

ВЫБОР ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ БИОМАССЫ ЛЬНА (*LINUM USITATISSIMUM LINACEAE*), ВЫРАЩЕННОГО В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ ПОВОЛЖЬЯ

Сергей Николаевич Сергеев¹, доктор биологических наук
 Константин Александрович Тараскин¹, доктор химических наук
 Екатерина Константиновна Барнашова², кандидат сельскохозяйственных наук
 Елена Александровна Вертикова², доктор сельскохозяйственных наук
 Михаил Иванович Будник³, кандидат биологических наук
 Ольга Тарасовна Касаикина⁴, доктор химических наук
 Дмитрий Сергеевич Орлов¹, кандидат химических наук
 Людмила Магомедовна Апашева⁴, кандидат биологических наук
 Виктор Валентинович Ведутенко⁴, кандидат химических наук
 Дмитрий Александрович Круговов⁴, кандидат химических наук
 Роман Анатольевич Ростовцев⁵, доктор технических наук
 Игорь Валентинович Ушаповский⁵, кандидат биологических наук
 Наталья Викторовна Пролетова⁵, кандидат биологических наук

¹Научно-исследовательский институт прикладной акустики, Московская обл., г. Дубна, Россия

²Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

³Российская академия ракетных и артиллерийских наук, г. Москва, Россия

⁴ФИЦ химической физики имени Н.Н. Семенова Российской академии наук, г. Москва, Россия

⁵ФНЦ лубяных культур, г. Тверь, Россия

E-mail: ziraf@mail.ru

Аннотация. Проведена экспериментальная оценка перспектив разработки целлюлозосодержащего материала с использованием соломки льна-долгунца. Результаты исследований показали возможность применения для извлечения целлюлозы водных растворов, содержащих перексид водорода, гидроксид и бисульфит натрия при высокотемпературном воздействии в течение 2 ч, с получением технической целлюлозы, пригодной в производстве картона и упаковочных материалов. Чтобы очистить техническую целлюлозу с целью создания образцов, пригодных для выпуска нитрата целлюлозы для нужд пороховой промышленности, дополнительно обрабатывали раствором пероксида водорода и уксусной кислоты в аналогичных условиях, что позволило извлечь целевой продукт с высокой степенью содержания основного вещества, при незначительном количестве сопутствующих примесей. Представленные результаты помогли решить вопросы экологической безопасности в организации процесса добывания целлюлозы на базе возобновляемого растительного сырья с использованием химических реагентов, не содержащих соединения серы.

Ключевые слова: целлюлоза, лен, перексид водорода, экологическая безопасность

CHOICE OF AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY METHOD OF PRODUCING CELLULOSE FROM FLAX BIOMASS (*LINUM USITATISSIMUM LINACEAE*) GROWN IN DIFFERENT REGIONS OF THE VOLGA REGION

S.N. Sergeev¹, *Grand PhD in Biological Sciences*
 K.A. Taraskin¹, *Grand PhD in Chemical Sciences*
 E.K. Barnashova², *PhD in Agricultural Sciences*
 E.A. Vertikova², *Grand PhD in Agricultural Sciences*
 M.I. Budnik³, *PhD in Biological Sciences*
 O.T. Kasaikina⁴, *Grand PhD in Chemical Sciences*
 D.S. Orlov¹, *PhD in Chemical Sciences*
 L.M. Apasheva⁴, *PhD in Biological Sciences*
 V.V. Vedutenko⁴, *PhD in Chemical Sciences*
 D.A. Krugovov⁴, *PhD in Chemical Sciences*
 R.A. Rostovtsev⁵, *Grand PhD in Engineering Sciences*
 I.V. Ushchapovsky⁵, *PhD in Biological Sciences*
 N.V. Proletova⁵, *PhD in Biological Sciences*

¹Research institute of applied acoustics, Dubna, Moscow region, Russia

²The Russian state agricultural university — MSHA of K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

³Russian academy of rocket and artillery sciences, Moscow, Russia

⁴N.N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics, Moscow, 119991, Russia.

⁵Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

E-mail: ziraf@mail.ru

Abstract. The experimental assessment of prospects of receiving cellulose material on the basis of use of vegetable raw materials — straw of a flax-dolgunetc is carried out. Results of researches showed a possibility of application for extraction of cellulose of the water solutions containing hydrogen peroxide, hydroxide and sodium bisulfite in the conditions of high-temperature influence within 2 hours with receiving the technical cellulose suitable for production of cardboard and packaging materials. For purification of technical cellulose, it was carried out additional processing by solution of hydrogen peroxide and acetic acid in similar parametrical conditions that allowed to receive a target product with high

extent of maintenance of the main substance, at insignificant amount of the accompanying impurity. The presented results show a possibility of the solution of questions of environmental safety at the organization of process of receiving cellulose on the basis of renewable vegetable raw materials with use of the chemical reagents which are not containing compounds of sulfur.

Keywords: cellulose, linen, hydrogen peroxide, environmental safety

Продукция целлюлозно-бумажной промышленности востребована в самых различных областях производства, бытового потребления, а также для решения стратегических задач. [10] Целлюлозно-бумажные комбинаты (ЦБК) представляют серьезную экологическую опасность. Проблема усугубляется тем, что большинство их расположено в Европейской части РФ, вблизи крупных водоемов и местах с высокой плотностью населения. Как правило, это крупные предприятия, созданные в прошлом столетии, работающие по устаревшим технологиям и имеющие изношенное оборудование. На них образуется большое количество отходов, и, как правило, нет достаточных технических возможностей для достижения нужной степени очистки токсичных жидких сбросов и выбросов в атмосферу.

Основной вид экологической нагрузки на природные объекты, возникающие в результате деятельности ЦБК, — образование технических сточных вод. Наиболее высокий фактор риска вносит работа с опасными химическими веществами, что может привести к неблагоприятным последствиям для природной среды. [16] Самые распространенные среди промышленных способов переработки целлюлозосодержащего сырья — сульфатный и сульфитный методы. Наиболее перспективные методы получения целлюлозы с применением окислительных реагентов (кислородно-содовый или кислородно-щелочной). В этом случае исключаются серосодержащие реагенты, приносящие наибольшую опасность загрязнения стоков. [12]

Существенный экологический ущерб может быть нанесен при использовании на стадии отбелки целлюлозы хлорсодержащих реагентов (хлор, диоксид хлора, гипохлорит кальция и другое), представляющих сложную проблему при решении задачи очистки от хлоридов производственных сточных вод. [15] Органические циклические соединения, участвующие в процессе деревопереработки, вступая во взаимодействие с активными хлоратами, способны образовывать полициклические хлорированные токсифоры — структурные аналоги диоксинов, чрезвычайно опасных загрязнителей экосистем. [1, 5] Отказ в процессе отбеливания целлюлозы от хлорсодержащих реагентов позволяет создать замкнутый цикл водопользования в целлюлозно-производстве.

Для решения экологических проблем целлюлозной промышленности целесообразно применять комплексный подход, включающий технологические мероприятия и меры по защите объектов окружающей среды. [2] В настоящем исследовании предлагаем брать для извлечения целлюлозы биомассу, полученную при выращивании однолетнего травянистого растения (лен). Сырье на его основе содержит до 30% волокнистых материалов и минимальное количество органических соединений циклического характера. Урожай льна можно получать ежегодно, а для выращивания полноценной древесины — альтернативного источника выделения целлюлозы, требуется не менее 20 лет.

Основная задача при добыче целлюлозы из растительного сырья — удаление лигнина и сопутствую-

ющих примесей. Растительное сырье может быть успешно делигнифицировано пероксидом водорода в среде уксусной кислоты и воды без катализаторов. [8] При подходящем выборе технологических режимов варки получать продукт возможно с характеристиками микрокристаллической целлюлозы, что открывает перспективу создания промышленной экологически приемлемой и ресурсосберегающей технологии целлюлозных материалов различного назначения.

Цель работы — оценить перспективы получения целлюлозы из льна-долгунца, с применением наиболее приемлемых экологических способов переработки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании применяли реактивы производства Merck, Aldrich, Fluka. Деионизированную воду, предназначенную для растворов, готовили в лабораторных условиях по требованиям ГОСТ P52501-2005, растворы для обработки биоматериала — смешиванием компонентов непосредственно перед опытом.

Биоматериал измельчали с помощью лабораторной мельницы A10 basis, IKA (Германия). При расщеплении биоматериала использовали комплект сит С 20/50, соответствующий требованиям ГОСТ 6613-86 (ООО «Вибротехник», г. Санкт-Петербург).

В эксперименте брали сырье, полученное на основе биомассы льна-долгунца обыкновенного (*Linum usitatissimum linaceae*), возделываемого в различных регионах Поволжья: на опытных участках Федерального аграрного научного центра Юго-Востока, г. Саратов и на посевных площадях в районе Сельского поселения (с/п) Домкино, Конаковского района Тверской области. Посевы размещали рендомизированно, повторность — трехкратная, площадь — 1 м² по 6 рядков. Способ сева — узкорядный с междурядьями 7,5 см. Глубина заделки семян — 4...5 см. Сорты льна-долгунца современной селекции: *Цезарь* и *Универсал*. [7] Семенной материал подвергали предпосевной обработке по общепринятой методике. [3] Высевали сорта в 2023 году: г. Саратов — I декада мая, Тверская область — II декада мая.

Агротехнические мероприятия при выращивании льна-долгунца проводили по специально разработанным методикам, адаптированным к региональным условиям. [14] Убирали лен-долгунец на волокно по стандартной технологии в фазе ранней желтой спелости, которая наступает примерно через 30 сут. после массового цветения, когда основное количество семенных коробочек (65...70%) пожелтело. [11]

Биоматериал, полученный после сбора льна-долгунца перерабатывали вручную: удаляли листья, коробочки, остатки корневой системы. Стебли измельчали до фрагментов длиной не более 3 см, размещали на решетчатые поддоны и сушили в специальных шкафах в потоке воздуха при температуре 45...50°C. Материал считали высушенным при достижении показателей остаточной влажности не более 5,5%, далее

дробили механическим способом на лабораторной мельнице.

Экспериментальные исследования по оценке высокотемпературного воздействия различных водных растворов, содержащих активные химические реагенты, на биоматериал производили на лабораторной установке из стекла, состоящей из термостатируемого реактора, обеспеченного перемешивающим устройством, обратным холодильником и приспособлением для пробоотбора. В соответствии с рекомендациями [4], процесс осуществляли при температуре $95,0 \pm 0,4^\circ\text{C}$ в течение 2 ч. После обработки биоматериала растворитель удаляли на фарфоровом фильтре под воздействием вакуума, а остаток промывали деионизированной водой до полного осветления отходящего раствора. Твердый остаток сушили в термошкафе, температура – $55...60^\circ\text{C}$. Полученный биоматериал размалывали до образования порошкообразной консистенции.

Экспериментальные данные полевых и лабораторных исследований обрабатывали стандартными методами с помощью прикладных компьютерных программ «Agros» 2.09.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что в условиях Тверской области увеличивается продолжительность вегетационного периода у сортов льна-долгунца, но статистически достоверных различий по урожайности биомассы не обнаружено (табл. 1).

Опытные данные, собранные в полевых условиях и результаты их статистической обработки представлены в таблицах 2, 3.

Установлено, что оптимальный период культивации льна-долгунца до получения растений необходимой кондиции зрелости, более длительный для Тверской области, существенных различий урожайности по выходу биомассы растений не было.

Для анализа целлюлозы использовали высушенные стебли льна-долгунца. На первом этапе исследований оценили высокотемпературное воздействие водных растворов активных реагентов (пероксид водорода, гидроксид и бисульфит натрия) на структуру поверхности соломы. Результаты обработки при температуре $95,0 \pm 0,4^\circ\text{C}$ в течение 2 ч представлены на рисунке 1 (2-я стр. обл.).

Для интенсификации процесса воздействия растворов активных реагентов на биоматериал измельчили солому льна. Гранулометрический состав биоматериала, полученного в результате размола льняной соломы, представлен на рисунке 2 (2-я стр. обл.). Показатели фракций установлены по весовому составу в результате разделения на ситах. В дальнейших экспериментах задействовали состав, полученный при двадцатиминутном размоле, после отделения последней фракции, размеры частиц превышали 7,4 мм.

Результаты анализа на содержание компонентов в измельченной соломе льна представлены в таблице 4. [6]

Учитывая идентичность биоматериала из различных регионов Поволжья, было принято решение о возможности использования в дальнейших опытах смесового состава, включающего каждый их разновидностей льняного растительного сырья в соотношении 50:50 % масс. Перерабатывали биоматериал для выде-

Таблица 1.
Условия проведения полевых опытов и результаты, полученные при выращивании льна-долгунца в различных регионах Поволжья

Регион выращивания	Сорт	Высев	Период вегетации, дн.	Средняя урожайность по биомассе соломы, кг/м ²
Саратов, АЦ Ю-В	<i>Цезарь</i>	3 мая	65	2,85
	<i>Универсал</i>	4 мая	61	2,71
Тверская область, с/п Домкино	<i>Цезарь</i>	15 мая	72	2,94
	<i>Универсал</i>	12 мая	74	2,70

Таблица 2.
Результаты полевых опытов по замерам высоты стебля растений льна-долгунца

Сорт	Результаты замеров высоты стебля, см			Средне-арифметическое значение
	первая повторность	вторая повторность	третья повторность	
<i>Цезарь</i>	71,00	69,00	70,00	70,00
<i>Универсал</i>	67,00	64,00	65,00	65,33
<i>Цезарь</i>	68,00	70,00	68,00	68,67
<i>Универсал</i>	73,00	73,00	70,00	72,00
F*	13,046*			
НСР	2,685			

Таблица 3.
Результаты полевых опытов по определению биомассы льна-долгунца

Сорт	Вес биомассы, ц/га			Средне-арифметическое значение
	первая повторность	вторая повторность	третья повторность	
<i>Цезарь</i>	285,00	280,00	282,00	282,33
<i>Универсал</i>	271,00	269,00	272,00	270,67
<i>Цезарь</i>	290,00	294,00	294,00	292,67
<i>Универсал</i>	270,00	266,00	260,00	265,33
F*	38,851*			
НСР	6,784			

Таблица 4.
Содержание компонентов в высушенном биоматериале

Регион выращивания	Содержание компонентов в соломе льна, % масс.			
	целлюлоза	лигнин	влага	прочие примеси
Саратов, АЦ Ю-В	55,4	20,1	5,1	19,4
Тверская обл., с/п Домкино	53,1	20,4	5,4	21,1
Смесовой состав	54,2	20,2	5,2	20,3

Таблица 5.
Результаты воздействия водных растворов химических агентов на первой ступени обработки биоматериала

Содержание компонентов, % масс.							
раствор				твердые образцы			
гидроксид натрия	бисульфит натрия	пероксид водорода	вода	целлюлоза	лигнин	влага	прочие примеси
10,0	–	–	90,0	72,8	12,5	5,5	9,2
15,0	–	–	85,0	73,2	11,9	4,4	10,5
–	10,0	–	90,0	80,1	5,6	4,8	9,5
–	15,0	–	85,0	79,8	5,4	5,2	9,6
10,0	–	10,0	80,0	77,4	7,8	5,0	9,8

ления целлюлозы при высокой температуре водными растворами различных химических реагентов (табл. 5).

Получены образцы технической целлюлозы, которая может быть использована для изготовления картона и упаковочных материалов. Для добычи очищенной целлюлозы, пригодной для выпуска бумаги высокого качества и ряда других товаров, целесообразно применять дополнительные методы переработки, включающие воздействие активных кислородсодержащих соединений. [9] В результате переработки льняного сырья были образцы с примерно одинаковым компонентным составом. Учитывая целесообразность исключения по экологическим рекомендациям серосодержащих реагентов, на второй ступени переработки биоматериала использовали состав после первой ступени методом перекисно-щелочного воздействия. [13]

В раствор второй ступени переработки льняного биоматериала включены компоненты, % масс.: пероксид водорода — 10,0; уксусная кислота — 12,5; вода — 77,5.

Все параметрические характеристики второй ступени переработки биоматериала были идентичными показателям первой. Получен образец, содержащий компоненты, % масс.: целлюлоза — 84,2; лигнин — 3,6; влага — 5,4; прочие примеси — 6,8.

Таким образом, двухступенчатая обработка льняного биоматериала, проведенная с применением экологически приемлемых ингредиентов, обеспечивает получение образцов, имеющих в составе высокое содержание целлюлозы и незначительное количество сопутствующих примесей. Также образцы могут быть рекомендованы в качестве сырья для пороховой промышленности.

Выводы. Переработка растительного сырья в целлюлозосодержащие продукты — технология, представляющая экологические риски. Решение этой проблемы может заключаться в реализации комплексного подхода, включающего выбор сырья, реагентов, способов и условий переработки материалов. Наше исследование направлено на оценку возможности применения наиболее приемлемых вариантов получения целлюлозы, включающих использование ежегодно возобновляемого растительного сырья на основе льна-долгунца, и предусматривает химические ингредиенты, не содержащие соединения серы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Барнашова Е.К., Тараскин К.А. и др. Выбор метода контроля динамики накопления экотоксикантов в объектах окружающей среды // Доклады АВН. № 4 (33). 2008. С. 37–39.
2. Белопухов С.Л. Экологические аспекты агротехники льна-долгунца // Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии: Сб. статей, посвященный 75-летию Факультета почвоведения, агрохимии и экологии. М.: Российский гос. аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, 2004. С. 313–326.
3. Будник М.И., Сергеев С.Н. и др. Новый научно-методический подход к экологической обработке семян льна, повышающей всхожесть и предотвращающей слипание посевного материала // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2023. Т. 8. № 3. С. 347–352.
4. Крупин В.И., Демьяновская Н.В., Кудряшов В.Н. Солома — сырье для бумажной промышленности // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2010. № 3. С. 50–51.

5. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2004. 323 с.
6. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. 320 с.
7. Павлова Л.Н., Рожмина Т.А. и др. Хозяйственная ценность новых сортов льна-долгунца // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: Сб. научных трудов. — Тверь: Тверской государственный университет, 2018. С. 18–20.
8. Пен Р.З., Шапиро И.Л. и др. Пероксидная целлюлоза из стеблей пшеницы и конопли // Химия растительного сырья. 2023. № 4. С. 415–422.
9. Пен Р.З., Шапиро И.Л., Каретникова Н.В. Пероксидная целлюлоза из пшеничной соломы // Химия растительного сырья. 2022. № 2. С. 299–305.
10. Понажев В.П., Яньшина О.В. Научные разработки — важнейший ресурс для производства продукции льна и конопли стратегического назначения // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: Сб. научных трудов. Тверь: Тверской государственный университет, 2018. С. 132–136.
11. Соколов Л.Е., Конопатов Е.А. Агротехника и первичная переработка льна: Лабораторный практикум. Витебск: Витебский государственный технологический университет. 2006. 141 с.
12. Тараскин К.А., Козырева А.В. и др. Каталитическая очистка сточных вод производства композиционных материалов от примесей сераорганических соединений. Ч. 1 // Водоочистка. 2022. №3. С. 16–23.
13. Тараскин К.А., Козырева, А.В. Орлов Д.С. и др. Экспериментальная отработка технологии каталитической очистки производственных сточных вод, содержащих сераорганические соединения // Водоочистка. 2022. № 4. С. 18–27.
14. Чекмарев П.А., Поздняков Б.А. и др. Зональноадаптивные технологии производства льна-долгунца. М., ФГБНУ «Росин-формагротех», 2011. 184 с.
15. Швецов А.Б., Козырева А.В. и др. Хлорные дезинфектанты и их применение в современной водоподготовке // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2011. № 4 (40). С. 32–40.
16. Экологический мониторинг. Под. ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический проект. 2006. 416 с.

REFERENCES

1. Barnashova E.K., Taraskin K.A. i dr. Vybora metoda kontrolya dinamiki nakopleniya ekotoksikantov v ob'ekтах okruzhayushchej sredy // Doklady AVN. № 4 (33). 2008. S. 37–39.
2. Belopuhov S.L. Ekologicheskie aspekty agrotekhniki l'na-dolgunca // Aktual'nye problemy pochvovedeniya, agrohimii i ekologii: Sb. statej, posvyashchennyj 75-letiyu Fakul'teta pochvovedeniya, agrohimii i ekologii. M.: Rossijskij gos. agrarnyj universitet — MSHA im. K.A. Timiryazeva, 2004. S. 313–326.
3. Budnik M.I., Sergeev S.N. i dr. Novyj nauchno-metodicheskij podhod k ekologicheskoj obrabotke semyan l'na, povyshayushchej vskhozhest' i predotvrashchayushchej slipanie posevnogo materiala // Aktual'nye voprosy biologicheskoy fiziki i himii. 2023. T. 8. № 3. S. 347–352.
4. Krupin V.I., Dem'yanovskaya N.V., Kudryashov V.N. Soloma — syr'e dlya bumazhnoj promyshlennosti // Cellyuloza. Bumaga. Karton. 2010. № 3. С. 50–51.
5. Majstrenko V.N., Klyuev N.A. Ekologo-analicheskij monitoring stojkih organicheskikh zagryaznitelej. M.: BINOM. Laboratoriya znanij. 2004. 323 s.

6. Obolenskaya A.V., El'nickaya Z.P., Leonovich A.A. Laboratornye raboty po himii drevesiny i cellyulozy. M.: Ekologiya, 1991. 320 s.
7. Pavlova L.N., Rozhmina T.A. i dr. Hozyajstvennaya cennost' novyh sortov l'na-dolgunca // Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadil'nyh kul'tur: sostoyanie, problemy i perspektivy: Sb. nauchnyh trudov. – Tver': Tverskoj gosudarstvennyj universitet, 2018. S. 18–20.
8. Pen R.Z., Shapiro I.L. i dr. Peroksidnaya cellyuloza iz stebel' pshenicy i konopli // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2023. № 4. S. 415–422.
9. Pen R.Z., Shapiro I.L., Karetnikova N.V. Peroksidnaya cellyuloza iz pshenichnoj solomy // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2022. № 2. S. 299–305.
10. Ponazhev V.P., Yanyshina O.V. Nauchnye razrabotki – vazhnejshij resurs dlya proizvodstva produkci l'na i konopli strategicheskogo naznacheniya // Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadil'nyh kul'tur: sostoyanie, problemy i perspektivy: Sb. nauchnyh trudov. Tver': Tverskoj gosudarstvennyj universitet, 2018. S. 132–136.
11. Sokolov L.E., Konopatov E.A. Agrotehnika i pervichnaya pererabotka l'na: Laboratornyj praktikum. Vitebsk: Vitebskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet. 2006. 141 s.
12. Taraskin K.A., Kozyreva A.V. i dr. Kataliticheskaya ochistka stochnyh vod proizvodstva kompozicionnyh materialov ot primesej seraorganicheskikh soedinenij. Ch. 1 // Vodoochistka. 2022. №3. S. 16–23.
13. Taraskin K.A., Kozyreva, A.V. Orlov D.S. i dr. Eksperimental'naya otrabotka tekhnologii kataliticheskoy ochistki proizvodstvennyh stochnyh vod, sodержashchih seraorganicheskie soedineniya // Vodoochistka. 2022. № 4. S. 18–27.
14. Chekmarev P.A., Pozdnyakov B.A. i dr. Zonal'noadaptivnye tekhnologii proizvodstva l'na-dolgunca. M., FGBNU «Rosinformagrotekh», 2011. 184 s.
15. Shvecov A.B., Kozyreva A.V. i dr. Hlornye dezinfektanty i ih primenenie v sovremennoj vodopodgotovke // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie. 2011. № 4(40). S. 32–40.
16. Ekologicheskij monitoring. Pod. red. T.Ya. Ashihmino. M.: Akademicheskij proekt. 2006. 416 s.

Поступила в редакцию 16.04.2024

Принята к публикации 30.05.2024

УДК 635.21:631.527

DOI: 10.31857/S2500208224050061, EDN: ztjkip

ПРОДУКТИВНОСТЬ И АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА СОРТООБРАЗЦОВ КАРТОФЕЛЯ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Ирина Вячеславовна Ким, доктор сельскохозяйственных наук

Алексей Григорьевич Клыкков, академик РАН

Дмитрий Игоревич Волков

ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока имени А.К. Чайки», п. Тимирязевский, г. Уссурийск, Приморский край, Россия
E-mail: kimira-80@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения продуктивности генотипов картофеля различного происхождения в зависимости от влагообеспеченности почвы, в том числе гидротермического коэффициента (ГТК). Отмечено, что у среднеспелых сортов она максимальная – 710 г/куст. Сильное переувлажнение почвы (ГТК = 2,5 и более) во время вегетации, особенно в фазе клубнеобразования, негативно влияет на формирование продуктивности. Высокие результаты по данному показателю получены в относительно благоприятных по погодным условиям годы – 2019, 2021, 2022 (индекс условий среды (I) варьировал в пределах 201,63–221,35), когда средняя продуктивность всех образцов составила 950 г/куст. В 2015–2018, 2020 и 2023 годах были очень низкие показатели – 420–670 г/куст из-за высокой переувлажненности почвы (I = -99,52 – -269,81). Выделены генотипы, которые в совокупности с повышенной продуктивностью (более 900 г/куст), имели высокую отзывчивость на изменение условий среды и стабильность (средние показатели $bi = 1,49$, $S^2d \cdot 10^3 = 0,42$): раннеспелые – Антонина, Бастион, Колымский, Крепыш, Матушка, Метеор, Памяти Кулакова, Удача, Vitesse, Red Lady, Red Scarlett; среднеранние – Арктика, Бриз, Зоя, Камчатка, Лилея, Чародей, Gala; среднеспелые – Очарование, Утро, Фаворит; среднепоздние и поздние – Казачок, Победа. Выделены сортобразцы с высокими показателями продуктивности (1040–1480 г/куст), товарности (83,2–92,8%), пластичности ($bi = 1,20–1,85$), стабильности ($S^2d = 0,15–5,77$), гомеостатичности ($Hot = 9,51–40,62$) и селекционной ценности ($Sc = 532,79–852,14$) в условиях юга Дальнего Востока: раннеспелые – Бастион, Колымский, Крепыш, Памяти Кулакова; среднеранние – Арктика, Зоя; среднеспелые – Аляска; среднепоздние и поздние – Ветразь, Победа.

Ключевые слова: Дальний Восток, картофель, сорт, продуктивность, адаптивные свойства

PRODUCTIVITY AND ADAPTIVE PROPERTIES OF DIFFERENT ORIGIN POTATO VARIETIES IN THE RUSSIA'S FAR EAST SOUTH

I.V. Kim, Grand PhD in Agricultural Sciences

A.G. Klykkov, Academician of the RAS

D.I. Volkov

*FSBSI “FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaiki”,
Timiryazevsky village, Ussuriysk, Primorsky Krai, Russia*

E-mail: kimira-80@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of a study on the productivity of potato genotypes of different origin depending on the water availability in soil, including the hydrothermal coefficient of Selyaninov (HTC). The group of mid-season varieties was noted to have the highest productivity

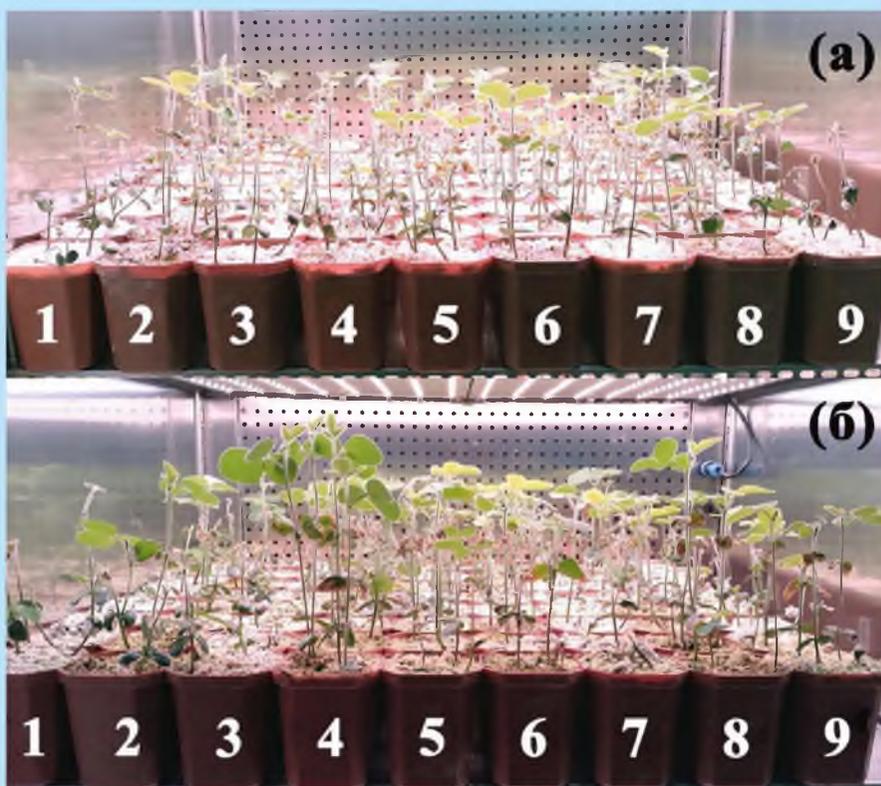


Рис. 1. Вид проведения опыта в фитотроне. Номера вариантов соответствуют обозначениям в таблице: а – без внесения добавки NPK, б – добавка NPK.

Рисунки к статье Сергеева С.Н. и др. «Выбор экологически безопасного метода получения целлюлозы из биомассы льна (*Linum usitatissimum linaceae*), выращенного в различных регионах Поволжья» (стр. 22)

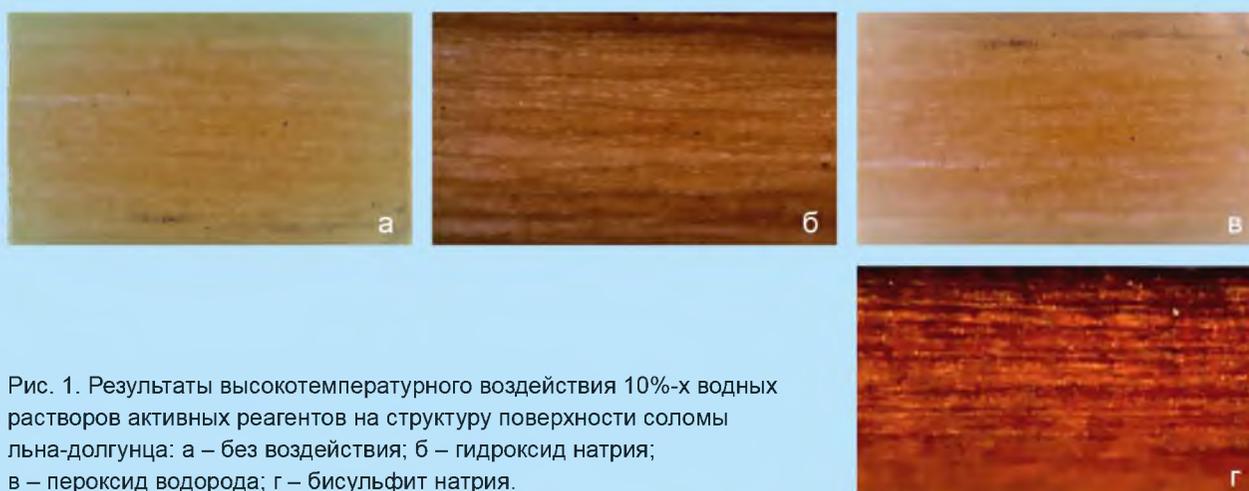


Рис. 1. Результаты высокотемпературного воздействия 10%-х водных растворов активных реагентов на структуру поверхности соломы льна-долгунца: а – без воздействия; б – гидроксид натрия; в – пероксид водорода; г – бисульфит натрия.



Рис. 2. Гранулометрический состав фракций, полученный при размоле соломы льна.