

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ СОЛОМЫ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ЕГО ВОЛОКНА

Н. В. СТЕПАНОВА

РУП «Институт льна»,

аг. Устье, Республика Беларусь, 211003, e-mail: natali1673@mail.ru

(Поступила в редакцию 05.01.2022)

В работе представлены результаты исследования по определению свойств и технологической ценности соломы льна масличного, а также оценке целесообразности её переработки для получения неориентированного волокна. При выращивании льна масличного в производственных условиях после очеса его семян побочный продукт – солома, которая может использоваться для изготовления шпагата, бумаги, нетканых материалов, утеплителей, сегодня практически не перерабатывается и сжигается на полях. Сорты льна масличного отечественной селекции при высоте ценоза 60–69 см формируют в стеблях 29–31 % льняного луба с максимальным его накоплением в фазе желтой спелости. Биологический потенциал отечественных сортов, установленный при двухфазной уборке ценоза, включающей тербление стеблестоя с расстилом в ровные ленты, и переработке тресты на мяльно-трепальном станке СМТ-200М, по урожайности тресты составляет 27–35 ц/га, волокна – 5–7 ц/га, в том числе длинного – 2–4 ц/га. В производственных условиях, когда уборка льна масличного осуществляется зерновым комбайном с формированием ворохоподобных лент, средняя урожайность тресты может снижаться на 25–45 % и зависит от высоты среза стеблестоя и настройки рабочих органов жатки комбайна. Выход неориентированного волокна в условиях производственной переработки сырья составляет 18–21 %. Волокно крепкое на разрыв, но из-за особого строения стебля имеет высокую заостренность. При содержании в массе костры более 24 % получаемый продукт является паклей. Солома льна масличного может использоваться для переработки в неориентированное волокно на специализированных промышленных линиях, либо при модернизации старых линий МТА с дополнительной установкой трясцлок.

Ключевые слова: лен масличный, накопление луба, переработка тресты, неориентированное волокно.

The paper presents the results of a study to determine the properties and technological value of oil flax straw, as well as assess the feasibility of its processing to obtain non-oriented fiber. When oil flax is grown under industrial conditions after the tow of its seeds, the by-product – straw, which can be used for the manufacture of twine, paper, non-woven materials, insulation, is practically not processed today and is burned in the fields. Varieties of oilseed flax of domestic selection at a height of cenosis of 60–69 cm form 29–31 % of flax bast in stems with its maximum accumulation in the phase of yellow ripeness. The biological potential of domestic varieties, established during the two-phase harvesting of cenosis, including the pulling of the stalk with spreading into even strips, and the processing of straw on the SMT-200M threshing machine, in terms of straw yield is 2.7–3.5 t/ha, fiber – 0.5–0.7 t/ha, including long fiber – 0.2–0.4 t/ha. Under production conditions, when oilseed flax is harvested by a grain combine with the formation of heap-like belts, the average yield of flax can be reduced by 25–45 % and depends on the height of cutting the stalk and the setting of working bodies of combine harvester. The yield of non-oriented fiber under the conditions of industrial processing of raw materials is 18–21 %. The fiber is strong to tear, but due to the special structure of the stem, it has a high chaff content. When the content of chaff in the mass is more than 24 %, the resulting product is tow. Oil flax straw can be used for processing into non-oriented fiber on specialized industrial lines, or when upgrading old MTA lines with additional installation of shakers.

Key words: oilseed flax, bast accumulation, trust processing, non-oriented fiber.

Введение

Неориентированное льняное волокно из соломы льна масличного – это материал с высокими физико-механическими, химическими и экологическими свойствами, который является альтернативой синтетическим волокнам и стекловолокну. При высокой гигроскопичности (12 %) льняное моноволокно быстрее других текстильных волокон поглощает и выделяет влагу; обладает высокой прочностью (удлинение при разрыве 2–3 %); термически не разрушается до температуры + 160 °С; устойчиво к действию щелочей; а содержание в нем лигнина делает его устойчивым к воздействию света, погоды и микроорганизмов [1, 2]. Использование неориентированного волокна из соломы льна масличного для получения инновационной экологически чистой продукции разного функционального применения широко развито в странах Европы, Канады и Китая [2, 3, 4, 5].

Возделывание льна масличного в льносеющих организациях Беларуси ориентировано на получение семян. Остающаяся солома, которая может использоваться для изготовления шпагата, бумаги, нетканых материалов, утеплителей, сегодня практически не перерабатывается и сжигается на полях [6, 7]. После уборки льна зерновым комбайном стеблевая деструктурированная масса непригодна для переработки на производственных линиях мта с применением классической технологии. В России для этих целей разработаны специализированные малозатратные линии, перерабатывающие тресту масличного льна стационарно [8, 9] и в поле с последующей её доработкой в стационарных условиях [10].

Организация промышленной переработки соломы и производства продукции на основе сравнительно дешевого, ежегодно возобновляемого отечественного льноволокнистого сырья может стать комплексным решением повышения экономической эффективности льноводческого подкомплекса путем двустороннего использования льна масличного для получения семян и волокна.

Целью работы являлось определение технологической ценности соломы льна масличного на основе комплексного изучения её свойств и оценки целесообразности переработки для производства неориентированного волокна.

Основная часть

Опыты закладывались в 2016–2018 гг. согласно общепринятой методике проведения полевых и производственных опытов [11]. Уход за посевами проводился согласно отраслевому технологическому регламенту [12]. Уборка льна масличного осуществлялась двумя способами: двухфазным, включающим тербление посева (ТЛН-1,5) с последующей вязкой стеблей в снопы, ручным обмолотом и расстилом в ровные ленты; прямым комбайнированием (Полесье GS-12) с образованием ворохоподобных лент стеблевой массы. Определение критериальных показателей пригодности неориентированного волокна проводили по действующему в республике стандарту на льняное короткое волокно [13].

Объектами исследования являлись сорта льна масличного селекции РУП «Институт льна», включенные в Государственный реестр сортов: Брестский, Опус (позднеспелые), Илим, Салют (средне-спелые), Фокус (раннеспелый).

В среднем за 2016–2018 гг. исследований посева льна масличного достигали высоты 60–69 см. Максимальный по высоте стеблестой 66–69 см сформировали сорта Брестский, Опус и Илим со средним периодом вегетации 95–104 суток. Самый скороспелый сорт Фокус с периодом вегетации 87 суток обеспечил самый низкорослый ценоз – 60 см.

Основными показателями стебля льна являются его техническая длина, масса и диаметр технической части, которая включает протяженность главного побега от подсемядольного колена до первого бокового разветвления. Технологические характеристики стеблей изучаемых сортов варьировали в пределах: по технической длине – 43–55 см, по массе технической части стебля – 0,52–0,69 г, по диаметру в средней части стебля – 1,52–1,64 мм, в нижней – 1,93–2,12 мм (табл. 1). Оптимальный диаметр стебля льна, способного сформировать тонковолокнистое сырье, – 1,0–1,3 мм. По мере увеличения диаметра изменяется соотношение луба и древесины стебля в пользу древесины, что снижает выход волокна и увеличивает степень одревеснения.

Таблица 1. Технологическая характеристика стеблей льна масличного, фаза желтой спелости, 2016–2018 гг.

Сорт льна масличного	Период вегетации, сутки	Длина стебля, см		Диаметр стебля, мм			Масса технической части стебля, г
		общая	техническая	верх	середина	низ	
Салют	90–100	61,4	46,0	1,07	1,58	1,99	0,56
Илим	91–100	65,6	45,9	1,11	1,56	2,11	0,56
Фокус	85–89	59,5	43,0	0,94	1,52	1,93	0,52
Опус	96–105	66,0	50,8	1,08	1,63	2,12	0,65
Брестский	96–112	68,6	54,7	1,10	1,64	2,09	0,69
<i>НСР_{0,5}</i>		4,2–5,2	2,9–4,8				0,032–0,050

Луб – это волокнистая часть недеструктурированного стебля льна, полученная после механического удаления из него древесины. К стадии зеленой спелости стебли содержат 23–26 % луба (табл. 2). В фазе ранней желтой спелости накопление луба в стеблях составляет 26–28 %, древесины 72–74 %; в фазе желтой спелости соответственно 29–31 % и 69–71 %. В фазе полной спелости содержание луба снижается до 27–29 %, что связано с процессом одревеснения волокон. Следовательно, максимальное накопление луба в стебле льна масличного осуществляется в фазе ранней желтой спелости, а увеличение его содержания в фазе желтой спелости связано с созреванием, а иногда и одревеснением волокон.

Наглядно процесс накопления луба в стеблях среднеспелого сорта льна масличного Илим, описанный полиномом второй степени, представлен на рис. 1. Близкий к единице коэффициент детерминации ($r^2 = 0,94$) позволяет с большей точностью утверждать, что при выращивании льна масличного в качестве прядильной культуры уборку посевов следует осуществлять в фазе желтой спелости. Но так как неориентированное волокно не является основной продукцией, то убирать посева целесообразно в фазе полной спелости, когда семена имеют высокое качество по содержанию жирнокислотного состава и йодного числа [14], принимая во внимание некоторый недобор волокна.

Таблица 2. Динамика накопления луба в стеблях льна масличного, 2016–2018 гг., %

Сорт льна масличного	Фаза спелости льна масличного							
	зеленая (ДК ВВСН 81)		ранняя желтая (ДК ВВСН 83)		желтая (ДК ВВСН 85)		полная (ДК ВВСН 89)	
	луб	древесина	луб	древесина	луб	древесина	луб	древесина
Салют	22,6	77,4	26,9	73,1	29,5	70,5	28,3	71,7
Илим	24,2	75,8	27,2	72,8	29,8	70,2	28,3	71,8
Фокус	25,7	74,3	27,8	72,2	30,8	69,2	28,2	71,7
Опус	22,8	77,2	26,6	73,4	29,8	70,2	27,5	72,5
Брестский	22,8	77,2	26,3	73,7	30,7	69,3	28,7	71,3

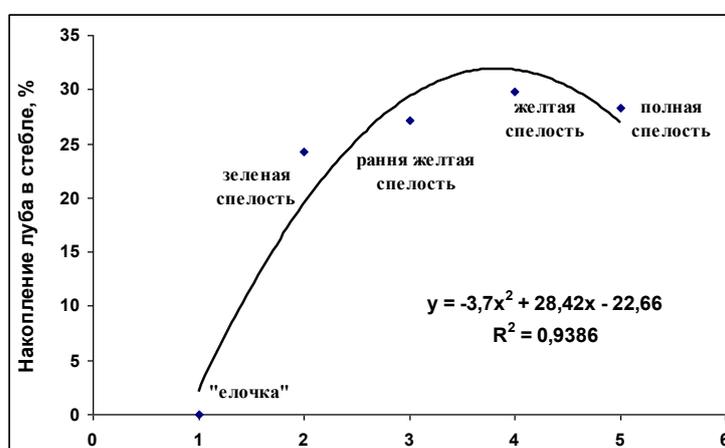


Рис. 1. Динамика накопления луба в стеблях среднеспелого сорта льна масличного Илим, 2016–2018 гг.

Для определения биологического потенциала сортов льна масличного по урожайности и волокнистости стеблей уборку их осуществляли двухфазным способом, включающим теребление ценоза (ТСЛ-2,4) с последующей вылежкой соломы в ровных лентах и переработкой тресты на мяльно-трепальном станке СМТ-200М, что позволило определить урожайность льносырья с минимальными потерями.

При такой уборке посева льна масличного урожайность соломы в среднем за 2016–2018 гг. составила 31,2–43,5 ц/га, тресты 25,0–34,8 ц/га (табл. 3). Максимальную урожайность соломы 43,5 ц/га и тресты 34,8 ц/га обеспечил позднеспелый сорт Брестский, который имел среднюю высоту растений 69 см и массу технической части соломины 0,69 г. Раннеспелый сорт Фокус сформировал самую низкую урожайность соломы 31,2 ц/га и тресты 25,0 ц/га при высоте ценоза 60 см и массе технической части соломины 0,52 г. Сорта Салют, Илим, Опус имели снижение урожайности соломы и тресты по сравнению с сортом Брестский, но повышение их по сравнению с сортом Фокус.

Таблица 3. Урожайность льнопродукции сортов льна масличного при двухфазной уборке ценоза и переработке тресты на СМТ-200М, 2016–2018 гг.

Сорт льна масличного	Урожайность ц/га					Содержание волокна в тресте, %		Удельный вес длинного волокна, %
	солома	треста	волокно			общее	длинное	
			общее	длинное	короткое			
Салют	34,3	27,4	5,5	3,0	2,5	19,9	10,8	54,5
Илим	36,1	28,9	5,6	2,6	3,0	19,6	9,2	46,4
Фокус	31,2	25,0	4,8	2,2	2,6	18,9	8,4	45,8
Опус	39,8	31,8	6,2	3,0	3,2	19,3	9,2	48,4
Брестский	43,5	34,8	7,0	3,8	3,2	20,2	10,8	54,3
<i>HCP</i> ₀₅	1,7–3,3	0,72–2,6	0,46–0,52	0,18–0,28	0,15–0,26			

При двухфазном способе уборки льна масличного с переработкой тресты на СМТ-200М можно получить две фракции волокна: длинную и короткую. Содержание длинной фракции в общем волокне отечественных сортов в среднем за годы исследований составило 8,4–10,8 %, что свидетельствует о возможности получения 2,2–3,8 ц/га длинного волокна. Средняя урожайность короткого волокна с гектара посева составила 2,5–3,2 ц/га.

В производственных условиях уборку льна масличного на семена осуществляют прямым комбайнированием зерноуборочными комбайнами. При этом стебли повреждаются молотильным аппаратом и представляют собой спутанную стеблевую массу, расположенную на поле в ворохоподобных лентах. В производственных опытах при уборочной высоте среза стеблестоя 10–12 см комбайном Поле-сье GS-12 урожайность тресты в погодных условиях 2016 г. составила 14,8–15,8 ц/га (сорта Илим, Салют, Опус), 2017 г. – 21,6 ц/га (сорт Илим), 2018 г. – 17,6–20,2 ц/га (сорта Фокус, Салют). Урожайность стеблевой массы зависит от высоты среза стеблестоя и правильной настройки рабочих орга-

нов жатки комбайна. Процесс приготовления тресты при комбайновой уборке осуществлялся: в условиях 2016 г. – за 21–24 суток; 2017 г. – за 15 суток; 2018 г. – за 22 суток.

Современная технология возделывания льна масличного на семена и неориентированное волокно, включающая эффективные средства защиты и технологические приемы, способна обеспечить получение биологического потенциала сортов по урожайности и качеству льнопродукции. Производственные затраты на гектар посева, рассчитанные на урожайность семян 1,5 т/га, тресты 2,0 т/га, составляют 557,33 долл. США, в том числе на эксплуатационные затраты приходится 34 %, посевной материал – 8 %, удобрения – 25 %, пестициды 16 %. Учитывая, что лен масличный выращивается для получения семян и его солома является побочным продуктом, то для производства тресты с гектара посева требуются затраты только на её прессование, погрузку и перевозку к месту переработки. Прессование короткостебельной тресты льна масличного целесообразнее осуществлять санными пресс-подборщиками (ПРФ-180, ПРФ-400А, ПРФ-145), которые имеются в каждом хозяйстве. При реализации производственной партии тресты на ЧПУП «БелРосКардо» (г. Шклов) по договорной цене за тонну 47,3 долл. США и урожайности 2,0 т/га дополнительный доход с гектара посева составил 32,3 долл. США. Цена неориентированного волокна в Европе варьирует в пределах 300–800 долл. США/т в зависимости от заостренности сырья. Оценка пригодности неориентированного волокна осуществлялась по основным показателям качества короткого льняного волокна СТБ 1850-2009: заостренности массы и крепости скрученной ленточки.

В 2016 г. при переработке тресты изучаемых сортов льна масличного на технологической линии ЧПУП «БелРосКардо» выход волокна составил 18–20 %, а разрывная нагрузка скрученной ленточки – 96–112 Н, что соответствовало номерам короткого волокна 2,00–3,00 действующего стандарта (табл. 4). Массовая доля костры составила 22–24 %, что соответствовало номеру короткого волокна 2,00. Следовательно, полученное в 2016 г. неориентированное волокно из тресты льна масличного по качеству относилось к номеру 2,00 действующего стандарта на короткое льняное волокно.

Таблица 4. Качество неориентированного волокна из соломы льна масличного, полученного при комбайновой уборке ценоза и переработке тресты на технологической линии ЧПУП «БелРосКардо»

Технические параметры объекта испытания	СТБ 1850-2009 «Волокно льняное короткое. Технические условия»	Год исследования	
		2016 г.	2017 г.
Разрывная нагрузка скрученной ленточки, Н	54–108	96–112	53–75
Массовая доля костры и сорных примесей, %	не более 24	22–24	28–55
Номер получаемого волокна	2,00	2,00	пакля
Выход неориентированного волокна, %		18–20	20–21

В 2017 г. анализируемые образцы волокна имели разрывную нагрузку скрученной ленточки 53–75 Н и соответствовали номеру короткого волокна 2,00. Однако, ввиду особого строения стебля льна масличного выделенное неориентированное волокно имело высокий процент костры в общей массе 28–55 %. Так как ограничение по заостренности волокна, определяемое СТБ, составляет не более 24 %, полученный на выходе продукт являлся паклей. В России допустимая предельная массовая доля костры для короткого волокна № 2,00–29 % (ГОСТ Р 54589-2011).

Заключение

Биологический потенциал отечественных сортов льна масличного по урожайности тресты составляет 2,7–3,5 т/га, но в производственных условиях при комбайновой уборке ценоза снижается на 25–45 % и зависит от высоты среза стеблестоя и настройки рабочих органов жатки комбайна. Выход неориентированного волокна в условиях производственной переработки сырья составляет 18–21 %. Волокно крепкое на разрыв (разрывная нагрузка скрученной ленточки 54–112 Н), но из-за особого строения стебля имеет высокую заостренность. При содержании в массе костры более 24 % получаемый продукт является паклей. Солома льна масличного может использоваться для переработки в неориентированное волокно на специализированных промышленных линиях, либо при модернизации старых линий МТА с дополнительной установкой трясилкок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hegde, G. S. Properties and performance of bicomponent fibers in thermal bonding, nonwovens and technical textiles / G. S. Hegde, R. A. Campbell // Journal of the Textile Association. – 2007. – P. 76–79.
2. Промышленное использование соломы льна масличного, как в мире, так и в Украине / Т. Н. Головенко [и др.] / Молодой ученый. – 2017. – № 1 (41). – С. 37–39.
3. New biocomposites based on bioplastic flax fibers and biodegradable polymers / M. Wrobel-Kwiatkowska [and etc.] // Biotechnology Progress. – 2012. – V. 28. – P. 1336–1346.
4. Colberg, M. Spritzgiessen naturfaserverstärkter Kunststoffe / M. Colberg, M' Sauerbier. – Kunststoffe 12. – 1997. – S. 1780–1782.

5. Hegde, G. S. Properties and performance of bicomponent fibers in thermal bonding, nonwovens and technical textiles / G. S. Hegde, R. A. Campbell // *Journal of the Textile Association*. – 2007. – P. 76–79.
6. Чирик, Д. П. Лен масличный: сегодня и завтра / Д. П. Чирик, Н. В. Степанова, Т. А. Анохина, // *Наше сельское хозяйство. Агрономия*. – 2017. – № 19. – С. 21–26.
7. Чурсина, Л. А. Технические характеристики волокнистой части стеблей соломы льна масличного после уборки комбайном / Л. А. Чурсина, Г. А. Бойко // *Вестник Витебского Государственного технологического университета*. – 2014. – № 26 – С. 97–102.
8. Обоснование малогабаритной линии для переработки масличного льна на основе исследований характеристик волокон / Э. В. Новиков [и др.] // *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского НИИ масличных культур*. – 2018. – Вып. 2 (174). – С. 83–89.
9. Пучков, Е. М. Перспективные малозатратные технологии переработки соломы и тресты льна масличного / Е. М. Пучков, А. В. Безбабченко, Э. В. Новиков // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. – 2016. – № 4 (364). – С. 58–62.
10. Исследования первичной переработки масличного льна по схеме поле-завод с применением инновационного мобильного агрегата КВЛ-1М / Э. В. Новиков [и др.] // *Вестник НИИЭИ*. – 2018. – № 9 (88). – С. 101–110.
11. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
12. Отраслевой регламент. Возделывание льна масличного на семена. Типовые технологические процессы / сб. отраслевых регламентов: «Организационно-технические нормативы возделывания кормовых и технических культур // НАН Беларуси, НПЦ НАНБ по земледелию – под ред. В. Г. Гусаков – Минск – 2012. – С. 348–362.
13. Волокно льняное короткое. Технические условия. СТБ 1850-2009. – Введ. 29.12.2009. – Минск: Госстандарт РБ, 2009. – 13 с.
14. Федосова, Н. М. Исследование свойств льна-межеумка и обоснование метода прогнозирования его технологической ценности: дис. ... канд. тех. наук: 05.19.01 / Н. М. Федосова. – Кострома, 2002. – 157 с.