

активности. Чередование сред, содержащих гормоны, и безгормональных сред повышало регенерационную способность материнских побегов, зачатки развивались в нормальные адвентивные побеги, средняя высота растений при данной схеме культивирования была на 22 мм больше, чем у побегов на среде 1,0 мкМ 6-БАП.

#### Заклучение

Таким образом, изучая влияние гормональных и негормональных регуляторов роста на побегообразовательную деятельность у *I. Hybrid*, было отмечено, что на этапе собственно микроразмножения среды должны содержать 1,0-2,5 мкМ 6-БАП. При этом необходимо чередовать среды с фитогормонами и безгормональные среды через один пассаж. В безгормональные среды желательнее добавлять L-глутамин и аденин сульфат в количестве 100 мг/л. На анатомических срезах отмечен геммогенез

высокой степени. Зачаточные побеги формируются в области первичной коры и центрального цилиндра. Исключение гормональной нагрузки в последующем пассаже позволяет зачаткам развиваться в морфологически нормальные адвентивные побеги, способные к укоренению и адаптации.

#### Библиографический список

1. Патент РФ № 2152150 МПК<sup>7</sup> А01Н 4/00. Способ получения оздоровленного *in vitro* посадочного материала *Gerbera jamesonii* bolus.
2. Калинин Ф.А., Сарнацкая В.В., Полищук В.Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. – Киев, 1980. – 488 с.
3. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 312 с.



УДК 582.4/.9-18:633.1

Г.К. Зверева

## СТРУКТУРА ХЛОРЕНХИМЫ КОЛОСКОВЫХ ЧЕШУЙ ХЛЕБНЫХ ЗЛАКОВ

**Ключевые слова:** *Роасае*, хлебные злаки, колосковая чешуя, хлоренхима, ячеистые клетки, срединные клетки, пространственная организация хлоренхимы.

#### Введение

Формирование урожая хлебных злаков определяется фотосинтетической деятельностью всех зеленых органов растений, большую роль при этом, начиная с периода колошения, играют элементы колоса или метелки [1, 2 и др.].

Известно, что мезофилл листьев зерновых хлебов состоит из клеток сложных форм [3, 4 и др.], сильная разветвленность клеточных оболочек и большое разнообразие конфигураций клеток хлоренхимы отмечаются также и в их нелистовых фотосинтезирующих органах [5, 6 и др.]. Ассимиляционная ткань колосковых и цветковых чешуй пшеницы описывалась как складчатая [7] или как рыхлая губчатая [8], при этом отмечалось, что в листовидных органах колоса от верхних частей к базальным имеется ряд переходов от складчатых клеток к звездчатым.

Клеточная организация ассимиляционной ткани листовых пластинок и влагалищ у некоторых типичных хлебных злаков рассмот-

рена нами ранее [9], задачей данного исследования было выявить особенности пространственного распределения клеток хлоренхимы в их колосковых чешуях.

#### Объекты и методы

Формы проекций ассимиляционных клеток и структура хлоренхимы колосковых чешуй изучены у *Triticum aestivum* L., сорт Новосибирская 89, *Secale cereale* L., сорт Крупнозерная (триба *Triticeae* Dum.) и *Avena sativa* L., сорт СИР 4 (триба *Aveneae* Dum.), возделываемых в Приобской лесостепи Западной Сибири. Исследовалось анатомическое строение нижних колосковых чешуй злаков, находящихся в состоянии колошения – начала цветения с помощью методики, описанной ранее [9]. При характеристике клеточной организации ассимиляционной ткани будем опираться на предложенные нами классификацию клеток хлоренхимы и схему расположения хлорофиллоносных клеток в пространстве листа злаков [10].

#### Результаты исследований

Наружная эпидерма колосковых чешуй изученных хлебных злаков представлена удлинненными клетками с сильноизвилистыми антиклинальными стенками. Основные клет-

ки внутренней эпидермы преимущественно прямые или с небольшой, часто неравномерной волнистостью боковых стенок. Устьица крупные, располагаются они на обеих сторонах чешуй вровень с эпидермальными клетками или чуть приподняты по отношению к ним. На поперечных срезах толщина внешних стенок по отношению к их высоте у наружной эпидермы составляет 36-45%, а у внутренней – 16-43% (табл. 1). По сравнению с листовыми пластинками средней части побега утолщение наружной

эпидермы колосковых чешуй в 1,4-2,0 раза больше.

Хлоренхима колосковых чешуй у рассматриваемых злаков протягивается более или менее мощными тяжами у проводящих пучков. В подавляющем большинстве она состоит из клеток сложных форм, при этом широко представлены ячеистые клетки с многочисленными секциями. Расположение и основные проекции хлорофиллоносных клеток на примере *Triticum aestivum* и *Secale cereale* показаны на рисунках 1 и 2.

Таблица 1

Количественно-анатомическая характеристика эпидермы колосковых чешуй хлебных злаков

Вид	Толщина, мкм			
	эпидермы		наружной стенки	
	наружной	внутренней	наружной эпидермы	внутренней эпидермы
<i>Triticum aestivum</i>	24,4±0,62	22,5±1,17	10,9±0,30	9,8±0,52
<i>Secale cereale</i>	16,3±0,53	17,9±0,38	6,9±0,20	4,5±0,20
<i>Avena sativa</i>	20,4±0,53	14,4±0,73	7,3±0,32	2,3±0,22

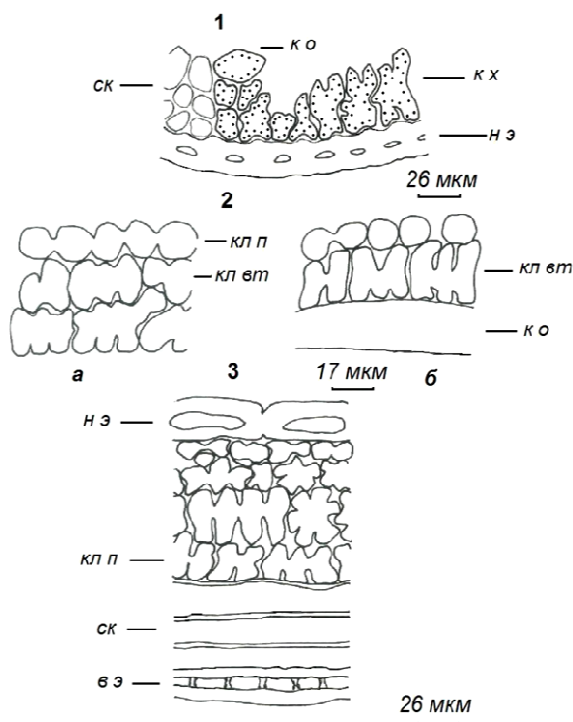


Рис. 1. Анатомическое строение хлоренхимы нижней колосковой чешуи *Triticum aestivum*: 1 – расположение ассимиляционных клеток первого ряда у наружной эпидермы на поперечном срезе; 2 – параэпидермальный срез (а – у наружной эпидермы, б – в глубине чешуи); 3 – продольный боковой срез между проводящими пучками

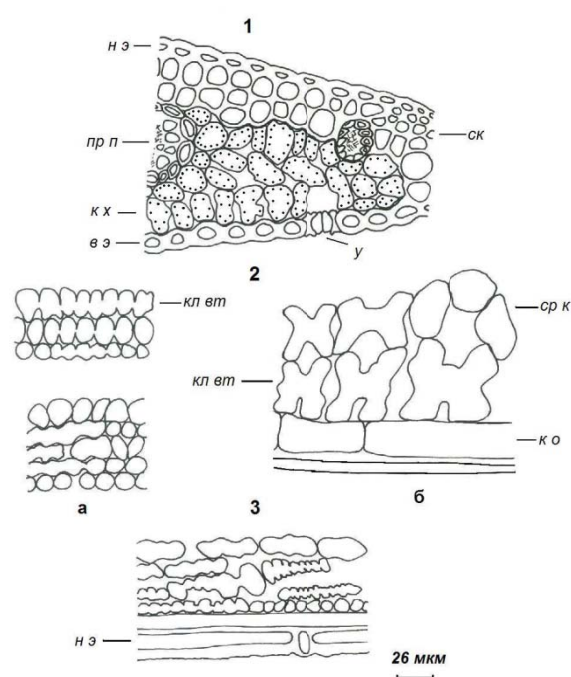


Рис. 2. Анатомическое строение ассимиляционной ткани нижней колосковой чешуи *Secale cereale*: Срез: 1 – поперечный; 2 – параэпидермальный (а – в разных местах у наружной эпидермы, б – в глубине чешуи); 3 – расположение ассимиляционных клеток у наружной эпидермы на продольном боковом срезе; у – устьице, пр п – проводящий пучок, ср к – срединные клетки. Остальные обозначения см. рисунке 1

На поперечных срезах колосковых чешуй ассимиляционная ткань состоит в основном из 1-5 слоев клеток, имеющих преимущественно простые проекции у *Avena sativa*, а у *Secale cereale* и особенно у *Triticum aestivum* часто они имеют лопастные, губчато-лопастные и даже губчато-дольчатые формы. Так, у наружной эпидермы колосковой чешуи *Triticum aestivum* нередко встречаются широкие хлорофиллоносные клетки сложных очертаний, на парадермальных сечениях они имеют ячеистые формы. Эти клетки можно охарактеризовать как усложненные ячеистые, то есть состоящие из секций сложных конфигураций.

В поверхностных слоях хлоренхимы, расположенных как у наружной, так и внутренней эпидермы, наблюдается чередование отдельных рядов ячеистых клеток первой и второй групп в разных сочетаниях, при этом у *Triticum aestivum* чаще всего часть из та-

ких клеток имеет более сложное пространственное строение. Подобное расположение ассимиляционных клеток у эпидермы свидетельствует о более «теневой» организации хлоренхимы в колосковых чешуях по сравнению с листовыми пластинками. Обобщенные размеры ячеек сложных клеток у наружной эпидермы колосковых чешуй хлебных злаков представлены в таблице 2.

Ячеистые клетки второй группы в основном отличаются более многочисленными звеньями – до 11-13 и больше у *Triticum aestivum* и *Secale cereale* и до 6-8 – у *Avena sativa*. Число секций в ячеистых клетках первой группы колеблется от 2 до 6-9 (табл. 3). Ячейки хлоренхимных клеток колосковых чешуй в 1,2-2,6 раза меньше по высоте и в 1,1-2,2 раза – по ширине по сравнению с таковыми в мезофилле листовых пластинок.

Таблица 2

Размеры клеток хлоренхимы первого ряда у наружной эпидермы в колосковых чешуях хлебных злаков, мкм

Вид	Размеры клеток мезофилла, мкм		
	высота	ширина	толщина
Клетки первого ряда у наружной эпидермы			
<i>Triticum aestivum</i>	24,9±1,23	23,4±1,04	15,3±0,70
<i>Secale cereale</i>	19,0±1,19	21,9±1,57	16,0±0,98
<i>Avena sativa</i>	21,0±1,28	20,7±0,87	16,8±1,01
Клетки первого ряда у внутренней эпидермы			
<i>Triticum aestivum</i>	24,2±1,64	15,9±1,16	14,5±0,92
<i>Secale cereale</i>	22,4±2,67	20,2±2,17	12,8±1,35
<i>Avena sativa</i>	35,6±2,95	20,5±1,30	17,1±0,74

Примечание. Высота и ширина определены на поперечном срезе, толщина – на парадермальном срезе.

Таблица 3

Размеры секций ячеистых клеток первой и второй групп хлоренхимы в колосковых чешуях хлебных злаков, мкм

Вид	Число ячеек в клетке	Размеры ячеек	
		высота	ширина
Ячеистые клетки первой группы (первый ряд у наружной эпидермы, продольный боковой срез)			
<i>Triticum aestivum</i>	2-6	25,1±2,14	12,7±1,60
<i>Secale cereale</i>	2-9	19,7±1,25	13,4±0,68
<i>Avena sativa</i>	2-6	25,5±1,57	17,5±0,83
Ячеистые клетки второй группы (первый ряд у наружной эпидермы, тангентальный срез)			
<i>Triticum aestivum</i>	2-13	26,4±1,69	15,0±1,19
<i>Secale cereale</i>	2-11	21,4±1,94	13,7±1,01
<i>Avena sativa</i>	2-7	24,5±0,95	15,0±0,62
Ячеистые клетки второй группы (2-3-й слой от наружной эпидермы, тангентальный срез)			
<i>Triticum aestivum</i>	2-3	25,1±2,10	11,7±0,75
<i>Secale cereale</i>	2-5	34,4±3,97	15,7±1,44
<i>Avena sativa</i>	2-4	33,9±3,76	17,2±1,47

Количественные показатели структуры пластидного аппарата  
колосковых чешуй хлебных злаков

Вид	Число хлоропластов	
	в клетке (клеточной ячейке)	в 1 см <sup>2</sup> , млн
<i>Triticum aestivum</i>	15,5±1,17	6,14
<i>Secale cereale</i>	18,1±0,84	8,36
<i>Avena sativa</i>	13,5±0,63	5,97

Глубинные слои хлоренхимы колосковых чешуй *Avena sativa* сложены как срединными клетками с простыми овальными или округлыми формами на поперечных срезах, так и крупными ячеистыми клетками второй группы с небольшим числом звеньев. Внутренние слои ассимиляционной ткани *Secale cereale* состоят в основном из ячеистых, ячеисто-губчатых и губчатых клеток. У *Triticum aestivum* в глубине хлоренхимы наблюдается сочетание простых и усложненных срединных клеток с ячеистыми клетками первой группы. У наружной поверхности и в глубине чешуи пшеницы встречаются также более округлые клетки с многочисленными разнообразными выростами в разных направлениях. Умеренно-рыхлое сложение хлоренхимы характерно для *Secale cereale* и *Avena sativa*, более плотно клетки расположены у *Triticum aestivum*.

Подобное сочетание сложных клеток в ассимиляционной ткани колосковых чешуй в целом соответствует предложенной нами ранее схеме расположения клеток мезофилла в листьях злаков [10, 11]. Как и в листовых пластинках, здесь также можно выделить срединные и ячеистые клетки первой и второй групп. При этом в колосковых чешуях хлебных злаков преобладают многоячеистые клетки с мелкими секциями, нередко имеющими сложные очертания, последние особенно часты у *Triticum aestivum*.

Хлорофиллоносная паренхима располагается неравномерно вдоль колосковых чешуй [12], средняя насыщенность которых хлоропластами меньше по сравнению с листовыми пластинками (табл. 4), различия между культурами связаны с разной мощностью развития хлоренхимы и плотностью расположения клеток. Так, в колосе пшеницы ассимиляционная ткань наиболее распространена в наружной цветковой чешуе, где она протягивается почти непрерывной полосой по всему органу, а в колосковых чешуях имеются лишь небольшие участки хлоренхимы, расположенные по обеим сторонам сосудисто-волокнистых пучков [7].

#### Заключение

Пространственная организация хлоренхимы колосковых чешуй типичных хлебных злаков во многом напоминает таковую в их

листьях, структурную основу ассимиляционной ткани здесь также создают три группы клеток (срединные, ячеистые первой и второй групп), расположенные своими наибольшими проекциями в трех взаимно перпендикулярных направлениях. При этом в хлоренхиме колосковых чешуй нередко встречаются клетки, имеющие сложные проекции не только в одной, но и в двух и даже в трех плоскостях. Уменьшение размеров ячеистых клеток в колосковых чешуях по сравнению с листьями сопровождается увеличением числа секций и усложнением формы отдельных звеньев, что наиболее характерно для *Triticum aestivum*.

На примере разных сортов и видов пшеницы установлено, что низкая плотность ассимиляционных клеток и зеленых пластид в колосковых чешуях сопряжена с повышенной концентрацией хлорофилла и высокой фотосинтетической активностью единичных хлоропластов [6 и др.], это определяет существенный вклад колоса в интенсивность фотосинтеза растения и в формирование урожая [2 и др.]. Более сложные формы ассимиляционных клеток колосковых чешуй по сравнению с листьями способствуют возрастанию их поверхности и являются структурной основой усиленного метаболизма генеративных органов хлебных злаков.

#### Библиографический список

1. Сыбанбеков К.Ж. Сравнительные данные по интенсивности фотосинтеза и транспирации различных органов остистых и безостых форм пшеницы // Бот. журн. – 1966. – Т. 51. – № 11. – С. 1628-1632.
2. Кумаков В.А., Игошин А.П., Березин Б.В., Леина Г.Д. Оценка роли отдельных органов в наливе зерна пшеницы и её селекционные аспекты // Физиология и биохимия культурных растений. – 1983. – Т. 15. – № 2. – С. 163-169.
3. Tuan H.C. Studies on the leaf cells of wheat. I. Morphology of the mesophyll cells // Acta Bot. Sin. – 1962. – Vol. 10. – N. 4. – P. 291-297.
4. Березина О.В., Корчагин Ю.Ю. К методике оценки мезоструктуры листа видов рода *Triticum* (*Poaceae*) в связи с особенностями строения его хлорофиллоносных клеток // Бот. журн. – 1987. – Т. 72. – № 4. – С. 535-541.

5. Кумаков В.А., Березина О.В., Архипова Л.Н. Структурные и функциональные особенности фотосинтетического аппарата сортов яровой пшеницы в связи с их продуктивностью // Фотосинтез и продуктивный процесс. – Свердловск: УралГУ, 1988. – С. 6-20.

6. Березина О.В. Структурно функциональная организация фотосинтетического аппарата сортов твердой и мягкой пшеницы в связи с их продуктивностью: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 1989. – 26 с.

7. Александров В.Г., Александрова О.Г. Распределение и строение ассимиляционной ткани в колосе пшеницы // Доклады АН СССР – 1940. – Т. 27. – № 5. – С. 497-500.

8. Сыбанбеков К.Ж. К вопросу о функциональном значении чешуй колоса у пше-

ницы // Бот. журн. – 1965. – Т. 50. – № 12. – С. 1673-1685.

9. Зверева Г.К. Особенности структуры мезофилла листьев хлебных злаков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 3(65). – С. 62-67.

10. Зверева Г.К. Пространственная организация мезофилла листовых пластинок фестукоидных злаков (*Poaceae*) и её экологическое значение // Бот. журн. – 2009. – Т. 94. – № 8. – С. 1204-1215.

11. Зверева Г.К. Анатомическое строение мезофилла листьев злаков (*Poaceae*). – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2011. – 201 с.

12. Сыбанбеков К.Ж. Особенности расположения тканевых структур в чешуях колоса различных сортов пшеницы // Бот. журн. – 1966. – Т. 51. – № 9. – С. 1321-1329.



УДК 630\*907.1

**И.А. Фрейберг,  
С.К. Стеценко**

## РЕАКЦИЯ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПЕСТИЦИДНУЮ ТОКСИЧНОСТЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

**Ключевые слова:** сосна, ель, редис, проросток, биоиндикация, пестициды, раундап, морфогенез.

### Введение

Широкое применение пестицидов приводит к загрязнению природной среды и является, по выражению Л.А. Федорова, А.В. Яблокова, мощным ударом по биосфере [1]. По классификации академика Л.И. Медведя пестициды относятся к непреодолимым загрязнителям, т.е. попадая в биосферу, они длительное время циркулируют в ней, выпадая с дождем и снегом [2]. Под их влияние по трофическим цепям попадают как растения, так и животный мир, в том числе человек, что ведет к различным заболеваниям. Опасность пестицидов также заключается в том, что они обладают генотоксичностью и способны к мутагенному эффекту [3]. Многие исследова-

тели указывают на то, что проявление фитотоксичности их зависит от многих факторов: сам химический препарат, климатические условия, типы почвы и почвенные особенности, погодные условия и ряд других, среди которых важное место занимает вид растений. Из этого следует, что рекомендации по применению пестицидов не должны быть шаблонными, без учета природных условий и видовых особенностей растений. Таким образом, использование пестицидов является во многом достаточно ответственным мероприятием.

При использовании пестицидов, значительная часть этих веществ поступает в почву, которая является их аккумулятором. При этом у почвы не изменяется морфология профиля, а также химизм и водно-физические свойства, но она приобретает «избирательное плодородие», т.е. одни растения могут расти на почве, содержа-