<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-100-104>

УДК 635.22:(581.1.043+581.19)

Е. Н. Карасева

Государственное научное учреждение
«Институт экспериментальной ботаники
имени В.Ф. Купревича Национальной
академии наук Беларуси»
220072, г. Минск, Республика Беларусь, ул.
Академическая, 27

Конфликт интересов: Автор заявляет
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Карасева Е.Н. Физиолого-
биохимическая оценка клубней *Dioscorea*
alata L., выращенных на модифицированном
ионообменном субстрате. *Овощи России*.
2021;(3):100-104.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-100-104>

Поступила в редакцию: 06.05.2021

Принята к печати: 18.05.2021

Опубликована: 25.06.2021

Alena N. Karasiova

The State Scientific Institution «V.F. Kuprevich
institute of experimental botany of the National
academy of sciences of Belarus»
st. Akademicheskaya, 27, Minsk, 220072,
Republic of Belarus

Conflict of interest. The author declare
no conflict of interest.

For citations: Karasiova A.N. Physiological and
biochemical evaluation of *Dioscorea alata* L.
tubers cultivated on a modified ion-exchange sub-
strate. *Vegetable crops of Russia*. 2021;(3):100-
104. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-3-100-104>

Received: 06.05.2021

Accepted for publication: 18.05.2021

Accepted: 25.06.2021

Физиолого- биохимическая оценка клубней *Dioscorea alata* L., выращенных на модифицированном ионообменном субстрате

Резюме

Актуальность. В настоящее время значительно вырос интерес к лекарственным растениям и препаратам из натурального растительного сырья. Это связано с тем, что биологически активные вещества растений легче включаются в процессы жизнедеятельности и не вызывают побочных эффектов у человека. Они могут быть продуктами первичного (витамины, жиры, углеводы, белки) и вторичного биосинтеза (алкалоиды, гликозиды, дубильные вещества). В растениях всегда содержится комплекс биологически активных веществ, но терапевтическим и профилактическим действием обладает одно или несколько. Их относят к действующим веществам и используют при производстве лекарственных препаратов. Одними из перспективных лекарственных растений являются виды из рода *Dioscorea*, например, *Dioscorea alata* L., содержащая комплекс биологически активных веществ. Цель работы – изучение влияния влажности и уровня минерального питания корнеобитаемой среды на накопление биологически активных соединений в клубнях растения диоскореи крылатой, адаптированной к условиям *in vivo* на ионообменном субстрате различного химического состава и агрофизических свойств.

Результаты. Показано, что в ионообменном субстрате, модифицированном 1 г/л крупной фракции гидрогеля, растения *Dioscorea alata* L. способны накапливать наибольшее количество крахмала, сухого вещества, аскорбиновой кислоты и флавоноидов. Полученные данные могут быть использованы в практических целях.

Ключевые слова: биологически активные вещества, гидрогель, ионообменный субстрат, стрессоустойчивость, *Dioscorea alata* L.

Physiological and biochemical evaluation of *Dioscorea alata* L. tubers cultivated on a modified ion-exchange substrate

Abstract

Relevance. Currently, there is an increased interest in medicinal plants and preparations from natural herbal raw materials. This is due to the fact that biologically active substances of plants are more easily included in vital processes and do not cause side effects in humans. They can be products of primary (vitamins, fats, carbohydrates, proteins) and secondary biosynthesis (alkaloids, glycosides, tannins). Plants always contain a complex of biologically active substances, but one or several have a therapeutic and prophylactic effect. They are classified as active ingredients and are used in the production of medicines. Some of the promising medicinal plants are species from the genus *Dioscorea*, for example, *Dioscorea alata* L., containing a complex of biologically active substances. The aim of this work is to study the effect of humidity and the level of mineral nutrition in the root environment on the accumulation of biologically active compounds in the tubers of the dioscorea winged plant, adapted to *in vivo* conditions on an ion-exchange substrate of various chemical composition and agrophysical properties.

Results. It has been shown that *Dioscorea alata* L. plants are able to accumulate the greatest amount of starch, dry matter, ascorbic acid, and flavonoids in an ion-exchange substrate modified with 1 g/l of the coarse hydrogel fraction. The data obtained can be used for practical purposes.

Keywords: biologically active substances, hydrogel, ion exchange substrate, stress, *Dioscorea alata* L.

Введение

Несмотря на большое количество синтетических лекарственных препаратов, используемых в современной медицине, интерес к лекарственным средствам народной медицины не исчез, а наоборот, в настоящее время возрождается, что в некоторой степени объясняется ростом аллергических реакций на прием синтетических препаратов, и часто неполной их метаболизацией. Известно, что применение средств растительного происхождения, прежде всего, объясняется их высокой биологической активностью. Химический состав растений стали изучать в конце 17-го века, а в конце 19-го века были выделены в чистом виде алкалоиды, гликозиды, дубильные вещества, сапонины, флавоноиды, различные органические кислоты, витамины, жирные и эфирные масла, микроэлементы и другие. К наиболее важным биологически активным веществам растений относятся: флавоноиды, смолы, витамины, сапонины, алкалоиды, гликозиды, горькие вещества, пигменты и др. [1].

Биологически активные вещества (БАВ) – это органические природные, а также искусственно созданные соединения, которые оказывают разной степени специфическое воздействие на процессы в организме как человека и животных, так и растений. Растения содержат комплексы биологически активных веществ (их называют действующими веществами и используют при производстве лекарственных препаратов [2,3]), однако не все из них обладают терапевтическим и профилактическим действием.

Согласно литературным данным, в составе клубней интродукта из тропической зоны *Dioscorea alata* L. содержатся витамины, углеводы, белки, алкалоиды, гликозиды [4].

В связи с этим целью работы являлось изучение влияния влажности и уровня минерального питания корнеобитаемой среды на накопление биологически активных соединений в клубнях растения диоскореи, адаптированной к условиям *in vivo* на ионообменном субстрате различного химического состава и агрофизических свойств.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования служили растения диоскореи крылатой (*Dioscorea alata* L.), что было обусловлено их ценными хозяйственными, фармакологическими свойствами и декоративным экзотическим внешним видом.

Dioscorea alata L. – многолетняя травянистая лиана (см. рис. 1) имеющая крупные клубни, богатые биологически активными веществами и лекарственными субстанциями. Диоскорея крылатая культивируется в Юго-Восточной Азии. Стебли четырехугольные, с 4 продольно крылатыми, волнистыми зелеными или красноватыми выростами; зрелые стебли (у основания) цилиндрические и колючие. Листья, как правило, супротивные, иногда чередуются на быстрорастущих ветвях, кожистые, широкояйцевидные. Соцветия пазушные, цветки однополые. Благодаря фиолетовой окраске листьев может быть ценным естественным источником пищевого красителя [2].

Рис. 1. Внешний вид *Dioscorea alata* L. В опытах
Fig. 1. Appearance of *Dioscorea alata* L.

Черенки *Dioscorea alata* L. укореняли на биотехнических комплексах, установленных в закрытом помещении с искусственным освещением, на которых размещали пластиковые контейнеры размером 20x20 см² с вариантами модифицированного субстрата. Густота посадки черенков – по 5 шт. в контейнер. В качестве источника света использовали натриевые лампы ДНАТ-400, температуру поддерживали на уровне 20±2°C [5].

Модификацию субстрата осуществляли путем внесения определенных концентраций различных гидрогелей марки ECOFLOC A-07 (КНР) в следующих вариантах: гидрогель без удобрений крупной (к/ф) и мелкой фракций (м/ф), гидрогель с бентонитом, гидрогель с гуматом, гидрогель К+ (вариант представляет собой полиакриламид на основе калия). Гель в набухшем состоянии в концентрациях 1,0 и 0,5 г/л вносили в субстрат с товарным знаком ТРИОНА® [6, 7]. Содержание сухого вещества в сыром растительном материале определяли методом сухого остатка [8].

Количество аскорбиновой кислоты оценивали спектрофотометрически по реакции с 2,6-дихлорфенолином [9].

Для количественного определения суммы флавоноидов использовали метод, основанный на реакции комплексообразования с алюминия хлоридом в среде с 95 %-ным этиловым спиртом. Сумму флавоноидов рассчитывали по удельному показателю поглощения гипероксида (Государственный стандартный образец (ГСО) ВФС 42-1088-81) [10].

Анализ полученных результатов проводили в 3–5-кратной биологической и в 3-х аналитических повторностях. Для статистической обработки экспериментальных данных использовали прикладные пакеты программ STATISTICA 6.0 и статистические методы, применяемые для биологических исследований [11].

Результаты исследований и их обсуждение

Клубни получены в результате проведения полной вегетации растений диоскореи крылатой от укоренения черенков в условиях *in vivo*.

Период вегетации *Dioscorea alata* L. продолжается от 5–6 месяцев до 10–12 месяцев. В ходе исследований установлено, что период формирования клубней у *Dioscorea alata* L. в наших опытах составил 11 месяцев. Исходя из полученных данных наибольшая масса клуб-

Рис. 2. Масса клубней *Dioscorea alata* L.
Fig. 2. Mass of tubers *Dioscorea alata* L.

ней сформировалась в вариантах с гидрогелем к/ф, м/ф, бентонитом и гуматом в концентрации 1 г/л (в 3; 2; 1,5; 2 раза превышала значения того же показателя в контроле соответственно) и с гидрогелем к/ф, бентонитом и К⁺ в концентрации 0,5 г/л (в 1,4; 2; 2 раза выше контроля соответственно) (см. рис. 2, табл. 1).

Наименьшая масса клубней наблюдалась в варианте с добавлением 1 г К⁺. В остальных вариантах масса клубней несущественно превышала уровень контроля (рис. 2, табл. 1). Количественные характеристики полученных клубней представлены в табл. 1.

Таблица 1. Масса и количество клубней *Dioscorea alata* L. полученных на модифицированном ионообменном субстрате
Table 1. Mass and number of *Dioscorea alata* L. tubers obtained on a modified ion-exchange substrate

Варианты опыта	Масса клубней, г	Кол-во клубней, шт
1 г к/ф	90,73±1,07	3,50±0,92
0,5 г к/ф	38,20±0,88	4,75±0,79
1 г м/ф	58,85±2,17	5,50±0,92
0,5 г м/ф	18,73±2,97	2,25±0,79
1 г бентонит	43,00±4,71	3,75±0,79
0,5 г бентонит	59,07±1,67	5,50±0,92
1 г гумат	52,16±2,68	2,75±0,79
0,5 г гумат	24,23±3,37	2,75±0,79
1 г калий	8,62±0,69	1,50±0,92
0,5 г калий	54,04±3,62	3,25±0,79
Контроль	27,46±2,96	1,50±0,92

Примечание: $P = 0,05$

Наибольшее количество клубней *Dioscorea alata* L. сформировалось в вариантах с 0,5 г к/ф, бентонита 1 г м/ф, в варианте с 1 г К⁺ в количестве клубней было на уровне контроля. В остальных вариантах количество клубней несущественно превышало уровень контроля.

Важной физиологической характеристикой зрелости клубней являлся показатель абсолютно сухой массы клубней и содержание крахмала как конечного запасующего продукта углеводного метаболизма (табл. 2).

Исходя из полученных данных, наибольшее содержание крахмала в клубнях *Dioscorea alata* L. накапливалось при добавлении 1 г к/ф (в 1,5 раза выше конт-

Таблица 2. Содержание крахмала в клубнях *Dioscorea alata* L.
Table 2. Starch content in *Dioscorea alata* L. tubers

Вариант опыта	Абсолютно сухая масса, %	Содержание крахмала, %
1 г к/ф	27,03 ± 0,11	21,28 ± 0,11
0,5 г к/ф	21,01 ± 0,97	15,26 ± 0,97
1 г м/ф	16,03 ± 0,43	10,28 ± 0,43
0,5 г м/ф	19,06 ± 0,52	13,31 ± 0,52
1 г бентонита	21,90 ± 0,68	16,45 ± 0,97
0,5 г бентонита	19,55 ± 0,23	13,80 ± 0,23
1 г гумата	22,17 ± 0,42	16,42 ± 0,42
0,5 г гумата	22,28 ± 0,46	16,52 ± 0,46
1 г калия	16,03 ± 0,63	10,48 ± 0,45
0,5 г калия	18,56 ± 0,08	12,81 ± 0,08
Контроль	20,30 ± 0,58	14,55 ± 0,56

Примечание: $P = 0,05$

роля), а наименьшее – в вариантах с добавлением 1 г/л гидрогелей м/ф и К⁺. Учитывая, что в варианте с добавлением 0,5 г/л гидрогеля К⁺ происходит увеличение как сухого вещества, так и содержания крахмала, можно заключить, что клубнеобразование у растений диоскореи лимитировано избытком ионов калия. Избыток ионов наблюдался при внесении в оптимизированный по минеральному составу ионообменный субстрат Триона 1 г/л гидрогеля с К⁺, представляющего собой полиакриламид на основе калия. Известно, что для растений картофеля, содержание К⁺ в корнеобитаемой среде сильно влияет на урожай клубней этой культуры [12]. В остальных вариантах процент содержания крахмала незначительно превышал контрольные значения.

Лиана *Dioscorea alata* L. относится к лекарственным растениям, применяется при лечении многих заболеваний. Наиболее эффективно на организм человека воздействуют препараты из клубней растения, содержа-

щие комплекс антиоксидантов – витаминов и флавоноидов, а также аналоги стероидных гормонов – сапонины [13].

Нами проведены исследования по определению суммарного содержания флавоноидов у вида *Dioscorea alata* L.

Известно, что биологическое действие флавоноидов разнообразно: они участвуют в регуляции окислительно-восстановительных процессов, стабилизации клеточных мембран, модуляции активности ферментов и рецепторов [14,15].

На сегодня определен спектр действия этих соединений в организме человека: капилляроукрепляющее, спазмолитическое, антистрессовое, противовоспалительное, антигрибковое, антибактериальное, противовирусное, противоязвенное, антитоксическое, антиаллергическое, антиатеросклеротическое [1]. Свойства флавоноидов обуславливают широкие возможности их использования в качестве лекарственных средств, не оказывающих, в отличие от синтетических аналогов, серьезных побочных эффектов.

Согласно полученным данным (рис. 3), общее содержание флавоноидов во всех вариантах значительно превышало аналогичный показатель в контроле (в 1,6–3,9 раза). При этом наибольшее содержание флавоноидов наблюдалось у растений, выросших на субстрате, модифицированном по влажности 1 г/л м/ф, 1 г/л бентонита и 0,5 г/л к/ф.

Следует отметить, что значительное увеличение суммарного содержания флавоноидов в клубнях *Dioscorea alata* L. наблюдается при модификации композиционного состава ионообменного субстрата ТРИОНА® путем добавления гидрогелей определенных концентраций.

Значимым соединением в антиоксидантной защите растений является аскорбиновая кислота – мощный антиоксидант, фактор защиты организма от последствий стресса. Значительное ее количество содержится в продуктах растительного происхождения. Клубни и корневища *Dioscorea alata* L. также богаты витамином С [3]. Накопление аскорбиновой кислоты в растениях зависит от температуры, освещенности, влажности и уровня минерального питания. Обеспеченность растений водой – не менее важный фактор, влияющий на синтез витаминов. В условиях водного стресса, а также с повышением дозы удобрений новообразование веществ в растениях замедляется, что приводит к снижению содержания аскорбиновой кислоты.

В связи с этим нами проведены исследования по определению содержания аскорбиновой кислоты в клубнях *Dioscorea alata* L. Наибольшее количество витамина С отмечено в клубнях, полученных на субстрате, модифицированном с 1 г/л к/ф, 1 г/л бентонита и 0,5

Рис. 3. Суммарное содержание флавоноидов в клубнях *Dioscorea alata* L.: 1 – 1 г/л гидрогеля крупной фракции; 2 – 0,5 г/л гидрогеля крупной фракции; 3 – 1 г/л гидрогеля мелкой фракции; 4 – 0,5 г/л гидрогеля мелкой фракции; 5 – 1 г/л гидрогеля с бентонитом; 6 – 0,5 г/л гидрогеля с бентонитом; 7 – 1 г/л гидрогеля К⁺; 8 – 0,5 г/л гидрогеля К⁺; 9 – 1 г/л гидрогеля с гуматом; 10 – 0,5 г/л гидрогеля с гуматом; К – контроль

Fig. 3. Total flavonoids content of tubers of *Dioscorea alata* L.: 1 – 1 g/l of coarse hydrogel; 2 – 0,5 g/l of coarse hydrogel; 3 – 1 g/l of fine fraction hydrogel; 4 – 0,5 g/l of fine fraction hydrogel; 5 – 1 g/l hydrogel with bentonite; 6 – 0,5 g/l of hydrogel with bentonite; 7 – 1 g/l of the hydrogel K⁺; 8 – 0,5 g/l of hydrogel K⁺; 9 – 1 g/l hydrogel with a humate; 10 – 0,5 g/l hydrogel with a humate; K – control

Рис. 4. Содержание аскорбиновой кислоты в клубнях *Dioscorea alata* L.: 1 – 1 г/л гидрогеля крупной фракции; 2 – 0,5 г/л гидрогеля крупной фракции; 3 – 1 г/л гидрогеля мелкой фракции; 4 – 0,5 г/л гидрогеля мелкой фракции; 5 – 1 г/л гидрогеля с бентонитом; 6 – 0,5 г/л гидрогеля с бентонитом; 7 – 1 г/л гидрогеля К⁺; 8 – 0,5 г/л гидрогеля К⁺; 9 – 1 г/л гидрогеля с гуматом; 10 – 0,5 г/л гидрогеля с гуматом; К – контроль

Fig. 4. Ascorbic acid content of tubers of *Dioscorea alata* L.: 1 – 1 g/l of coarse hydrogel; 2 – 0,5 g/l of coarse hydrogel; 3 – 1 g/l of fine fraction hydrogel; 4 – 0,5 g/l of fine fraction hydrogel; 5 – 1 g/l hydrogel with bentonite; 6 – 0,5 g/l of hydrogel with bentonite; 7 – 1 g/l of the hydrogel K⁺; 8 – 0,5 g/l of hydrogel K⁺; 9 – 1 g/l hydrogel with a humate; 10 – 0,5 g/l hydrogel with a humate; K – control

г/л к/ф (в 5 раз выше контроля), а наименьшее – в вариантах с использованием гидрогеля К⁺ (рис. 4).

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что наибольшее количество биологически активных веществ накапливается в условиях выращивания растений *Dioscorea alata* L. на субстрате, модифицированном путем добавления гидрогеля в концентрации 1 г/л к/ф и бентонита, а также 0,5 г/л к/ф, что наиболее стабилизирует ионообменный субстрат по влажности.

Выводы

Полученные результаты по содержанию продуктов первичного биосинтеза – аскорбиновой кислоты и продуктов вторичного синтеза – флавоноидов в клубнях диоскореи свидетельствуют о том, что их концентрация зависит от влажности субстрата.

По нашим данным, в вариантах с 1 г/л м/ф, 1 г/л бентонита и 0,5 г/л к/ф содержание аскорбиновой кислоты превышало контрольные значения в 7–8 раз.

Содержание флавоноидов во всех вариантах также значительно превышало аналогичный показатель в

контроле (в 1,6–3,9 раза). При этом наибольшее количество флавоноидов наблюдали в вариантах с гидрогелями 1 г/л м/ф, 1 г/л бентонита, 1 г/л К+, 0,5 г/л к/ф и 0,5 г/л м/ф.

Таким образом, диоскорея крылатая содержит наибольшее количество крахмала, сухого вещества, аскорбиновой кислоты и флавоноидов при выращивании на модифицированном ионообменном субстрате (1 г/л к/ф). Полученные результаты могут быть использованы в разработке технологии выращивания диоскореи крылатой в закрытом грунте.

Об авторе:

Елена Николаевна Карасёва – научный сотрудник Института экспериментальной ботаники НАН Беларуси, ledymc_net@mai.ru

About the author:

Alena N. Karasiova – Researcher of V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus, ledymc_net@mai.ru

• **Литература**

1. Altemimi A.W., Watson D.G., Kinsel M., Lightfoot D.A. Simultaneous extraction, optimization, and analysis of flavonoids and polyphenols from peach and pumpkin extracts using a tlc-densitometric method. *Chem. Cent. J.* 2015;(9):1–15. doi: 10.1186/s13065-015-0113-4.
2. Bouman, F. Seed structure and systematics in Dioscoreales. Monocotyledons: systematics and evolution : papers presented at the Intern. symp., The Roy. Bot. Gardens, Kew, 18–23 July 1993 : in 2 vol. Ed.: P. J. Rudall [et al.]. Richmond, 1995;(1):139–156.
3. Куркин, В.А. Фармакогнозия : учебник. Самара; Офорт : Самар. гос. мед. ун-т, 2004. 1179 с.
4. Сорокина, А.А., Бу Вэй Изучение состава биологически активных веществ диоскореи супротивной. Состояние и перспективы оптимизации и эффективности в фармакогнозии, технологии, клинике: сб. материалов науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 30-летию каф. фармакогнозии и фармацевт. технологии Яросл. гос. мед. акад. Яросл. гос. мед. акад.; [принимали участие М.Е. Жаворонкова, Я.А. Мальцева, С. К. Забелина]. Ярославль, 2014. С.61–63.
5. Спектральные характеристики источника света и особенности роста растений в условиях искусственного освещения. *Физиол. раст.* 1990;37(2):30–35.
6. Янчевская, Т.Г., Бобров В.А. Оптимизация содержания катионов и анионов в среде корнеобитания для максимального коэффициента размножения картофеля *in vivo*. *Ботаника: исследования*. 2008;(35):495–506.
7. Янчевская, Т.Г., Бахнова К.В., Ольшаникова А.Л. Ионообменные питательные субстраты – их уникальные свойства и области применения. *Ботаника: исследования*. Минск: Право и экономика. 2005;(33):361–366.
8. Гавриленко, В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. М. : Высш. шк., 1975. 392 с.
9. Чупахина, Г.Н. Колориметрическое определение аскорбиновой кислоты. Специальный практикум по биохимии и физиологии растений: учеб. пособие. Калининград, 1981. С.14–16.
10. Точкова, Т.В., Бубенчикова В.Н. Спектрофотометрический метод количественного определения суммы флавоноидов в цветках липы. *Науч. тр. ВНИИ фармауки*. 1991;(29):173–177.
11. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика. Изд. 3-е, испр. Минск: Выш. шк., 1973. 318 с.
12. Янчевская, Т.Г. *Оптимизация минерального питания растений*. Минск: Беларус. навука, 2014. 456 с.
13. Bousalem M., Dallot S. First report and molecular characterization of yam mild mosaic virus in *Dioscorea alata* on the island of Martinique. *Plant Disease*. 2000;84(2):200.
14. Anokwuru C.P., Anyasor G.N., Ajibaye O., Fakoya O., Okebugwu P. Effect of extraction solvents on phenolic, flavonoid and antioxidant activities of three nigerian medicinal plants. *Nat. Sci.* 2011;(9):53–61.
15. Сорокина, А.А., Бу Вэй Изучение фенольных соединений двух видов диоскореи. Человек и лекарство: сб. материалов XIX Междунар. конгр., Москва, 7–11 апреля 2014 г. М., 2014. С.323.

• **References**

1. Altemimi A.W., Watson D.G., Kinsel M., Lightfoot D.A. Simultaneous extraction, optimization, and analysis of flavonoids and polyphenols from peach and pumpkin extracts using a tlc-densitometric method. *Chem. Cent. J.* 2015;(9):1–15. doi: 10.1186/s13065-015-0113-4.
2. Bouman, F. Seed structure and systematics in Dioscoreales. Monocotyledons: systematics and evolution : papers presented at the Intern. symp., The Roy. Bot. Gardens, Kew, 18–23 July 1993 : in 2 vol. Ed.: P. J. Rudall [et al.]. Richmond, 1995;(1):139–156.
3. Kurkin V.A. *Pharmacognosy : a textbook*. Samara: Ofort : Samar. state med. Univ, 2004. 1179 p. (in Russian).
4. Sorokin A.A., Bu Wei. *Study of the composition of biologically active substances of Dioscorea opposita*. Yaroslavl, 2014, pp. 61–63. (in Russian).
5. Protasov N.I. The spectral characteristics of the light source and the growth characteristics of plants under artificial lighting. *Fiziologiya rastenii* [Plant physiology]. 1990;37(2):30–35. (in Russian).
6. Yanchevskaya T.G., Bobrov V.A. Optimizing the content of cations and anions in the environment corneometry for maximum multiplication factor of potato *in vivo*. *Botanika: issledovaniya* [Botany: research]. 2008;(35):495–506. (in Russian).
7. Yanchevskaya T.G., Olshankova A.L., Baxnova K.V. Ion exchange nutrient substrates – their unique properties and applications. *Botanika: issledovaniya* [Botany: research], Minsk, Pravo i ekonomika. 2005;(33):361–366. (in Russian).
8. Gavrilenko V.F., Ladygina M.E., Khandobin L.M. Large workshop on plant physiology. Photosynthesis. Respiration : proc. manual; ed. by B. A. Rubin. Moscow: High school, 1975. 392 p. (in Russian).
9. Chupakhina G.N. Colorimetric determination of ascorbic acid. Special workshop on the biochemistry and physiology of plants : proc. manual. Kaliningrad, 1981, pp. 14–16. (in Russian).
10. Tochko T.V., Bubenchikova V.N. Spectrophotometric method for the quantitative determination of the amount of flavonoids in the flowers of the Linden. *Nauchnye trudy VNI farmnauki* [Proceedings of the Institute of farmhouse]. 1991;(29):173–177. (in Russian).
11. Rokický P.F. Biological statistics : proc. manual. 3rd ed., rev., Minsk, High school, 1973. 318 p. (in Russian).
12. Yanchevskaya T.G. *Optimization of mineral nutrition of plants*. Minsk, Belarus. navuka, 2014. 456 p. (in Russian).
13. Bousalem M., Dallot S. First report and molecular characterization of yam mild mosaic virus in *Dioscorea alata* on the island of Martinique. *Plant Disease*. 2000;84(2):200.
14. Anokwuru C.P., Anyasor G.N., Ajibaye O., Fakoya O., Okebugwu P. Effect of extraction solvents on phenolic, flavonoid and antioxidant activities of three nigerian medicinal plants. *Nat. Sci.* 2011;(9):53–61.
15. Sorokin A.A., Bu Wei. Study of phenolic compounds in two types of Yam. *Sbornik materialov XIX Mezhdunarodnogo kongressa "Chelovek i lekarstvo* [Man and medicine: proceedings of XIX Intern. Congress]. Moscow, 2014, p. 323. (in Russian).