

Список литературы

- Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 352 с.
- Кошкин Е. И.* Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. М. : Дрофа, 2010. 638 с.
- Соловченко А.* Влияние света и азотного голодания на содержание и состав каротиноидов зеленой водоросли *Parietochlorisincisa* // Физиология растений. 2008. № 4. С. 507–515.
- Шахов А. А.* Фотоэнергетика растений и урожай. М. : Наука, 1993. 411 с.
- Maslova T. G., Popova I. A.* Adaptive Properties of the Pigment Systems // Photosynthetic. 1993. Vol. 29. P. 195–203.
- Pratap V., Sharma Y.K.* Impact of osmotic stress on seed germination and seedling growth in black gram (*Phaseolus mungo*) // J. Env. Bot. 2010. Vol. 31, № 5. P. 721–726.

УДК 633.11:581.48:581.173.3

СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОБОЛОЧЕК  
ЗЕРНОВКИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**М. В. Ивлева, М. Ю. Касаткин, С. А. Степанов**

*Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского  
410012, Саратов, Астраханская, 83  
E-mail: stepanovsa@info.sgu.ru*

Приведены экспериментальные данные по толщине оболочек зерновок в разные годы вегетации растений, параметрам и динамике развития поперечных клеток перикарпа семян сортов озимой пшеницы.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, сорт, зерновка, оболочка, поперечные клетки

CULTIVARE FEATURES OF DEVELOPMENT  
OF ENVELOPES KERNEL OF THE WINTER WHEAT

**M. B. Ivleva, M. Yu. Kasatkin, S. A. Stepanov**

Experimental data on a thickness of envelope kernels in different years of vegetation of plants, to parametres and dynamics of development of cross cells pericarp seeds of grades of a winter wheat are resulted.

**Key words:** winter wheat, cultivar, kernel, envelope, cross cells.

В зрелых семенах пшеницы различают плодовую и семенную оболочки, составляющие от 6 до 8% от массы зерновки (Добрынин, 1969). Оболочки зерновки обеспечивает защиту зародыша от преждевременного прорастания при недостаточно благоприятных условиях, а также защищают от высыхания и вредных микроорганизмов. Особенности строения семенной оболочки обеспечивают поступление воды в зерновку при прорастании, газообмен (Cochrane, Duffus, 1979; Mac Gregor, 1940).

Толщина плодовой и семенной оболочек зерновки зависит от вида и сорта пшеницы, а также может значительно изменяться в зависимости от условий вегетации в период налива зерна. У твердых пшениц оболочка толще, чем у мягких (Александров, Александрова, 1948). Средняя толщина оболочек мягкой пшеницы, по данным ряда авторов, равняется 55 мкм, твердой – 60 мкм (Добрынин, 1969). Показано (Танайлова, 2007), что толщина оболочек неодинаковы в разных частях зерновки.

В связи с расширением посевов озимой пшеницы в России, включая Саратовскую область, необходимо большее внимание уделить вопросам биологии данной культуры. За последние годы в НИИСХ Юго-Востока РАСХН был создан ряд новых сортов озимой пшеницы, существенно отличающихся от ранее районированного сорта, Мироновской 808, по признакам устойчивости к низким отрицательным температурам в зимний период и высоким температурам в летний период вегетации, часто сопровождающийся недостатком влаги. Научных исследований анатомии, физиологии новых сортов ранее не проводилось.

### **Материал и методика**

В качестве объекта исследования были взяты двенадцать сортов озимой мягкой пшеницы: Лютесценс 230, Саратовская 8, Саратовская 90, Саратовская остистая, Губерния, Виктория 95, Жемчужина Поволжья, Саратовская 17, Калач 60, Эльвира, Созвездие и сорт-стандарт Мироновская 808. Использовались неповрежденные, выровненные по размеру семена, взятые из средней части колоса главного побега. Определение толщины оболочек проводили на поперечных срезах в разных частях зерновки (спинки, левой и правой щечки). При исследовании поперечных клеток перикарпия брали зерновки по завершению периода молочной – начала восковой спелости. Семена помещали в фиксатор Гаммалунда, затем под микроскопом выделяли слой поперечных клеток в области спинки зер-

новки и измеряли их длину и ширину. Динамику развития поперечных клеток перикарпия зерновок изучали на группе сортов (Калач 60, Виктория 95 и Мироновская 808) в фазу эмбриогенеза зерна через каждые 3–4 дня, начиная через неделю после цветения и заканчивая по завершению налива зерна.

### Результаты и их обсуждение

Как показали исследования, толщина оболочек варьирует в разных топографических зонах зерновки, что, возможно, связано с особенностями морфогенетических процессов в этих участках. В частности, в семенах двух разных по погодным условиям лет вегетации пшеницы средняя толщина оболочек зерновки составляла: в области спинки – от 48 до 89 мкм, левой щечки – от 34 до 78 мкм, правой щечки – от 35 до 81 мкм. Наибольшая толщина оболочки зерновки, как следует из результатов анализа, наблюдается в области спинки (табл. 1–3).

Таблица 1

Толщина оболочки зерновки в области спинки, мкм

Сорт	Годы вегетации		Средний показатель	Размах вариации
	2009–2010	2010–2011		
Мироновская 808	92,4±2,77	39,2±1,18	66	53
Лютесценс 230	74,2±2,23	22,4±0,67	48	52
Саратовская 8	85,4±3,42	37,8±1,51	62	48
Саратовская 90	144,2±4,33	33,6±1,34	89	111
Саратовская остистая	78,4±1,56	43,4±0,87	61	35
Губерния	81,2±4,09	40,6±1,62	61	41
Виктория 95	58,8±1,76	37,8±1,89	48	21
Жемчужина Поволжья	95,2±1,40	37,8±0,75	67	57
Саратовская 17	100,8±3,02	40,6±2,03	71	60
Калач 60	82,6±3,30	25,2±0,76	54	57
Эльвира	84,0±2,52	50,4±2,01	67	34
Созвездие	67,2±1,34	28,0±1,12	48	39
НСР <sub>0,95</sub>	9,2	4,7	–	–

Относительно сорта-стандарта Мироновская 808 меньшая толщина оболочки зерновки отмечена: в области спинки – у большинства сортов саратовской селекции, левой и правой щёчек – практически у всех сортов саратовской селекции. Исключением из выявленной тенденции являлся сорт Саратовская 90, для которого характерна большая толщина оболочки во всех топографических участках зерновки.

Погодные условия с момента формирования зерновки и последующего налива зерна оказывают существенное влияние на толщину оболочки, о чём свидетельствует размах вариации по годам вегетации озимой пшеницы. Однако степень подобного влияния зависит от генотипических особенностей сорта. Наименьшим размахом вариации толщины оболочки характеризовались сорта: в области спинки зерновки – Виктория 95, Эльвира и Саратовская остистая; левой щёчки – Саратовская остистая, Лютесценс 230, Саратовская 8 и Саратовская 17; в области правой щёчки – Лютесценс 230, Саратовская 8, Саратовская 17 и Эльвира. Примечательно, что наибольший размах вариации толщины оболочки зерновки свойственен сорту Саратовская 90 (см. табл. 1–3).

Таблица 2

Толщина оболочки зерновки в области левой щечки, мкм

Сорт	Годы вегетации		Средний показатель	Размах вариации
	2009–2010	2010–2011		
Мироновская 808	75,6±2,27	30,8±1,23	53	45
Лютесценс 230	43,4±0,86	25,2±0,75	34	18
Саратовская 8	54,6±2,18	36,4±1,46	46	18
Саратовская 90	114,8±3,44	40,6±1,22	78	74
Саратовская остистая	50,4±1,51	39,2±0,78	45	11
Губерния	68,6±1,37	28,0±0,84	48	41
Виктория 95	65,8±2,63	29,4±0,58	48	36
Жемчужина Поволжья	68,6±1,37	35,0±1,05	52	34
Саратовская 17	57,4±1,72	36,4±0,73	47	21
Калач 60	47,6±0,95	23,8±0,95	36	24
Эльвира	64,4±2,58	40,6±1,62	53	24
Созвездие	64,4±1,93	29,4±0,88	47	35
НСР <sub>0,95</sub>	8,3	3,9	–	–

Толщина оболочек зерновки в области правой щечки, мкм

Сорт	Годы вегетации		Средний показатель	Размах вариации
	2009–2010	2010–2011		
Мироновская 808	89,6±2,69	43,4±1,30	67	46
Лютесценс 230	43,2±1,73	26,6±0,79	35	17
Саратовская 8	57,4±1,15	33,6±1,34	46	24
Саратовская 90	119,0±3,57	43,4±2,17	81	76
Саратовская остистая	47,6±1,43	40,6±1,22	44	38
Губерния	72,6±3,63	35,0±1,4	54	38
Виктория 95	64,4±1,29	29,4±1,45	47	35
Жемчужина Поволжья	65,8±1,97	36,4±0,72	51	29
Саратовская 17	57,4±1,16	32,2±1,61	45	25
Калач 60	49,0±1,96	22,4±0,67	36	27
Эльвира	54,6±1,09	29,4±1,17	42	25
Созвездие	64,4±3,22	28,0±1,12	46	36
НСР <sub>0,95</sub>	8,9	4,2	–	–

В 2010 г. летний период вегетации озимой пшеницы характеризовался высокими температурами в период налива зерновок, сопровождавшийся к тому же низкой относительной влажностью воздуха и недостатком доступной воды в почве. Именно это, на наш взгляд, привело к увеличению толщины оболочки зерновки у всех исследуемых сортов по сравнению с 2011 г.

В семенах урожая 2010 г. толщина оболочки зерновки составляла у разных сортов: в области спинки – от 67,2 (Созвездие) до 144,2 (Саратовская 90) мкм; левой щечки – от 43,4 (Лютесценс 230) до 114,8 (Саратовская 90); правой щечки – от 43,2 (Лютесценс 230) до 119,0 (Саратовская 90) мкм. В семенах урожая 2011 г., отличающегося относительно благоприятными условиями в летний период вегетации растений, толщина оболочки зерновки составляла: в области спинки – от 22,4 (Лютесценс 230) до 50,4 (Эльвира) мкм; левой щечки – от 23,8 (Калач 60) до 40,6 (Саратовская 90 и Эльвира); правой щечки – от 22,4 (Калач 60) до 43,4 (Саратовская 90 и Мироновская 808) мкм. Таким образом, с учётом генотипических особенностей сортов наблюдаемые в отдельные годы

изменения толщины оболочек в разных топографических участках зерновок свидетельствуют о существенном влиянии погодных условий, как, возможно, и других морфогенных факторов на уровне целого растения, на развитие данного параметра семян.

Наряду с определением толщины оболочек в зерновках, полученных в разные годы вегетации озимой пшеницы, нами были проведены исследования развития поперечных клеток перикарпа зерновок (рис.1).

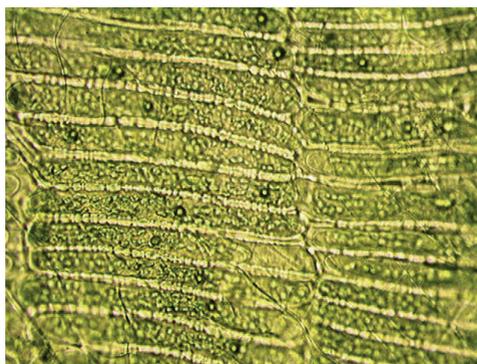


Рис. 1. Поперечные клетки перикарпа в области спинки зерновки (сорт Саратовская 90),  $\times 20$

В литературе отмечается особая роль этих клеток в генерации кислорода в ходе реакций фотосинтеза в хорошо развитых хлоропластах, присутствующих в них. Экспериментально показано, что поступающий из хлорофиллоносных (поперечных) клеток перикарпа кислород необходим в ходе эмбриогенеза зерновки для образования АТФ, потребляемого на синтез крахмала, белков и липидов эндосперма (Rolletschek et al., 2004).

Несмотря на значимость уникального процесса в плодовой оболочке зерновки и его вклад в урожай зерна пшеницы, встречаются единичные данные о размерах и структуре поперечных клеток перикарпа (Дунаева, 1982; Танайлова и др., 2009).

Выявлено, что поперечные клетки, так же как и толщина оболочки, существенно различаются по размерам в различных частях зерновки, однако наименьшим варьированием они отличались в области спинки. Аналогичный факт ранее был отмечен при изучении яровой твёрдой пше-

ницы (Танайлова и др., 2009). Среди исследуемых сортов озимой пшеницы длина поперечных клеток в области спинки зерновки составляла от 60,0 (Виктория 95) до 94,6 (Калач 60) мкм, ширина – от 10,1 (Саратовская остистая) до 18,3 (Жемчужина Поволжья) мкм (табл. 4).

*Таблица 4*

**Размеры поперечных клеток в области спинки зерновок озимой мягкой пшеницы урожая 2011 г., мкм**

Сорт	Длина	Ширина
Мироновская 808	75,7±2,27	16,5±0,49
Лютесценс 230	63,4±2,53	10,4±0,42
Саратовская 8	75,1±1,5	13,9±0,41
Саратовская 90	92,1±4,61	16,4±0,66
Саратовская остистая	60,9±1,82	10,1±0,3
Губерния	72,2±1,44	14,3±0,28
Виктория 95	60,0±2,4	11,5±0,34
Жемчужина Поволжья	79,4±2,38	18,3±0,54
Саратовская 17	71,8±2,15	16,6±0,83
Калач 60	94,6±1,89	17,7±0,53
Эльвира	71,9±2,88	15,7±0,31
Созвездие	60,6±1,83	12,8±0,38
НСР <sub>0,95</sub>	4,4	1,4

Относительно сорта-стандарта Мироновской 808 существенно меньшие размеры клеток наблюдались: по длине – у Лютесценс 230, Саратовской остистой, Виктории 95; по ширине – у Лютесценс 230, Саратовской остистой, Виктории 95, Саратовской 8 и Губернии. Большими размерами поперечных клеток отличались: по длине – Саратовская 90, по ширине – Жемчужина Поволжья (см. табл. 4).

Изучение динамики развития поперечных клеток, начиная с 6-го дня после цветения и до завершения налива зерновок, показало, что различия между сортами озимой пшеницы наблюдаются уже в момент формирования в подобных клетках значительного числа хлоропластов. Наиболее существенно их рост осуществляется вдоль оси клеток, расположенных поперечно продольной оси зерновки (рис. 2).

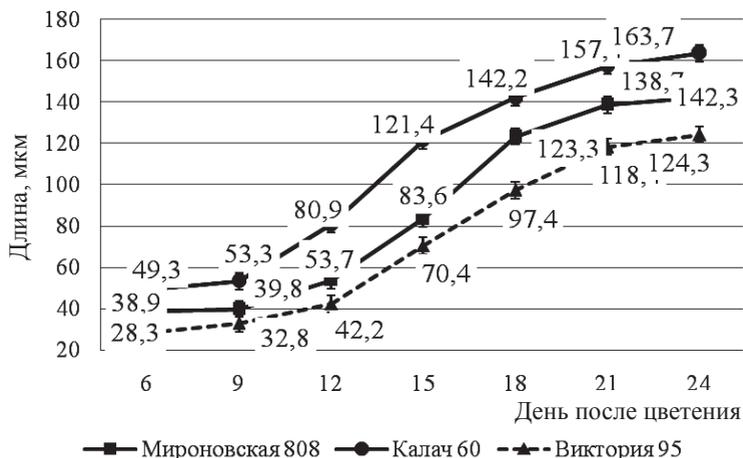


Рис. 2. Длина поперечных клеток в области спинки зерновок озимой мягкой пшеницы, мкм

На первых этапах развития поперечные клетки плохо отличимы от других клеток перикарпа, что связано с недостаточностью биосинтеза пигментов фотосинтеза вследствие, очевидно, слабого развития тилакоидов хлоропластов (Дунаева, 1982). В это время поперечные клетки выглядят по форме как типичные паренхимные клетки. При исследовании зерновок, взятых из первой пробы, наблюдалось, что меньшие значения длины поперечных клеток характерны для сорта Виктория 95 (28,3 мкм), а большие – для сорта Калач 60 (49,3 мкм). Средние значения длины клеток выявлены у сорта-стандарта Мироновская 808 (38,9 мкм). При исследовании второй и последующих проб, взятых через каждые три дня, межсортовые различия по длине клеток по мере их роста устойчиво сохранялись (см. рис. 2).

В течение 18 дней, за которые были взяты семь проб, клетки достаточно активно росли и значительно увеличились в размерах относительно их параметров в перикарпе зерновок из первой пробы. В дальнейшем рост клеток замедляется. Визуально ширина поперечных клеток на протяжении всего времени их исследования изменялась незначительно, варьируя в пределах от 8 до 12 мкм. По мере увеличения длины и ширины клеток в них существенно возрастает число хлоропластов и они приобре-

тают интенсивно зелёную окраску вследствие, очевидно, усиления синтеза хлорофилла. Однако в дальнейшем, по мере замедления и прекращения роста клеток, в них наблюдалась облитерация хлоропластов, которые к началу восковой спелости исчезают полностью.

Таким образом, по результатам проведенных нами исследований было установлено, что сорта озимой пшеницы могут существенно различаться по толщине оболочек, длине и ширине поперечных клеток перикарпа зерновок. Наблюдаются сортоспецифические особенности в динамике роста поперечных клеток перикарпа, содержащих в момент их интенсивного развития большое число хорошо выраженных хлоропластов.

#### Список литературы

Александров В. Г., Александрова О. Г. Анатомия зерновки пшеницы // Тр. БИН им. В. А. Комарова АН СССР. 1948. Сер. 1, вып. 7. С. 263–334.

Добрынин Г. М. Рост и формирование хлебных злаков. Л. : Колос, 1969. 275 с.

Дунаева С. Е. Ультраструктура поперечных клеток мезокарпия зерновки *Triticum aestivum* // Бот. журн. 1982. Т. 67. С. 526–532.

Танайлова Е. А. Сортовые особенности развития оболочек, алейронового слоя и зародышевых листьев зерновки *Triticum durum* // Современная физиология растений : от молекул до экосистем : материалы докл. междунар. конф. : в 3 ч. Ч. 3. (Сыктывкар, 18–24 июня, 2007 г.). Сыктывкар, 2007. С. 421–423.

Танайлова Е. А., Прохорова Т. М., Степанов С. А. Сортовые особенности развития поперечных клеток перикарпия зерновки твердой пшеницы // Бюл. Бот. сада СГУ. Вып. 8. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2009. С. 293–296.

Cochrane M. P., Duffus C. M. Morphology and ultrastructure of immature cereal grains in relation to transport // Annals of Botany. 1979. Vol. 44. P. 67–72.

MacGregor A. W. The effect of barley structure and composition on malt quality // Proceeding of the European Brewery Convention. Lisabon, 1940. P. 37–50.

Rolletschek H., Weschke W., Weber H., Wobus U., Borisjuk L. Energy state and its control on seed development: starch accumulations is associated with high ATP and steep oxygen gradients within barley grains // J. of Experim. Botany. 2004. Vol. 55, № 401. P. 1351–1359.