

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ / PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.6>

СЕЛЕКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС БАТАТА (*IPOMOEA BATATAS LAM.*) В NARO – NATIONAL AGRICULTURE RESEARCH ORGANIZATION, ЯПОНИЯ

Научная статья

Бобков В.С.¹, Ханбабаева О.Е.^{2*}, Вертикова Е.А.³, Федоров А.В.⁴, Полякова М.Н.⁵

¹ORCID : 0000-0002-3771-0167;

²ORCID : 0000-0002-6645-6188;

⁴ORCID : 0000-0003-2759-2037;

⁵ORCID : 0000-0003-0340-3748;

¹Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха, Люберцы, Российская Федерация

^{2,3,4}Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

⁵Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (hanbabaeva[at]yandex.ru)

Аннотация

Батат (*Ipomoea batatas* Lam.) представляет собой перекрестно опыляющееся гексаплоидное растение ($x=15$, $2n=6x=90$), культивируемое в тропических, субтропических и умеренно-теплых регионах мира для получения корневых клубней.

Данная статья носит обзорный характер и представлена для обобщения и систематизации информации о селекции батата и схеме ее ведения в Японии с целью дальнейшего использования полученных знаний на практике и построения аналогичного селекционного процесса в нашей стране. Это особенно актуально в связи с возрастающим интересом и количеством исследований батата как новой и относительно перспективной сельскохозяйственной культуры в нашей стране. В обзоре представлены схема и методы ведения селекции, способ индукции цветения (прививка *I. batatas* на *I. nil*) и методика определения перекрестной и самонесовместимости (на данный момент выделено 16 групп спорофитной несовместимости).

Ключевые слова: селекция, батат, сладкий картофель, самонесовместимость, индукция цветения.

SELECTION PROCESS OF SWEET POTATO (*IPOMOEA BATATAS LAM.*) AT NARO – NATIONAL AGRICULTURE RESEARCH ORGANIZATION, JAPAN

Research article

Bobkov V.S.¹, Khanbabaeva O.E.^{2*}, Vertikova Y.A.³, Fedorov A.V.⁴, Polyakova M.N.⁵

¹ORCID : 0000-0002-3771-0167;

²ORCID : 0000-0002-6645-6188;

⁴ORCID : 0000-0003-2759-2037;

⁵ORCID : 0000-0003-0340-3748;

¹Federal Potato Research Center named after A.G. Lorkh, Lyubertsy, Russian Federation

^{2,3,4}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

⁵All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (hanbabaeva[at]yandex.ru)

Abstract

Sweet Potato (*Ipomoea batatas* Lam.) is a cross-pollinating hexaploid plant ($x=15$, $2n=6x=90$) cultivated in tropical, subtropical and temperate-warm regions of the world to produce root tubers.

This article is a review and is presented to summarize and systematize information on sweet potato breeding and its management scheme in Japan in order to further use the obtained knowledge in practice and to build a similar breeding process in our country. This is especially relevant in regard to the increasing interest and number of studies of sweet potato as a new and relatively promising crop in our country. The review presents the scheme and methods of breeding, the method of flowering induction (grafting of *I. batatas* onto *I. nil*) and the methodology for determining cross and self-incompatibility (16 sporophytic incompatibility groups have been identified so far).

Keywords: selection, batat, sweet potato, self-incompatibility, flowering induction.

Введение

Батат (*Ipomoea batatas* Lam.) представляет собой перекрестно опыляющееся гексаплоидное растение ($x=15$, $2n=6x=90$), культивируемое в тропических, субтропических и умеренно-теплых регионах мира для получения корневых клубней [4], [5]. Внешний вид клубня представлен на рисунке 1.

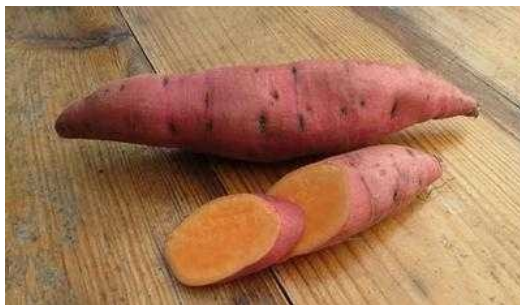


Рисунок 1 - Внешний вид корневого клубня батата – сорт Борегард
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.6.1>

В СССР была проведена очень масштабная и трудоемкая работа по интродукции данной культуры, о чем свидетельствуют исследования Тютюна М.Г. (1934) [14] и Алексеева В.П. (1932) [3] по интродукции и селекции батата в агроклиматических условиях Грузинской ССР на территории современной Абхазии (г. Сухум). Было выведено около двух десятков сортов, о судьбе которых на данный момент ничего не известно, так как исследования батата были завершены из-за массового поражения посадок явайской черной гнилью.

В настоящее время изучением данной культуры, начиная с 2012-2013 годов, занимаются в Воронежской области [8], Республике Дагестан [7], Удмуртской республике [6], [15]. Большой интерес представляет изучение батата как ценной культуры для перерабатывающей промышленности [9], [10], [11], [12]. Также на кафедре биотехнологии института Агробиотехнологий РГАУ-МСХА имени Тимирязева активно изучают эту культуру [2].

Поэтому можно сделать вполне обоснованный вывод о том, что изучение сладкого картофеля в России возросло с новой силой и имеет высокую актуальность и в своей работе мы хотели перенять зарубежный опыт в области селекции батата на примере Японии.

Основные результаты

В Японии батат используется для самых разных целей, таких как: употребление в пищу, получение пищевых продуктов, производство спирта и крахмала. Две группы ученых в Национальной организации сельскохозяйственных исследований (National Agriculture Research Organization – NARO) занимаются выведением сортов для этих целей. В селекции батата ученые используют такие приемы, как: прививка для индукции цветения (цветок представлен на рис. 2) и идентификация групп несовместимости перед скрещиванием, чтобы решить проблемы, характерные при гибридизации батата [1].



Рисунок 2 - Цветок батата
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.6.2>

Для столового использования недавно были созданы новые сорта с высоким содержанием сахаров, которые стали популярны среди японских потребителей. Новые сорта с высоким содержанием антоцианов или β -каротина были выведены для получения пищевых продуктов и использования в качестве натуральных пищевых красителей. В качестве исходного сырья были созданы новые сорта с высоким выходом спирта для производства спиртов сёто (shochu). Кроме того, для производства крахмала были созданы новые сорта с высоким выходом крахмала [1].

Селекция батата в Национальной организации сельскохозяйственных исследований (NARO) осуществляется двумя группами ученых: Институтом растениеводства – NARO (NICS) и Центром сельскохозяйственных исследований Кюсю Окинава, (KARC/NARO).

Лаборатория от NICS расположена в Цукубе в регионе Канто, который является северной границей коммерческого производства в Японии, а лаборатория от KARC/NARO расположена в Мияконодзё в регионе Кюсю, который является южным регионом с теплым умеренным климатом в Японии. Группа в NICS в основном занимается выведением сортов для столового использования, а группа в KARC/NARO преимущественно занимается выведением сортов для промышленной переработки.

Предыдущие исследования показали, что батат является автогексаплоидом и его тип наследования является гексасомическим. Часто признак, контролируемый одним геном, может быть количественно оценен по фенотипу благодаря специфичности его выделения у автополиплоидов. Сильная гетерозиготность каждого генотипа, полиплоидия и перекрестное опыление у батата усложняют его генетический анализ, но прогнозирование расщепления в популяции очень важно в селекции батата.

Две селекционные группы NARO поддерживают около 3000 образцов диких видов рода *Irotocae* и батата, состоящих из зарегистрированных сортов, селекционных линий, местных сортов из Японии и интродуцентов из Северной и Южной Америки, Азии и Океании. Около трети образцов дублируются и сохраняются обеими группами. Более 80% образцов *in vivo* высаживаются черенком и сбором с выращиваемых растений корневых клубней.

Растения образцов, не образующих корневых клубней, поддерживают в горшечной культуре в теплицах. Морфологические характеристики, такие как: форма листьев и корневых клубней и хозяйственно ценные характеристики, такие как: урожайность, устойчивость к болезням и вредителям и качество, оцениваются ежегодно для более чем 50 образцов.

Начало селекции батата включает в себя: отбор цветущих и скрещивающихся родителей из генетической коллекции, планирование комбинаций и проведение скрещиваний. Большинство сортов батата дают мало цветков или вообще не дают их в регионах с умеренным климатом. Зачастую цветки демонстрируют само- и перекрестную несовместимость. Поэтому селекционеры по батату используют такие приемы в селекции, как: прививка для индукции цветения и идентификация групп несовместимости перед скрещиванием, для того чтобы преодолеть упомянутые выше проблемы.

Метод прививки с использованием подвоев ипомеи используется для стимуляции цветения. Карликовый сорт японской ипомеи *Irotocae nil* (L.) Roth cv. Kidachi-asagaо используется в качестве подвоя по двум причинам: у него толстый стебель, облегчающий прививку, а также он имеет длительный период цветения, что увеличивает общее количество цветков. Привои батата формируют цветочные бутоны через 3 недели после прививки и продолжают цвести более 2 месяцев. Цветки батата и *I. trifida* обладают сильным спорофитным типом самонесовместимости, также у батата были идентифицированы и классифицированы 16 групп перекрестной несовместимости (A–P). Это основной барьер для получения семян после самоопыления и скрещивания в пределах одних и тех же групп перекрестной несовместимости.

Репрезентативные сорта из каждой группы были идентифицированы как «тестеры на несовместимость» и они используются при скрещиваниях сортов, группы несовместимости которых неизвестны. Несовместимость определяют путем наблюдения за развитием пыльцевых трубок, окрашенных анилиновым синим, с помощью флуоресцентного микроскопа. Такой подход позволяет идентифицировать неизвестные сорта по пяти основным (A, B, C, D, E) и прочим группам несовместимости. В последнее время лаборатория KARC/NARO проводит в общей сложности 200-300 комбинаций скрещивания два раза за год – весной и осенью в двух селекционных группах NARO и они собирают примерно 50000-70000 семян каждый год. Схема создания сортов батата в NARO представлена на рисунке 3.

Семена полученных гибридов высевают в кассеты или горшки и выращивают в рассадном отделении теплицы, а затем каждый сеянец пересаживают в поле. Корнеклубни отобранных растений с хорошим фенотипом убирают и хранят в течение зимы. После второго года их всесторонне изучают и оценивают, отбирая самые перспективные линии.

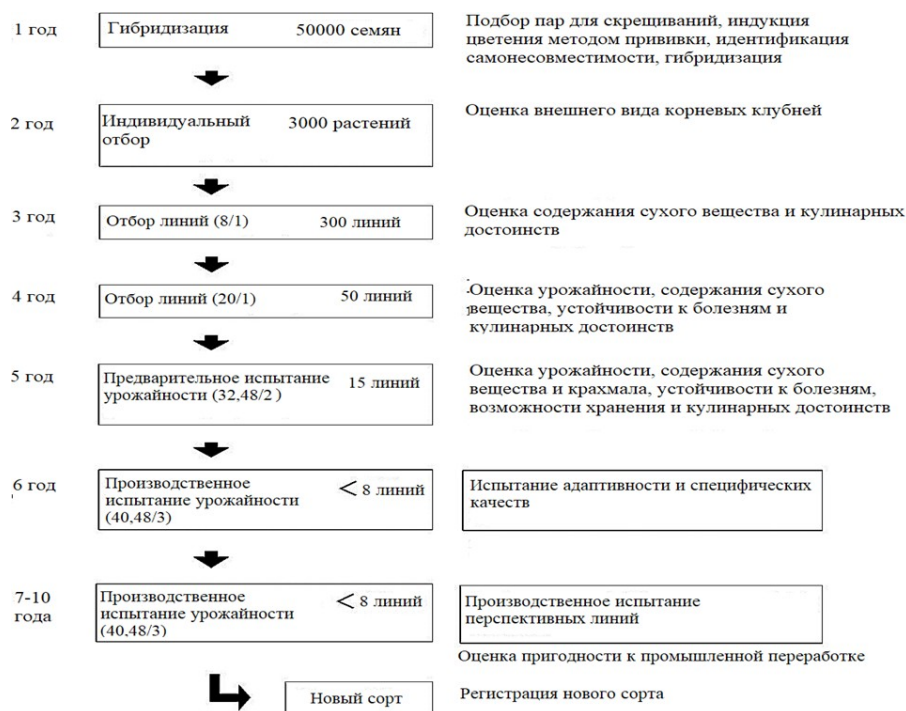


Рисунок 3 - Схема селекции батата в NARO, Япония

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.6.3>

Примечание: цифры в скобках каждого квадрата указывают количество растений и повторностей в каждом испытании; в правом столбце указаны оцениваемые признаки в каждом испытании и испытаниях, проведенных на экспериментальных станциях в некоторых префектурах

Селекционеры уменьшают количество отбираемых линий и увеличивают количество хранящихся корнеклубней отобранных образцов каждый год. На шестой год испытания селекционные линии отбираются для испытаний урожайности и исследуются на устойчивость к болезням и вредителям, а также адаптивность. Испытания продуктивности и специфических признаков рекомендуемых сортов проводятся в нескольких префектурах. Лаборатория NICS проводит тесты на устойчивость к основным болезням и вредителям, в том числе к черной гнили (*Ceratocystis fimbriata*), стеблевой гнили (*Fusarium oxysporum f. sp. batatas*), почвенной гнили (*Streptomyces ipomoea*) и южным галловым нематодам (RKN, *Meloidogyne incognita*). Лаборатория KARC/NARO исследует устойчивость к южным галловым нематодам (RKN, *Meloidogyne incognita*) и нематодам, поражающим кофе (RLN, *Pratylenchus coffeaceae*). Создание нового сорта занимает более 8 лет с момента скрещивания [1].

Заклучение

Схема селекционного процесса батата (*Ipomoea batatas* Lam.) в NARO представлена несколькими последовательными питомниками: питомник гибридизации, питомник индивидуального отбора, питомник отбора линий (2 года), питомник предварительного испытания и питомник производственного испытания (4 года). Селекция новых сортов ведется в направлении повышения урожайности, устойчивости к болезням (вирусы, черная и почвенная гнили) и вредителям (различные виды нематод), а также на улучшение биохимических и органолептических показателей конечной продукции. На создание одного сорта необходимо около 10 лет, при этом, в начальных питомниках имеется 50000 сеянцев, а в конце – лишь один сорт, что говорит о высокой трудоемкости ведения селекции батата. Помимо большого количества исходных сеянцев сладкий картофель имеет проблемы, касающиеся его генеративной сферы – трудности с цветением (решается прививкой на декоративные виды рода *Ipomoea* и другими методами) и наличие 16 групп спорофитной самонесовместимости (имеется коллекция сортов-тестеров с известными типами самонесовместимости).

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.6.4>

Conflict of Interest

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.137.6.4>

Список литературы / References

1. Katayama K. Recent Progress in Sweetpotato Breeding and Cultivars for Diverse Applications in Japan / K. Katayama, A. Kobayashi, T. Sakai [et al.] // *Breeding science*. — 2017. — Vol. 67. — № 1. — P. 3-14.
2. Абубакаров Х.Г. Размножение *Ipomoea batatas* L. (Lam) в культуре *in vitro* / Х.Г. Абубакаров, Е.А. Калашникова, Р.Н. Киракосян [и др.] // *Растениеводство и луговое хозяйство*. — Москва, 2020. — С. 468-470.
3. Алексеев В.П. Батат. Итоги работы за 1930-1933 гг. / В.П. Алексеев // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. — Ленинград: Изд. Всесоюзного института растениеводства НКЗ СССР, 1934. — С. 115-122.
4. Ермакова В.Е. Тропическое и субтропическое мелиоративное земледелие / В.Е. Ермакова. — Москва: Московский ордена Трудового Красного Знамени гидромелиоративный институт, 1987. — 63 с.
5. Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи / П.М. Жуковский. — М: Колос, 1971. — 751 с.
6. Зорин Д.А. Урожайность *Ipomoea batatas* Lam. в северном агроклиматическом районе Удмуртской Республики / Д.А. Зорин, А.В. Федоров // *Тенденции развития науки и образования*. — 2018. — № 44-5. — С. 46-49.
7. Магомедова Б.М. Батат как ценная пищевая культура для республики Дагестан (Первое сообщение) / Б.М. Магомедова, З.М. Асадулаев, Ю.М. Яровенко // *Ботанический вестник Северного Кавказа*. — 2017. — Т. 4. — С. 24-33.
8. Подлесный В.Б. Возделывание батата при разных сроках его посадки в Центрально-Черноземном регионе России / В.Б. Подлесный // *Аграрная наука*. — 2013. — № 7. — С. 19-20.
9. Пономарёв В.И. Чизкейк с применением амарантовой муки, порошка батата и анчана / В.И. Пономарёв, Я.С. Петрова, Ю.А. Лetyаго // *Инженерные технологии в сельском и лесном хозяйстве*. — Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. — С. 252-256.
10. Саги А.В.К. Влияние продуктов переработки батата на свойства теста и качество хлебобулочных изделий из пшеничной муки / А.В.К. Саги, Г.Г. Юсупова, Е.В. Невская // *Хлебопродукты*. — 2018. — № 2. — С. 55-57.
11. Саги В.А.К. Влияние порошка из батата на качество хлебобулочных изделий и их микробиологическую безопасность / В.А.К. Саги // *Перспективные исследования и новые подходы к производству и переработке сельскохозяйственного сырья и продуктов питания*. — Москва: Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова, 2019. — С. 296-301.
12. Саги В.А.К. Исследование влияния продуктов переработки батата на качество хлебобулочных изделий / В.А.К. Саги, Е.В. Невская, А.Г. Зуева // *Хлебопродукты*. — 2020. — № 4. — С. 40-45.
13. Саги В.А.К. Исследование влияния сока и порошка батата на показатели качества хлебобулочных изделий из пшеничной муки / В.А.К. Саги, Е.В. Невская, А.А. Невский // *Хлебопечение России*. — 2017. — № 5. — С. 33-36.
14. Тютин М.Г. Батат (the sweet potato) / М.Г. Тютин. — Сухум: Абгиз, 1934. — 35 с.
15. Федоров А.В. Возделывание *Ipomoea batatas* Lam. в Удмуртской Республике / А.В. Федоров, Д.А. Зорин // *Современные научные исследования и разработки*. — 2018. — Т. 1. — № 11. — С. 734-737.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Katayama K. Recent Progress in Sweetpotato Breeding and Cultivars for Diverse Applications in Japan / K. Katayama, A. Kobayashi, T. Sakai [et al.] // *Breeding science*. — 2017. — Vol. 67. — № 1. — P. 3-14.
2. Abubakarov H.G. Razmnozhenie *Ipomoea batatas* L. (Lam) v kul'ture *in vitro* [Reproduction of *Ipomoea batatas* L. (Lam) in *In Vitro* Culture] / H.G. Abubakarov, E.A. Kalashnikova, R.N. Kirakosjan [et al.] // *Rastenievodstvo i lugovodstvo* [Crop and Meadow Growing]. — Moscow, 2020. — P. 468-470. [in Russian]
3. Alekseev V.P. Batat. Itogi raboty za 1930-1933 gg. [Batat. Results of Work for 1930-1933] / V.P. Alekseev // *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii* [Works on Applied Botany, Genetics and Selection]. — Leningrad: Publishing House of All-Union Institute of Plant Growing, People's Commissariat of Agriculture of USSR, 1934. — P. 115-122. [in Russian]
4. Ermakova V.E. Tropicheskoe i subtropicheskoe meliorativnoe zemledelie [Tropical and Subtropical Reclamation Agriculture] / V.E. Ermakova. — Moscow: Moscow Order's of the Red Banner of Labor Hydroreclamation Institute, 1987. — 63 p. [in Russian]
5. Zhukovsky P.M. Kul'turnye rasteniya i ih sorodichi [Cultivated Plants and Their Relatives] / P.M. Zhukovsky. — M: Kolos, 1971. — 751 p. [in Russian]
6. Zorin D.A. Urozhajnost' *Ipomoea batatas* Lam. v severnom agroklimaticheskom rajone Udmurtskoj Respubliki [Productivity of *Ipomoea batatas* Lam. in the Northern Agro-climatic Region of the Udmurt Republic] / D.A. Zorin, A.V. Fedorov // *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the Development of Science and Education]. — 2018. — № 44-5. — P. 46-49. [in Russian]
7. Magomedova B.M. Batat kak cennaya pishhevaya kul'tura dlya respubliky Dagestan (Pervoe soobshchenie) [Sweet Potato as a Valuable Food Crop for the Republic of Dagestan (First message)] / B.M. Magomedova, Z.M. Asadulaev, Yu.M. Yarovemko // *Botanicheskij vestnik Severnogo Kavkaza* [Botanical Bulletin of the North Caucasus]. — 2017. — Vol. 4. — P. 24-33. [in Russian]
8. Podlesny V.B. Vozdelyvanie batata pri raznyh srokah ego posadki v Central'no-Chernozemnom regione Rossii [Cultivation of Sweet Potato at Different Planting Dates in the Central Black Earth Region of Russia] / V.B. Podlesny // *Agrarnaya nauka* [Agrarian Science]. — 2013. — № 7. — P. 19-20. [in Russian]
9. Ponomarev V.I. Chizkejk s primeneniem amarantovoj muki, poroshka batata i anchana [Cheesecake with the Use of Amaranth Flour, Sweet Potato Powder and Anchana] / V.I. Ponomarev, Y.S. Petrova, Yu.A. Letyago // *Inzhenerye tekhnologii v sel'skom i lesnom hozyajstve* [Engineering Technologies in Agriculture and Forestry]. — Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2020. — P. 252-256. [in Russian]
10. Sagi A.V.K. Vliyanie produktov pererabotki batata na svojstva testa i kachestvo hlebobulochnyh izdelij iz pshenichnoj muki [Influence of Sweet Potato Processing Products on the Properties of Dough and the Quality of Bakery Products from

Wheat Flour] / A.V.K. Sagi, G.G. Yusupova, E.V. Nevskaya // Hleboprodukty [Bakery Products]. — 2018. — № 2. — P. 55-57. [in Russian]

11. Sagi V.A.K. Vliyanie poroshka iz batata na kachestvo hlebobulochnyh izdelij i ih mikrobiologicheskuyu bezopasnost' [Influence of Sweet Potato Powder on the Quality of Bakery Products and Their Microbiological Safety] / V.A.K. Sagi // Perspektivnye issledovaniya i novye podhody k proizvodstvu i pererabotke sel'skohozyajstvennogo syr'ya i produktov pitaniya [Perspective Research and New Approaches to the Production and Processing of Agricultural Raw Materials and Food Products]. — Moscow: Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbatov, 2019. — P. 296-301. [in Russian]

12. Sagi V.A.K. Issledovanie vliyaniya produktov pererabotki batata na kachestvo hlebobulochnyh izdelij [Study of the Influence of Sweet Potato Processing Products on the Quality of Bakery Products] / V.A.K. Sagi, E.V. Nevskaya, A.G. Zueva // Hleboprodukty [Bakery Products]. — 2020. — № 4. — P. 40-45. [in Russian]

13. Sagi V.A.K. Issledovanie vliyaniya soka i poroshka batata na pokazateli kachestva hlebobulochnyh izdelij iz pshenichnoj muki [Study of the Effect of Sweet Potato Juice and Powder on the Quality Indicators of Bakery Products Made from Wheat Flour] / V.A.K. Sagi, E.V. Nevskaya, A.A. Nevsky // Hlebopechenie Rossii [Bakery of Russia]. — 2017. — № 5. — P. 33-36. [in Russian]

14. Tyutin M.G. Batat (the sweet potato) [Sweet Potato] / M.G. Tyutin. — Sukhum: Abgiz, 1934. — 35 p. [in Russian]

15. Fedorov A.V. Vozdelyvanie Ipomoea batatas lam. v Udmurtskoj Respublike [Cultivation of Ipomoea batatas lam. in the Udmurt Republic] / A.V. Fedorov, D.A. Zorin // Sovremennyye nauchnye issledovaniya i razrabotki [Modern Scientific Research and Development]. — 2018. — Vol. 1. — № 11. — P. 734-737. [in Russian]