

УДК 633.11:581.48:581.173.3

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА РАЗВИТИЕ ЗЕРНОВКИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

М. Ю. Касаткин, С. А. Степанов, Т. М. Прохорова

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

Приведены экспериментальные данные по влиянию света различного качества на формирование зерновок пшеницы в период эмбриогенеза. Установлены линейные параметры развития отдельных структур зерновки в различных условиях вегетации растений.

Ключевые слова: зерновка, оболочка, алейроновые клетки, колеоптиле, лист.

INFLUENCE OF SPECTRAL STRUCTURE OF LIGHT ON DEVELOPMENT KERNEL OF SUMMER SOFT WHEAT

M. Yu. Kasatkin, S. A. Stepanov, T. M. Prochorova

Experimental data on influence of light of various quality on formation kernels wheat during the period embryogenesis are resulted. Linear parameters of development of separate structures kernel in various conditions of vegetation of plants are established.

Key words: kernel, envelope, aleuronic cells, coleoptile, leaf.

В проведенных ранее исследованиях было показано, что многие анатомо-морфологические структуры зерновки получают разную степень развития у сортов пшеницы (Степанов и др., 2008; Ивлева и др., 2011). Считается, что частично данные различия обуславливаются условиями внешней среды, среди которых основную, морфогенную роль играет свет (Vogelmann, 1989; Parks, 2003). Особенности светового режима в момент формирования зерновки могут существенно варьировать в силу различий спектрального состава света в зоне морфогенного действия (Касаткин и др., 2010) и продолжительности вегетации растений.

Материал и методика

В качестве объекта исследования был взят сорт яровой мягкой пшеницы Саратовская 29. Для выявления влияния света на формирование зерновок были использованы светофильтры различной окраски, соответственно, пропускающие свет определенной длины волны. В момент колошения колос помещался в светофильтры определенного цвета (красный, синий, зеленый, прозрачный, непрозрачный) соответственно, пропускающие свет разного спектрального качества. Расчет интенсивности света, прошедшего через светофильтры, показал, что по данному показателю светофильтры варьировали слабо. В связи с этим можно считать, что большее влияние на анатомо-морфологическое строение зерновки оказывал спектральный состав света. После созревания зерновок измерялись параметры развития основных анатомо-морфологических структур: толщины оболочек, длины и ширины клеток алейронового слоя, диаметр крахмальных зерен эндосперма, длины и ширины колеоптиля, щитка и листьев главной почки зародыша.

Результаты и их обсуждение

В результате сравнительного анализа измерений толщины оболочек у зерновок 2009 г. репродукции, развивавшихся под различными светофильтрами, было установлено, что толщина оболочек варьировала от 49 до 51 мкм, но достоверных различий у зерновок, получавших свет разного качества, выявлено не было (табл. 1). При определении параметров развития клеток алейронового слоя на основании величины $НСР_{0,95} = 3$ было выделено две группы семян пшеницы. В первую группу вошли зерновки с длиной алейроновых клеток от 50 до 53 мкм, развивавшиеся под синим, зеленым и непрозрачным светофильтром; во вторую – с длиной клеток алейронового слоя от 54 до 57 мкм – под красным и прозрачным светофильтрами. Подобное ранжирование наблюдалось и по ширине алейроновых клеток: первая группа (29–31 мкм) – синий, зеленый, непрозрачный; вторая (32–34 мкм) – прозрачный, красный светофильтры. В результате сравнительного анализа диаметра крахмальных зерен достоверных различий ни по одному из трех типов крахмальных у зерновок, получавших свет разного качества, выявлено не было (см. табл. 1).

Таблица 1

Развитие структур зерновки под влиянием света разного качества в условиях вегетации 2009 г., мкм

Светофильтр	Оболочки	Алейроновые клетки		Крахмальные зерна		
		длина	ширина	большие	средние	малые
Непрозрачный	49±1,1	50±1,5	28±1,0	28±1,3	14±0,7	3,5±0,2
Зеленый	50±1,1	51±1,6	30±1,1	30±1,7	15±0,7	4±0,2
Синий	50±1,3	53±1,3	31±1,3	30±1,5	15±0,9	4±0,2
Красный	50±1,2	56±1,8	32±1,2	31±1,6	15±0,8	4,3±0,2
Прозрачный	51±1,7	57±1,5	32±1,3	31±1,5	15±0,9	4,2±0,2
НСР _{0,95}	2	3	2	3	2	1

При изучении степени развития щитка зерновок в условиях вегетации растений 2009 г. было выявлено, что длина щитка варьировала от 2310 до 2860 мкм. На основании величины НСР_{0,95} зерновки были разделены на четыре группы: первая группа (2310–2448 мкм) – непрозрачный светофильтр; вторая группа (2449–2587 мкм) – зеленый; третья группа (2588–2726 мкм) – синий, прозрачный; четвертая группа (2727–2865 мкм) – красный светофильтр. По ширине щитка зерновки были разделены на три группы: минимальные значения (1950–2077 мкм) были отмечены у зерновок, развивающихся под непрозрачным светофильтром; средние (2206–2333 мкм) – у зерновок, формирующихся под синим светофильтром; максимальные значения (2334–2461 мкм) – у зерновок, развивающихся под красным, зеленым и прозрачным светофильтрами. По длине колеоптиля наблюдалось следующее распределение зерновок по группам: первая (1250–1410 мкм) – непрозрачный светофильтр; вторая (1411–1571 мкм) – красный, синий, прозрачный; третья (1572–1732) – зеленый светофильтр. По ширине колеоптиля было выявлено две группы. Невысокими значениями ширины колеоптиля (1210–1326 мкм) отличались зерновки, развивающиеся под непрозрачным светофильтром; слабо варьировали по ширине колеоптиля (1327–1443 мкм) зерновки, развивающиеся под красным, синим, зеленым и прозрачным светофильтрами (табл. 2).

Таблица 2

Влияние света различного спектрального состава на параметры развития щитка и колеоптиля зародыша зерновок в условиях вегетации 2009 г., мкм

Светофильтр	Щиток		Колеоптиль	
	длина	ширина	длина	ширина
Непрозрачный	2310±69	1950±66	1250±35	1210±42
Зеленый	2555±71	2360±68	1587±47	1365±49
Синий	2645±68	2260±57	1475±49	1337±51
Красный	2860±69	2410±62	1517±42	1380±39
Прозрачный	2600±77	2395±69	1445±40	1385±49
НСР _{0,95}	138	127	160	116

Анализ влияния света различного спектрального состава на параметры развития листьев главной почки зародыша показал, что наименьшая длина первого зародышевого листа (792–862 мкм) характерна для зерновок, развивающихся под непрозрачным светофильтром; средние значения длины листа (934 – 1004 мкм) свойственны зерновкам, эмбриогенез которых происходил под красным, синим и прозрачным светофильтрами; максимальные значения длины первого листа (1005–1075 мкм) были отмечены у зерновок, формирующихся под зеленым светофильтром.

По ширине первого зародышевого листа наблюдалось следующее распределение зерновок по группам: первая (542–582 мкм) – непрозрачный светофильтр; вторая (624–664 мкм) – красный, синий; третья (665–705 мкм) – зеленый; четвертая (706–746 мкм) – прозрачный светофильтр (табл. 3).

Таблица 3

Влияние света различного спектрального состава на параметры развития зародышевых листьев зерновок в условиях вегетации 2009 г., мкм

Светофильтр	1-й лист		2-й лист		3-й лист	
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
Непрозрачный	792±24	542±18	307±10	322±12	127±7	137±6
Зеленый	1047±38	700±24	382±11	412±14	171±9	209±9
Синий	982±34	625±21	375±12	380±15	162±9	196±10
Красный	982±31	637±20	380±13	392±11	169±9	211±9
Прозрачный	967±33	727±22	400±11	455±14	183±10	221±9
НСР _{0,95}	70	40	40	34	20	21

При определении длины третьего листа зародыша зерновки по завершении эмбриогенеза было обнаружено, что минимальные значения характерны для зерновок, развитие которых происходило под непрозрачным светофильтром, средние – под красным, синим и зеленым, а максимальные значения наблюдались у зерновок, формирующихся под прозрачным светофильтром. По ширине третьего зародышевого листа на основании значений $HCP_{0,95}$ зерновки были распределены на четыре группы: первая (137–157 мкм) – непрозрачный светофильтр; вторая (179–199 мкм) – синий; третья (200–220 мкм) – красный, зеленый; четвертая (221–241) – прозрачный светофильтр (см. табл. 3).

В результате сравнительного анализа толщины оболочек у зерновок пшеницы, растущей в погодных условиях 2010 г., было установлено, что толщина оболочек варьировала от 47 до 50 мкм; достоверных различий по вариантам опытов с разными светофильтрами, как и в первый год исследований, выявлено не было (см. табл. 1, 4). Среди клеток алейронового слоя эндосперма зерновок на основании величины $HCP_{0,95}=2$ было выделено три группы. К первой группе были отнесены зерновки, развивающиеся под непрозрачным светофильтром (длина клеток от 48 до 50 мкм); ко второй – зерновки, формирование которых происходило под зеленым и синим светофильтрами (длина клеток от 51 до 53 мкм); к третьей – зерновки, эмбриогенез которых осуществлен под красным и прозрачным светофильтрами (длина клеток от 54 до 56 мкм). По ширине клеток алейронового слоя было выделено две группы: первая (27–29 мкм) – непрозрачный и зеленый светофильтры; вторая (30–32 мкм) – синий, красный и прозрачный светофильтры. По диаметру крахмальных зерен достоверных различий между вариантами опытов со светофильтрами не отмечено (табл. 4).

Таблица 4

Развитие структур зерновки под влиянием света разного качества в условиях вегетации 2010 г., мкм

Светофильтр	Оболочки	Алейроновые клетки		Крахмальные зерна		
		длина	ширина	большие	средние	малые
Непрозрачный	47±1,1	48±1,4	27±1,0	29±1,5	14±0,7	3,8±0,2
Зеленый	49±1,3	50±1,7	29±0,9	29±1,7	14±0,8	4±0,2
Синий	50±1,5	52±1,4	30±1,0	30±1,3	15±0,8	4±0,2
Красный	50±1,6	56±1,2	31±1,1	30±1,5	14±0,9	4,5±0,3
Прозрачный	50±1,4	55±1,5	30±0,8	30±1,6	15±0,7	4,5±0,3
$HCP_{0,95}$	3	2	2	2	2	1

По результатам вегетации растений в 2010 г. выявлены различия по степени развития зародыша между зерновками, получавшими свет разного спектрального качества. В частности, по длины щитка было выделено три группы зерновок: первая (2305–2411 мкм) – зеленый, непрозрачный светофильтры; вторая (2412–2518 мкм) – синий, прозрачный; третья (2519–2625 мкм) – красный светофильтр. По ширине щитка зародыша зерновки были распределены на четыре группы. Минимальные значения по ширине щитка (2160–2241 мкм) наблюдались в зерновках, развивающихся под синим и зеленым светофильтрами; средние – в зерновках, формирующихся под непрозрачным (2242–2323 мкм) и прозрачным (2406–2487 мкм) светофильтрами; максимальные (2488–2569 мкм) – в зерновках, растущих под красным светофильтром (табл. 5).

Таблица 5

Влияние света различного спектрального состава на параметры развития щитка и колеоптиля зародыша зерновок в условиях вегетации 2010 г., мкм

Светофильтр	Щиток		Колеоптиль	
	длина	ширина	длина	ширина
Непрозрачный	2410±72	2220±64	1330±45	1300±51
Зеленый	2305±66	2160±67	1530±50	1280±38
Синий	2500±64	2220±66	1575±44	1380±41
Красный	2610±69	2525±71	1510±47	1455±46
Прозрачный	2515±79	2455±75	1540±52	1410±42
НСР _{0,95}	106	81	92	56

По длине колеоптиля наблюдалось следующее распределение зерновок по группам: первая (1330–1422 мкм) – непрозрачный светофильтр; вторая (1423 –1515 мкм) – красный; третья (1516–1608 мкм) – зеленый, синий и прозрачный светофильтры. По ширине колеоптиля было выделено четыре группы: первая (1280–1336 мкм) – зеленый, непрозрачный светофильтры; вторая (1337–1393 мкм) – синий; третья (1394–1450 мкм) – прозрачный; четвертая (1451–1507 мкм) – красный светофильтр (см. табл. 5).

По результатам определения размеров первого зародышевого листа было выявлено две группы. В первую группу вошли зерновки, раз-

вивающиеся под зеленым и непрозрачным светофильтрами, с длиной листьев от 915 до 985 мкм; во вторую – зерновки, растущие под синим, красным и прозрачным светофильтрами, с длиной листьев от 986 до 1056 мкм. По ширине первого листа зерновки были распределены на три группы: первая (595–629 мкм) – непрозрачный светофильтр; вторая (630–664 мкм) – синий; третья (665–699 мкм) – зеленый, прозрачный и красный светофильтры. Некоторые различия по вариантам опытов со светофильтрами в 2010 г. были отмечены и в отношении второго и третьего листьев эмбрионального побега зародыша зерновки (табл. 6).

Таблица 6

Влияние света различного спектрального состава на параметры развития зародышевых листьев зерновок в условиях вегетации 2010 г., мкм

Светофильтр	1-й лист		2-й лист		3-й лист	
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
Непрозрачный	925±20	595±17	360±11	325±12	163±8	160±8
Зеленый	915±22	665±19	380±14	390±13	180±9	215±10
Синий	1005±26	635±20	390±14	400±15	175±8	205±9
Красный	1025±28	670±21	390±15	395±14	185±9	203±9
Прозрачный	1005±31	675±24	420±14	410±15	190±9	233±10
НСР _{0,95}	70	34	28	24	12	20

Анализируя полученные данные, можно отметить, что зерновки, развивающиеся под непрозрачным светофильтром, отличаются самыми маленькими значениями всех исследуемых анатомо-морфологических структур в разные по погодным условиям периоды вегетации. По данным за 2009 г., в зерновках, эмбриогенез которых происходил под красным или зеленым светофильтрами, наблюдались высокие значения параметров развития практически всех исследуемых зародышевых структур, тогда как в зерновках, формирующихся под синим светофильтром, отмечались меньшие линейные размеры структур зародыша. Максимальные значения практически по всем анализируемым структурам зародыша за два года исследований наблюдались у зерновок, развивающихся под прозрачным светофильтром.

Подобная закономерность была отмечена и при исследовании клеток алейронового слоя. Минимальные значения длины и ширины алей-

роновых клеток характерны для зерновок, развитие которых происходило под непрозрачным светофильтром, а максимальные значения были отмечены для растений, произраставших под прозрачным и красным светофильтрами. Таким образом, в результате проведенных исследований была выявлена реакция анатомо-морфологических структур зерновок пшеницы на различные условия освещения в период эмбриогенеза, установлены достоверные различия в линейных размерах отдельных структурных элементов зерновки в зависимости от облучения спектрами различного качества.

Список литературы

Ивлева М. В., Прохорова Т. М., Степанов С. А. Морфология и развитие поперечных клеток перикарпа зерновок пшеницы // VII съезд общества физиологов растений России и Международная научная школа «Инновации в биологии для развития биоиндустрии сельскохозяйственной продукции»: тез. докл. Н. Новгород, 4–10 июля 2011. Н. Новгород, 2011. С. 284–285.

Касаткин М. Ю., Степанов С. А., Прохорова Т. М. Фоторегуляция прорастания зерновок пшеницы // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2010. Т. 10, вып. 2. С. 52–55.

Степанов С. А., Танайлова Е. А., Горюнов А. А. Развитие листьев зародыша зерновок яровой пшеницы // Вестн. СГАУ. 2008. № 8. С. 29–32.

Parks B. M. The red side of photomorphogenesis // *Plant Physiol.* 2003. Vol. 133. P. 1437–1444.

Vogelmann T. C. Penetration of light into plants // *Photochem. Photobiol.* 1989. Vol. 50. P. 895–902.