура – 22–27°C, освещенность – 75–85 мМоль/м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>, 6500 К, фотопериод – 16 ч. На втором этапе адаптации микрорастения культивировали 7 суток при влажности воздуха 50–60%. Эксперименты проведены в трехкратной повторности, показатели длины и высоты растений

измеряли линейкой. Экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [17].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Использование цеолита осадочного происхождения в качестве добавки к низовому торфу на первом этапе адаптации микрорастений сливы домашней оказало положительное влияние. Так, приживаемость микрорастений во всех вариантах с добавлением цеолита в субстрат на основе низового торфа оказалась значительно выше и варьировала в пределах 86,7–99,2% при 78,3% в контрольном варианте и НСР<sub>05</sub> 5,8%. В субстрате на основе цеолита приживаемость микрорастений сливы составила 80,0%, что на уровне контроля. Максимально высокая приживаемость микрорастений сливы домашней (%) получена в варианте с добавлением в субстрат цеолита в дозе 90 г/л – 99,2%:

Субстрат на основе низового торфа (контроль)	78,3
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 30 г/л	90,0
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 60 г/л	90,8
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 90 г/л	99,2
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 120 г/л	86,7
Субстрат на основе 100%-го цеолита	80,8
НСР <sub>05</sub>	5,8

На первом этапе адаптации для эксперимента были выбраны и высажены в мини-парники микрорастения высотой в среднем около 1,0 см (табл. 1). В конце адаптации, через 14 суток, длина прироста микрорастений в субстрате на основе низового торфа (контроль) составила в среднем 1,2 см. При внесении в торфяной субстрат цеолита во всех дозах длина прироста микрорастений сливы увеличилась, но существенно только в вариантах с добавлением 60 и 90 г/л и составила соответственно 1,9

и 3,3 см при НСР<sub>05</sub> 0,3 см. Добавление цеолита в дозах 30 и 120 г/л оказало незначительное положительное влияние, увеличив длину прироста микрорастений сливы до 1,4 см. В субстрате на основе 100%-го цеолита прироста у микрорастений сливы не наблюдалось, но они сформировали более мощную корневую систему. В конце первого этапа высота микрорастений в среднем варьировала от 2,0 см до 4,3 см, количество нормально развитых листьев – от 8,6 до 10 шт. и более на одно микрорастение.

Таблица 1

Показатели качества микрорастений после первого этапа адаптации  
Quality indicators of micro plants after the first stage of adaptation

Вариант	Длина прироста, см	Число нормально развитых листьев, шт.	Высота микро-растения, см
Субстрат на основе низового торфа (контроль)	1,2	8,6	2,2
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 30 г/л	1,4	Более 10	2,4
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 60 г/л	1,9	Более 10	2,9
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 90 г/л	3,3	Более 10	4,3
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 120 г/л	1,4	Более 10	2,4
Субстрат на основе 100%-го цеолита	1,0	Более 10	2,0
НСР <sub>05</sub>	0,3		

На втором этапе адаптации микрорастения культивировали 7 суток также в мини-парниках, но без крышки. При этом влажность воздуха составляла 50–60%. Длина прироста микрорастений сливы на данном этапе оказалась достоверно высокая в сравнении с контролем (3,3 см) в вариантах с добавлением цеолита в дозах 60; 90; 120 г/л и составила соответственно 4,1; 4,7 и 3,9 см при НСР<sub>05</sub> 0,2 см (табл. 2). При максимально допустимой длительности адаптации 45 суток в целом в конце адапта-

ции (за два этапа) микрорастения с этих же вариантов достигли высоты 7,0; 9,0 и 7,3 см соответственно за 21 сутки, что превышает показатель ГОСТ Р 54051-2010 (не менее 5 см).

Механические повреждения и поражения болезнями, вредителями отсутствовали, листья были в нормальном тургорном состоянии. Дальнейшее подращивание адаптированных микрорастений сливы в лабораторных условиях проходило в отдельных контейнерах объемом 0,5 л.

Таблица 2

Показатели качества адаптированных микрорастений сливы домашней  
Quality indicators of adapted plum micro plants

Вариант	Длина прироста, см	Число нормально развитых листьев, шт.	Высота микро-растения, см
Субстрат на основе низового торфа (контроль)	3,3	Более 10	4,5
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 30 г/л	3,4	Более 10	4,8
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 60 г/л	4,1	Более 10	7,0
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 90 г/л	4,7	Более 10	9,0
Субстрат на основе низового торфа + цеолит 120 г/л	3,9	Более 10	7,3
Субстрат на основе 100%-го цеолита	3,4	Более 10	4,4
НСР <sub>05</sub>	0,2		

## ВЫВОДЫ

1. При адаптации микрорастений сливы домашней в субстрате из низового торфа с добавлением цеолита осадочного происхождения выявлено значительное увеличение приживаемости микрорастений сливы – до 86,7–99,2% в сравнении с контролем (78,3%).

2. Максимально высокая приживаемость микрорастений сливы – 99,2% достигнута при добавлении в субстрат цеолита в дозе 90 г/л.

3. Приживаемость микрорастений сливы в субстрате из 100%-го цеолита составила 80,0% – на уровне контроля.

4. Максимальные приросты микрорастений сливы, по итогам адаптации в целом, достигнуты в вариантах с добавлением цеолита в дозах

60; 90; 120 г/л и составили 4,1; 4,7 и 3,9 см соответственно при 3,3 см в контроле

5. В вариантах с добавлением цеолита в дозах 60; 90; 120 г/л адаптированные микрорастения сливы за 21 сутки достигли высоты 7,0; 9,0 и 7,3 см соответственно, что превышает показатель ГОСТ Р 54051-2010 (не менее 5 см).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Еремин Г.В., Еремин В.Г.* Использование генофонда дикорастущих видов рода *Prunus L.* в селекции клоновых подвоев косточковых культур // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2015. – Т. 176, № 4. – С. 416–428.
2. *Бунцевич Л.Л., Винтер М.А., Щербаков Н.А.* Влияние вируса шарки сливы (PPV) на эффективность клонального микроразмножения сливы домашней // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 4 (34). – С. 98–101.
3. *Высоцкий В.А.* Подходы к прогнозированию конечного выхода растений при клональном микроразмножении плодовых и ягодных культур // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2019. – Т. 6, № 1. – С. 24–26.
4. *Осипов Г.Е., Осипова З.А.* Новый сорт сливы домашней Синеокая селекции Татарского НИИСХ // Садоводство и виноградарство. – 2016. – № 5. – С. 43–45.
5. *Степанова Е.И., Конеева О.А.* Применение цеолитов в сельскохозяйственном производстве // Природные ресурсы Центрального региона России и их рациональное использование: материалы II Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию кафедры почвоведения и прикладной биологии Орлов. гос. ун-та им. И.С. Тургенева. – Орел, 2019. – С. 119–122.
6. *Influence of binder on porous structure of zeolite compositions and their catalytic activity / I.E. Kononova, E.V. Maraeva, V.A. Moshnikov, S.A. Skornikova // Glass physics and chemistry. – 2020. – Vol. 46, N 2. – P. 184–195.*
7. *Бонн В.Л.* Практика применения торфоцеолитных удобрений для повышения качества посадочного материала земляники // Адаптивность сельскохозяйственных культур в экстремальных условиях Центрально- и Восточно-Азиатского макрорегиона: сб. тр. конф. Красноярск: Изд-во Краснояр. гос. аграр. ун-та, 2018. – С. 161–170.
8. *Питательный субстрат для растений на основе цеолитов / В.С. Солдатов, А.П. Езубец, В.В. Сапрыкин, Е.Г. Косандрович, Л.Н. Шаченкова // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 1 (66). – С. 149–161.*
9. *Цеолит – концентрация водородных ионов и микробный фон / А.Н. Чернов, Е.А. Прищипенко, Д.М. Афордоаньи, Р.Р. Газизов // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: материалы IV Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. году науки и технологий в РФ и 40-летию института общей и экспериментальной биологии. – Улан-Удэ: Изд-во Бурят. науч. центра Сиб. отд-ния РАН, 2021. – С. 524–526.*
10. *Plant growth and biological productivity after processing with microelements / I.A. Dobrosmyslova, A.A. Sazanova, V.G. Semenov [et al.] // Вестник национальной академии наук Республики Казахстан. – 2021. – №1 (389). – С. 74–80.*
11. *Kulzhanova S., Popov V.* Influence of natural zeolites and improved mineral feeding on physiological and morphological features of sunflower in north-eastern // Kazakhstan International Research Journal. – 2018. – № 2 (68). – P. 39–44.
12. *Mamadoliev I.I., Fayzullaev N.I.* Optimization of the activation conditions of high silicon zeolite // International journal of advanced science and technology. – 2020. – Vol. 29, N 3. – P. 6807–6813.
13. *Gas adsorption in zeolite and thin zeolite layers: molecular simulation, experiment, and adsorption potential theory / W. Kellouai, M. Plazanet, B. Coasne [et al.] // Langmuir. – 2021. – P. 162–169.*
14. *Шаббаев В.П., Бочарникова Е.А., Остроумов В.Е.* Ремедиация загрязненной кадмием почвы при применении стимулирующих рост растений ризобактерий и природного цеолита // Почвоведение. – 2020. – № 6. – С. 738–750.

15. *Активированный* цеолит как компонент органоминерального удобрения / Е.М. Кулагина, Е.Ю. Громова, Р.И. Юсупова, Ф.Ф. Багаутдинов, Ю.Г. Галяметдинов // Вестник технологического университета. – 2020. –Т. 23, № 11. – С. 9–12.
16. *Технология* получения оздоровленного от вирусов посадочного материала плодовых и ягодных культур: метод. указания / М.Т. Упадышев [и др.]. – М.: Росинформагротех, 2013. – 91 с.
17. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. – Изд. 6-е, стер. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.

## REFERENCES

1. Eremin G.V., Eremin V.G., *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*, 2015, Vol. 176, No. 4, pp. 416–428. (In Russ.)
2. Buntsevich L.L., Vinter M.A., Shcherbakov N.A., *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2018, No. 4 (34), pp. 98–101. (In Russ.)
3. Vysotskii V.A., *Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur*, 2019, Vol. 6, No. 1, pp. 24–26. (In Russ.)
4. Osipov G.E., Osipova Z.A., *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2016, No. 5, pp. 43–45. (In Russ.)
5. Stepanova E.I., Koneeva O.A., *Prirodnye resursy tsentral'nogo regiona Rossii i ikh ratsional'noe ispol'zovanie* (Natural resources of the central region of Russia and their rational use), Proceedings of the 2nd FII-Russian Conference, Orel: Publishing House of I.S. Turgenev Orel State University, 2019, pp. 119–122. (In Russ.)
6. Kononova I.E., Maraeva E.V., Moshnikov V.A., Skornikova S.A., Influence of binder on porous structure of zeolite compositions and their catalytic activity, *Glass physics and chemistry*, 2020, Vol. 46, No. 2, pp. 184–195. (In Russ.)
7. Bopp V.L., *Adaptivnost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v ekstremal'nykh usloviyakh tsentral'noi vostochno-aziatskogo makroregiona* (Adaptability of agricultural crops in extreme conditions of the Central and East Asian macroregion), Proceedings of the conference title, Krasnoyarsk: Publishing house of Krasnoyarsk state agrarian university, 2018, pp. 161–170. (In Russ.)
8. Soldatov V.S., Ezubets A.P., Saprykin V.V., Kosandrovich E.G., Shachenkova L.N., *Pochvovedenie i agrokimiya*, 2021, No. 1 (66), pp. 149–161. (In Russ.)
9. Chernov A.N., Prishchipenko E.A., Afordoan'i D.M., Gazizov R.R., *Raznoobrazie pochv i bioty severnoi i tsentral'noi Azii* (Diversity of soils and biota of North and Central Asia), Proceedings of the 4nd FII-Russian Conference, Ulan-Ude: Publishing House of the Buryat Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021, pp. 524–526. (In Russ.)
10. Dobrosmyslova I.A., Sazanova A.A., Semenov V.G., *Vestnik natsional'noi akademii nauk respubliky Kazakhstan*, 2021, No. 1 (389), pp. 74–80. (In Kazakhstan)
11. Kulzhanova S., Popov V., Influence of natural zeolites and improved mineral feeding on physiological and morphological features of sunflower in north-eastern, *Kazakhstan International Research Journal*, 2018, No. 2 (68), pp. 39–44. (In Kazakhstan)
12. Mamadoliev I.I., Fayzullaev N.I., Optimization of the activation conditions of high silicon zeolite, *International journal of advanced science and technology*, 2020, Vol. 29, No. 3, pp. 6807–6813.
13. Kellouai W., Plazanet M., Coasne B., Judeinstein P., Baudoin S., Drobek M., Julbe A., Gas adsorption in zeolite and thin zeolite layers: molecular simulation, experiment, and adsorption potential theory, *Langmuir*, 2021, pp. 162–169.
14. Shabaev V.P., Bocharnikova E.A., Ostroumov V.E., *Pochvovedenie*, 2020, No. 6. pp. 738–750. (In Russ.)
15. Kulagina E.M, Gromova E.Yu., *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 2020, Vol. 23, No. 11, pp. 9–12. (In Russ.)
16. Upadyshev M.T. i dr., *Tehnologija poluchenija ozdorovlennogo ot virusov posadochnogo materiala plodovykh i jagodnykh kul'tur* (Technology for obtaining virus-free planting material for fruit and berry crops), Moscow: Rosinformagroteh, 2013, 91 p.
17. Dosphehov B.A., *Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Field experiment methodology: (with the basics of statistical processing of research results)), Moscow: Al'jans, 2011, 350 p.