

УДК 633.11«324»:581.8:631.527

ИЗМЕНЕНИЕ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАСТЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ СЕЛЕКЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНОМ РАЙОНЕ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

В.В. ПЫЛЬНЕВ

(Кафедра селекции и семеноводства полевых культур)

На основании изучения сортов озимой мягкой пшеницы различной продуктивности, относящихся к разным периодам сортосмены в ЦРНЗ, показано, что селекция на повышение зерновой продуктивности затронула также и анатомическое строение растений. На протяжении всей длины стебля произошло увеличение диаметра междоузлий и толщины стенок соломины, что способствует повышению устойчивости растений к полеганию. Возросли выполненная часть соломины за счет увеличения слоя паренхимы, толщина склеренхимного кольца и средний диаметр пучков склеренхимы. Суммарный диаметр малых проводящих пучков паренхимы колосоносного междоузлия положительно коррелирует с массой зерна с колоса, вследствие чего может служить показателем для отбора высокопродуктивных форм пшеницы. Проводящие пучки приобрели более округлую форму, что способствует большей устойчивости к полеганию. Отмечено увеличение числа и диаметра проводящих пучков влагалища и листовой пластинки флагового листа.

В настоящее время в селекции пшеницы используются самые разнообразные методы изучения и оценки исходного материала. Одним из них является анатомический метод, который, несмотря на трудоемкость, позволяет более полно оценить селекционный материал. Особенно он необходим в тех случаях, когда погодные условия не позволяют провести обычно применяемую браковку селекционного материала в пол-

евых условиях. Практически значимость всех анатомических методов определяется наличием тесной связи особенностей строения органов с их ролью в жизни растений.

Полностью сформированный стебель пшеницы (соломина) представляет собой прямой эластичный цилиндр, состоящий из узлов и междоузлий. Внутри он полый или выполненный паренхимой с гладкой или слегка бороздчатой поверхностью.

К. Эсау выделяет в стебле злаков 3 системы тканей — эпидермальную, основную и проводящую [17], А.И. Носатовский — эпидермис, гиподерму, бесцветные участки паренхимы, зеленую ассимилирующую паренхиму и сосудисто-волокнистые проводящие пучки [8]. Он отмечает, что толщина механической ткани уменьшается от нижнего междоузлия к верхнему колосоносному междоузлию. На протяжении каждого междоузлия самая толстая гиподерма находится в его нижней части, в середине она самая тонкая, а в верхней части междоузлия толщина ее средняя.

Ассимилирующая ткань размещается островками в склеренхимной гиподерме и состоит из тонкостенных паренхимных клеток с хлоропластами. Мощность ассимиляционной ткани в разных частях междоузлия неодинакова. В верхней, хорошо освещаемой части междоузлия островки ассимиляционной ткани крупнее, чем в нижней, окруженной листовым влагалищем и соответственно находящейся в худших световых условиях. В основании междоузлия ассимиляционная ткань часто совсем не развивается. К центру от гиподермы размещается неокрашенная часть паренхимы. Клетки ее длинные и узкие, но к центру соломины становятся короче и шире. Здесь они скоро теряют свое содержимое и отмирают, образуя полость. В нижнем междоузлии клетки паренхимы толще, стенки их пропитаны лигнином, вследствие чего усиливается механическая ткань и увеличивается прочность основания соломины.

В стенках соломины размещаются проводящие пучки, число кото-

рых уменьшается снизу вверх. В паренхиме проводящих пучков больше, чем в склеренхиме: большие сосудистые пучки паренхимы образуют почти правильный круг, по ее периферии располагаются малые проводящие пучки. На число проводящих пучков большое влияние оказывают влажность почвы и воздуха, а также освещенность [18], однако этот показатель, кроме того, является отчетливым сортовым признаком [11, 14].

Изучение проводящей системы растений проводилось как с целью уточнения их ботанической характеристики, так и для установления путей передвижения продуктов ассимиляции. Кроме транспортировки ассимилятов в колос, сосудисто-волокнистым пучкам принадлежит большая роль в обеспечении прочности соломины. Полегание озимой пшеницы зависит от развития механической ткани стебля, числа, размеров и расположения сосудисто-волокнистых пучков в нем [6]. У неполегающих сортов пшеницы в течение всего вегетационного периода интенсивно увеличиваются размеры кольца механической ткани, возрастают число и размеры проводящих пучков, все ткани стебля отличаются высокой степенью склерификации [13]. По мнению Г.И. Москалевой [7], уже в фазу выхода в трубку можно проводить оценку на устойчивость к полеганию по количеству проводящих пучков и ширине склеренхимного кольца [7].

Как правило, устойчивые к полеганию сорта отличаются укороченными и утолщенными двумя нижними междоузлиями [9, 10], меньшим отношением длины стебля к его диаметру и большей массой 1 см стеб-

ля, повышенной прочностью нижних междоузлий [14]. Удлинение междоузлий определяется степенью склерификации клеточных стенок. У низкорослых сортов пшеницы процесс склерификации выражен сильнее, чем у высокорослых [15].

Многие исследователи сходятся во мнении, что хорошо развитая проводящая система стебля обеспечивает формирование хорошо озерненных колосьев [2, 11, 14, 16]. При этом отмечается, что масса колоса и зерна с колоса тем выше, чем больше суммарная площадь проводящей системы [9, 11].

Значительный вклад в накопление сухого вещества растений вносят листовая пластинка и влагалище листа. Особенно важна при этом роль верхнего яруса листьев. Их анатомические особенности могут быть использованы для оценки исходного материала на продуктивность и устойчивость к полеганию [14]. В функции проводящей системы влагалища листа входит не только транспорт ассимилятов, но и повышение прочности стебля [3].

Установлено, что различные сорта озимой пшеницы имеют четко выраженные сортовые различия по мощности проводящей системы флаговых листьев [4, 10, 12, 16]. Отмечено, что в засушливых условиях юга Украины урожайность пшеницы тесно связана с лучшим развитием проводящих пучков флагового листа [12]. В то же время нами не отмечено различий у степных сортов озимой мягкой пшеницы различной продуктивности по этому показателю [11].

Таким образом, анализ анатомических особенностей стебля, влагалища и листовых пластинок листа

можно использовать для определения потенциальной продуктивности изучаемого селекционного материала, однако по данным литературы нельзя с большой долей объективности судить о роли селекции в изменении элементов анатомического строения растений пшеницы.

Методика

Сравнительное изучение сортов озимой мягкой пшеницы различных лет селекции проводится в Тимирязевской академии с 1988 г. В опыт были взяты сорта озимой мягкой пшеницы, районированные в разное время в Центральном районе Нечерноземной зоны России (ЦРНЗ). По времени районирования изучаемых сортов пшеницы нами были выделены 3 периода сортосмены:

I. Эритроспермум 917, Дюрابل, Московская 2453 (районированы в 1929 г.), Ферругинеум 1239 (1933), Сандомирки местные (1934), Вязниковская местная (1938), Мильтурум перерод (1939), Глебовская местная (1940), Ульяновка (1942);

II. Лютесценс 116 (1944), ППГ 599 (1948), Лютесценс 266 (1950), ППГ 186 (1953), Мильтурум 513 (1955), Кунцевская 45 (1960);

III. Мироновская 808 (1963), Ахтырчанка (1978), Заря (1978), Нива (1981), Звезда (1992).

Все сорта выращивали на делянках 5 м² в 4-кратной повторности. Размещение вариантов — рандомизированное, предшественник — сидеральный пар. Семена высевали сеялкой СН-10Ц в оптимальные для данной зоны сроки. Норма высева — 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Под пшеницу ежегодно вносили 80N40P40K.

Анализ анатомического строения стебля главного побега, его флагового листа, влагалища флагового листа проводили по методикам М.А. Ильинской-Центилович, К.Г. Тетярченко [6] и О.Д. Градчаниновой [2], подробно описанным нами ранее [11]. Здесь приведены результаты исследований за 1989 и 1990 гг. Так как элементы анатомического строения растения слабо зависят от условий выращивания, подобный анализ в дальнейшем нами не повторялся.

Результаты

Как показали исследования, в результате селекционной деятельности произошли заметные изменения анатомического строения стебля у сортов озимой мягкой пшеницы ЦРНЗ. Так, существенно увеличился диаметр соломины, причем это увеличение характерно для всех междоузлий стебля, особенно нижних (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Диаметр соломины, толщина стенки соломины и склеренхимного кольца у сортов озимой пшеницы разных лет селекции

Период сортосмены	Диаметр соломины, мм			Толщина стенки соломины, мкм			Толщина склеренхимного кольца, мкм		
	междоузлие								
	1-е	3-е	5-е	1-е	3-е	5-е	1-е	3-е	5-е
I	3,45	3,65	3,25	542,0	465,1	416,1	142,7	94,4	72,3
II	3,63	3,85	3,54	506,8	455,6	429,8	162,7	104,2	72,3
III	3,79	4,26	3,34	502,5	423,3	412,6	143,8	119,2	79,4
НСР ₀₅	0,21	0,22	0,18	90,5	56,6	33,2	12,3	17,6	2,5

Диаметр 1-го (нижнего) междоузлия сортов III периода сортосмены больше, чем у сортов I периода, на 0,34 мм, или 11,5%, 3-го (среднего) — на 0,61 мм, или 16,7%. Различия в диаметре верхнего — колосоносного — междоузлия у сортов I и III периодов сортосмены несущественны, хотя и здесь наблюдалось некоторое увеличение толщины соломины на 0,9 мм, или 2,8%. Несколько большей толщиной соломины отличаются сорта II периода сортосмены.

Толщина стенки соломины в процессе селекции практически не изменилась: наблюдаемые различия между группами сортов по этому

признаку находятся в пределах ошибки опыта.

Нами также отмечено увеличение в результате селекции толщины склеренхимного кольца 3-го и 5-го междоузлий стебля. Сорта II периода отличаются максимальным развитием склеренхимного кольца 1-го междоузлия.

В результате селекции произошло увеличение числа проводящих пучков склеренхимы во всех междоузлиях стебля. Особенно это коснулось нижнего и среднего междоузлий. Сорта III периода сортосмены превосходят по числу пучков склеренхимы в указанных междоузлиях сорта I периода соответственно на

8,8 и 15,4%, в то время как предыдущие значения данного показателя в

верхнем междоузлии равно лишь 5,4% (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Число проводящих пучков в междоузлиях стебля

Период сорто- смены	В склеренхиме			В паренхиме					
				малых			больших		
	междоузлие								
	1-е	3-е	5-е	1-е	3-е	5-е	1-е	3-е	5-е
I	24,9	22,7	24,0	6,3	5,4	7,2	19,2	23,3	15,8
II	25,2	23,1	23,8	7,3	6,4	6,6	18,9	26,2	15,5
III	27,1	26,2	25,3	8,2	7,0	6,0	17,7	27,7	16,1
НСР ₀₅	2,4	1,5	1,3	1,9	1,6	1,3	1,6	1,4	1,2

В ходе селекции возросло число малых проводящих пучков паренхимы 1-го и 3-го междоузлий, а различия этого показателя для паренхимы колосоносного междоузлия стебля находятся в пределах ошибки опыта.

Количество больших проводящих пучков паренхимы изменилось только в 3-м междоузлии, в остальных междоузлиях изменение было несущественным.

Утолщение соломины озимой пшеницы связано с увеличением общего количества проводящих пучков в ней за счет роста числа как малых, так и больших проводящих пучков паренхимы. В 1-м и 3-м междоузлиях стебля оно определялось в основном увеличением числа малых проводящих пучков. В 5-м (верхнем) междоузлии существенных изменений количества проводящих пучков паренхимы не произошло.

Нами отмечено, что у сортов ЦРНЗ во всех междоузлиях стебля (за исключением колосоносного) малых проводящих пучков паренхимы зна-

чительно меньше, чем у степных сортов пшеницы [11].

Не выявлено существенного изменения в процессе селекции среднего диаметра проводящих пучков склеренхимы (табл. 3). В то же время увеличение их количества привело к некоторому возрастанию суммарного диаметра этих пучков в верхнем междоузлии стебля.

Селекция на повышение зерновой продуктивности растения повлияла на размеры малых проводящих пучков паренхимы и суммарный их диаметр (табл. 3). Средний диаметр этих элементов анатомического строения стебля достоверно увеличился во всех междоузлиях стебля, за исключением нижнего. Существенно увеличился суммарный диаметр малых проводящих пучков паренхимы в нижнем и среднем междоузлиях, чего не наблюдалось в верхнем междоузлии, диаметр малых проводящих пучков которого у сортов III периода сортосмены был минимальным. Последнее обусловлено меньшим числом этих пучков. Увеличение среднего диаметра

**Средний и суммарный диаметр проводящих пучков склеренхимы,
малых и больших проводящих пучков паренхимы стебля**

Период сорто- смены	Средний диаметр пучка, мкм			Суммарный диаметр пучка, мкм		
	междоузлие					
	1-е	3-е	5-е	1-е	3-е	5-е
<i>Склеренхима</i>						
1	53,6	51,6	50,2	1332,0	1168,1	1204,8
2	54,7	51,2	50,2	1375,7	1183,7	1194,8
3	55,6	54,1	51,0	1508,4	1420,6	1290,3
НСР ₀₅	4,6	3,7	2,8	112,3	89,4	64,3
<i>Паренхима</i>						
<i>Малые пучки</i>						
1	144,5	129,2	117,8	902,9	700,3	848,2
2	143,6	127,9	120,6	1045,0	818,7	796,0
3	143,9	144,8	123,6	1175,3	1010,7	738,8
НСР ₀₅	6,5	5,2	5,4	112,4	89,8	64,4
<i>Большие пучки</i>						
1	189,8	160,2	161,2	3644,4	3731,2	2533,0
2	195,3	170,6	164,6	3696,3	4462,1	2539,2
3	189,1	144,8	163,4	3340,7	4016,5	2624,4
НСР ₀₅	2,3	12,4	3,7	144,4	198,7	156,8

малых пучков не компенсировало снижения их общего числа и не оказало заметного влияния на суммарный их диаметр.

Селекция мало влияла на размеры больших проводящих пучков паренхимы (табл. 3). Однако вследствие изменения числа этих пучков произошло некоторое изменение их суммарного диаметра: он уменьшился у нижнего междоузлия стебля и несколько увеличился у среднего и верхнего, хотя изменение значений данного показателя в колосоносном междоузлии математически недоказуемы.

Как нами уже отмечалось, наиболее важным с точки зрения обеспечения колоса ассимилятами являет-

ся анатомическое строение верхнего междоузлия стебля. Селекция озимой пшеницы в ЦРНЗ привела к некоторому увеличению числа больших пучков паренхимы этого междоузлия (табл. 4) и сокращению числа малых проводящих пучков. Увеличились средние диаметры больших и малых пучков. Все это привело к незначительному возрастанию суммарного диаметра больших и уменьшению суммарного диаметра малых проводящих пучков. Суммарный диаметр всех проводящих пучков паренхимы также сократился.

Рассчитанные коэффициенты корреляции показывают, что элементы продуктивности колоса положитель-

Т а б л и ц а 4

Изменение элементов анатомического строения паренхимы колосоносного междоузлия растений озимой пшеницы в результате селекции

Элементы анатомического строения	Период сортосмены			НСР ₀₅
	I	II	III	
Число больших пучков	15,8	15,5	16,1	0,2
Средний диаметр больших пучков, мкм	161,2	164,6	163,4	3,7
Суммарный диаметр больших пучков, мкм	2533,0	2539,2	2624,4	156,8
Число малых пучков, шт.	7,2	6,6	6,0	1,3
Средний диаметр малых пучков, мкм	117,8	120,6	123,6	5,8
Суммарный диаметр малых пучков, мкм	848,2	796,0	738,8	64,4
Суммарный диаметр всех пучков паренхимы, мкм	3381,2	3335,2	3363,2	196,2

но коррелируют с числом малых проводящих пучков паренхимы колосоносного междоузлия стебля, суммарным диаметром больших и малых пучков паренхимы, а также с суммарным диаметром всех пучков паренхимы. Это подтверждают вы-

явленные нами ранее на примере степных сортов озимой пшеницы взаимосвязи урожайности и элементов продуктивности колоса с элементами анатомического строения колосоносного междоузлия стебля (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Коэффициенты корреляции между урожайностью, элементами продуктивности колоса и элементами анатомического строения проводящих пучков паренхимы колосоносного междоузлия

Элементы анатомического строения	Урожайность	Число зерен с колоса, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Число малых пучков	0,17	0,18	0,38*	0,13
Средний диаметр малых пучков	0,20	-0,10	-0,17	0,26
Суммарный диаметр малых пучков	0,20	0,22	0,44*	-0,08
Число больших пучков	0,14	0,06	0,04	-0,23
Средний диаметр больших пучков	0,06	-0,33	-0,22	0,23
Суммарный диаметр больших пучков	0,20	0,30	0,20	0,05
Суммарный диаметр всех пучков паренхимы	0,32*	0,42*	0,52*	-0,02

Расчеты соотношений диаметров (отношение длины к ширине) проводящих пучков склеренхимы и паренхимы различных междоузлий стебля показали (табл. 6), что в про-

цессе селекции у пучков склеренхимы и у малых пучков паренхимы в нижних и средних междоузлиях данное соотношение сократилось, т.е. пучки приобрели более округлую

форму. В верхнем междоузлии данное соотношение осталось неизмен-

ным, а для больших пучков паренхимы даже возросло.

Т а б л и ц а 6

Изменение конфигурации (отношение длины к ширине) проводящих пучков склеренхимы и паренхимы стебля озимой пшеницы в результате селекции

Период сортосмены	Пучки склеренхимы			Малые пучки паренхимы			Большие пучки паренхимы		
	междоузлие								
	1-е	3-е	5-е	1-е	3-е	5-е	1-е	3-е	5-е
I	1,11	1,21	1,04	1,27	1,38	1,23	1,34	1,21	1,32
II	1,09	1,22	1,05	1,25	1,43	1,33	1,42	1,20	1,39
III	1,02	1,10	1,05	1,08	1,34	1,23	1,39	1,19	1,41
НСР ₀₅	0,04	0,03	0,02	0,12	0,07	0,07	0,09	0,08	0,09

Селекция озимой пшеницы в ЦРНЗ затронула и такие показатели анатомического строения растения,

как число и размеры проводящих пучков пластинки и влагалища флагового листа (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Число и размеры проводящих пучков пластинки и влагалища флагового листа у сортов различных периодов сортосмены

Период сортосмены	Листовая пластинка		Влагалище флагового листа		
	число, шт.	диаметр центральной жилки, мкм	число, шт.	средний диаметр, мкм	суммарный диаметр, мкм
I	50,8	69,0	37,9	61,4	2327,0
II	51,7	72,0	39,4	61,3	2418,5
III	53,2	72,5	40,6	62,8	2557,4
НСР ₀₅	0,7	1,3	1,1	1,2	98,6

Вполне возможно, что при возделывании озимой пшеницы в Нечерноземной зоне РФ, где ее листовой аппарат в значительно меньшей степени подвержен воздействию высоких температур воздуха и функционирует более длительное время, чем в засушливой степи, отбирались генотипы с более развитой проводящей системой флагового листа, иг-

рающего чрезвычайно важную роль в наливе зерна.

Выводы

1. Селекция на повышение продуктивности растений озимой мягкой пшеницы привела к существенному изменению их анатомического строения. На протяжении всей длины стебля произошло увеличение

диаметра междоузлий и толщины стенок соломины, что способствует повышению устойчивости растений к полеганию. Возросли выполненная часть соломины за счет увеличения слоя паренхимы, толщина склеренхимного кольца и средний диаметр пучков склеренхимы.

2. Суммарный диаметр малых проводящих пучков паренхимы колосоносного междоузлия положительно коррелирует с массой зерна с колоса, вследствие чего может служить показателем при отборе высокопродуктивных форм пшеницы.

3. В процессе селекции изменилась конфигурация проводящих пучков, они приобрели более округлую форму, что способствует большей устойчивости к полеганию.

4. Отмечено увеличение числа и диаметра проводящих пучков влагалища и листовой пластинки флагового листа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков С.В., Хангильдин В.В., Комарова В.П. Изменчивость параметров листового аппарата у озимой пшеницы в связи с гомеостазом. — Науч.-техн. бюл. ВСГИ, 1987, вып. 4 (66), с. 40—44. — 2. Градчанинова О.Д., Ахмедов А.Ш. Морфолого-биологические особенности листа и стебля озимой пшеницы интенсивного типа. — Докл. ВАСХНИЛ, 1982, № 8, с. 15—16. — 3. Дорофеев В.Ф. Анатомические особенности строения стебля и корня пшеницы в связи с устойчивостью к полеганию. — Тр. Всесоюз. с.-х. ин-та заочного образования. М., 1961, вып. 5, с. 56—63. — 4. Дорофеев В.Ф., Градчанинова О.Д. Анатомическое изучение стебля и листа пшеницы. — Тр. по приклад. бот.,

генет. и селек., 1971, т. 44, вып. 1, с. 57—75. — 5. Ильинская-Центилович М.А. Устойчивость к полеганию как проблема селекции озимой пшеницы. — Автореф. докт. дис., 06.01.05, Харьков, 1964. — 6. Ильинская-Центилович М.А., Тетерятченко К.Г. Селекция озимой пшеницы на продуктивность и раннеспелость. — Тез. докл. науч. конф. Харьков. с.-х. ин-та, 1962, вып. 2, с. 51—52. — 7. Москалева Г.И. Морфолого-анатомические особенности строения стебля и устойчивость к полеганию мягкой яровой пшеницы. — Науч.-техн. бюл. ВИР. Л., 1987, вып. 170, с. 63—68. — 8. Носатовский А.И. Пшеница: биология. М.: Колос. 1965. — 9. Пушкаренко А.Я., Бабенко В.И. Морфологическая организация верхних ярусов растений озимой пшеницы. — Науч.-техн. бюл. ВСГИ, 1983, вып. 4(50), с. 47—51. — 10. Пыльнев В.В., Нефедов А.В., Батоев Б.Б., Зимина Л.В. Анатомические особенности строения стебля и флагового листа сортов пшеницы различных этапов селекции. — Науч.-техн. бюл. ВСГИ, 1989, вып. 2(72), с. 10—14. — 11. Пыльнев В.В., Батоев Б.Б. Изменение анатомического строения растения озимой пшеницы в результате селекции. — Изв. ТСХА, 1993, вып. 1, с. 31—39. — 12. Скоромный В.Т., Миненков А.И. Анатомо-морфологические корреляции как метод определения потенциальной продуктивности сортов пшеницы и пшенично-ржаных гибридов. — Сб. науч. тр. Харьков. с.-х. ин-та, 1987, с. 27—33. — 13. Тетерятченко К.Г. Анатомо-биологический метод в селекции мягкой озимой пшеницы (*Tr. aestivum* L.) на продуктивность. — Автореф. докт.

дис. 06.01.05, Харьков, 1974. — 14. *Тетерятченко К.Г.* Анатомический метод оценки исходного материала мягкой озимой пшеницы на продуктивность, морозостойкость и устойчивость к полеганию. — Науч.-техн. бюл. ВИР, 1984, вып. 146, с. 28—32. — 15. *Тетерятченко К.Г., Пахомеев О.В.* Морфофизиологические параметры продуктивности и устойчивости к полеганию у сортов и гибридов озимой мягкой пше-

ницы различной высоты. — *Вопр. физиол. пшеницы*, Кишинев, 1981, с. 25—28. — 16. *Тетерятченко К.Г., Коваленко А.М., Миненкова Г.А.* Роль отдельных морфоанатомических структур растений мягкой озимой пшеницы в перезимовке, в устойчивости к полеганию и болезням: Тр. Харьков. с.-х. ин-та, 1987, с. 13—20. — 17. *Эсау К.* Анатомия семенных растений. Т. 1 М.: Мир, 1980.

*Статья поступила 13 ноября
1995 г.*

SUMMARY

It is shown as a result of studying the varieties of winter soft wheat of different productivity belonging to different periods of strain changing in Central Region of Non-chernozem Zone that selection for higher grain production affected anatomic structure of plants too. The diameter of internodes and the thickness of straw walls increased along the whole stem, which favours higher resistance to lodging. The filled part of the straw increased at the expense of the increase in parenchyma layer, the thickness of sclerenchyma ring and average diameter of sclerenchyma bundle increased too.

Total diameter of small conductive parenchyma bundles of spikelet-bearing internode positively correlates with grain mass from the spikelet, that is why it can be used as an indicator for selecting high-yielding kinds of wheat. Conductive bundles became, more rounded, which favours better resistance to lodging. The increase in number and diameter of sheath conductive bundles and leaf plate of the flag leaf has been noted.