

**Е. Н. Карасёва, Т. Г. Янчевская, Т. Б. Макарова**

*Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь*

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ  
ВЕЩЕСТВ В КЛУБНЯХ *DIOSCOREA ALATA* L., ВЫРАЩЕННОЙ  
В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ**

Изучено содержание аскорбиновой кислоты и флавоноидов в клубнях диоскорей, полученных на ионообменном субстрате, модифицированном по влажности с помощью гидрогелей различного состава.

Показано, что в ионообменном субстрате, модифицированном 1 г/л крупной фракции, растения диоскорей 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.

**E. N. Karaseva, T. G. Yanchevskaya, T. B. Makarova**

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus*

**PHYSIOLOGICAL-BIOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES  
*DIOSCOREA ALATA* L., GROWING IN THE PROTECTED SOIL**

Results on the contents of ascorbic acid and flavonoids in tuber dioscorea received on ion-exchange substrate modified humidity using hydrogels of different composition.

It was shown that the ion-exchange substrate, a modified by 1 g/l, dioscorea plants were able to accumulate the highest dry matter, starch, ascorbic acid and flavonoids that may be used for practical purposes.

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

**Введение.** Большое значение для развития современной фармакологии в плане разработки новых медицинских препаратов имеют новые знания о биологических объектах, которые содержат активные в отношении целого ряда заболеваний вещества. Биологически активные вещества представляют собой органические природные, а также искусственно созданные соединения, которые оказывают разной степени специфическое воздействие на биологические процессы в организме как человека и животных, так и растений. Они могут быть продуктами первичного (витамины, жиры, углеводы, белки) и вторичного (алкалоиды, гликозиды, дубильные вещества) биосинтеза. Растения содержат комплексы биологически активных веществ (их называют действующими веществами и используют при производстве лекарственных препаратов [1–3]), однако не все из них обладают терапевтическим и профилактическим действием.

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

Цель работы – изучение влияния уровня минерального питания и влажности корнеобитаемой среды на изменение синтеза биологически активных соединений в клубнях и листьях растения диоскорей, адаптированной к условиям *in vivo* на ионообменном субстрате различного химического состава и агрофизических свойств.

**Объекты и методы исследования.** Объектами исследования служили растения диоскорей (*Dioscorea alata* L.), что было обусловлено их ценными хозяйственными, фармакологическими свойствами и декоративным экзотическим видом. Черенки *Dioscorea alata* L. укореняли на биотехнических комплексах БТК-2, установленных в закрытом помещении с искусственным освещением,

на которых размещали пластиковые контейнеры размером 20×20 см<sup>2</sup> с вариантами модифицированного субстрата. Густота посадки черенков – по 5 шт. В качестве источника света использовали натриевые лампы ДНАТ-400, температуру поддерживали на уровне 20 ± 2 °С днем и 17 ± 2 °С ночью [5].

Модификацию субстрата осуществляли путем внесения определенных концентраций различных гидрогелей марки ECOFLOC A-07 (КНР) в следующих вариантах: гидрогель без удобрений крупной и мелкой фракций (варианты 1 и 2 – к/ф и м/ф соответственно), гидрогель с бентонитом (вариант 3), гидрогель с гуматом (вариант 4), гидрогель К<sup>+</sup> (вариант 5, К<sup>+</sup> 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, т. е. без предварительного подсушивания [8].

Количество аскорбиновой кислоты оценивали спектрофотометрическим методом по реакции с 2,6-дихлорфенолиндофенолом [9].

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

Анализ полученных результатов проводили в 3–5-кратной биологической и в 3 аналитических повторностях. В ходе обработки экспериментальных данных вычисляли среднее (М), стандартную ошибку среднего (m), достоверность различий между вариантами определяли с учетом коэффициента Стьюдента (*t*) для принятого уровня значимости (*p* = 0,05).

Для статистической обработки экспериментальных данных использовали прикладные пакеты программ MS Excel 2010, STATISTICA 6.0 и статистические методы, применяемые для биологических исследований [11].

**Результаты и их обсуждение.** Клубни получены в результате проведения полной вегетации растений диоскорей (от укоренения черенков до закладки клубней) в условиях *in vivo*. Важной физиологической характеристикой зрелости клубней являлся показатель абсолютно сухой массы клубней и содержание крахмала как конечного запасующего продукта углеводного метаболизма (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Содержание крахмала в клубнях *Dioscorea*

Table 1. Starch content in *Dioscorea* 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

Исходя из полученных данных, наибольшее содержание крахмала в клубнях *Dioscorea* накапливалось при добавлении 1 г к/ф (в 1,5 раза выше контроля), а наименьшее – в вариантах с добавлением 1 г/л гидрогелей м/ф и К<sup>+</sup>. Учитывая, что в варианте с добавлением 0,5 г/л гидрогеля К<sup>+</sup> происходит увеличение как сухого вещества, так и содержания крахмала, можно заключить, что клубнеобразование у растений диоскорей лимитировано избытком ионов калия. Избыток ионов наблюдался при внесении в оптимизированный по минеральному составу ионообменный субстрат Триона 1 г/л гидрогеля с К<sup>+</sup>, представляющего собой полиакриламид

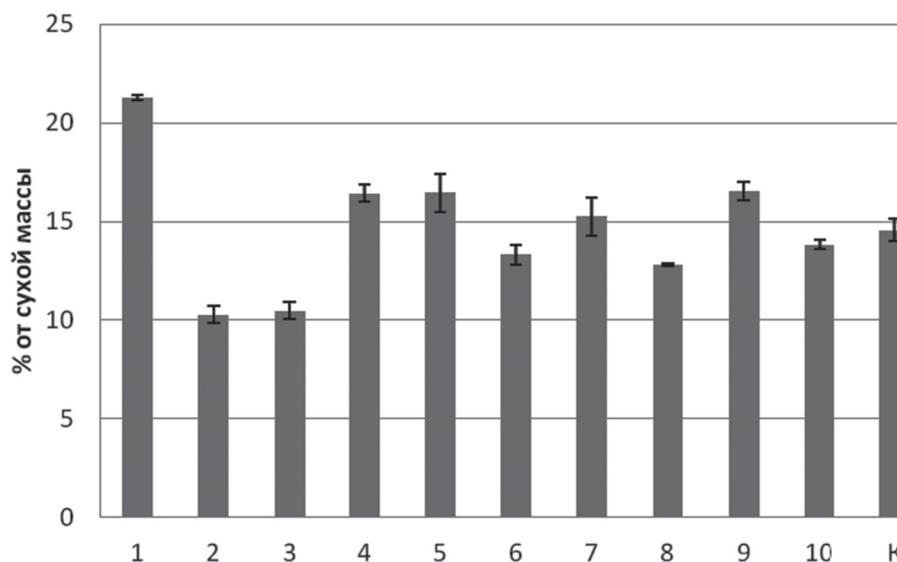


Рис. 1. Содержание крахмала в клубнях *Dioscorea*:

1 – 1 г/л гидрогеля крупной фракции; 2 – 1 г/л гидрогеля мелкой фракции; 3 – 1 г/л гидрогеля  $K^+$ ; 4 – 1 г/л гидрогеля с гуматом; 5 – 1 г/л гидрогеля с бентонитом; 6 – 0,5 г/л гидрогеля мелкой фракции; 7 – 0,5 г/л гидрогеля крупной фракции; 8 – 0,5 г/л гидрогеля  $K^+$ ; 9 – 0,5 г/л гидрогеля с гуматом; 10 – 0,5 г/л гидрогеля с бентонитом; К – контроль

Fig. 1. The content of starch in tubers of *Dioscorea*:

1 – 1 g/l of coarse hydrogel; 2 – 1 g/l of fine fraction hydrogel; 3 – 1 g/l of the hydrogel  $K^+$ ; 4 – 1 g/l hydrogel with a humate; 5 – 1 g/l hydrogel with bentonite; 6 – 0.5 g/l of fine fraction hydrogel; 7 – 0.5 g/l of coarse hydrogel; 8 – 0.5 g/l of hydrogel  $K^+$ ; 9 – 0.5 g/l hydrogel with a humate; 10 – 0.5 g/l of hydrogel with bentonite; K – control

на основе калия. Известно, что для растений картофеля, закладывающих клубни в конце вегетации, содержание  $K^+$  в корнеобитаемой среде сильно влияет на урожай этой культуры [12]. В остальных вариантах процент содержания крахмала незначительно превышал контрольные значения (рис. 1).

Лиана *Dioscorea* относится к лекарственным растениям, применяется при лечении многих заболеваний. Наиболее эффективно на организм человека воздействуют препараты из клубней растения, содержащие комплекс антиоксидантов – витаминов и флавоноидов, а также аналоги стероидных гормонов – сапонины [13].

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

Известно, что биологическое действие флавоноидов разнообразно: они участвуют в регуляции окислительно-восстановительных процессов, стабилизации клеточных мембран, модуляции активности ферментов и рецепторов [13–15]. На сегодня определен спектр действия этих соединений в организме человека: капилляроукрепляющее, спазмолитическое, антистрессовое, противовоспалительное, антигрибковое, антибактериальное, противовирусное, противовязвенное, антитоксическое, антиаллергическое, антиатеросклеротическое, антиаритмическое, антигипертензивное, иммуномодулирующее, антиканцерогенное, нефропротекторное, эстрогеноподобное, гепатопротекторное [2]. Свойства флавоноидов обуславливают широкие возможности их использования в качестве лекарственных средств, не оказывающих, в отличие от синтетических аналогов, серьезных побочных эффектов.

Согласно полученным данным (табл. 2, рис. 2), 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.

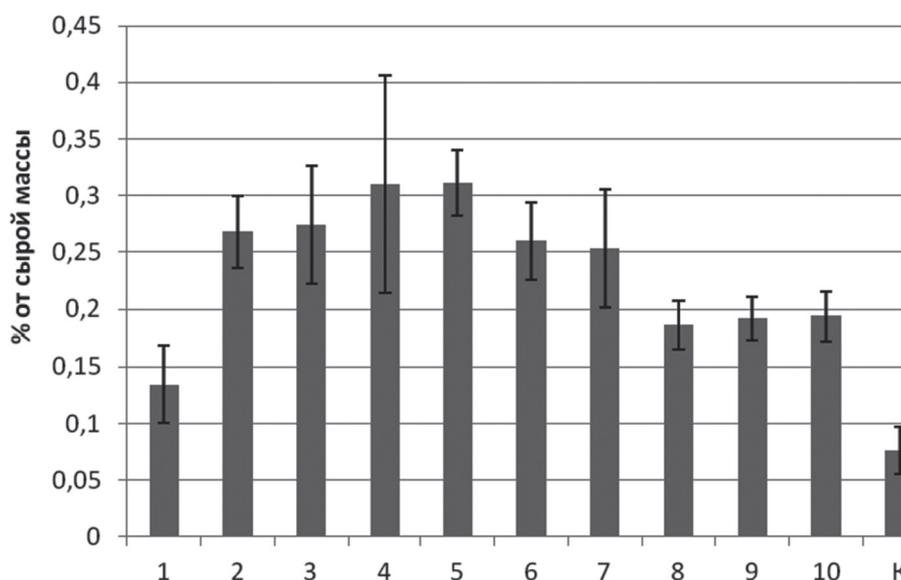
Анализируя полученные результаты, следует отметить, что значительное увеличение суммарного содержания флавоноидов в клубнях *Dioscorea alata* наблюдается при модификации композиционного состава ионообменного субстрата ТРИОНА® путем добавления различных гидрогелей определенных концентраций.

Т а б л и ц а 2. Суммарное содержание флавоноидов в клубнях *Dioscorea*T a b l e 2. The total content of flavonoids in the tubers *Dioscorea*

Вариант опыта	Сумма флавоноидов, %
1 г к/ф	0,134 ± 0,03
0,5 г к/ф	0,268 ± 0,03
1 г м/ф	0,274 ± 0,05
0,5 г м/ф	0,310 ± 0,10
1 г бентонита	0,311 ± 0,03
0,5 г бентонита	0,260 ± 0,03
1 г гумата	0,191 ± 0,02
0,5 г гумата	0,194 ± 0,02
1 г калия	0,253 ± 0,05
0,5 г калия	0,186 ± 0,02
Контроль	0,076 ± 0,02

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* также богаты витамином С [4]. Накопление аскорбиновой кислоты в растениях зависит от температуры, освещенности, влажности и уровня минерального питания почвы. Обеспеченность растений водой – не менее важный фактор, влияющий на синтез витаминов. В засушливых условиях, а также с повышением дозы удобрений новообразование веществ в растениях замедляется, что приводит к снижению содержания в растениях аскорбиновой кислоты.

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

Рис. 2. Суммарное содержание флавоноидов в клубнях *Dioscorea*:

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<sup>+</sup>; 8 – 0,5 г/л гидрогеля К<sup>+</sup>; 9 – 1 г/л гидрогеля с гуматом; 10 – 0,5 г/л гидрогеля с гуматом; К – контроль

Fig. 2. The total content of the flavonoids in the tubers of *Dioscorea*:

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<sup>+</sup>; 8 – 0.5 g/l of hydrogel K<sup>+</sup>; 9 – 1 g/l hydrogel with a humate; 10 – 0.5 g/l hydrogel with a humate; K – control

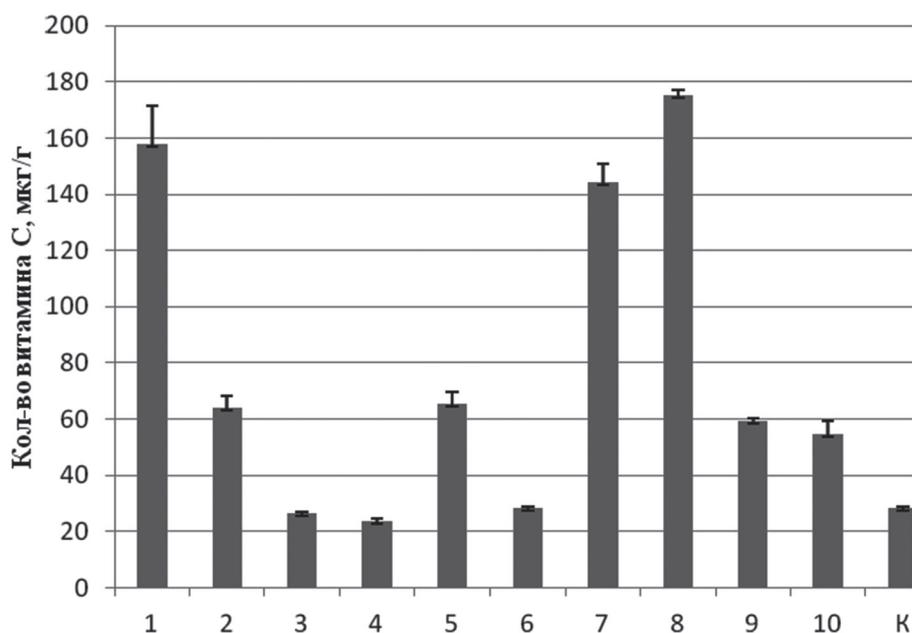


Рис. 3. Количество аскорбиновой кислоты в клубнях *Dioscorea*:

1 – 1 г/л гидрогеля с бентонитом; 2 – 0,5 г/л гидрогеля с бентонитом; 3 – 1 г/л гидрогеля  $K^+$ ; 4 – 0,5 г/л гидрогеля  $K^+$ ; 5 – 1 г/л гидрогеля с гуматом; 6 – 0,5 г/л гидрогеля с гуматом; 7 – 1 г/л гидрогеля крупной фракции; 8 – 0,5 г/л гидрогеля крупной фракции; 9 – 1 г/л гидрогеля мелкой фракции; 10 – 0,5 г/л гидрогеля мелкой фракции; К – контроль

Fig. 3. The amount of Ascorbic acid in the tubers of *Dioscorea*:

1 – 1 g/l hydrogel with bentonite; 2 – 0.5 g/l of hydrogel with bentonite; 3 – 1 g/l of the hydrogel  $K^+$ ; 4 – 0.5 g/l of the hydrogel  $K^+$ ; 5 – 1 g/l hydrogel with a humate; 6 – 0.5 g/l hydrogel with a humate; 7 – 1 g/l of coarse hydrogel; 8 – 0.5 g/l of coarse hydrogel; 9 – 1 g/l of fine fraction hydrogel; 10 – 0.5 g/l of fine fraction hydrogel; K – control

(в 5 раз выше контроля), а наименьшее – в вариантах с использованием гидрогеля  $K^+$  (рис. 3). При использовании остальных вариантов показатель были примерно в 2 раза выше, чем в контроле.

Анализ данных о содержании биологически активных веществ показал, что наибольшее количество биологически активных веществ накапливается в условиях выращивания растений *Dioscorea* 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.

**Заключение.** Полученные результаты по содержанию продуктов первичного биосинтеза – аскорбиновой кислоты и продуктов вторичного синтеза – флавоноидов в клубнях диоскорее свидетельствуют о том, что их концентрация зависит от влажности субстрата, на котором они получены.

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 значительно превышало аналогичный показатель в контроле (в 1,6–3,9 раза). При этом наибольшее содержание флавоноидов наблюдалось в вариантах с гидрогелями 1 г/л м/ф, 1 г/л бентонита, 1 г/л  $K^+$ , 0,5 г/л к/ф и 0,5 г/л м/ф.

Таким образом, способность растения диоскорее накапливать в ионообменном субстрате, модифицированном 1 г/л к/ф, наибольшее количество крахмала, сухого вещества, аскорбиновой кислоты и флавоноидов может быть использована в практических целях.

#### Список использованных источников

1. Bouman, F. Seed structure and systematics in Dioscoreales / F. Bouman // 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. – Vol. 1. – P. 139–156.
2. Куркин, В. А. Фармакогнозия : учебник / В. А. Куркин. – Самара : Офорт ; Самар. гос. мед. ун-т, 2004. – 1179 с.

3. Куркин, В. А. Современные аспекты химической классификации биологически активных соединений лекарственных растений / В. А. Куркин // Фармация. – 2002. – № 2. – С. 8–16.
4. Сорокина, А. А. Изучение состава биологически активных веществ диоскореи супротивной / А. А. Сорокина, Бу Вэй // 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 / Н. И. Протасов [и др.] // Физиология растений. – 1990. – Т. 37. – Вып. 2. – С. 30–35.
6. Янчевская, Т. Г. Оптимизация содержания катионов и анионов в среде корнеобитания для максимального коэффициента размножения картофеля *in vivo* / Т. Г. Янчевская, В. А. Бобров // Ботаника : (исследования) : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Отд-ние биол. наук, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича, Белорус. ботан. о-во, Белорус. обществ. об-ние физиологов растений. – Минск, 2008. – Вып. 35. – С. 495–506.
7. Янчевская, Т. Г. Ионообменные питательные субстраты – их уникальные свойства и области применения / Т. Г. Янчевская, К. В. Бахнова, А. Л. Ольшаникова // Ботаника : (исследования) : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Отд-ние биол. наук, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича, Белорус. ботан. о-во, Белорус. обществ. об-ние физиологов растений. – Минск, 2005. – Вып. 33. – С. 361–366.
8. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание : учеб. пособие / В. Ф. Гавриленко, М. Е. Ладыгина, Л. М. Хандобина ; под ред. Б. А. Рубина. – М. : Высш. шк., 1975. – 392 с.
9. Чупахина, Г. Н. Колориметрическое определение аскорбиновой кислоты / Г. Н. Чупахина // Специальный практикум по биохимии и физиологии растений : учеб. пособие / М. М. Окунцов [и др.]. – Калининград, 1981. – С. 14–16.
10. Точкова, Т. В. Спектрофотометрический метод количественного определения суммы флавоноидов в цветках липы / Т. В. Точкова, В. Н. Бубенчикова // Науч. тр. ВНИИ фармауки. – 1991. – Т. 29. – С. 173–177.
11. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика : учеб. пособие / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск : Выш. шк., 1973. – 318 с.
12. Янчевская, Т. Г. Оптимизация минерального питания растений / Т. Г. Янчевская. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 456 с.
13. Сорокина, А. А. Совершенствование характеристик подлинности сырья диоскореи nipпонской / А. А. Сорокина, Бу Вэй // Человек и лекарство : сб. материалов (тез. докл.) XIX Междунар. конгр., Москва, 7–11 апр. 2014 г. – М., 2014. – С. 329.
14. Сорокина, А. А. Содержание дубильных веществ в двух видах диоскореи / А. А. Сорокина, Бу Вэй, А. И. Марахова // Фармация. – 2014. – № 1. – С. 14–16.
15. Сорокина, А. А. Изучение фенольных соединений двух видов диоскореи / А. А. Сорокина, Бу Вэй // Человек и лекарство : сб. материалов (тез. докл.) XIX Междунар. конгр., Москва, 7–11 апр. 2014 г. – М., 2014. – С. 329.

## References

1. Bouman F. Seed structure and systematics in Dioscoreales. *Monocotyledons: systematics and evolution: rarig presented at the International symposium*, ed.: P. J. Rudall [et al.]. Richmond, 1995, vol. 1, pp. 139–156.
2. Kurkin V. A. *Pharmacognosy: a textbook*. Samara, Ofort, Samara state medical University, 2004. 1179 p. (in Russian).
3. Kurkin V. A. Modern aspects of chemical classification of biologically active compounds of medicinal plants. *Farmatsiya*, 2002, no. 2, pp. 8–16. (in Russian).
4. Sorokin A. A., Bu Vjej. Study of the composition of biologically active substances of Dioscorea opposite. *Sostoianie i perspektivy optimizatsii i effektivnosti v farmakognozii, tekhnologii, klinike: sbornik materialov nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posviashchennoi 30-letiiu kafedry farmakognozii i farmatsevticheskoi tekhnologii Iaroslavskoi gosudarstvennoi meditsinskoi akademii* [The state and prospects of optimization and efficiency in pharmacognosy, technology, clinic: a collection of materials of the scientific and practical conference with international participation on the 30th anniversary of the Department of Pharmacognosy and pharmaceutical technology of the Yaroslavl State Medical Academy], Iaroslavskaiia gosudarstvennaia meditsinskaia akademiia [Yaroslavl State Medical Academy]. Yaroslavl, 2014, pp. 61–63. (in Russian).
5. Protasov N. I. [et al.] The spectral characteristics of the light source and the growth characteristics of plants under artificial lighting. *Fiziologiya rastenii* [Plant Physiology], 1990, vol. 37, iss. 2, pp. 30–35. (in Russian).
6. Janchevskai 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: (issledovaniia): sbornik nauchnykh trudov* [Botanica: (research): a collection of scientific papers]. Natsional'naia akademiia nauk Belarusi, Otdelenie biologicheskikh nauk, Institut eksperimental'noi botaniki im. V. F. Kuprevicha, Belorusskoe botanicheskoe obshchestvo, Belorusskoe obshchestvennoe ob'edinenie fiziologov rastenii [National Academy of Sciences of Belarus, Department of Biological Sciences, Institute of Experimental Botany. V. F. Kuprevich, Belarusian Botanical Society, Belarusian Public Association of Plant Physiologists]. Minsk, 2008, iss. 35, pp. 495–506. (in Russian).
7. Janchevskaya T. G., Bakhnova K. V., Ol'shanikova A. L. Ion exchange nutrient substrates – their unique properties and applications. *Botanika: (issledovaniia): sbornik nauchnykh trudov* [Botanica: (research): a collection of scientific papers], Natsional'naia akademiia nauk Belarusi, Otdelenie biologicheskikh nauk, Institut eksperimental'noi botaniki im. V. F. Kuprevicha, Belorusskoe botanicheskoe obshchestvo, Belorusskoe obshchestvennoe ob'edinenie fiziologov rastenii [National

Academy of Sciences of Belarus, Department of Biological Sciences, Institute of Experimental Botany. V. F. Kuprevich, Belarusian Botanical Society, Belarusian Public Association of Plant Physiologists]. Minsk, 2005, iss. 33, pp. 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, Vysshaya shkola [Higher 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*, Okuncov M. M. [et al.]. Kaliningrad, 1981, pp. 14–16. (in Russian).

10. Tochko T. V., Bubenchikova V. N. Spectrophotometric method of quantitative determination of the sum of flavonoids in linden flowers. *Nauchnye trudy VNI farmnauki* [Scientific works of the All-Russian Scientific Research Institute of Pharmaceutical Science], 1991, vol. 29, pp. 173–177. (in Russian).

11. Rokitskii P. F. *Biological statistics : proc. manual*, 3rd ed.. Minsk, Higher School, 1973. 318 p. (in Russian).

12. Janchevskaya T. G. *Optimization of mineral nutrition of plants*. Minsk, *Belaruskaya navuka* [Belarusian science], 2014. 456 p. (in Russian).

13. Sorokina A. A., Bu Vei. Improving the characteristics of the authenticity of the raw material of *Dioscorea nippon-skoj*”. *Chelovek i lekarstvo : sbornik materialov (tezisy dokladov) XIX Mezhdunarodnogo kongressa* [Man and medicine: a collection of materials (Abstracts) XIX International Congress]. Moscow, 2014. p. 329. (in Russian).

14. Sorokina A. A., Bu Vei, Marahova A. I. Tannin Content in two species of *Dioscorea*. *Farmatsiya*, 2014, no. 1, pp. 14–16. (in Russian).

15. Sorokina A. A., Bu Vei. Study of phenolic compounds in two types of Yam”. *Chelovek i lekarstvo : sbornik materialov (tezisy dokladov) XIX Mezhdunarodnogo kongressa* [Man and medicine: a collection of materials (Abstracts) XIX International Congress]. Moscow, 2014. p. 329. (in Russian).

### Информация об авторах

*Карасёва Елена Николаевна* – мл. науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ledymc\_net@mail.ru.

*Янчевская Тамара Георгиевна* – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: t\_yanch@mail.ru.

*Макарова Татьяна Борисовна* – науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: t62makarova@mail.ru.

### Для цитирования

Карасева, Е. Н. Физиолого-биохимическая оценка биологически активных веществ в клубнях *Dioscorea alata* L., выращенной в защищенном грунте / Е. Н. Карасева, Т. Г. Янчевская, Т. Б. Макарова // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. біял. навук. – 2017. – № 3. – С. 77–83.

### Information about the authors

*Elena N. Karaseva* – Junior researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ledymc\_net@mail.ru.

*Tamara G. Yanchevskaya* – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: t\_yanch@mail.ru.

*Tatyana B. Makarova* – Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: t62makarova@mail.ru.

### For citation

Karaseva E. N., Yanchevskaya T. G., Makarova T. B. Physiological-biochemical assessment of the biologically active substances *Dioscorea alata* L., growing in the protected soil. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyagichnych navuk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series], 2017, no. 3, pp. 77–83.