

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СКЛЕРЕНХИМЫ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СТЕБЛЯ КАК КРИТЕРИИ ОТБОРА В СЕЛЕКЦИИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПОЛЕГАНИЮ

Н. А. ДУКТОВА

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: duktova@tut.by

(Поступила в редакцию 08.04.2022)

В результате гистолого-анатомического изучения стебля образцов яровой твердой пшеницы выявлены межвидовые и межсортовые особенности анатомической структуры и их влияние на устойчивость растений к полеганию. В селекции на устойчивость к полеганию значимыми являются показатели «площадь медуллярной лакуны» ($r = -0,82$) и выполненность стебля (0,84). Данные показатели также тесно коррелировали с высотой растения (0,79 и $-0,81$ соответственно). Выявленные закономерности свидетельствуют о целесообразности использования данных параметров в качестве критериев отбора короткостебельных, устойчивых к полеганию генотипов. Средняя степень корреляции признаков с длиной колоса и количеством колосков в нем (0,66...0,73 и $-0,66$... $-0,76$), а также с массой зерна с колоса (0,47, $-0,48$), служит показателем их влияния на итоговую продуктивность растения. На устойчивость к полеганию наибольшее влияние оказывает толщина склеренхимы, а также толщина склеренхимной обкладки проводящих пучков (0,52–0,78). С элементами урожайности связь отрицательная. Следовательно, в рекомбинантной селекции необходимо сочетать формы с развитой склеренхимой с высокопродуктивными образцами. Установлено, что в селекции на повышение прочности стебля и устойчивости к полеганию в качестве критериев отбора следует использовать следующие параметры: тяжи хлоренхимы расположены часто и небольшого размера, увеличенная толщина склеренхимы (120–160 мкм), толщина стенки (750–950 мкм) и малая медуллярная лакуна (0,2–0,6 мм²). Обоснование выявленных критериев обеспечивает совершенствование селекционной работы за счет сокращения сроков создания новых сортов и повышения результативности селекционного процесса.

Ключевые слова: *Triticum durum*, анатомия стебля, устойчивость к полеганию, селекция.

As a result of histological and anatomical study of the stem of spring durum wheat samples, interspecific and intervarietal features of the anatomical structure and their influence on the resistance of plants to lodging were revealed. In breeding for resistance to lodging, the indicators «area of the medullary gap» ($r = -0.82$) and stem completion (0.84) are significant. These indicators also closely correlated with plant height (0.79 and -0.81 , respectively). The revealed patterns testify to the expediency of using these parameters as selection criteria for short-stem, lodging-resistant genotypes. The average degree of correlation of traits with the length of the ear and the number of spikelets in it (0.66 ... 0.73 and -0.66 ... -0.76), as well as with the mass of grain per ear (0.47, -0.48), serves as an indicator of their influence on the final productivity of the plant. The resistance to lodging is most influenced by the thickness of the sclerenchyma, as well as the thickness of the sclerenchyma lining of the conducting bundles (0.52–0.78). There is a negative relationship with productivity elements. Therefore, in recombinant breeding, it is necessary to combine forms with developed sclerenchyma with highly productive samples. It has been established that in breeding for increasing the strength of the stem and resistance to lodging, the following parameters should be used as selection criteria: strands of chlorenchyma are located often and small in size, increased thickness of the sclerenchyma (120–160 μm), wall thickness (750–950 μm) and small medullary lacuna (0.2–0.6 mm²). The justification of the identified criteria ensures the improvement of breeding work by reducing the time for creating new varieties and increasing the effectiveness of the breeding process.

Key words: *Triticum durum*, stem anatomy, resistance to lodging, breeding.

Введение

Изучению взаимосвязи анатомических параметров с хозяйственно полезными признаками посвящены работы многих авторов. Закономерности изменчивости анатомии стебля у видов пшеницы изучали С. В. Лазаревич [2, 3], В. В. Пыльнев [7], Г. И. Москалева [6], В. П. Пьянов [8] и др. Исследование по использованию параметров анатомического строения стебля для селекции проводили А. Ф. Мережко [5] и О. Д. Градчанинова [1], И. В. Лукьянова [4]. В результате была доказана генетическая сопряженность параметров гистологической структуры стебля, установлен сортовой и видовой полиморфизм признаков, что свидетельствует о возможности использования их в качестве критериев отбора в селекции.

Пшеница твердая (*Triticum durum* Desf.) характеризуется рядом видовых особенностей – формирует длинное выполненное подколосовое междоузлие и тяжеловесный остистый колос, повышающий парусность посева. Это в совокупности способствует полеганию посевов в условиях достаточного увлажнения. Данный признак в значительной степени обуславливают анатомические показатели стебля. Склеренхима периферического происхождения придает стеблю упругость и жесткость, проводящие ткани выполняют армирующую функцию, а выполненность стебля обуславливает устойчивость к изломам. Таким образом, изучение особенностей строения стебля пшеницы твердой и выявление взаимосвязи гистологических параметров с селекционно ценными признаками является целесообразным и актуальным. Знание этих особенностей может и должно быть использовано в селекции устойчивых к полеганию, высокоурожайных сортов пшеницы твердой.

Основная часть

Для проведения исследований нами были отобраны сорта и образцы яровой твердой пшеницы различного эколого-географического происхождения, отличающиеся по габитусу и продуктивности

(10 образцов). Среди них 5 низкостебельных (50–70 см) – Ириде и Меридиано (Италия), Владлена, Катюша и Дюймовочка (Беларусь, БГСХА); 5 среднерослых (90–110 см) – Розалия, Валента, Елена, Л-40-00 и Л-48-00 (Беларусь, БГСХА). Для объективной оценки образцов были отобраны сорта, районированные или адаптированные к условиям Беларуси. Исследования выполнены в 2019–2021 годах, полевые опыты были заложены на опытном участке Тушково УНЦ «Опытные поля БГСХА» по методике конкурсного сортоиспытания. В качестве контроля был взят сорт яровой твердой пшеницы Розалия, районированный в Республике Беларусь с 2015 года и для сравнения – сорт яровой мягкой пшеницы Рассвет. Отбор, фиксацию и микроскопирование растительного материала проводили по методикам цитологических исследований. При проведении микроскопических исследований были изучены численные и линейные (мерные) признаки средних частей междоузлий.

Пшеница твердая характеризуется первичным анатомическим строением стебля (рис. 1). В первичном строении стебля травянистых однодольных выделяют эпидерму, первичную кору и центральный цилиндр. Первичная кора у пшеницы редуцирована и представлена только отдельными тяжами хлоренхимы. Под первичной корой располагается комплекс тканей, именуемый центральным цилиндром. В начале онтогенеза побега, в результате морфогенетической деятельности конуса нарастания, у пшеницы в составе центрального цилиндра образуются перицикл, тяжи прокамбия и клетки основной ткани (паренхимы). Перицикл является первичной образовательной тканью, из которой развивается механическая ткань склеренхима. Из тяжей прокамбия в стебле образуются закрытые коллатеральные сосудисто-волокнистые проводящие пучки, поэтому стебель имеет пучковый тип строения. В центре междоузлия – полость (медуллярная лакуна) [3].

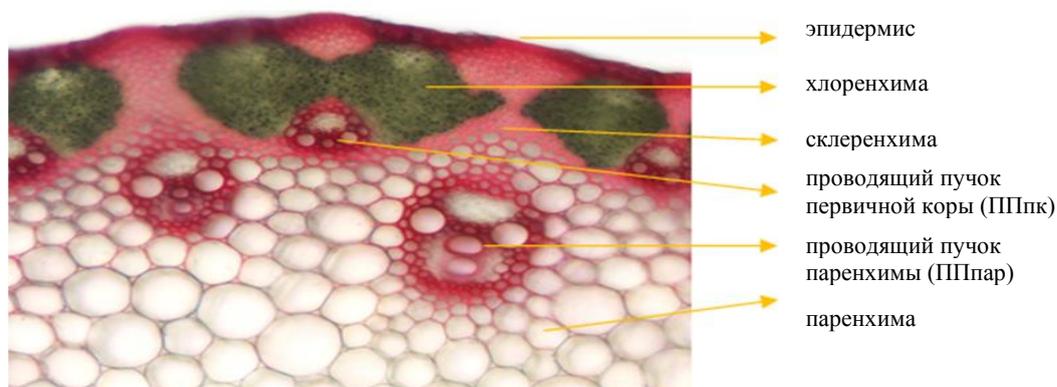


Рис. 1. Анатомическое строение стебля твердой пшеницы

Диаметр стебля – это интегральный признак. Находящиеся в нем механические, проводящие и основные ткани обеспечивают устойчивость растения к полеганию, участвуют в продукционных процессах. Поэтому более толстые стебли, как правило, развиваются у более продуктивных и устойчивых генотипов. Самым большим диаметром стебля из изученных образцов обладает сорт Меридиано – 2,44 мм, в то время как у мягкой пшеницы (сорт Рассвет) этот показатель равен 2,15 мм. Самый маленький диаметр стебля у сорта Катюша – 1,70 мм (табл. 1).

Таблица 1. Выполненность стебля и устойчивость к полеганию

Образец	Устойчивость к полеганию, балл	Диаметр стебля, мм	Толщина стенки, мкм	Площадь стебля, мм ²	Площадь выполненной части стебля, мм ²	Площадь медуллярной лакуны, мм ²	Выполненность стебля, %
Рассвет (<i>T. aestivum</i>)	5	2,15	547,83	3,63	1,97	1,66	50,96
Розалия	3	2,30	632,50	4,15	2,53	1,62	55,00
Валента	2,5	2,15	710,33	3,63	2,48	1,15	66,08
Л-40-00	3	2,22	772,13	3,86	2,80	1,06	69,67
Л-48-00	2	2,20	748,50	3,80	2,70	1,10	68,05
Елена	2,5	2,10	684,78	3,46	2,32	1,15	65,22
Ириде	5	2,24	834,67	3,94	3,04	0,90	74,52
Меридиано	5	2,41	995,29	4,56	3,90	0,66	82,60
Владлена	4	2,10	845,00	3,46	2,82	0,64	80,48
Катюша	5	1,70	770,17	2,27	2,02	0,25	90,61
Дюймовочка	5	1,93	949,50	2,92	2,88	0,05	98,39
среднее	–	2,13	794,29	3,61	2,75	0,86	75,06
НСР ₀₅	–	0,09	66,9	–	–	–	–

Толщина стенки тоже является показателем, связанным с устойчивостью растения к полеганию. Однако слишком толстая стенка – показатель более ломких растений. Так, самый большой показатель

толщины стенки был зафиксирован у сорта Меридиано – 995,29 мкм, что превышало показатели мягкой пшеницы на 447,46 мкм. Данный образец превзошел все остальные и по площади стебля – 4,56 мм², при среднем по сортам 3,61 мм².

Большое значение на устойчивость к полеганию также имеет площадь выполненной части стебля. Выполненность стебля у сорта пшеницы мягкой Рассвет составила 50,96 % (1,97 мм²), что на 25 % ниже, чем показатели пшеницы твердой. Это различие является видовым. Среди сортов пшеницы твердой наибольшую выполненность соломины имел сорт Дюймовочка – 98,39 % (2,88 мм²), подколосовое междоузлие которого практически не имело медуллярной лакуны (рис. 2). В целом следует отметить, что большей выполненностью отличались короткостебельные образцы (Ириде, Меридиано, Владлена, Катюша и Дюймовочка – 74,52–98,39 %).

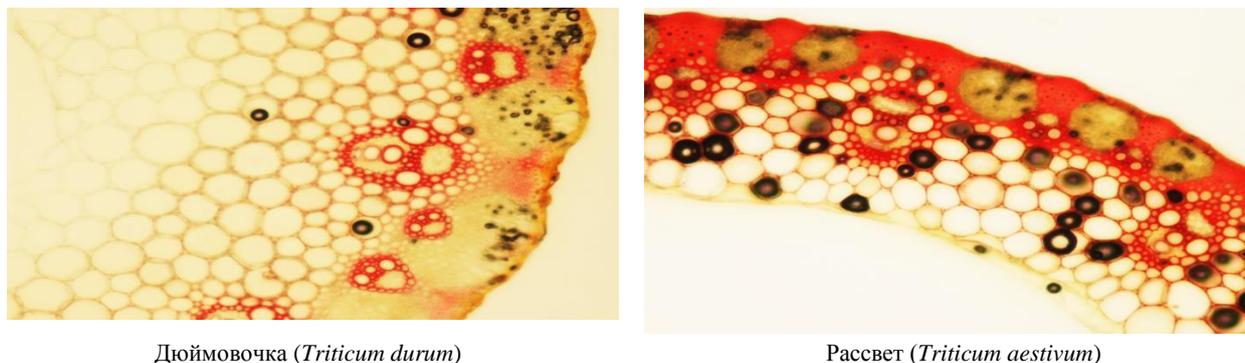


Рис. 2. Выполненность стебля сортов твердой и мягкой пшеницы

Для установления взаимосвязи параметров структуры стебля с устойчивостью к полеганию нами был проведен корреляционный анализ (табл. 2).

Таблица 2. Корреляция выполненности стебля с селекционно-значимыми признаками, r

Показатель	Диаметр стебля, мм	Толщина стенки, мкм	Площадь стебля, мм ²	Площадь выполненной части, мм ²	Площадь лакуны, мм ²	Выполненность стебля, %
Устойчивость к полеганию	-0,31	0,79	-0,29	0,39	-0,82	0,84
Высота растения	0,34	-0,72	0,32	-0,32	0,79	-0,81
Длина колоса	0,41	-0,50	0,41	-0,09	0,66	-0,66
Количество колосков в колосе	0,37	-0,63	0,34	-0,24	0,73	-0,76
Количество зерен в колосе	-0,12	-0,43	-0,15	-0,42	0,25	-0,30
Масса зерна с колоса	0,37	-0,29	0,36	0,02	0,47	-0,48

В результате анализа установлено, что значимыми в селекции на устойчивость к полеганию являются показатели «площадь медуллярной лакуны» (-0,82) и выполненность стебля (0,84). Данные показатели также тесно коррелировали с высотой растения (0,79 и -0,81 соответственно). Средняя степень корреляции признаков с длиной колоса и количеством колосков в нем (0,66...0,73 и -0,66...-0,76), а также с массой зерна с колоса (0,47, -0,48), служит показателем их влияния на итоговую продуктивность растения.

У пшеницы основной механической тканью является склеренхима. Наибольшим количеством рядов склеренхимы обладает сорта Владлена – 10,00 шт. (на 2022 шт. больше среднего показателя) и Ириде – 9,67 шт. а наименьшим – сорт Валента (4,67 шт.) (рис. 3, табл. 3).

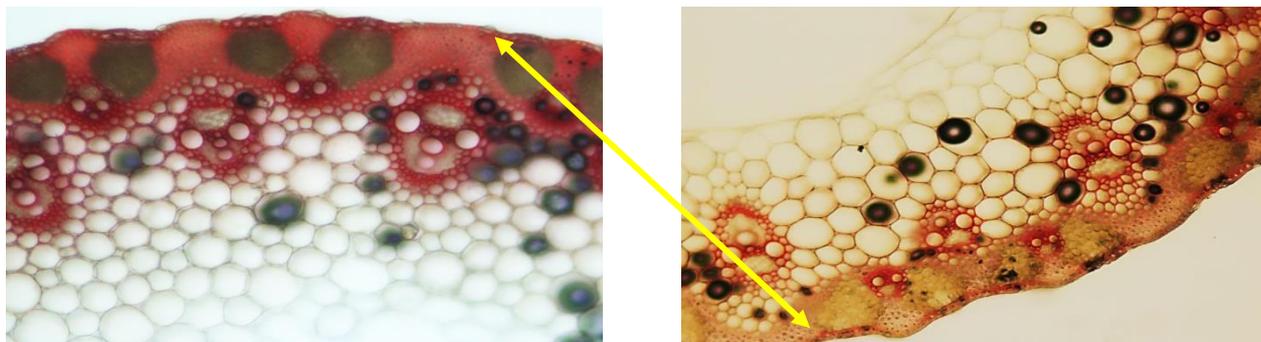


Рис. 3. Развитие механических тканей у сортов твердой пшеницы

Таблица 3. Развитие механических тканей стебля пшеницы

Образец	Склеренхима			Толщина склеренхимной обкладки ППпар, мкм		
	кол-во рядов, шт.	толщина, мкм	площадь кольца, мм ²	верх	низ	бок
Рассвет (<i>T. aestivum</i>)	7,00	105,33	0,68	21,60	31,50	23,20
Розалия	7,75	101,28	0,70	35,20	37,90	31,20
Валента	4,67	64,57	0,42	41,27	31,13	23,63
Л-40-00	7,81	105,53	0,70	36,07	34,71	20,65
Л-48-00	7,17	95,40	0,63	25,03	23,10	21,67
Елена	7,22	114,29	0,71	42,10	40,05	24,38
Ириде	9,67	170,50	1,11	61,33	33,60	24,37
Меридиано	6,41	119,58	0,86	37,52	33,14	24,16
Владлена	10,00	153,00	0,94	40,53	27,40	22,93
Катюша	8,83	126,67	0,63	26,83	25,93	21,70
Дюймовочка	8,29	158,04	0,88	38,56	32,42	30,10
среднее	7,78	120,88	0,76	38,44	31,94	24,48
НСР05	0,7	22,2	-	1,1	0,9	0,6

На устойчивость к полеганию наибольшее влияние оказывает толщина склеренхимы. Все высоко-рослые сорта характеризовались меньшей толщиной склеренхимы в сравнении с короткостебельными – 64,57–114,29 мкм к 119,58–170,50 мкм. Наиболее мощная склеренхима отмечена у сорта Ириде (170,50 мкм), наименее – у сорта Валента (64,57 мкм) (рис. 3). Толщина склеренхимной обкладки больших проводящих пучков, расположенных в паренхиме центрального цилиндра, измеряется в трех местах – верх, низ и бок. По всем этим показателям наибольшие размеры отмечены у сортов Ириде, Елена, Валента.

Анализ парных корреляций параметров механических тканей с селекционно значимыми признаками позволил обосновать критерии для отбора (табл. 4).

Таблица 4. Корреляция параметров механических тканей стебля с селекционно значимыми признаками, *r*

Показатель	Склеренхима			Толщина склеренхимной обкладки ППпар, мкм		
	Кол-во рядов, шт.	Толщина, мкм	Площадь кольца, мм ²	верх	низ	бок
Устойчивость к полеганию	0,52	0,78	0,66	0,27	-0,25	0,08
Высота растения	-0,57	-0,82	-0,68	-0,30	0,19	-0,21
Длина колоса	-0,90	-0,90	-0,74	-0,23	0,36	0,04
Количество колосков	-0,75	-0,85	-0,70	-0,13	0,32	-0,12
Количество зерен в колосе	-0,67	-0,68	-0,74	-0,21	0,12	-0,19
Масса зерна с колоса	-0,90	-0,72	-0,58	-0,06	0,51	0,20
Масса 1000 зерен	-0,85	-0,63	-0,47	-0,10	0,55	0,32
Урожайность	0,12	-0,33	-0,38	-0,56	-0,58	-0,54

Выявлена стабильная корреляция средней (0,5–0,7) и сильной (0,7–1,0) степени между мощностью склеренхимы и хозяйственно полезными признаками. При этом положительная корреляция выявлена только с устойчивостью к полеганию (0,52–0,78). С элементами урожайности связь отрицательная.

На устойчивость к полеганию также оказывают положительное влияние толщина склеренхимной обкладки проводящего пучка паренхимы, но невысокий коэффициент корреляции свидетельствует о слабой и средней степени связи (до 0,5), что указывает на нецелесообразность использования данного параметра в качестве критерия для отбора.

Заключение

Таким образом, обоснована целесообразность использования гистолого-анатомических параметров структуры стебля в селекции пшеницы твердой на устойчивость к полеганию. В селекции на устойчивость к полеганию значимыми являются показатели «площадь медуллярной лакуны» ($r = -0,82$) и выполненность стебля (0,84). Данные показатели также тесно коррелировали с высотой растения (0,79 и -0,81 соответственно). Средняя степень корреляции признаков с длиной колоса и количеством колосков в нем (0,66...0,73 и -0,66...-0,76), а также с массой зерна с колоса (0,47, -0,48), служит показателем их влияния на итоговую продуктивность растения.

На устойчивость к полеганию наибольшее влияние оказывает толщина склеренхимы, а также толщина склеренхимной обкладки проводящих пучков (0,52–0,78). С элементами урожайности связь отрицательная. Выявленную зависимость необходимо учитывать в селекционном процессе и при гибридизации сочетать скрещивание форм с высокой толщиной склеренхимного кольца, что свидетельствует об их устойчивости к полеганию с высокопродуктивными формами.

Установлено, что в селекции на повышение прочности стебля и устойчивость к полеганию в качестве критериев отбора следует использовать следующие параметры: тяже хлоренхимы расположены часто и небольшого размера, увеличенная толщина склеренхимы (120–160 мкм), толщина стенки (750–950 мкм) и малая медуллярная лакуна (0,2–0,6 мм²). Обоснование выявленных критериев обеспечивает совершенствование селекционной работы за счет сокращения сроков создания новых сортов и повышения результативности селекционного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Градчанинова, О. Д. Анатомическое строение корня и стебля некоторых видов пшеницы и полегание / О. Д. Градчанинова // Бюл. ВИР им. Н.И. Вавилова. – 1981. – Вып. 106. – С. 76–80.
2. Лазаревич, С. В. Нетипичные проводящие пучки стебля в полиплоидном ряду пшеницы. Сообщение I. Анализ строения нетипичных проводящих пучков / С. В. Лазаревич // Вестник БГСХА. – 2015. – № 4. – С. 57–61.
3. Лазаревич, С. В. Эволюция анатомического строения стебля пшеницы / С. В. Лазаревич. – Минск: БИТ Хата, 1999. – 296 с.
4. Лукьянова, И. В. Анализ видовых и сортовых особенностей устойчивости стеблей злаковых культур к полеганию с учетом физико-механических свойств и архитектоники для использования в селекции: автореф. дис. ... доктора биол. наук / И. В. Лукьянова; Кубанский гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2008. – 52 с.
5. Мережко, А. Ф. Наследование длины соломины и анатомического строения стебля межсортовыми гибридами мягкой пшеницы / А. Ф. Мережко, О. Д. Градчанинова // Бюл. Всесоюз. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилов. – 1982. – Вып. 122. – С. 18–22.
6. Москалева, Г. И. Морфолого-анатомические особенности строения стебля и устойчивость к полеганию мягкой яровой пшеницы / Г. И. Москалева // Науч.-техн. бюл. / Всесоюз. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова. – 1987. – Вып. 170. – С. 64–68.
7. Пыльнев, В. В. Изменение анатомического строения растений озимой пшеницы в результате селекции / В. В. Пыльнев, Б. Б. Батоев // Известия ТСХА. – М., 1993. – Вып. 1. – С. 31–39.
8. Пьянов, В. П. Анатомическое строение стебля и устойчивость к полеганию яровой пшеницы / В. П. Пьянов // Науч. тр. / Омский с.-х. ин-т. – 1997. – Т. 164. – С. 21–23.