

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СТЕБЛЕЙ В СЕЛЕКЦИИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

О. А. ПОРХУНЦОВА, В. Н. ТОМАШЕВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: botanika_bgsha@mail.ru

(Поступила в редакцию 09.07.2020)

Характеристика стеблей льна масличного по гистологическим признакам строения позволяет выделить перспективные источники для селекции на короткое волокно, продуктивность, устойчивость к полеганию. По параметрам технической длины льносоломины (40,0 см) и ее доли в общей высоте растений (свыше 60 %) были выделены образцы Сонечны и Balladi Toll в качестве перспективных источников в селекции льна масличного на короткое волокно.

При гистологическом анализе определено различие селекционно разнообразного исходного материала по толщине стенки (528,7–1460,0 мкм), линейным размерам первичной коры (28,6–90,7 мкм), склеренхимы (49,0–136,7 мкм) и древесины (337,3–998,9 мкм). Максимальными параметрами гистологического строения характеризовались Bison (толщина стенки 1260±148,9 мкм; склеренхима 119,87±23,9 мкм; древесина 749,77±142,9 мкм), L-43 (толщина стенки 1460±139,2 мкм; склеренхима 126,35±26,2 мкм; древесина 998,92±162,6 мкм), Айсберг (толщина стенки 1317,33±67,2 мкм; склеренхима 136,68±30,1 мкм; древесина 776,06±81,3 мкм). Значительное развитие опорных структур стебля льна масличного образцов Bison, L-43 и Айсберг позволяет рекомендовать их в качестве ценных источников в селекции на устойчивость к полеганию.

Развитие луба в строении стебля льна масличного определяет степень сформированности первичной коры, лубяных волокон склеренхимы и флоэмы. Исходный материал значительно различался долей луба в гистологическом строении стеблей (21,89–38,48 %). По степени развития луба к древесине в соотношении 1/2 и более были выделены сорта Салют, Илим, Bilton, Фокус (коэффициент луб/древесина составил 0,5–0,63), которые могут быть рекомендованы в качестве источников селекции на продуктивность.

Ключевые слова: лен масличный, льносоломина, первичная кора, склеренхима (лубяные волокна), древесина, луб.

The characteristic of the stems of oil flax according to the histological characteristics of the structure makes it possible to identify promising sources for breeding for short fiber, productivity, and resistance to lodging. According to the parameters of the technical length of flax straw (40.0 cm) and its share in the total plant height (over 60%), the samples of sonechny and balladi toll were identified as promising sources in the selection of oil flax for short fiber.

Histological analysis determined the difference in the selection of diverse source material in wall thickness (528.7–1460.0 μm), linear dimensions of the primary cortex (28.6–90.7 μm), sclerenchyma (49.0–136.7 μm) and wood (337.3–998.9 microns). The maximum parameters of histological structure were noted in bison (wall thickness 1260 ± 148.9 μm; sclerenchyma 119.87 ± 23.9 μm; wood 749.77 ± 142.9 μm), l-43 (wall thickness 1460 ± 139.2 μm; sclerenchyma 126.35 ± 26.2 microns; wood 998.92 ± 162.6 microns), iceberg (wall thickness 1317.33 ± 67.2 microns; sclerenchyma 136.68 ± 30.1 microns; wood 776.06 ± 81, 3 μm). The significant development of support structures of the stem of oilseed flax samples bison, l-43 and iceberg allows us to recommend them as valuable sources in breeding for lodging resistance.

The development of bast in the structure of the stem of oil flax determines the degree of formation of primary bark, bast fibers of the sclerenchyma and phloem. The initial material significantly differed in the proportion of bast in histological structure of the stems (21.89–38.48 %). According to the degree of development of bast to wood in a ratio of 1/2 or more, the varieties salyut, ilim, bilton, focus were distinguished (the coefficient of bast / wood was 0.5–0.63), which can be recommended as sources of selection for productivity.

Key words: oil flax, flax straw, primary bark, sclerenchyma (bast fibers), wood, bast.

Введение

Лен масличный является одной из перспективных технических культур, обладающих многонаправленностью использования. В семенах льна масличного содержится 40–45 % быстро высыхающего масла (йодное число 165–192), которое используется в лакокрасочной, кожевенной, бумажной, парфюмерной, электротехнической и других отраслях промышленности, применяется оно и в медицине. Льняное масло способствует нормализации обмена веществ в организме человека, понижает уровень холестерина, его также употребляют в пищу. Льняной жмых и шрот являются ценным белковым кормом для животных [2, 8].

«Лен масличный» представляет собой технологическое название, объединяющее сортовое разнообразие разновидностей лен-кудряш и лен-межеумок, возделываемых, главным образом, для получения маслосемян. Современный сортовой потенциал льна масличного имеет межеумочное происхождение, что значительно расширяет спектр технических направлений использования. Стебель льна-межеумка длиннее и содержит 12–17 % волокна. Поэтому волокно и костра льна масличного могут быть переработаны в различные технические материалы: сорбенты, фильтры, клеящие и флотационные растворы, утеплители, строительные и мебельные плиты, а также могут быть использованы в производстве ваты, грубой ткани и бумаги высокого качества [3, 10, 12]. В современном мире все больше отмечается комплексное использование льна масличного, что подтверждается интенсивным развитием в странах Западной Европы производства по переработке его волокна [4].

Основная часть

В полевых условиях научные исследования проводились на опытном селекционном поле УНЦ «Опытные поля БГСХА» Горецкого района Могилевской области (2018–2019 гг.). По тепло- и влагообеспеченности Горецкий район относится к прохладной зоне с достаточным увлажнением. Ме-

теоусловия весеннего периода позволяли проводить посев питомника исходного материала в оптимальные сроки (24.04.2018; 23.04.2019). Посев льна масличного осуществлялся вручную, в 2-кратной повторности. Площадь посева учетной делянки составила 1 м² с шириной междурядий 10 см. Норма высева льна масличного составила 1000 всхожих семян/м². Контрольным сортом является Салют. Полные всходы в питомнике исходного материала были отмечены спустя 10–12 дней от даты посева. В процессе роста и развития растений проводились фенологические наблюдения, учёты и оценки состояния посевов в соответствии с рекомендациями по льну масличному [6, 7, 14].

Изучение особенностей анатомического строения стеблей льна масличного проводилось поэтапно: отбор растительного материала и его фиксирование; изготовление препаратов и оценка гистологических параметров междоузлий стеблей; статистическая обработка полученных результатов.

Изучение микроскопического строения стеблей проводилось на 15 сортообразцах льна масличного различного селекционного происхождения. В начале цветения было отобрано по 4 типичных растения каждого образца. Стебли отобранных растений были разделены на участки из его средней части. Каждая часть была маркирована с указанием сортообразца и порядкового номера растения. Фиксация проводилась в растворе этилового спирта (96 %) и глицерина (1:1). Изготовление и изучение препаратов осуществлялось по общепринятым методикам ботанических исследований. Из средних частей каждого зафиксированного стеблевого участка изготавливались препараты. Поперечные срезы толщиной 50–80 мкм окрашивались флороглюцином, который обеспечивает красно-бурую окраску лигнифицированных гистологических структур стебля. Применение флороглюцина позволяет контрастировать в препаратах ткани первичной коры, склеренхиму и ксилемную часть. Из окрашенных срезов стебля изготавливались временные препараты в глицериновой среде [9].

Изучение гистологических параметров стеблей льна масличного проводилось на временных препаратах с использованием компьютерного анализатора изображений, включающего оптический микроскоп Nikon Eclipse 50i, видеокамеру Nikon DS-Fi1, преобразователь сигналов Nikon digital sight и компьютер. Для изучения численных и линейных параметров анатомического строения стебля использовалась программа Coolview, а для фотографии изображений – программа NIS-Elements.

Высота растения является одним из сортовых признаков льна культурного, также масличных форм, определяющих возможность использования льяного стебля в производстве короткого волокна, бумаги и др. В среднем по изучаемым образцам данный показатель составил 52,74±5,74 см, с различием от 44,0 см (Орфей) до 65,7 см (Солнечны). Длину стебля менее 50 см имели Орфей, Bilton Barbara, Айсберг. У всех остальных образцов данный показатель составил свыше 50 см (рис. 1).

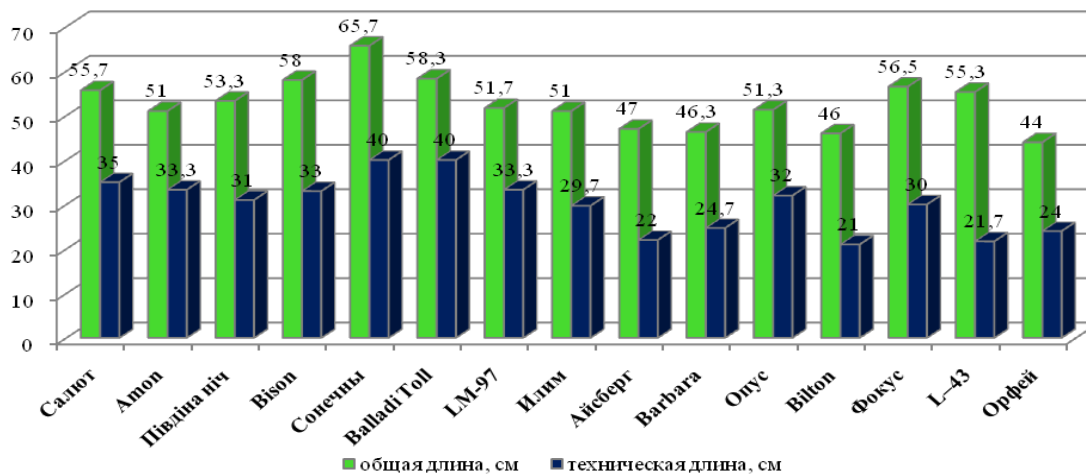


Рис. 1. Общая и техническая длина стебля льна масличного

Для льна культурного важным показателем является длина стебля до первого бокового побега. Техническая длина, характеризующая протяженность и целостность технического волокна, в целом составила 30,05±6,20 см. Наименьшей протяженностью технической длины стебля характеризовались L-43 (21,7 см), Bilton (21,0 см), Айсберг (22,0 см), у которых доля технической длины в общей длине составила 39,2–46,8 %. Максимальной технической длиной стебля среди данного сортового разнообразия характеризовались Солнечны и Balladi Toll (по 40 см или 60,9 % и 68,6 %, соответственно), что позволяет рекомендовать их в качестве ценных источников в селекции льна масличного на короткое волокно.

При микроскопическом изучении строения льносоломнины в ее средней части на уровне междоузлия выделяют гистологические структуры в стенке среза (первичная кора с хлоренхимой, склеренхима в виде лубяных волокон, лубовая зона, древесина) и полость (лакуну). Топографические особенности гистологических структур соломнины льна масличного и их размерные параметры определяют его сортовые особенности.

Толщина стенки льносоломины зависит от линейных параметров строения структурных составляющих ее анатомического строения, а ее размеры, соответственно, определяют устойчивость растений к полеганию. По размерам стенки образцы различались практически трехкратно: от $528,7\text{ мкм} \pm 34,1\text{ мкм}$ (LM-97) до $1460 \pm 139,2\text{ мкм}$ (L-43). Ее размер зависит от параметров первичной коры, склеренхимы, лубовой зоны и древесины [3].

Наличием утолщенной стенкой среза характеризовались L-43, а также Bison ($1260 \pm 148,9\text{ мкм}$), Айсберг ($1317,33 \pm 67,2\text{ мкм}$). Толщину стенки в пределах 600–700 мкм можно назвать стандартной, так как такими параметрами характеризовалось более половины изучаемых образцов (рис. 2).

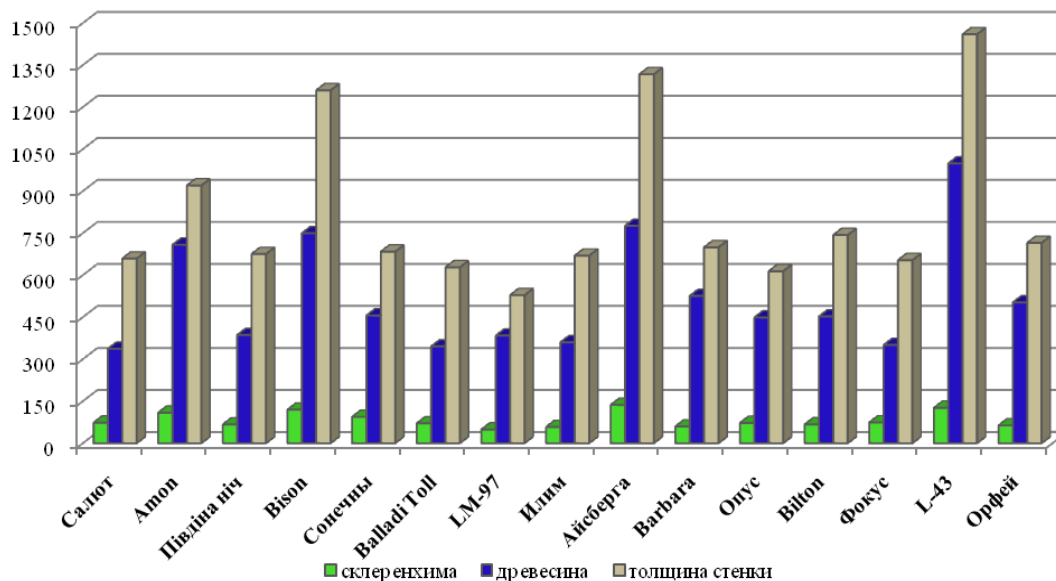


Рис. 2. Размерные параметры микроскопического строения стеблей льна масличного, мкм

Среди двудольных растений лен культурный выделяется уникальностью гистологического строения первичной коры: в ее строении отсутствует колленхима, что определяет успешность протекания «росяной» мочки стеблей льна и получение из него технического волокна высокого качества [1]. Основной составляющей частью первичной коры является хлоренхима, поэтому линейные параметры ее строения косвенно определяют интенсивность фотосинтеза в льносоломине. Большинство селекционных образцов (~75 %) имели первичную кору в пределах 30–40 мкм. Среди единообразия исходного материала по параметрам первичной коры были выделены Айсберг ($90,71 \pm 22,3\text{ мкм}$) и Bison ($70,92 \pm 10,0\text{ мкм}$). При наиболее утолщенной стенке льносоломины эти сорта имели и наиболее развитую первичную кору. Самым слабым развитием первичной коры характеризовались наиболее высорослые образцы Сонечны ($29,61 \pm 5,2\text{ мкм}$) и Balladi Toll ($28,6 \pm 4,1\text{ мкм}$) (см. рис. 1) [13].

У образца L-43, характеризующегося наиболее утолщенной стенкой льносоломины ($1460 \pm 139,2\text{ мкм}$), линейные параметры первичной коры были не максимальными ($51,29 \pm 16,7\text{ мкм}$).

Первичная склеренхима перециклического происхождения располагается в стебле льна чаще всего островными участками и представлена лубяными волокнами с очень толстыми, целлюлозными стенками (чаще всего неодревесневающими), которые плотно соединяются между собой пектином. Наличие лубяных волокон, их гистологическое расположение непосредственно под первичной корой, определяет техническое направление использования стеблей льна [5, 8] (рис. 3).

Исходный материал различался по линейным параметрам склеренхимы. Минимальными параметрами склеренхимы характеризовался LM-97 ($49,06 \pm 5,5\text{ мкм}$). У более половины образцов параметры склеренхимы были в пределах 50–75 мкм. Максимальным развитием склеренхимы (свыше 100 мкм) обладали образцы Айсберг ($136,68 \pm 30,1\text{ мкм}$), L-43 ($126,35 \pm 26,2\text{ мкм}$), Bison ($119,87 \pm 23,9\text{ мкм}$), Амон ($109,08 \pm 56,6\text{ мкм}$) [13].

Ниже камбия, в центростремительном направлении, располагается сплошным кольцом древесина (ксилемная зона). Древесина характеризует интенсивность водного обмена в растении в связи с развитием проводящих тканей восходящего тока. Линейным размером древесины менее 400 мкм характеризовались образцы Салют, Півдіна ніч, Balladi Toll, Илим, LM-97 и Фокус. Образцы с наиболее утолщенной стенкой льносоломины, характеризовались максимальным развитием древесины: L-43 ($998,92 \pm 162,6\text{ мкм}$), Айсберг ($776,06 \pm 81,3\text{ мкм}$), Bison ($749,77 \pm 142,9\text{ мкм}$) и Амон ($708,67 \pm 290,8\text{ мкм}$).

Типичным для строения льносоломины является отсутствие сердцевинки в результате формирования лакуны (полости) на уровне междоузлия. Среди изученного исходного материала большинство образцов характеризовалось наличием лакуны с диаметром 400–600 мкм. Однако у образцов Bison, Орфей и L-43 в гистологическом строении стебля полость отсутствовала или была незначительных размеров (рис. 3).

Доля древесины в гистологическом строении стебля льна масличного составляет 2/3 протяженности или 61,52–78,11 %, что подтверждает отсутствие значительных различий по соотношению развитию древесины и луба в стеблях льна. Однако развитие, как луба, так и древесины в зависимости от сорта (толщины стебля, толщины его стенки) значительно различается. Стебли образцов, имеющих наибольшую толщину стенки льносоломины до полости (сердцевины), различались соотношением составляющих гистологических структур. Так, у образца L-43 с толщиной стенки стебля 1460 мкм, древесина имела максимальный линейный размер 998 мкм или 75 %, однако развитие первичной коры было на уровне среднего показателя (51,29 мкм). Максимально высоким показателем развития древесины также обладал сорт Амон – 708 мкм, или 78 %.

В льноводстве при характеристике анатомического строения льносоломины выделяют показатель, характеризующий соотношение луба к древесине. Данный коэффициент отражает степень развития луба в сравнении с древесиной, соответственно, развитие первичной коры, лубяных волокон и флоэмы. Коэффициент луб/древесина составил 0,28–0,63, что отражает значительное различие исходного материала в комплексе гистологических признаков. Наименьшей степенью развития луба обладал сорт Амон (0,28), а также Barbara (0,30), LM-97 (0,30), Опус (0,31), L-43 (0,34) и Орфей (0,34) [11].

Высоким коэффициентом луб/древесина (в соотношении 1/2 или 0,5) характеризовались сорта Илим, Bilton, Фокус. Максимально высоким коэффициентом луб/древесина 0,63 обладал сорт Салют.

Заключение

Исходный селекционный материал льна масличного был всесторонне изучен по морфолого-гистологическим признакам строения льносоломины. При общей высоте растений 44,0–65,7 см техническая длина стебля льна масличного составила 21,0–40,0 см в зависимости от образца. Наибольшей технической длиной льносоломины (40 см или свыше 60 % от общей высоты растения) обладали сорта Сонечны, Balladi Toll, что определяет возможность их включения в селекционную работу на короткое техническое волокно.

При анализе гистологических структур льносоломины определено различие селекционных образцов по толщине стенки (528,7–1460,0 мкм), линейным параметрам первичной коры (28,6–90,7 мкм), склеренхимы (49,0–136,7 мкм) и древесины (337,3–998,9 мкм). В результате были выделены образцы Bison, L-43, Айсберг, обладающие утолщенной стенкой (1260–1460 мкм), максимально большими параметрами древесины (750–998 мкм) и склеренхимы (119–136 мкм), что позволяет рекомендовать их включение в селекционную работу на устойчивость к полеганию.

Доля луба в анатомическом строении стебля льна масличного составила 21,89–38,48 %. Высокое процентное развитие луба имели Илим, Balladi Toll, Фокус и Салют (соотношение луба к древесине составило 0,5–0,63). Эти сорта характеризуются достаточно высокой степенью развития тканей лубовой зоны: первичной коры (хлоренхимы), склеренхимы (лубяных волокон), флоэмы и могут быть рекомендованы в качестве источников селекции на продуктивность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баздырев, Г. И. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства: учебное пособие / Г. И. Баздырев. – М., 2014. – 725 с.
2. Голуб, И. А. Лен Беларуси: монография / И. А. Голуб; РУП «Белорусский НИИ льна». – Минск: ЧУП «Орех», 2003. – 245 с.
3. Использование анатомических параметров стебля в селекции льна масличного / Н. А. Дуктова [и др.]. – Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 115–119.
4. Живетин, В. В. Масличный лен и его комплексное развитие / В. В. Живетин, Л. Н. Гинзбург. – Москва, 2000 – 389 с.
5. Зеленцов, С. В. Фотопериодическая зависимость морфологического и анатомического строения надземных вегетативных органов льна обыкновенного (*Linum usitatissimum*) / С. В. Зеленцов, Е. В. Мошненко, В. С. Зеленцов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2017. – Вып. 3 (171). – 41–54 с.
6. Лях, В. О. Селекция льна масличного: методические указания / В. О. Лях, И. О. Полякова. – Запорожье, 2008. – 37 с.
7. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / В. З. Богдан [и др.]. – Устье, 2011. – 13 с.
8. Масличный лен как глобальный сырьевой ресурс для производства волокна / Э. В. Новиков [и др.] // Молочно-хозяйственный вестник. – 2017. – № 3 (27) – С. 187–202.
9. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – Москва: Агропромиздат, 1988. – С. 61–66.
10. Пестис, М. В. Состояние и перспективы производства и переработки льна в условиях Гродненской области: монография / М. В. Пестис, И. М. Шинтарь, П. В. Пестис. – Гродно: ГТАУ, 2011. – 168 с.
11. Порхунцова, О. А. Степень развития луба и древесины в микроскопическом строении стеблей льна масличного / О. А. Порхунцова, В. Н. Томашева // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сборник статей по материалам XVI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры земледелия. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 129–132.
12. Тихосова, А. А. Перспективы использования волокна льна масличного для производства текстильных материалов / А. А. Тихосова, С. В. Путинцева, Т. Н. Головенко // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2013. – № 24. – С. 74.
13. Томашева, В. Н. Развитие гистологических структур стеблей льна масличного различного селекционного происхождения. / В. Н. Томашева, О. А. Порхунцова // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сборник статей по материалам XVI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры земледелия. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 146–149.
14. Труш, М. М. Справочник льновода / М. М. Труш, Ф. М. Карпунин. – Ленинград: Агропромиздат, 1985. – 240 с.