

ISSN 1029-8940 (print)
УДК 635.24:581.192(476)

Поступила в редакцию 28.07.2017
Received 28.07.2017

Д. А. Дубарь

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.) ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В БЕЛАРУСИ

Аннотация. Исследованы сезонные изменения содержания сухих веществ, свободных органических и аскорбиновой кислот, растворимых сахаров, пектиновых веществ, инулина, биофлавоноидов и показателя сахарокислотного индекса в подземных органах 5 модельных сортов топинамбура из коллекции ЦБС НАН Беларуси. Установлено, что интегральный уровень их питательной и витаминной ценности по совокупности 8 признаков у большинства таксонов в осенний период года в 1,1–4,9 раза выше, чем в весенний, при этом наиболее выраженные различия отмечались у сорта *Скороспелка*, а у остальных сортов размер данного превышения отставал в 3,1–5,3 раза. Полученные данные однозначно свидетельствуют о большей целесообразности осеннего срока заготовки клубней по сравнению с весенним.

Ключевые слова: топинамбур, клубни, биохимический состав, питательная ценность, сортовые особенности, сезонные изменения

Для цитирования: Дубарь, Д. А. Сезонная динамика биохимического состава клубней топинамбура (*Helianthus tuberosus* L.) при интродукции в Беларуси / Д. А. Дубарь // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2017. – № 4. – С. 81–87.

D. A. Dubar

Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

SEASONAL DYNAMICS OF THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF JERUSALEM ARTICHOKE (*HELIANTHUS TUBEROSUS* L.) TUBERS AFTER INTRODUCTION IN BELARUS

Abstract. A comparative study of the biochemical composition of the tubers of 5 varieties of Jerusalem artichoke from the collection of Central botanical garden in the autumn and spring was conducted. The content of dry substances, free organic and ascorbic acids, soluble sugars, pectin substances, inulin, bioflavonoids and the index of the sugar-acid index were measured. It has been established that the integral level of nutritional and vitamin values by totality of eight determined characteristics was 1.1-4.9 times higher in the autumn than in spring with the most essential differences in the variety *Skorospelka*. The study unequivocally attests the greater expediency of the autumn term of harvesting of tubers, in comparison with spring.

Keywords: Jerusalem artichoke, tubers, biochemical composition, nutritional value, varietal features, seasonal changes

For citation: Dubar D. A. Seasonal dynamics of the biochemical composition of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers after introduction in Belarus. *Vesti Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2017, no. 4, pp. 81–87 (in Russian).

Введение. В настоящее время в растениеводстве расширяется использование топинамбура в качестве кормовой, пищевой, лекарственной и биоэнергетической культуры [1, 2]. Подземные органы данного растения являются ценным природным сырьем для производства продуктов лечебно-профилактического питания благодаря высокому содержанию в них широкого спектра действующих веществ и в первую очередь фруктозанов. Важнейшим компонентом углеводного пула клубней топинамбура является инулин, используемый в профилактике и лечении сахарного диабета [3, 4]. Вместе с тем результаты исследований Д. А. Гусевой и Л. И. Горшковой [5] убедительно показали, что качественный и количественный состав углеводного комплекса клубней топинамбура зависит от сроков их заготовки. В связи с этим весьма актуальным являлось сравнительное исследование параметров накопления в них ряда действующих веществ в весенний и осенний периоды года.

Логично предположить, что процесс перезимовки клубней топинамбура в почве может сопровождаться значительным расходом органических соединений на поддержание метаболизма в холодное время года, тогда как в период вегетации в подземных органах растений, напротив, происходит активное их накопление. Можно также предположить, что темпы биосинтеза

действующих веществ у разных сортов топинамбура будут заметно различаться, что и обусловит к концу сезона определенные генотипические различия в их биохимическом составе.

С целью выявления профилирующих тенденций в изменении содержания действующих веществ разной химической природы в подземных органах топинамбура на протяжении сезона проведено сравнительное исследование наиболее продуктивных сортов данного вида из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси в начале и в конце вегетационного периода 2014 г.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования были взяты весенние (перезимовавшие) и осенние клубни одного вегетационного периода 5 модельных сортов топинамбура – *Скороспелка*, *Михайловский*, *Интерес-21*, *Сиреники-1* и *Десертный*.

При оценке биохимического состава клубней обозначенных таксонов в свежих усредненных пробах определяли содержание: сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [6], аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом [7], титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [7]. В высушенных при температуре 50–60 °С усредненных пробах определяли содержание растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [8], инулина – спектрофотометрическим методом [9], суммы пектиновых веществ – кальций-пектатным методом [10], суммы фенольных соединений – модифицированным колориметрическим методом Фолина–Чокалтеу [11]. Все аналитические определения выполнены в трехкратной биологической повторности. Для статистической обработки данных использовали программу Excel.

Результаты и их обсуждение. Сравнительное исследование биохимического состава подземных органов топинамбура в начале и в конце вегетационного периода 2014 г. выявило сходные и вместе с тем сравнительно широкие диапазоны варьирования его отдельных характеристик в сортовом ряду, соответствовавшие данным, приведенным в отечественной и зарубежной литературе [12–17]. По нашим оценкам, содержание сухих веществ в клубнях исследуемых сортов топинамбура в весенний период года варьировалось в таксономическом ряду в диапазоне значений от 20,7 до 26,5 %, в осенний – в диапазоне от 21,5 до 28,5 %.

Общеизвестно, что подземные органы топинамбура не отличаются повышенным накоплением свободных органических кислот, представленных в основном лимонной, яблочной, малоновой, янтарной и фумаровой [14]. Их содержание в сухой массе клубней после перезимовки не превышало 0,97–1,22 %, в осенний – 1,36–1,63 %. При этом содержание аскорбиновой кислоты было также незначительным и составляло соответственно 33,3–52,6 и 39,9–67,1 мг%, что свидетельствовало о невысокой способности клубней топинамбура к биосинтезу витамина С.

Отличительной чертой данного вида является богатый углеводный состав его клубней, что отмечают все исследователи [14, 18]. В связи с предполагаемым расходом растворимых сахаров на поддержание метаболизма подземных органов в зимнее время года следовало ожидать значительного истощения к весне запасов этих углеводов в клубнях. Однако, по нашим оценкам, их содержание оказалось весьма высоким и вполне сопоставимым с данными других авторов даже для осенних клубней [3–5, 14]. При этом диапазон варьирования содержания растворимых сахаров в таксономическом ряду был в пределах от 52,3 до 66,0 % сухой массы, что свидетельствовало о слабой выраженности генотипических различий. В осенний период года содержание данных углеводов в подземных органах топинамбура оказалось заметно меньшим, нежели в весенний, и варьировалось в таксономическом ряду в диапазоне более низких значений – от 39 до 54,3 %. В отличие от растворимых сахаров, для показателя сахарокислотного индекса, характеризуемого соотношением содержания последних и свободных органических кислот и указывающего на органолептические свойства клубней топинамбура, в начале сезона установлен весьма широкий диапазон изменения в таксономическом ряду – от 46,9 до 63,3 %, тогда как значения данного показателя в осенний период также заметно уступали таковым в весенний период, варьируясь в диапазоне от 24,4 до 38,6 %, что обусловлено не только более низким уровнем накопления в них растворимых сахаров, но и повышенным содержанием свободных органических кислот. При этом общее содержание пектиновых веществ в сухой массе клубней и в начале, и в конце вегетационного периода варьировалось в таксономическом ряду в сходных диапазонах значений – от 9,2 до 17,7 % и от 11,2 до 15,9 % соответственно.

Уникальность углеводного комплекса клубней топинамбура состоит в значительном содержании в них фруктозы и ее полимеров, высшим гомологом которых является инулин [14].

Его молекула представляет собой полифруктозан, содержащий обычно до 27–35 остатков фруктозы в фуранозной форме и один остаток глюкозы [19]. В сравнении с низкомолекулярным инулином из агавы и цикория, продаваемым на российском и европейском рынках, инулин, получаемый из клубней топинамбура, имеет более высокую степень полимеризации и активнее снижает уровень холестерина в крови больных сахарным диабетом [1], что делает его незаменимым лечебно-профилактическим средством. По оценкам разных авторов, в зависимости от почвенно-климатических условий района культивирования, технологии возделывания и сортовой принадлежности растений содержание инулина в клубнях топинамбура варьируется в довольно широком диапазоне значений – в пределах 38–70 % сухой массы [3, 4, 13, 16, 19]. Как показали результаты наших исследований, содержание инулина в сухой массе перезимовавших клубней топинамбура в начале сезона изменялось в таксономическом ряду в диапазоне значений от 49,0 до 58,2 %, что свидетельствовало о весьма заметных генотипических различиях в его накоплении. В конце вегетационного периода отмечены более высокие показатели накопления в клубнях данного полифруктозана – 51,7–75,9 %, что было сопоставимо с информацией других авторов [4, 16, 19, 20] и указывало на предпочтительность заготовки клубней топинамбура в Беларуси по данному признаку в осенний период года. Следует отметить, что меньшее содержание в них растворимых сахаров в конце сезона служит косвенным доказательством их расходования на биосинтез инулина в замещающих и дочерних клубнях.

Общеизвестно, что в растительном организме существует обратная взаимосвязь между синтезом белка и биофлавоноидов, использующих для построения своих молекул аминокислоту фенилаланин, а в ряде случаев и тирозин, и направляющих течение внутриклеточных процессов либо в сторону образования белка, либо в сторону образования фенольных соединений [21]. Как отмечают многие исследователи, если усиленно формируются молекулы белковых веществ, то ослабляется биосинтез биофлавоноидов, и наоборот. Поэтому высокобелковым культурам, к которым относится и топинамбур, не свойственно накопление значительных количеств полифенолов, чем и объясняется отсутствие особого интереса у исследователей к этому вопросу. Тем не менее в научной литературе встречаются отдельные сведения о содержании биофлавоноидов в клубнях топинамбура. По данным Б. Г. Цугкиева и соавт. [22], содержание в них этих биологически активных соединений не превышает 240 мг% сухой массы. Близкое к этому значение данного показателя (230 мг%) приведено в работе В. Ю. Бархатова и Э. И. Мамедовой [12]. По нашим оценкам, суммарное содержание биофлавоноидов в сухой массе клубней топинамбура в начале и в конце вегетационного периода варьировалось в таксономическом ряду в сходных диапазонах значений – от 129,8 до 375,0 мг% и от 162,0 до 310,5 мг% соответственно.

Сопоставление исследуемых характеристик биохимического состава клубней топинамбура в начале и в конце вегетационного периода позволило выявить отчетливые внутрисезонные различия, о выраженности которых можно судить по данным табл. 1. Согласно этим данным, клубни осеннего отбора характеризовались более высоким по сравнению с перезимовавшими содержанием сухих веществ (на 8–22 %), свободных органических кислот (на 25–48 %) и аскорбиновой кислоты (на 9–65 %) при наибольшей степени различий данных показателей соответственно

Таблица 1. Биохимический состав клубней тестируемых сортов топинамбура в осенний и весенний периоды года, % (2014 г.)

Table 1. Biochemical composition of studied tubers of Jerusalem artichoke cultivars in autumn and spring, % (2014)

Показатель	<i>Скороспелка</i>	<i>Михайловский</i>	<i>Интерес-21</i>	<i>Сиреники-1</i>	<i>Десертный</i>
Сухие вещества	+22,4	+12,8	+11,6	+7,5	+16,4
Свободные орган. кислоты	+24,6	+47,7	+31,5	+41,2	+45,9
Аскорбиновая кислота	+36,1	+9,4	+65,2	+18,8	+12,7
Растворимые сахара	–8,4	–19,7	–31,7	–36,4	–15,7
Сахарокислотный индекс	–26,2	–45,2	–47,9	–55,0	–42,5
Пектиновые вещества	+23,8	+9,7	+34,7	–5,1	–15,6
Инулин	+38,5	+3,3	–2,6	–	+37,1
Биофлавоноиды	+24,8	+5,0	–7,8	+21,5	–27,3

Примечание. Прочерк означает отсутствие достоверных различий.

у сортов *Скороспелка*, *Михайловский* и *Интерес-21*, наименьшей – у сортов *Сиреники-1* и *Десертный*.

Показатели накопления растворимых сахаров в клубнях топинамбура и значения их сахарокислотного индекса в осенний период года были ниже, чем в весенний, соответственно на 8–36 и 26–55 %. На наш взгляд, это может быть обусловлено расходом значительной части растворимых сахаров в период активной вегетации на биосинтез других компонентов углеводного пула подземных органов, а также ряда вторичных метаболитов, тогда как более высокое содержание сахаров в них в начале сезона связано, скорее всего, с высвобождением их из молекул органических полимеров в процессе дыхания в холодное время года. Вместе с тем характер различий в содержании пектиновых веществ в клубнях модельных сортов топинамбура указывал на наличие неоднозначных тенденций (табл. 1). Так, для сортов *Скороспелка*, *Михайловский* и *Интерес-21* в осенний период было показано на 10–35 % более высокое содержание пектиновых веществ, чем в весенний период, в то время как для сортов *Сиреники-1* и *Десертный*, напротив, их содержание было на 5–16 % ниже. Внутрисезонные различия в содержании инулина в клубнях топинамбура проявились в разной степени, в зависимости от сортовой принадлежности растений. Так, лишь у двух сортов – *Скороспелка* и *Десертный* – содержание полифруктозана в осенний период оказалось на 37–39 % выше, чем в весенний, тогда как у остальных таксонов достоверных различий по данному признаку не выявлено, что однозначно свидетельствует о сортоспецифичности данного эффекта.

Сравнение же показателей накопления биофлавоноидов в клубнях топинамбура в начале и в конце вегетационного периода (табл. 1) не выявило достоверных различий. Лишь у сортов *Скороспелка* и *Сиреники-1* осенние клубни оказались на 22–25 % богаче, а у сорта *Десертный*, напротив, на 27 % беднее весенних биофлавоноидами, при менее выраженных различиях у сортов *Михайловский* и *Интерес-21*. Это косвенно указывает на то, что более низкое в осенний период, нежели в весенний, содержание в них растворимых сахаров не может быть связано с их расходом на биосинтез биофлавоноидов, содержащихся в столь незначительных количествах.

С целью определения оптимального срока заготовки клубней топинамбура, характеризуемого наибольшим интегральным уровнем их питательной и витаминной ценности, нами использован разработанный Ж. А. Рупасовой и защищенный патентом методический прием [23], основанный на сопоставлении в сортовом ряду относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных различий исследуемых характеристик биохимического состава клубней в осенний и весенний периоды года. По величине суммарной амплитуды выявленных различий, независимо от знака, можно было судить о выраженности внутрисезонных различий по совокупности анализируемых признаков, что позволяло провести ранжирование сортов в порядке снижения степени данных различий. Соотношение же относительных значений совокупности положительных и отрицательных значений внутрисезонных различий являлось оценочным критерием интегрального уровня питательной и витаминной ценности клубней каждого сорта, если исходить из посыла, что все анализируемые признаки одинаково важны для оценки качества их сырья. При этом за 1 принимался интегральный уровень данного показателя в начале сезона. В этом случае на основании табл. 1 были определены суммарные значения разнонаправленных относительных внутрисезонных различий характеристик биохимического состава клубней топинамбура, представленные в табл. 2. Они характеризовали направленность и степень выраженности сдвигов в биохимическом составе клубней тестируемых сортов топинамбура в осенний период года по сравнению с весенним, что может быть обусловлено генотипическими различиями в направленности и величине указанных выше сдвигов.

При амплитуде внутрисезонных различий в сортовом ряду от 152,8 до 233,0 % наименее выраженными они оказались у сорта *Михайловский*, характеризовавшегося наименьшей суммарной величиной их положительных и отрицательных значений, тогда как наиболее отчетливо данные различия проявились у сорта *Интерес-21*, отмеченного максимальными внутрисезонными различиями биохимического состава клубней. Вместе с тем относительные значения положительных различий качественных характеристик клубней в большинстве случаев превышали таковые отрицательных, причем максимальными они оказались у сорта *Скороспелка*, минимальными – у сортов *Михайловский* и *Сиреники-1*.

Таблица 2. Относительные значения, амплитуда и соотношение разноориентированных различий характеристик биохимического состава клубней тестируемых сортов топинамбура в осенний и весенний периоды года (2014 г.)

Table 2. Relative sizes, amplitudes and ratio of differently oriented differences of characteristics of biochemical composition of studied tubers of Jerusalem artichoke cultivars in autumn and spring (2014)

Сорт	Относительные значения различий, %			Соотношение положит. и отриц. различий
	положительных	отрицательных	амплитуда	
<i>Скороспелка</i>	170,2	34,6	204,8	4,92
<i>Михайловский</i>	87,9	64,9	152,8	1,36
<i>Интерес-21</i>	143,0	90,0	233,0	1,59
<i>Сиреники-1</i>	89,0	96,5	185,5	0,92
<i>Десертный</i>	112,1	101,1	213,2	1,11

Для объективного суждения о различиях интегрального уровня питательной и витаминной ценности осенних и перезимовавших (весенних) клубней каждого сорта мы ориентировались на кратный размер соотношения относительных величин положительных и отрицательных различий между сроками по совокупности анализируемых признаков. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что у всех таксонов топинамбура, за исключением сорта *Сиреники-1*, соотношение превышало 1,0, что свидетельствовало о более высоком качестве сырья их подземных органов в осенний период, нежели в весенний, и указывало на предпочтительность заготовки клубней в конце вегетационного периода. При этом в порядке снижения степени преимуществ осенних клубней относительно весенних по совокупности анализируемых признаков обозначена следующая последовательность тестируемых сортов: *Скороспелка* > *Интерес-21* > *Михайловский* > *Десертный* > *Сиреники-1*.

Лидирующее положение в приведенном ряду, при значительном отрыве от остальных таксонов топинамбура, принадлежало сорту *Скороспелка*, тогда как наименее ценным по биохимическому составу осенних клубней представлялся замыкавший этот ряд сорт *Сиреники-1*. На основании сопоставления величины рассматриваемого соотношения в приведенном ряду дана количественная оценка внутрисезонных различий интегрального уровня питательной и витаминной ценности клубней топинамбура на фоне погодных условий вегетационного периода 2014 г. Наибольшей она была у сорта *Скороспелка*. Подобные различия у остальных тестируемых таксонов топинамбура в этом плане оказались значительно меньшими и уступали лидирующему сорту в 3,1–5,3 раза.

Заключение. В результате сравнительного исследования сезонной динамики биохимического состава подземных органов 5 модельных сортов топинамбура (*Скороспелка*, *Михайловский*, *Интерес-21*, *Сиреники-1* и *Десертный*) из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси на фоне погодных условий вегетационного периода 2014 г. установлено, что интегральный уровень их питательной и витаминной ценности по совокупности 8 показателей в значительной степени определяется временем их отбора и сортовой принадлежностью растений.

Показано, что при содержании сухих веществ в пределах 20,7–28,5 %, свободных органических кислот в количестве 0,97–1,63 % сухой массы, аскорбиновой кислоты – 33,3–67,1 мг%, растворимых сахаров – 39,0–66,0 %, пектиновых веществ – 9,2–17,7 %, инулина – 49,0–75,9 %, биофлавоноидов (Р-витаминов) – 129,8–375,0 мг% и значениях сахарокислотного индекса 24,4–63,3 в осенний период года клубни характеризовались более высоким, нежели в весенний, накоплением сухих веществ (на 8–22 %), свободных органических кислот (на 25–48 %), аскорбиновой кислоты (на 9–65 %), но меньшим количеством растворимых сахаров (на 8–36 %) при более низких (на 26–55 %) значениях сахарокислотного индекса на фоне выраженной сортоспецифичности в содержании пектиновых веществ, инулина и биофлавоноидов.

Показано, что интегральный уровень питательной и витаминной ценности подземных органов большинства сортов топинамбура в осенний период года в 1,1–4,9 раза выше, чем в весенний. Наиболее существенны различия биохимического состава в зависимости от сроков уборки у сорта *Скороспелка*. Полученные результаты однозначно свидетельствуют о большей целесообразности осеннего срока заготовки клубней по сравнению с весенним.

Список использованных источников

1. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*), a medicinal salt-resistant plant has high adaptability and multiple-use values / Y. M. Xiao [et al.] // *J. Med. Plant Res.* – 2011. – Vol. 5, N 8. – P. 1272–1279.
2. Ярошевич, М. И. Народнохозяйственная ценность и перспективы многоцелевого использования топинамбура / М. И. Ярошевич // *Земляробства і ахова раслін.* – 2011. – № 6. – С. 81–84.
3. Исследования углеводного комплекса нескольких сортов топинамбура, районированных в Краснодарском крае и республике Адыгея / Р. И. Екутеч [и др.] // *Олимпиада 2014: технологические и экологические аспекты производства продуктов здорового питания : материалы междунар. науч.-практ. конф., 1–3 июня 2009 г. – Краснодар, 2009.* – С. 98–100.
4. Зеленков, В. Н. Топинамбур: агробиологический портрет и перспективы инновационного применения / В. Н. Зеленков, Н. Г. Романова. – М. : Изд-во РГАУ–МСХА, 2012. – 161 с.
5. Гусева, Д. А. Исследование углеводно-амилазного комплекса топинамбура / Д. А. Гусева, Л. И. Горшкова // *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы IX Междунар. симп., 14–18 июня 2011 г. – Пушкино, 2011.* – Т. 2. – С. 177–180.
6. ГОСТ 28561-90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги : межгос. стандарт // *Овощи сушеные: технические условия, методы анализа.* – М. : Стандартинформ, 2001. – С. 75–84.
7. Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош ; под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд. – М. : Агропромиздат, 1987. – 430 с.
8. Плешков, Б. П. Практикум по биохимии растений / Б. П. Плешков. – М. : Колос, 1985. – 256 с.
9. Ананьина, Н. А. Стандартизация инулина, полученного из клубней георгины простой. Изучение некоторых физико-химических свойств инулина / Н. А. Ананьина // *Хим.-фармацевт. журн.* – 2009. – Т. 43, № 3. – С. 35–37.
10. Марх, А. Т. Технохимический контроль консервного производства / А. Т. Марх, Т. Ф. Зыкина, В. Н. Голубев. – М. : Агропромиздат, 1989. – 304 с.
11. Методы технохимического контроля в виноделии / под ред. В. Г. Гержиковой. – Симферополь : Таврида, 2002. – С. 91–92.
12. Бархатов, В. Ю. Полифенольный состав топинамбура и продуктов его переработки / В. Ю. Бархатов, Э. И. Мамедова // *Изв. высш. учеб. заведений. Пищевая технология.* – 1998. – № 2/3. – С. 81.
13. Гасанова, Е. С. Влияние агротехнических приемов при выращивании топинамбура на содержание и свойства в нем инулина / Е. С. Гасанова, А. С. Сорокин, В. В. Котов // *Вестн. МичГАУ.* – 2011. – № 1, ч. 1. – С. 93–96.
14. Голубев, В. Н. Топинамбур (состав, свойства, способы переработки, области применения) / В. Н. Голубев, И. В. Волкова, Х. М. Кушалаков. – М., 1995. – 81 с.
15. Марченко, О. А. Биохимический состав топинамбура и его применение / О. А. Марченко, П. А. Буйко // *Химико-экологические аспекты научно-исследовательской работы студентов и магистрантов : материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов.* – Горки, 2013. – С. 145–148.
16. Цгоева, Т. Э. Химический анализ топинамбура сортов Скороспелка и Интерес / Т. Э. Цгоева // *Изв. Гор. гос. аграр. ун-та.* – 2011. – Т. 48, № 2. – С. 280–281.
17. Zaldariene, S. The quality comparison of different Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) cultivars tubers / S. Zaldariene, J. Kulaitiene, J. Cerniauskiene // *Zemes Ukio Mokslai.* – 2012. – Vol. 19, iss. 4. – P. 268–272.
18. Аникиенко, Т. И. Химический состав и кормовая ценность топинамбура в условиях Красноярского края / Т. И. Аникиенко, А. И. Хохлова, М. А. Янова // *Аграрная наука на рубеже веков : материалы регион. науч.-практ. конф. / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007.* – Ч. 1 : (Секции 1–7) / [отв. за вып. Е. О. Доряло ; ред. Н. А. Семенкова]. – С. 288–290.
19. Топинамбур: биология, агротехника выращивания, место в экосистеме, технологии переработки (вчера, сегодня, завтра) / Р. И. Шаizzo [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Краснодар. науч.-исслед. ин-т хранения и перераб. с.-х. продукции Россельхозакад., М-во сельского хоз-ва Рос. Федерации, Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2013. – 181 с.
20. Inulin Syrup from Dried Jerusalem Artichoke Inulina syrups no kalteta topinambura / M. Bekers [et al.] // *LLU Raksti.* – 2008 – Vol. 21, N 315. – P. 116–121.
21. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Минск : Ураджай, 1981. – 80 с.
22. Интродукция нетрадиционных кормовых культур – топинамбура и батата в Республику Северная Осетия-Алания / Б. Г. Цугкиев [и др.]. – Владикавказ : Гор. госагроуниверситет, 2009. – 104 с.
23. Способ ранжирования таксонов растения : пат. 17648 Респ. Беларусь, МПК А 01 Н 1/04, А 01 G 1/00 / Ж. А. Рупасова, В. Н. Решетников, А. П. Яковлев ; заявитель ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси». – № а 20101502 ; заявл. 20.01.2010, опубл. 08.07.2013 // *Афіц. бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.* – 2013. – № 5. – С. 61–62.

References

1. Xiao Y. M., Li H. Z., Hong B. S., Gang X., Feng Z., Fu T. N., Brestic M. Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*), a medicinal salt-resistant plant has high adaptability and multiple-use values. *Journal of Medicinal Plant Research*, 2011, vol. 5, no. 8, pp. 1272–1279.
2. Jaroshevich M. I. National economic value and possibility of multi-purpose use of Jerusalem artichoke. *Zemliarobstva i akhova raslin* [Agriculture and plants protection], 2011, vol. 6, pp. 81–84 (in Russian).
3. Ekutech R. I. Studies of the carbohydrate complex of several varieties of Jerusalem artichoke, zoned in the Krasnodar Krai and the Republic of Adygea. *Olimpiada 2014: tekhnologicheskie i ekologicheskie aspekty proizvodstva produktov zdravogo*

pitaniia : materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Olympics 2014: technological and ecological aspects of the production of healthy foods: materials of the international scientific-practical conference]. Krasnodar, 2009, pp. 98–100 (in Russian).

4. Zelenkov V. N., Romanova N. G. *Jerusalem artichoke: agrobiological portrait and perspectives of innovative application*. Moscow, RSAU-MTAA Publ., 2012, 161 p. (in Russian).

5. Guseva D. A., Gorshkova L. I. Investigation of carbohydrate-amylase complex of Jerusalem artichoke. *Novye i netraditsionnye rasteniia i perspektivy ikh ispol'zovaniia: materialy IX Mezhdunarodnogo simpoziuma* [New and non-traditional plants and the prospects for their use: materials IX International symposium]. Pushino, 2011, vol. 2, pp. 177–180 (in Russian).

6. *State Standard 28561-90. Products processing fruits and vegetables. Methods for determining dry matter or moisture*. Moscow, Standartinform Publ., 2001, pp. 75–84 (in Russian).

7. Ermakov A. I., Arasimovich V. V., Jarosh N. P. *Methods of biochemical research of plants*. 3rd ed. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987. 430 p. (in Russian).

8. Pleshkov B. P. *Workshop on plant biochemistry*. Moscow, Kolos Publ., 1985. 256 p. (in Russian).

9. Anan'ina N. A. The standardization of inulin, obtained from the dahlia tubers. Study of some physical and chemical properties of inulin. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal* [Chemico-Pharmaceutical Journal], 2009, vol. 43, no. 3, pp. 35–37 (in Russian).

10. Marh A. T., Zikina T. F., Golubev V. N. *Technochemical control of canning production*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1989. 304 p. (in Russian).

11. Gerghikova V. G. *Methods of technological control in wine-making*. Simferopol, Tavrida Publ., 2002, pp. 91–92 (in Russian).

12. Barhatov V. Iu., Mamedova E. I. Polyphenol composition of Jerusalem artichoke and products of its processing. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Pishchevaia tekhnologiya* [Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Food technology], 1998, no. 2/3, p. 81 (in Russian).

13. Gasanova E. S., Sorokin A. S., Kotov V. V. The influence of agrotechnical methods in the cultivation of Jerusalem artichoke on the content and properties of inulin. *Vestnik MichGAU* [Herald of MichSAU], 2011, no. 1, pt. 1, pp. 93–96 (in Russian).

14. Golubev V. N., Volkova I. V., Kushalakov H. M. *Topinambour (composition, properties, methods of processing, applications)*. Moscow, 1995. 81 p. (in Russian).

15. Marchenko O. A., Bujko P. A. Biochemical composition of Jerusalem artichoke and its application. *Himiko-jekologicheskie aspekty nauchno-issledovatel'skoj raboty studentov i magistrantov : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov i magistrantov* [Chemico-ecological aspects of the research work of students and undergraduates: materials of the international scientific-practical conference of students and undergraduates]. Gorki, 2013, pp. 145–148 (in Russian).

16. Gcgoeva T. Je. Chemical analysis of varieties Skorospelka and Interes of Jerusalem artichoke. *Izvestija Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [News of Gorsky State Agriculture University], 2011, vol. 48, no. 2, pp. 280–281. (in Russian).

17. Zaldariene, S., Kulaitiene J., Cerniauskiene J. The quality comparison of different Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) cultivars tubers. *Zemes Ukio Mokslai*, 2012, vol. 19, iss. 4, pp. 268–272. DOI: 10.6001/zemesukiomokslai.v19i4.2588

18. Anikienko T. I., Hohlova A. I., Janova M. A. Chemical composition and fodder value of Jerusalem artichoke in conditions of the Krasnoyarsk Kraj. *Agrarnaja nauka na rubezhe vekov: materialy regional'noj nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Agrarian science at the turn of the century: materials of the regional scientific and practical conference]. Krasnoyarsk, 2007, part 1, pp. 288–290 (in Russian).

19. Shazzo R. I., Gish R. A., Ekutech R. I., Kornena E. P., Kajshev V. G., Krivorotov S. B. *Jerusalem artichoke: biology, agricultural cultivation, place in the ecosystem, processing technologies (yesterday, today, tomorrow)*. Russian Academy of Agricultural Sciences, Krasnodar Scientific Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Kuban State Agrarian University. Krasnodar, KSAU, 2013. 181 p. (in Russian).

20. Bekers M., Grube M., Upite D., Kaminska E., Danilevich A., Viesturs U. Inulin Syrup from Dried Jerusalem Artichoke Inulina syrups no kalteta topinambura. *LLU Raksti*, 2008, vol. 21, no. 315, pp. 116–121.

21. Karabanov I. A. *Flavonoids in the world of plants*. Minsk, Uradzhaj Publ., 1981. 80 p. (in Russian).

22. Tsugkiev B. G., Temenov I. D., Tsugkieva V. B., Dzantieva L. B. *Introduction of non-traditional fodder crops – Jerusalem artichoke and sweet potato to the Republic of North Ossetia-Alania*. Vladikavkaz, Gorskij gosagrouniversitet Publ., 2009. 104 p. (in Russian).

23. Rupasova J. A., Reshetnikov V. N., Jakovlev A. P. *Method of ranking plant taxa*. Patent RB, no. 17648, 2013 (in Russian).

Информация об авторе

Дубарь Даниил Александрович – науч. сотрудник.
Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: D.Dubar@tut.by.

Information about the author

Daniil A. Dubar – Researcher. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: D.Dubar@tut.by.