

УДК 631(092): 635.646

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические науки)

НЕПИЩЕВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЯ БАНАН И БИОЭКОНОМИКА

Цаценко Людмила Владимировна
д-р. биол. наук, профессор, кафедра генетики, селекции и семеноводства
SPIN-код: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000
e-mail: lvt-lemna@yandex.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Россия, Краснодар 350044, Калинина 13

Цаценко Наталья Андреевна
Ph. D., Научный сотрудник, участник программы постдок НИУ ВШЭ
SPIN-код: 5028-8748, AuthorID: 811364
<https://orcid.org/0000-0002-4258-1865>
e-mail: nat-tsatsenko32@yandex.ru
Национальный Исследовательский Университет Высшая Школа Экономики, НИУ ВШЭ, Россия, Москва, 109028, Покровский б-р, д. 11

Какунзе Ален Шарль
Доктор философии, Ph.D. в области селекции, семеноводства и биотехнологии растений
Преподаватель Высшей школы образования
SPIN-код: 7907-1372, AuthorID: 1030608
orcid: 0009-0003-6424-0847
e-mail: akakunze@gmail.com
Университета Бурунди, Бужумбура, Бурунди, Африка

Мбониханкуйе Сирилл
Аспирант Бурундийского университета в области овощей и фруктов
Заведующий программой семеноводства в ISABU
e-mail: mbonicyril2004@gmail.com
orcid: 0009-0005-3833-174X
Бурундийский институт агрономических наук, Бурунди

В работе рассматриваются вопросы непищевого использования бананов и перспективы для инновационных подходов в селекции данной культуры и маркетинге новых товаров из отходов переработки побочной продукции *Musa spp.* В основу взята научная литература и ресурсы сайтов нескольких стартап-компаний, в странах произрастания растения банана, а также, газетные статьи и заметки ресурсов Интернет. В статье комплексно представлены направления непищевого использования растения банана и

UDC 631(092): 635.646

4.1.2. Plant breeding, seed production and biotechnology (biological sciences)

NON-FOOD USES OF BANANA PLANTS AND THE BIOECONOMY

Tsatsenko Luidmila Vladimirovna
Dr.Sci.Biol., Professor,
Chair of genetic, plant breeding and seeds;
RSCI SPIN-code: 2120-6510, AuthorID: 94468
<https://orcid.org/0000-0003-1022-1942>
Scopus Author ID: 55952841000
e-mail: lvt-lemna@yandex.ru
"Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar 350044, Kalinina 13, Russia

Tsatsenko Natalia Andreevna
Ph.D. in Economics,
Research fellow, postdoc at the HSE University
RSCI SPIN-code: 5028-8748, AuthorID: 811364
<https://orcid.org/0000-0002-4258-1865>
e-mail: nat-tsatsenko32@yandex.ru
HSE University, Moscow, 109028, Pokrovsky Bulvar 11, Russia

Kakunze Alain Charles
Dr., Ph.D in varietal selection, seed production and plant biotechnology
Lecturer at the Ecole Normale Supérieure du Burundi, Natural Sciences Department
RSCI SPIN-code: 7907-1372, AuthorID: 1030608
orcid: 0009-0003-6424-0847
e-mail: akakunze@gmail.com
Burundi Higher Institute of Education, Bujumbura, Burundi, Africa

Mbonihankuye Cyrille
PhD Student at University of Burundi in Fruit and Vegetable
Head of seed production program at ISABU
e-mail: mbonicyril2004@gmail.com
orcid: 0009-0005-3833-174X
Burundi Institute of Agronomic Sciences, Bujumbura, Burundi, Africa

The article deals with the issues of non-food use of bananas and perspectives for innovative approaches in the breeding of this crop and marketing of new products from the by-products of *Musa spp.* The work is based on scientific literature and the websites of several startup companies in the countries where the banana plant grows abundantly, as well as other Internet resources (like online local newspapers in Africa and Asia). This article comprehensively summarizes the directions of non-food use of banana plant and identifies two groups of source material:

выделены две группы исходного материала: листья и псевдостебель. Анализ различных кейсов экологически-ориентированной продукции из побочных продуктов растения банана привел к следующим выводам. Во-первых, возрастает интерес к использованию растительных остатков и созданию новых инновационных продуктов переработки. Непищевое использование частей растения банана рассматривается как биоресурс для экологически чистого применения в производстве посуды, упаковки пищевой и непищевой, волокна, тканей. Во-вторых, увеличение урожая растения банана требует поиска утилизации побочных продуктов. В-третьих, для получения качественного сырья для переработки необходимо проводить селекционную работу для совершенствования и создание устойчивых генотипов бананов к изменению климата, чтобы повышать качество материалы по получению текстиля из псевдостеблей растений у различных видов *Musa spp.* В настоящее время большинство исследований ограничивается лабораторными проектами, поэтому требуется дальнейшее масштабирование процессов для промышленного применения банановой продукции непищевого назначения. Таким образом, будущие исследования в данной области должны быть сфокусированы на новых селекционных исследования по улучшению качества бананового сырья

Ключевые слова: БАНАНОВОЕ ВОЛОКНО, РАСТЕНИЕ БАНАН, НЕПИЩЕВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ, БИОРЕСУРСЫ, БИОЭКОНОМИКА

leaves and pseudostem. The analysis of various cases of environmentally oriented products from banana plant by-products allowed to obtain the following findings. Firstly, there is a growing interest in the utilization of plant waste and the creation of new innovative processing products. The non-food use of banana plant parts is considered as a bioresource for environmentally friendly applications in the production of tableware, food and non-food packaging, fiber, and fabrics. Secondly, increasing the yield of banana plant requires the search for utilization of by-products. Thirdly, to obtain quality raw materials for processing, it is necessary to carry out breeding work to improve and create resistant banana genotypes to climate change to improve the quality of materials for obtaining textiles from plant pseudostems from different species of *Musa spp.* At present, most research is limited to laboratory projects and further scaling up of processes for industrial applications of non-food banana products is required. Thus, future research in this area should focus on new breeding studies to improve the quality of banana raw material

Keywords: BANANA FIBER, BANANA PLANT, NON-FOOD USE, BY-PRODUCTS OF CULTIVATION, BIORESOURCE, BIOECONOMICS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-203-07>

Введение

Растение банана (*Musa spp.*) широко распространено и культивируется в субтропических и тропических регионах мира. Его относят к древним формам растительного сообщества, когда человек вступил в борьбу с лесом за создание посадок культурных растений, адаптированных под его образ жизни. На сегодняшний день в 135 странах мира выращивают бананы с целью получения питательного фрукта [Maseko et al., 2024]*. По прогнозам Международной Продовольственной Организации (ФАО),

<http://ej.kubagro.ru/2024/09/pdf/07.pdf>

объемы производства банана как ключевой сельскохозяйственной культуры будут только увеличиваться [FAO Outlook, 2020]. Несмотря на тот факт, что банан выращивается в основном ради плодов, процесс потребления этого растения приводит к возникновению отходов в большом количестве [Padam et al., 2014].

*Все ссылке в статье даются по списку литературы работы [1].

Важно отметить, что побочные продукты выращивания банана составляют 88% от общей массы растения, куда входят листья, соцветия, плодоножка, псевдостебель и кожура [Vinay et al., 2024]. Например, банановая кожура представляет 40% от общей массы плодов банана [Mostafa, 2021]. В работе Tripathi et al. (2019), посвященной исследованию потенциала растения банана для использования в целлюлозно-бумажной промышленности в Индии, отмечается, что банан – это однолетняя культура, производящая огромное количество волокнистого материала в виде сельскохозяйственных отходов из псевдостеблей и листьев. На каждые 60 кг выращенных бананов приходится 200 кг отходов стебля [Tripathi et al., 2019]. Итак, побочные продукты обычно используются не полностью и превращается в органические отходы.

Повторное использование биологических отходов и побочных продуктов в рамках сельскохозяйственного производства лежит в области биоэкономики, в основе которой положен принцип создание экологически- и инновационно-ориентированного производства, принцип сокращения отходов и принцип эффективного использования возобновляемых биоресурсов. Устойчивая биоэкономика предполагает повторное включение побочных продуктов и отходов сельскохозяйственного и пищевого производства в создание добавленной стоимости по средствам утилизации и вторичной переработки [Aschemann-Witzel and Stangherlin, 2021; Muscat et al., 2021].

В цель нашей работы входило обобщить имеющиеся данные о непищевом использовании растения банан в странах произрастания, на основе анализа научных публикаций, медиапорталов стартап-компаний и рекламных буклетов фабрик по переработке банановой продукции. Систематизация полученных знаний позволила выделить ключевые направления вторичного использования подобных продуктов банана, основанные на принципах биоэкономики, а также выявить перспективы для инновационных подходов в селекции данной культуры и новые направления для банановой продукции, произведенных в процессе переработки.

Многообразие продуктов переработки

Стремление к созданию биоразлагаемых материалов побудило исследователей обратиться к природным и возобновляемым биоресурсам для замены синтетических продуктов или пластика. Использование экологичных и органических материалов становится все более важным в производстве различных видов биоразлагаемых материалов с минимальным воздействием на окружающую среду [Kora, 2019; Trache et al., 2020].

Преобразование побочных продуктов выращивания банана в непищевой промышленности требует хороших знаний о свойствах растения, передаваемые из поколения в поколение, с одной стороны, и творческих и инновационных решений, с другой стороны. Превращение огромного биоресурса как псевдостеблей и листьев в новый продукт – это непростая комплексная задача. В таблице 1 представлен перечень ключевых продуктов, которые получают из частей растения банана.

Таблица 1 – Непищевое использование бананов

Побочный продукт выращивания бананов	Полезный товар
Лист	Упаковка для мяса, овощей, фруктов в супермаркетах
	Упаковка как тара многофункционального использования
	Посуда: тарелка, миска, стакан, чашка, коробка, конверт
	Подложка для еды во время приготовления, как пищевая фольга растительного происхождения
	Банки-контейнеры с банановыми листьями для еды и десертов
	Банановая пряжа, по качеству сравнимая с шелком
Псевдостебель	Банановая пряжа, изготовленная в техники мокрого валяния
	Ткань для изготовления одежды
	Крафт-бумага высшего сорта, и органическая эко-бумага

Источник: составлено авторами на основе публикаций [Филатов В. В. и др., 2023; Цаценко Л.В. и др. 2024; Kamira et al., 2015; Mulugo et al, 2022; Rajput and Khot, 2022; Thyavihalli Girijappa et al., 2019].

Листья бананов: экологически чистый упаковочный материал

Листья *Musa spp.* из-за содержания в них волокон применяют в свежем виде в качестве пластин или тарелок для еды, упаковки для приготовления пищи на пару. В сухом виде – в виде полос для плетения различных изделий и для покрытия крыш домов и навесов. Больше всего для этих целей используют виды: *Musa ornata* и *Musa textilis* [Heslop-Harrison and Schwarzacher, 2007].

По сравнению с обычным пластиком важное преимущество биоразлагаемых материалов, в частности посуды и оберточной упаковки для продуктов из листьев бананов является то, что они не способствуют кризису отходов, создаваемому пластмассами, и являются относительно недорогими и широкодоступными. К важным характеристикам можно отнести то, что они предотвращают перемещение влаги в продуктах и сохраняют их пищевую ценность во время транспортировки. Например, упаковка для хранения продуктов на основе листьев бананов становится

часто встречаемой в супермаркетах Азиатских странах [Rikasa and Mufeez, 2023].

Использование листьев банана в качестве обертки для приготовления блюд достаточно широко распространено в странах Юго-Восточной Азии (например Индия, Таиланд, Малайзия, Шри-Ланка) и в странах региона Великих Африканских Озер (например Бурунди, Танзания, Уганда, ДР Конго, Кения). В Индии, особенно в ее южных штатах, размер листа учитывается при сервировке стола, что является уникальной практикой. Большой размер листа позволяет подавать на стол такие многокомпонентные блюда, как рис, карри и сладости. Толстые листья, особенно у видов *M. paradisiaca*, используются в качестве оберточного пищевого материала, поскольку сохраняют влагу в блюде [Koga, 2019]. Например, в Таиланде лист банана используют не только для декора на праздники, но в повседневной жизни для приготовления пищи на пару, во фритюре или на гриле [Panyayong and Srikaeo, 2022]. Начинка, упакованная листьями банана, защищается от обжигающего воздействия пламени [Koga, 2019; Mostafa, 2021]. Итак, применение листьев бананов вместо фольги и пластиковой упаковки для сохранения и приготовления пищи в странах произрастания бананов является длительной традицией, которая передается из поколения в поколение. К таким примерами может служить *Uburobe* или *Ubuswage* в Бурунди и Уганде, что позволяет сохранять приготовленные овощи несколько недель.

В то же время появляются новые решения в рамках биоэкономики и продвижения экологических товаров. Например, индийская стартап-компания *Banana Leaf Technology Products* запустила целую линейку биоразлагаемых изделий из банановых листьев. Другой пример, изобретатели из университета сельского хозяйства, технологий и наук Сэма Хиггинботтома (*Sam Higginbottom University of Agriculture, Technology and Sciences, SHUATS*), который располагается в индийском

городе Праяградже, разработали инновационный чайный пакетик из высушенных волокон банановых листьев. Данное изобретение было запатентовано и является альтернативой существующим пластиковым чайным пакетикам.

Псевдостебель банана и его применение в текстильной и бумажной промышленности

Несмотря на факт, что растение банана считается однолетней культурой. Растение произрастает несколько лет на одном месте. Каждый год после получения урожая родительский стебель отмирает естественным образом, а новый «отросток» становится родительским растением. Таким образом, банановые плантации могут существовать несколько лет, в среднем от 6 до 8 лет. Например, в Бурунди приблизительный возраст банановых плантаций насчитывает около 20 лет. В Индии есть уникальный случай, где возраст плантации достигают около ста лет. Отметим, что приблизительно 60% биомассы бананов выбрасывается после сбора урожая и последующей обработки, что составляет 114,08 млн метрических тонн по всему миру [Vinay et al. 2024; Vigneswaran et al., 2015]. В этой связи проблема переработки отходов и побочных продуктов как псевдостебель является очень актуальной в странах произрастания растения банана. В научной литературе описаны два наиболее известных направления как производство бумаги (целлюлозно-бумажная промышленность) и изготовление тканей (текстильная промышленность) [Balda et al. 2021; Rajput and Khot, 2022]. Одним из наиболее известных и задокументированных примеров в истории производства бумаги является японский кейс. В Японии банановое волокно использовалось для изготовления бумаги для банкнот, поскольку это самое прочное натуральное волокно, которое можно добыть.

Банановое волокно, получаемое из псевдостебельков и листьев, употреблялось для текстиля в Азии с XIII века. В японской системе

Киджока-башофу с растения периодически срезают листья и побеги, чтобы обеспечить мягкость. Собранные побеги сначала отваривают в щелоке, чтобы подготовить волокна для изготовления пряжи. Из этих побегов банана получают волокна разной степени мягкости, позволяющие получать пряжу и текстиль с различными качествами для конкретного применения. Одни волокна из внешних частей побегов самые грубые и подходят для изготовления скатертей, кухонных салфеток. В то время как для кимоно желательны самые мягкие внутренние волокна. Этот традиционный японский процесс изготовления ткани требует множества этапов, все они выполняются вручную (рисунок 1).



Рисунок 2 – Уличная сцена в Старой Окинаве в 1880-х годах. Тонкая полупрозрачная ткань, которую носят дамы, соткана из волокна, взятого из карликового бананового псевдостебля. Неизвестный автор, общественное достояние, рисунок взят через Wikimedia Commons.

<https://highlatitudestyle.com/banana-fibers-for-textiles/>

Текстиль из побочных продуктов банана

Банановая пряжа, характеризующаяся уникальными свойствами и характеристиками, представлена двумя типами. Первый тип – это пряжа из

листьев банана, получаемая вручную. Она сравнима по качеству с шелком. Второй тип пряжи получают из псевдотебля, по качеству она грубее первой. В Индии налажено производство одежды из данной ткани. Несмотря на то, что Индия является центром происхождения банана и на ее территории встречается около 20 видов данного растения, для производства волокна подходят только два вида. Основной целью продвижения экологически чистой моды и текстиля является забота об экологии, что включает в себя уменьшение углеродного следа от текстильного производства [Vinay et al., 2024].

Предполагается, что банановая ткань, если ее производить в больших масштабах, может быть дешевле, чем хлопок и лен. Также банановая ткань обладает хорошей влаговпитываемостью, и хорошим блеском, как у льна. Сегодня для сохранения ресурсов и окружающей среды возрастает спрос на экологичные варианты изготовления тканей.

Рассматривая вопросы вторичного использования частей растения банана необходимо коснуться задач селекционной работы. Эти вопросы будут больше подходить для банана текстильного, которого существуют более 100 разновидностей. Например, они широко распространены на Филиппинах. При этом только двадцать видов используются для коммерческого производства. Для этих видов селекционные исследования направлены на получения растений устойчивых к болезням, так как поражение листьев сказывается на качестве текстильной продукции. Другой направление – это создание устойчивых генотипов бананов к изменению климата. Оба подхода направлены на получение качественного сырья для переработки. Эти требования правомерны и для других видов банана.

Стартап-компании по производству изделий из побочных продуктов растения банан: кейсы

Изготовление бумаги из бананового волокна имеет несколько интересных аспектов. Банановые псевдостебли обладают потенциалом для производства бумаги благодаря высокому содержанию целлюлозы, низкому содержанию гемицеллюлозы и лигнина по сравнению с другими недревесными материалами. Производство бумаги на основе недревесного сырья экономичнее, чем производство бумаги на основе древесины. Банановое волокно можно использовать для производства бумаги для валюты, чековой бумаги, писчей бумаги и бумаги для защиты от жира. Банановое волокно было использовано для производства бумаги, как отдельно, так и в сочетании в комбинации с другими типами целлюлозы [Balda et al., 2021].

В таблице 2 представлены примеры стартап компаний из нескольких стран, где производство ориентировано на создание бумаги и бумажных изделий с фокусом на экологичность.

Таблица 2 – Примеры стартап-компаний в области непищевого использования растения банана

Название стартап компании	Страна (Регион)	Краткое описание
WEGE COMPANY	Бурунди (Африка)	Производства упаковочной бумаги и подарочных пакетов с цветными принтами на основе переработки банановых отходов.
Banana Leaf Technology Products	Индия (Азия)	Одноразовые биоразлагаемые предметы (тарелки, стаканчики, подносы как альтернатива пластику), созданные на основе банановых листьев.
Kalpna Handmade Paper Industries	Индия (Азия)	Производство экологически чистой бумаги ручной работы.
TEXFAD	Уганда (Африка)	Переработка банановых псевдостеблей в высококачественный биоразлагаемый волокна для производства высококачественных тканей и изделий ручной работы.

Источник: составлено авторами

Более подробно рассмотрим социальное предприятие WEGE COMPANY из Бурунди, с инновационным производством бумаги из

банановых волокон. Более того, согласно указу правительства Бурунди № 100/ 009 от 08.08.2018 импорт, использование, изготовление и коммерциализацию пластиковых пакетов на национальной территории Бурунди запрещено. Эти меры и стимулировали разработку экологической упаковки, что актуально на фоне загрязнения окружающей среды в конкретной стране.

На рисунке 2 представлены примеры изделий как вышеописанной стартап-компании, так и изделий handmade, произведенные для продажи на ярмарках и местных рынках в рамках продвижения туризма в стране.

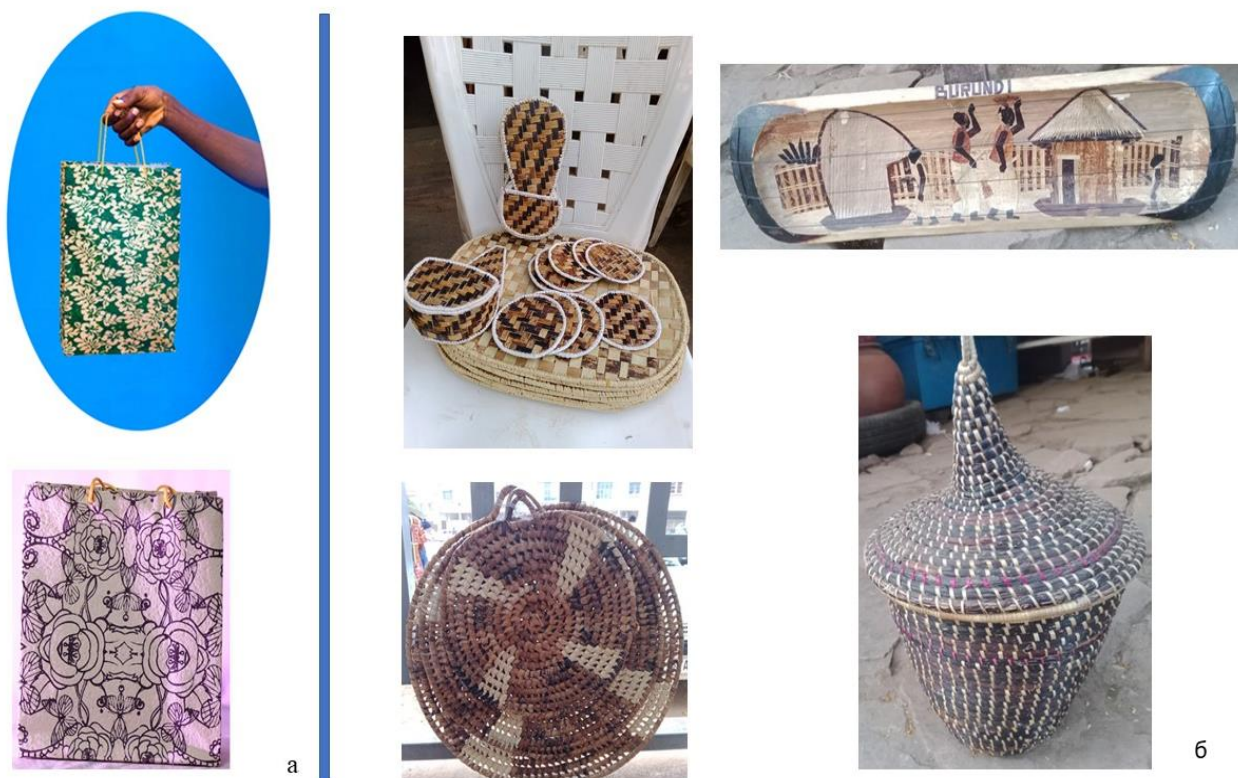


Рисунок 2 – Изделия из банановых волокон, Бурунди. а – производство подарочных пакетов компанией WEGE COMPANY. URL: <https://wegecompany.com/>
 б – различные изделия из бананового листа на рынке.

Источник: фотографии сделаны Какунзе А.Ш. (produced by Alain Charles Kakunze) Бурунди, Африка, июль, 2024 г.

Заключение

Таким образом, рассматривая вопросы непищевого использования частей растения банана актуальным является использование растения банана как биоресурса для экологически чистого применения в производстве посуды, пищевой и непищевой упаковки, волокна, тканей. Уникальность упаковочного материала заключается в том, что он быстро разлагается по сравнению с пластиком. В настоящее время большинство исследований ограничивается лабораторными проектами, поэтому требуется дальнейшее масштабирование процессов для промышленного применения банановой продукции непищевого назначения. Эти вопросы будут касаться и новых векторов селекционных исследований по улучшению качества бананового сырья.

Список использованной литературы

1. Цаценко Л.В., Цаценко Н.А., Какунзе А.Ш., Мбониханкуйе. Непищевое использование растения банан и биоэкономика. DOI: 10.13140/RG.2.2.28279.84646
<https://www.researchgate.net/publication/383200292>

References

1. Tsatsenko L.V., Tsatsenko N.A., Kakunze A.Sh., Mbonihankuje. Nepishhevoe ispol'zovanie rastenija banan i bioekonomika. DOI: 10.13140/RG.2.2.28279.84646
<https://www.researchgate.net/publication/383200292>