

РОСТОСТИМУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ПОЛОВЫ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

А.В. Соколова, Е.В. Ожимкова, Д.А. Гармонов

© Соколова А.В., Ожимкова Е.В.,
Гармонов Д.А., 2026

***Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена тем, что после первичной обработки льна на предприятиях остается колоссальное количество отходов (ежегодно порядка 80 000–100 000 т), а методы их переработки весьма ограничены. В работе рассмотрены возможности использования половы льна в качестве дешевого возобновляемого сырья для получения биологических стимуляторов роста растений. Исследовано влияние водных растворов половы льна на ранние этапы онтогенеза важных сельскохозяйственных культур.*

***Ключевые слова:** переработка отходов, стимуляторы роста растений, лен масличный.*

На сегодняшний день лен выращивается более чем в 50 странах мира. В основном он используется для получения семян (лен масличный) и волокна (лен-долгунец). Площадь посевов льна в мире составляет около 263 790 га, а мировое производство льняного волокна – около 3 000 000 т в год. Основными производителями льняного волокна являются Беларусь, Россия и ряд стран Европы [1]. Льняное волокно чаще всего используется при производстве высококачественных тканей, в бумажной промышленности, а также для изготовления таких медицинских изделий, как бинты и другие перевязочные материалы, что обусловлено естественными антибактериальными свойствами данных растительных волокон.

Следует отметить, что промышленное производство натуральных льняных волокон оказывает меньшее негативное воздействие на окружающую среду по сравнению с синтетическими материалами (учитывая расход энергии и воды, а также выбросы CO₂ на этапах производства) [2]. Кроме того, именно льняные материалы обладают самой высокой способностью к биологическому разложению (≈78 %) среди текстильных отходов [3].

Тем не менее по мере расширения рынка льняной продукции увеличивается и количество побочных продуктов, наиболее значимыми из которых являются льняная костра и полова [1, 4].

При обмолоте масличного льна на токах получают полову (мякину).

Полова льна масличного в настоящее время находит ограниченное применение (например, в качестве подстилки для животных, при производстве изоляционных или строительных материалов), но чаще всего рассматривается как крупнотоннажный отход. Несмотря на ценные питательные свойства, полосу не скармливают скоту в чистом виде в больших количествах, так как это может привести к ряду неинфекционных заболеваний.

В целом методы утилизации отходов переработки льна весьма ограничены. Например, в некоторых регионах сжигание является основным методом утилизации подобных отходов, что приводит к выбросам парниковых газов и существенному загрязнению воздуха. Однако, благодаря своему разнообразному химическому составу (лигнин, целлюлоза, гемицеллюлоза, смолы, жир, воск и высокоценные соединения), льняная солома обладает уникальным потенциалом для переработки в ценные продукты и современные биоматериалы с востребованными физико-химическими свойствами.

В настоящее время ведутся исследования, направленные на изучение переработки отходов заготовки льна по трем основным направлениям: биоматериалы, энергоносители и биохимические вещества. Эти области применения соломы льна обладают значительным потенциалом для снижения как экономических, так и экологических издержек, связанных с процессами утилизации отходов переработки льна. К основным проблемам, препятствующим широкомасштабному использованию льняной соломы, относятся вариативность состава сырья, сезонные и региональные различия в доступности биомассы, а также логистические трудности, связанные с хранением и транспортировкой. С технической точки зрения такие проблемы, как неоднородность соломы, наличие загрязняющих веществ и отсутствие стандартизированных протоколов обработки, еще больше усложняют ее переработку.

Если проанализировать данные, представленные в литературных источниках [1–5], можно заключить, что льняная солома используется следующим образом:

1) в производстве материалов для строительства: структурные свойства соломы способствуют повышению прочности и долговечности конструкций;

2) в качестве энергоносителя: как лигноцеллюлозный источник биомассы льняная солома может быть эффективно преобразована в биотопливо;

3) как источник полезных для здоровья свойств: биоактивные соединения, полученные из льняной соломы, обладают антиоксидантными, противовоспалительными и другими свойствами, которые могут быть использованы в сельском хозяйстве, пищевой, фармацевтической и косметической отраслях промышленности.

В представленной работе впервые проведены эксперименты по получению и исследованию водных экстрактов из половы льна масличного, обоснованы основные параметры экстракции (ее продолжительность, температура, гидромодуль), изучена биологическая активность экстрактов в качестве стимуляторов роста растений.

В целях проведения экспериментальной части работы отход льнопроизводства – половина льна масличного (сорта «ЛМ 98») – был предоставлен ФГБНУ «Федеральным научным центром лубяных культур». Для оценки ростостимулирующей активности полученных экстрактов в качестве тест-объектов использовались семена белой горчицы сорта «Люция», гороха сорта «Сладкий жемчуг», бобов сорта «Русские черные».

Проращивание семян тест-культур проводилось в чашках Петри с последующим вычислением процента всхожести, среднего значения длины ростков и прироста сырой биомассы растения как показателей стимулирующей активности экстрактов из льняной половы [6]. Для проведения эксперимента использовались экстракты половы льна масличного, разбавленные дистиллированной водой в следующих соотношениях – 1 : 10, 1 : 100, 1 : 250, 1 : 500 и 1 : 1000. Результаты поисковых экспериментов с использованием исходного (неразбавленного) экстракта позволили установить его ингибирующее влияние на прорастание семян всех тест-культур, поэтому в дальнейших экспериментах неразбавленные экстракты не задействовались. Вероятно, воздействие высоких концентраций биологически активных веществ приводит к серьезному нарушению гомеостаза клеток и происходит ингибирование прорастания.

Закрытые чашки Петри с семенами тест-культур на 7 дней помещались в климатостат с температурой 23 ± 1 °С и освещенностью семян не менее 8 ч в сутки для полного проращивания. Количество проросших семян в каждой чашке определялось начиная со второго дня. Для обеспечения газообмена на протяжении всего эксперимента по проращиванию семян нужно было ежедневно осуществлять открытие чашек Петри на 10–15 мин.

В течение эксперимента в каждой серии образцов устанавливалась всхожесть семян, а по окончании опытов фиксировались такие параметры, как длина ростков и прирост сырой биомассы растений. В качестве контрольного опыта проводилось проращивание семян в аналогичных условиях, но с поливом водой.

Результаты определения всхожести семян белой горчицы сорта «Люция» при использовании водных экстрактов из половы льна масличного представлены на рис. 1.

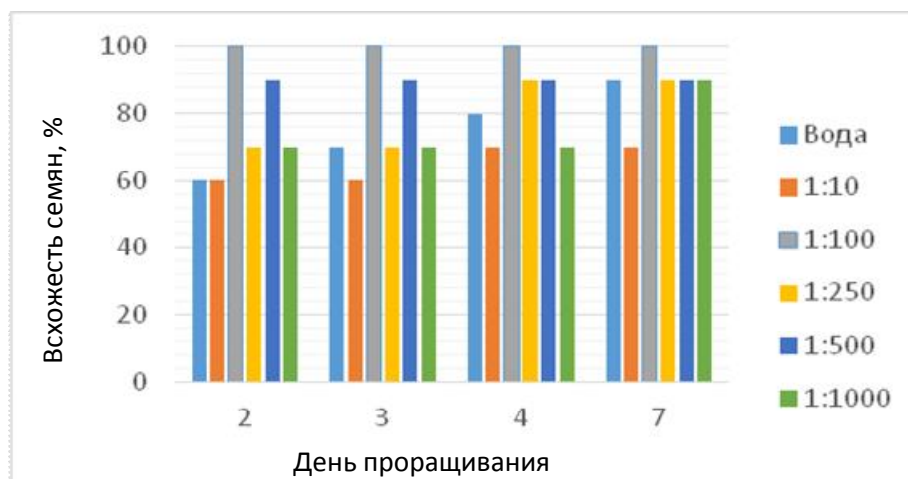


Рис. 1. Всхожесть семян белой горчицы сорта «Люция» при использовании экстрактов из половы льна масличного различного разведения (составлено авторами)

Результаты определения всхожести бобов сорта «Русские черные» в случае использования водных экстрактов из половы льна масличного представлены на рис. 2.

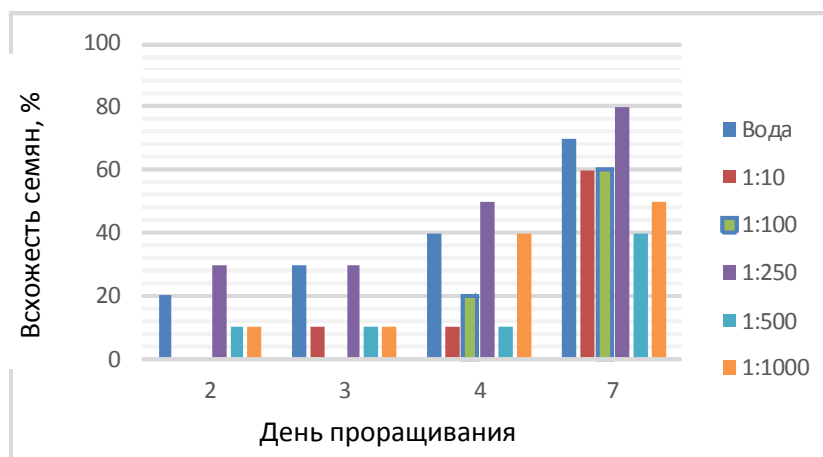


Рис. 2. Всхожесть бобов сорта «Русские черные» при использовании экстрактов из половы льна масличного различного разведения (составлено авторами)

На основании полученных данных можно сделать вывод, что такой отход переработки льна масличного, как полова, является дешевым и безопасным источником биологически активных веществ. При исследовании влияния водных экстрактов половы на ранние этапы онтогенеза тест-объектов были установлены оптимальные разведения экстрактов для каждой тест-культуры, основанные на показателях всхожести, средней длины побегов и прироста биомассы. В частности, экстракты половы льна масличного в разведениях 1 : 100 и 1 : 500 оказывают стимулирующее действие на всхожесть семян белой горчицы сорта «Люция», в то время

как на всхожесть семян бобов сорта «Русские черные» наибольшее стимулирующее действие оказывают экстракты с разведением 1 : 250, что, вероятно, обусловлено существенной разницей в размерах и строении семян указанных культур.

Таким образом, исследованные водные экстракты можно рекомендовать в качестве эффективных стимуляторов роста растений, однако обоснование рекомендуемых дозировок для растений различных семейств требует индивидуального подхода. Дальнейшие исследования в данной области откроют возможности для внедрения инноваций, устойчивого совершенствования и, следовательно, экономического роста льноперерабатывающей отрасли, а также развития экономики замкнутого цикла.

Библиографический список

1. Comprehensive Review on Flax Shives – Physicochemical Properties and Application Potential / P. Perera [et al.] // *Industrial Crops & Products*. 2025. № 225. P. 120585. URL: <https://colab.ws/articles/indcrop.2025.120585> (дата обращения: 18.10.2025).

2. Life Cycle Assessment to Tackle the Take-make-waste Paradigm in the Textiles Production / V. Amicarelli [et al.] // *Waste Manag.* 2022. № 151. P. 10–27.

3. Recycling Different Textile Wastes for Methane Production: Morphological and Microstructural Changes and Microbial Community Dynamics / W. Jin [et al.] // *Waste Manag.* 2022. № 151. P. 154–162.

4. Comparison of the Properties of Flax Shives Based Particleboards Prepared Using Binders of Bio-based Lignin and Partially Bio-based Epoxy Resin / S. Essid [et al.] // *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2021. № 109. P. 102915. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2021.102915> (дата обращения: 15.10.2025).

5. Production of Fiberboards from Shives Collected After Continuous Fiber Mechanical Extraction from Oleaginous Flax / P. Evon [et al.] // *J. Nat. Fibers*. 2019. № 16 (3). P. 453–469.

6. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: межгосударственный стандарт. М.: Стандартинформ, 2016. 36 с.

GROWTH-STIMULATING ACTIVITY OF AQUEOUS EXTRACTS OF OIL FLAX CHAFF

A.V. Sokolova, E.V. Ozhimkova, D.A. Garmonov

Abstract. The relevance of the study is due to the fact that after the primary processing of flax at enterprises, a colossal amount of waste remains (annually about 80 000–100 000 tons), while the methods for its processing are

quite limited. The paper examines the possibilities of using flax straw as a cheap renewable raw material for obtaining biological plant growth stimulants. The effect of aqueous solutions of flax chaff on the early stages of ontogenesis of important agricultural crops was investigated.

Keywords: *waste recycling, plant growth stimulants, oil flax.*

Об авторах:

СОКОЛОВА Алена Владимировна – аспирант кафедры биотехнологии, химии и стандартизации, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alena.svet.00@yandex.ru

ОЖИМКОВА Елена Владимировна – кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии, химии и стандартизации, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: eozhimkova@mail.ru

ГАРМОНОВ Даниил Андреевич – магистрант кафедры биотехнологии, химии и стандартизации, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: garmonov.d@icloud.com

About the authors:

SOKOLOVA Alena Vladimirovna – Postgraduate of the Department of Biotechnology, Chemistry and Standardization, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alena.svet.00@yandex.ru

OZHIMKOVA Elena Vladimirovna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the Department of Biotechnology, Chemistry and Standardization, Tver State Technical University, Tver. E-mail: eozhimkova@mail.ru

GARMONOV Daniil Andreevich – Master's Student of the Department of Biotechnology, Chemistry and Standardization, Tver State Technical University, Tver. E-mail: garmonov.d@icloud.com