



ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА СВЕТА НА МОРФОГЕНЕЗ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ПЕРВОГО ЛИСТА ПРОРОСТКОВ ЗЛАКОВ

ГУЛИНА Екатерина Вячеславовна Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

СЕРГЕЕВА Ирина Вячеславовна Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

СПИВАК Владимир Андреевич Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского

СПИВАК Наталья Александровна Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Изучали влияние качества света (создавали с использованием в качестве светофильтров прозрачных плёнок: красной – с максимумом пропускания в области от 670 нм и выше, зеленой – 515–545 нм, синей – 490–510 нм) на морфогенез листовой пластинки первого листа проростков *Triticum aestivum* L. и *Secale sylvestre* Host. Контрольные растения выращивали в темноте. Рост листовых пластинок проростков экологически пластичного *T. aestivum* по сравнению с *S. sylvestre* протекал менее равномерно во всех вариантах, при этом на красном свете они достигали наибольшей длины (127 мм), а на синем – наименьшей (88 мм), в контроле – 115 мм. Листовые пластинки проростков *S. sylvestre*, выращенных на красном, зеленом и белом свете, достигали длины 131, 113, 108 мм, соответственно превосходили контроль (107 мм). На синем свете 84 мм они достигали минимальных размеров, как у пшеницы. При анализе разнообразия морфотипов складчатых клеток мезофилла, мацерированного по Манжену, определили, что 3-сегментные клетки появляются в составе мезофилла в период формирования проростка у обоих видов независимо от качества излучения, в то же время 5-сегментные клетки дифференцировались на красном и белом свете на 7-й день, на синем – при окончании ростовой активности листовой пластинки на 13-й день наблюдения, на зеленом – на 10-й день (*S. sylvestre*). На действие монохроматического света в значительной мере реагируют морфометрические параметры мезофильных клеток.

В ходе эволюции на Земле сложились условия, позволившие живым организмам использовать лучистую энергию Солнца в области видимого света и близко прилегающей к ней [7]. В мире растений значение солнечного света особенно велико и разнообразно, поскольку, помимо энергии, он несет информацию о количестве и качестве излучения, определяет ориентацию растений в пространстве и во времени, запускает механизмы преобразования структурных элементов различных уровней при выборе адаптационных стратегий жизнедеятельности [1]. Светоулавливающие пигментные комплексы, локализованные в клетках разных органов растения, являются материальной базой этих механизмов. Из всех органов основную роль в обеспечении ответных реакций организма на свет играет фотосинтезирующий лист, представляющий собой высокоорганизованную оптическую систему [14]. Влияние света на морфогенетические процессы растения и продуктивность в изменяющихся экологических условиях представляет большой интерес, поскольку позволяет понять причины неоднозначности ответных реакций и разнообразие адаптивных стратегий растений разных видов и экотипов на действие одной и той же области солнечного спектра [1, 7, 12, 17].

Цель нашей работы заключалась в изучении влияния света различного спектрального состава на морфогенез листовой пластинки и клеток мезофилла первого листа проростков пшеницы и ржи, характеризующихся C_3 -типом фотосинтеза, относящихся к разным экотипам.

Методика исследований. Объектами исследования являлись листовые пластинки первого листа мезофита *T. aestivum* L. [5] – сорт Саратовская 36 и ксерофита и псаммофита *S. sylvestre* Host. [5], клетки мезофилла этих видов. Зерновки пшеницы были получены из лаборатории селекции ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока». Зерновки ржи собраны нами в Краснокутском районе Саратовской области в окрестности бывшего с. Шмыглино. Зерновки в начале эксперимента калибровали для получения их однородной партии, поверхностно стерилизовали раствором диазида, промывали стерильной дистиллированной водой [11]. Затем помещали на диск из фильтровальной бумаги в стерильные чашки Петри, содержащие 9 мл воды, и культивировали при температуре 20 ± 2 °C и 12-часовом фотопериоде на дневном свете с прозрачной пленкой (вариант «белый свет»), под красным, зеленым, синим светофильтрами и в темноте (контроль) в течение 13 суток, что оп-



ределялось продолжительностью роста первого листа в лабораторных условиях. В качестве светофильтров использовали прозрачные пленки 3 цветов: красную с максимумом пропускания в области от 670 нм и выше, зеленую – 515–545 нм, синюю – 490–510 нм [12].

В варианте «контроль» чашки Петри с зерновками помещали в черную светоизолирующую бумагу. Отбор проб проводили через 3, 7, 10 и 13 дней от начала культивирования. Листовые пластинки первых листьев измеряли под МБС-9, фиксировали в смеси Гаммалунда. Фрагменты из средней части листовой пластинки мацерировали по методу Манжена [9]. Затем выделяли клетки мезофилла из межпучкового пространства рядом с главной жилкой и изучали на временных препаратах под световым микроскопом серии «Биолам» ($\times 600$).

Размеры складчатых клеток ассимилирующей паренхимы мезофилла (рис. 1), вытянутых в базипетальном направлении параллельно главной жилке, с осевой симметрией и последовательно расположенными, хорошо выраженными тремя и пятью сегментами [2], определяли с помощью винтового окулярного микрометра МОВ-15^х. Повторность опыта трехкратная. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [3].

Результаты исследований. Первый настоящий лист злаков имеет большое значение для развития проростка и растения в целом. Особенность его онтогенеза заключается в развитии на материнском организме в составе зародыша зерновки как гетеротрофной структуры. Переключение на автотрофный тип питания происходит с момента прорастания. На ранних этапах онтогенеза первый листовой примордий закладывает максимальное число проводящих пучков и формирует терминальную часть листовой пластинки, которая в отличие от всех последующих листьев становится туповершинной. Это свидетельствует о раннем наступлении дифференциации клеток, поэтому первый лист по сравнению с другими самый короткий и узкий. Однако в период его роста и развития разворачиваются зародышевые листья, а к окончанию роста закладываются и последовательно разворачиваются 2–3 листа среднего яруса [6].

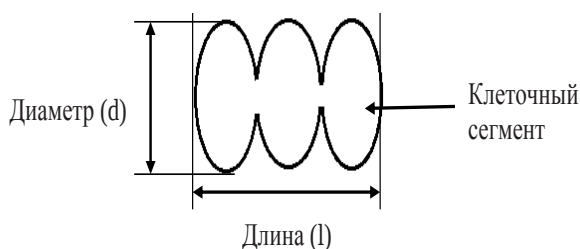


Рис. 1. Схема строения складчатой (3-сегментной) клетки мезофилла листа злака (на продольном разрезе)

На основании проведенных измерений длины листовых пластинок первого листа пшеницы и ржи были получены графики, отражающие динамику их роста (рис. 2, 3), которые визуально легко разделить на 2 типа: сигмоидные (варианты – синий свет и контроль) и линейные (белый, красный, зеленый свет). Кинетика роста структур организма на всех уровнях организации, как известно, описывается сигмоидной кривой. Последний тип кривой являлся результатом активности ростовых процессов: деления и растяжения клеток под действием светового фактора: короткой лаг-фазы и длительной лог-фазы в течение опыта.

Известно, что рост листа злаков является интеркалярным, квантированным и происходит акропетально, в то время как дифференцировка идет в базипетальном направлении. Кривая роста листовых пластинок растений, выращенных в контроле, представляет собой рост в чистом виде, поскольку свет как ингибирующий фактор отсутствует. Очевидно, что листья обоих видов за 7 дней прошли лаг- и вступили в лог-фазу, продлившуюся еще 3 дня. В следующие 3 дня опыта скорость роста пластинок снизилась до стационарного состояния. Это можно объяснить тем, что в контроле проростки формировались исключительно на запасах эндосперма, и через 10 дней опыта листья обоих видов начинали испытывать дефицит органических веществ, вызванный к тому же и реутилизацией пластических веществ, направленных на формирование новых органов.

Кривые роста листовых пластинок проростков злаков, выращенных на синем свете, имели схожий с контролем вид, но отличались от него меньшими размерами (на 7-й день уступали по длине почти в 2,2–2,5 раза, на 10-й и 13-й день – в 1,5 и 1,3 раза у пшеницы и ржи соответственно), что указывало на ингибирование светом ростовых процессов в первой половине опыта. Однако образование хлоропластов и переход проростков к автотрофному

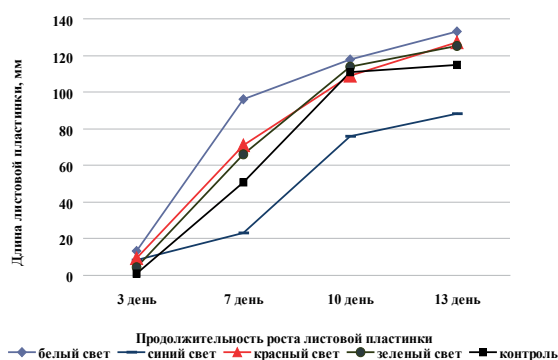


Рис. 2. Влияние света разного спектрального состава на рост листовых пластинок первого листа проростков *T. aestivum*

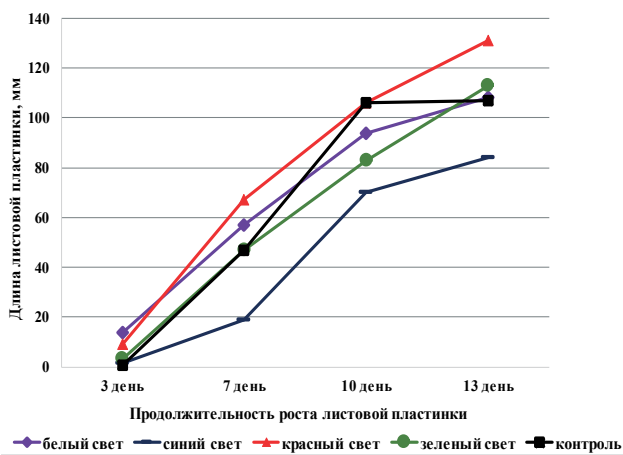


Рис. 3. Влияние света разного спектрального состава на рост листовых пластинок первого листа проростков *S. sylvestre*

типу питания на синем свете способствовали поддержанию роста листовой пластинки, что в конце эксперимента приводило к уменьшению различий по их длине с контролем и незавершенности роста, причем у ржи в большей степени, чем у пшеницы. Тем не менее, листовые пластинки в этом варианте опыта оставались самыми короткими относительно остальных вариантов.

Динамика роста листовых пластинок пшеницы и ржи, выращенных при других условиях освещения, представлена графиками линейного типа, различающимися деталями. Так, с 3-го по 7-й день листовая пластинка проростков удлинялась наиболее активно, причем у ржи она достигала максимальных размеров на красном свете, у пшеницы – на белом. В последующие 3 дня опыта тенденция сохранялась, но прирост снижался, особенно у пшеницы на белом свете – почти на 75 %. С 10-го по 13-й день рост пластинки заметно снижался у ржи на белом свете, а у пшеницы – на зеленом. Причем, если листовые пластинки ржи в течение декады сохраняли относительно стабильный рост в длину, то у пшеницы снижение роста на белом свете начиналось с 7-го дня. В последние 3 дня опыта заметно снизился рост листовой пластинки у ржи на белом свете, а у пшеницы – на красном и зеленом. В целом же рост листовых пластинок проростков ржи происходил более равномерно на свете в течение всего опыта, при этом под красным светофильтром они достигали большей длины относительно всех вариантов. Пластинки пшеницы, выращенные на красном, зеленом и белом свете, в конце опыта по длине почти сравнялись.

Таким образом, установленные различия в росте листовой пластинки проростков пшеницы по вариантам опыта определяются особенностями развития фотозависимых систем фотосин-

теза и фотоморфогенеза. Большое значение для функционирования данных систем имеет степень согласованности процессов роста листовой пластинки и дифференцировки мезофилльных клеток. Используемые в опыте условия освещения, при установленной продолжительности фотопериода, не приводили к ингибированию этих систем, поэтому листовые пластинки сохраняли ростовую активность и после двух недель опыта, тогда как белый свет в конце опыта затормаживал рост. Растения пшеницы и ржи оказались отзывчивыми на белый, красный и зеленый свет. Причем световые условия этих вариантов положительно сказывались на росте листовых пластинок первого листа относительно контроля, что еще раз свидетельствует о важности быстрого перехода проростков злаков на автотрофный тип питания ввиду необходимости максимально полно сформировать вегетативные органы до наступления периода засухи [6].

Своеобразие ростовой функции первого листа у пшеницы мягкой определяется экологической пластичностью данного вида. Как известно, в настоящее время сорта *T. aestivum* возделываются на всех континентах, за исключением Антарктиды [13]. Ареал *S. sylvestre* не так обширен: данный вид встречается в Центральной России, Крыму, Кавказе, Средней Азии, Западной Сибири, Восточной Европе, Малой Азии [13].

Согласно классическим представлениям, вошедшим в учебную литературу, мезофилл злака однородный (диффузный) [9], однако в настоящее время известно, что форма клеток хлоренхимы многих злаков различна, среди них есть складчатые (сегментированные) клетки различных морфотипов [2, 4, 16–18]. Складчатость клеток увеличивает внутреннюю поверхность листа, следовательно, и адаптивные свойства мезофилла в процессе становления и деятельности физиологических механизмов в изменяющихся условиях внешней среды при сохранении относительного постоянства формы и площади листовой пластинки. Клеточная поверхность играет важную роль в работе систем, обеспечивающих функциональную активность фотосинтетического аппарата, при этом любое изменение их конфигурации может являться показателем направления адаптивных преобразований [10].

Рост листовых пластинок злаков достаточно хорошо изучен, но он не раскрывает особенностей морфогенеза клеток мезофилла, формирующих сложную структурную организацию фотосинтетического аппарата на тканевом и клеточном уровнях. Мезофилльные клетки листовой пластинки первого листового примordia зародыша зрелой зерновки лишены складок [15], поэтому было интересно выяснить, когда и при





каких условия они возникают у исследуемых видов при выращивании на свету различного спектрального состава.

В листовых пластинках 3-суточных проростков пшеницы и ржи длиной около 15 мм мезофилльные клетки не имели складок (рис. 2, 3). Этот период являлся, по сути, началом лаг-фазы роста листовой пластинки, в которой шли деления клеток, направленные на активацию скорости роста, а элементы фотосинтетического аппарата еще находились в состоянии развития.

Складчатые клетки были обнаружены только в следующий срок отбора – на седьмой день (табл. 1–4). По-видимому, их возникновение связано с началом деятельности фотосинтетической системы, остановкой роста клеток растяжением и продолжающимся процессом дифференцировки при изменении площади поверхности клеточной стенки. Клетки мезофилла листа пшеницы и ржи по внешнему виду были весьма разнообразны, однако наиболее часто встречались 3- и 5-сегментные, которые были выбраны для определения морфометрических параметров – длины и диаметра (см. рис. 1) в соответствии с расположением данных клеток вдоль проводящих пучков. Так, по диаметру клетки обоих видов (на 7-й и 10-й дни опыта) имели практически одинаковые размеры – $21,0 \pm 1,5$ мкм в большинстве вариантов эксперимента (см. табл. 1–4). Исключение составляли 3- и 5-сегментные клетки пшеницы, сформировавшиеся на красном свете через 7 дней – около 15–17 мкм (см. табл. 1, 3), и аналогичные клетки ржи в варианте «зеленый свет» через 10 дней, диаметр которых составлял около 24–25 мкм (см. табл. 2, 4). Однако на 13-й день опыта в этих вариантах диаметр клеток у пшеницы и ржи заметно увеличился, причем у первой на красном свете почти на 50 %, на зеленом – на 30 %, у второй – на 17 и 30 % соответственно. Во всех оставшихся вариантах клетки имели размеры близкие к тем, что были достигнуты на 10-й день роста проростков. В конце опыта увеличение диаметра клеток продолжалось у исследуемых видов, как на красном, так и на зеленом свете, но у ржи он был больше на зеленом, чем на красном (28 и 19 %) свете, а у пшеницы эффективней был красный, чем зеленый свет (35 и 23 % соответственно).

В контроле, независимо от вида растения, мезофилл был представлен только 3-сегментными клетками, причем их длина практически оставалась неизменной в течение всего эксперимента (см. табл. 1, 2). Отсутствие 5-сегментных клеток свидетельствует о реализации упрощенного варианта дифференциации клеток на фоне меристематической активности интеркалярной меристемы и роста растяжением ее производных (см. табл. 3, 4).

Освещение растений, независимо от спектрального состава, вызывало у обоих видов в клетках мезофилла морфогенетические изменения, которые происходили в период дифференцировки при образовании характерной складчатой формы. Так, проростки пшеницы оказались более пластичными в отличие от ржи, поскольку образовывали под действием синего света 3-сегментные клетки уже на 7-й день культивирования (см. табл. 1). У ржи в листовой пластинке формировались подобные клетки лишь на 10-й день (см. табл. 2). В конце опыта в мезофилле обоих видов обнаруживались 5-сегментные клетки (см. табл. 3, 4).

На красном свете в листьях пшеницы и ржи дифференцировались складчатые клетки наибольшей длины (см. табл. 1–4). Причем если в этом варианте самые длинные 3-сегментные клетки у пшеницы, то самые длинные 5-сегментные у ржи. По отношению к зеленому свету виды также проявляли неоднозначную реакцию. Так, сформированные 5-сегментные клетки на зеленом свете у ржи обнаруживались только на 10-й день опыта (см. табл. 4), при этом клетки с наибольшей длиной образовывались у пшеницы (см. табл. 1, 3), а с максимальным диаметром – у ржи (см. табл. 2, 4). Белый свет по эффекту действия был ближе к красному. Мезофилльные клетки обоих видов растений, выращенных на белом свете, по диаметру уступали сформировавшимся под зеленым светофильтром (см. табл. 1–4), но по длине превосходили их и занимали промежуточное положение между вариантами «зеленый свет» и «красный свет».

Таким образом, спектральный состав света, действующего в период формирования листовой пластинки, оказывал влияние на морфогенез мезофилльных клеток: в контроле и на синем свете клетки становились короткими, на зеленом – более широкими по диаметру и вытянутыми, на красном – более вытянутыми и узкими, на белом – по длине и диаметру близкими к клеткам, сформировавшимся на красном свете.

Если представить исследуемые параметры длины и диаметра (l/d) клетки как бинарное отношение, отражающее степень согласованности ростовых процессов и изменяющееся во времени по вариантам опыта, то можно проследить динамику изменчивости размеров складчатых клеток мезофилла в соответствии с ходом морфогенеза листовой пластинки первого листа проростков обоих видов (табл. 5). Так, мезофилльные клетки пшеницы, независимо от варианта опыта, по значениям l/d всегда превосходили клетки ржи. Данная особенность связана с видовой спецификой развития зерновки и зародыша. У обоих видов,



**Влияние качества света на морфометрические параметры
3-сегментных клеток мезофилла *T. aestivum***

Морфометрические параметры, мкм	Контроль	Синий свет	Зеленый свет	Красный свет	Белый свет
7-й день					
Длина	52,9±4,2	52,1±4,2	53,7±2,5	58,5±2,1	56,6±2,9
Диаметр	18,5±0,7	19,4±1,5	20,1±1,3	15,2±1,9	20,1±1,2
10-й день					
Длина	56,7±1,2	54,5±2,8	61,1±3,1	62,7±3,6	63,6±0,5
Диаметр	21,3±0,7	20,4±1,3	22,9±0,9	21,3±0,9	22,9±1,1
13-й день					
Длина	56,6±4,5	58,3±2,6	76,2±3,3	79,8±2,8	71,1±4,9
Диаметр	20,7±0,6	19,3±0,9	26,7±0,7	23,1±1,4	22,5±0,9

Таблица 2

**Влияние качества света на морфометрические параметры
3-сегментных клеток мезофилла *S. sylvestre***

Морфометрические параметры, мкм	Контроль	Синий свет	Зеленый свет	Красный свет	Белый свет
7-й день					
Длина	53,2±1,6	*	53,8±2,8	67,0±3,2	51,6±3,6
Диаметр	19,3±2,2	*	20,9±0,9	21,2±1,2	20,6±1,1
10-й день					
Длина	52,2±2,3	51,4±1,3	58,3±2,1	63,4±0,9	59,6±3,6
Диаметр	20,1±0,9	19,1±1,1	24,3±0,9	22,1±0,6	21,6±0,7
13-й день					
Длина	52,9±2,1	54,5±2,2	61,4±4,6	66,7±2,1	64,3±0,8
Диаметр	20,4±0,6	20,2±0,4	26,6±0,7	24,9±0,7	22,2±1,1

* складчатые клетки не обнаружены (здесь и далее).

Таблица 3

**Влияние качества света на морфометрические параметры
5-сегментных клеток мезофилла *T. aestivum***

Морфометрические параметры, мкм	Контроль	Синий свет	Зеленый свет	Красный свет	Белый свет
7-й день					
Длина	*	*	73,1±2,3	79,3±1,6	87,1±3,3
Диаметр	*	*	21,1±0,7	17,2±2,1	19,4±1,5
10-й день					
Длина	*	*	86,3±1,5	99,7±2,5	101,7±1,8
Диаметр	*	*	23,4±1,1	22,9±1,2	22,6±0,4
13-й день					
Длина	*	79,8±1,6	97,2±4,5	108,8±2,5	104,2±2,1
Диаметр	*	20,2±1,2	26,1±1,7	22,9±1,8	22,5±2,2

несмотря на различие их экотипов, в контроле не формировались 5-сегментные клетки, поскольку отсутствие света, как известно, ведет к упрощению анатомической структуры. На красном свете оба вида формировали максимально длинные складчатые клетки. На зеленом свете четко проявлялась видовая специфичность растений. Мезофилльные клетки пшеницы в этой области света проявляли большую пластичность, что вызывало одно-

временное заложение 3- и 5-сегментных клеток в первой половине опыта, в отличие от ржи, у которой 5-сегментные клетки образовывались лишь на второй неделе опыта. Выращивание проростков на синем свете приводило к образованию у пшеницы 3-сегментных клеток почти таких же по соотношению длины и диаметра, как в варианте «зеленый свет». У ржи формирование клеток данного типа задерживалось: они обнаруживались на 10-й день экспе-



римента. При этом клетки ржи на синем свете отличались пропорциями от таковых, сформированных под зеленым светофильтром, за счет меньшего диаметра и длины (см. табл. 2).

Появление 5-сегментных клеток у обоих видов на синем свете происходило в конце опыта, причем по соотношению l/d они заметно превосходили клетки проростков, выращенных на зеленом свете (см. табл. 5), хотя фактически по длине и диаметру уступали им (см. табл. 4).

На белом свете, судя по значениям l/d , формировались складчатые клетки близкие по размерам к тем, что образовывались на красном свете, занимая тем самым промежуточное положение между вариантами «зеленый свет» и «красный свет» (см. табл. 5).

Выводы. Процессы морфогенеза клеток в листовых пластинках первого листа *T. aestivum* и *S. sylvestre* высокочувствительны к качественному составу света, действующему в период про-

растания зерновки и формирования внутренней поверхности листа. Ростовые процессы в листовой пластинке проростков реагировали более активно у экологически пластичной пшеницы мягкой. Роль света как триггера в формообразовательном процессе особенно ярко проявилась на клеточном уровне организации в закономерном изменении морфометрических параметров и морфотипов клеток мезофилла.

Весь ряд монохроматических излучений в области видимого света важен для формирования структуры листа и увеличения его внутренней поверхности посредством образования складчатых клеток с определенными соотношениями длины и диаметра в мезофилле как одного из эффективных механизмов адаптации растения к условиям окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головацкая И.Ф., Карначук Р.А. Роль зеленого света в жизнедеятельности растений // Физиоло-
Таблица 4

**Влияние качества света на морфометрические параметры
5-сегментных клеток мезофилла *S. sylvestre***

Морфометрические параметры, мкм	Контроль	Синий свет	Зеленый свет	Красный свет	Белый свет
7-й день					
Длина	*	*	*	89,1±4,5	76,4±2,1
Диаметр	*	*	*	22,1±0,7	22,1±0,9
10-й день					
Длина	*	*	78,1±4,6	99,8±2,5	95,3±1,9
Диаметр	*	*	25,7±1,1	21,1±2,4	23,4±0,9
13-й день					
Длина	*	73,4±1,8	84,9±3,4	111,1±1,3	101,7±3,4
Диаметр	*	21,1±0,8	27,8±1,1	25,7±0,5	23,8±1,4

Примечание: в числителе – соотношение l/d клеток мезофилла *T. aestivum*; в знаменателе – соотношение l/d клеток мезофилла *S. sylvestre*.

Таблица 5

**Изменение соотношения длины и диаметра (l/d) складчатых клеток
T. aestivum и *S. sylvestre* в процессе роста листовой пластинки**

Вариант опыта	Морфотип клеток мезофилла					
	3-сегментные клетки			5-сегментные клетки		
	Срок отбора проб, дни					
	7-й	10-й	13-й	7-й	10-й	13-й
Контроль	<u>2,859</u>	<u>2,662</u>	<u>2,774</u>	<u>*</u>	<u>*</u>	<u>*</u>
	2,756	2,610	2,593	*	*	*
Синий свет	<u>2,689</u>	<u>2,672</u>	<u>2,886</u>	<u>*</u>	<u>*</u>	<u>3,950</u>
	*	2,691	2,698	*	*	3,479
Зеленый свет	<u>2,672</u>	<u>2,668</u>	<u>2,854</u>	<u>3,464</u>	<u>3,688</u>	<u>3,724</u>
	2,574	2,399	2,225	*	3,039	3,054
Красный свет	<u>2,849</u>	<u>2,944</u>	<u>3,216</u>	<u>4,610</u>	<u>4,354</u>	<u>4,751</u>
	2,505	2,869	2,896	4,032	4,073	4,323
Белый свет	<u>2,816</u>	<u>2,777</u>	<u>3,160</u>	<u>4,490</u>	<u>4,500</u>	<u>4,640</u>
	2,505	2,760	2,896	3,457	4,073	4,273



гия растений. – 2015. – Т. 62. – № 6. – С. 776–791.

2. Гулина Е.В., Спивак В.А. Морфогенетическое разнообразие складчатых клеток мезофилла высших растений: понятия и терминология // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2012. – № 6. – С. 17–23.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

4. Зверева Г.К. Особенности расположения клеток хлоренхимы в листовых пластинках злаков // Бот. журн. – 2007. – Т. 92. – № 7. – С. 997–1011.

5. Злаки Украины (Анатомо-морфологический, карио-систематический и эколого-фитоценотический обзор) / Ю.Н. Прокудин [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1977. – 518 с.

6. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. – М.: Агропромиздат, 1985. – 270 с.

7. Лархер В. Экология растений. – М.: Мир, 1978. – 384 с.

8. Практикум по ботанике / И.В. Сергеева [и др.]. – Саратов: Амирит, 2016. – 336 с.

9. Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. – М.: Высш. шк., 1960. – 206 с.

10. Спивак В.А., Гулина Е.В. Изменение архитектоники клеток мезофилла в процессе формирования листовой пластинки пшеницы // Бюл. Бот. сада Сарат. гос. ун-та. – 2005. – Вып. 4. – С. 250–257.

11. Тихомирова Е.И., Спивак В.А., Ксенофонтowa О.Ю. Введение в биотехнологию. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2006. – 64 с.

12. Францева О.В., Спивак В.А. Реакция пигментов фотосинтетического аппарата укореняющихся брахибластов *Ginkgo biloba* L. на факторы внешней среды // Бюл. Бот. сада Сарат. гос. ун-та. – Саратов: Научная книга, 2003. – Вып. 2. – С. 261–267.

13. Цвелев Н.Н. Злаки СССР. – Л.: Наука, 1976. –

788 с.

14. Шульгин И.А. Растение и Солнце. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 251 с.

15. Эсау К. Анатомия растений. – М.: Мир, 1969. – 564 с.

16. Parker M.L., Ford M.A. The structure of the mesophyll of flag leaves in three *Triticum* species // Ann. Bot., 1982, Vol. 49, P. 165–176.

17. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light / Xiao-Xue Fana et al. // Scientia Horticulturae, 2013, Vol. 153, P. 50–55.

18. Zheng Pei-yao, Pan Bo Studies on the morphology and function of the mesophyll cells of leaf-blades and leaf-sheaths in Rye (*Secale cereale* L.) // Acta Agr. Sin., 1993, Vol. 19, No. 1, P. 29–35.

Гулина Екатерина Вячеславовна, старший преподаватель кафедры «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Сергеева Ирина Вячеславовна, д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел.: (8452) 26-16-28.

Спивак Владимир Андреевич, канд. биол. наук, доцент кафедры «Микробиология и физиология растений», Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского. Россия.

410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83.

Тел.: (8452) 22-78-99.

Спивак Наталья Александровна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел.: (8452) 26-16-28.

Ключевые слова: злаки; видимый свет; спектр; морфогенез; лист; клетки мезофилла.

INFLUENCE OF LIGHT QUALITY ON MORPHOGENESIS OF LEAF BLADE OF THE PLUMULE SHEATH OF CEREAL SEEDLING

Gulina Ekaterina Vyacheslavovna, Senior Teacher of the chair "Botany, Chemistry and Ecology", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Sergeeva Irina Vyacheslavovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the chair "Botany, Chemistry and Ecology", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Spivak Vladimir Andreevich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the chair "Microbiology and Physiology of Plants", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Spivak Natalya Aleksandrovna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the chair "Botany, Chemistry and Ecology", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: cereal; leaf; morphogenesis; visible light; spectrum; mesophyll cells.

It has been studied the effect of light quality (using transparent films as the light filters: red with a transmission maximum in the range from 670 nm and higher, green – 515–545 nm, blue – 490–510 nm) on morphogenesis of

*the leaf blade of the plumule sheath of *Triticum aestivum* sprouts L. and *Secale sylvestre* Host. Control plants were grown in the dark. The growth of *T. aestivum* sprouts in comparison with *S. sylvestre* was less evenly in all variants, in red light they had the greatest length (127 mm), and in blue one – the smallest (88 mm), in the control its length was 115 mm. The length of leaf blades of *S. sylvestre* sprouts, grown in red, green and white light was 131, 113, 108 mm, and exceeded the control (107 mm). The leaf blades were as small as wheat, grown in blue light (84 mm). When analyzing the diversity of the morphotypes of mesophyll folded cells, it was determined that 3-segment cells appear in the mesophyll during the formation of the sprout in both species irrespective of the radiation quality, while the 5-segment cells differentiated in red and white light on 7th day, in blue light – at the end of the growth activity of the leaf blade on the 13th day of observation, in green light on the 10th day (*S. sylvestre*). The monochromatic light largely affected the morphometric parameters of mesophyll cells.*