

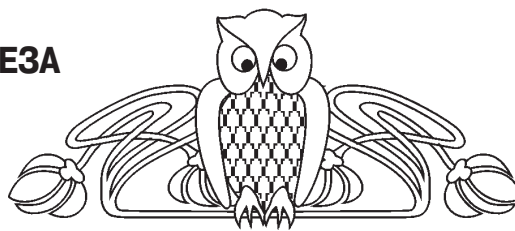


УДК 633.11: 581.19

ГЕТЕРОГЕННОСТЬ ОРГАНОВ ПШЕНИЦЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ ПИГМЕНТОВ ФОТОСИНТЕЗА

С. А. Степанов, Е. Л. Гагаринский, М. Ю. Касаткин, Н. С. Ильин

Саратовский государственный университет
E-mail: hanin-hariton@yandex.ru



Приведены данные по определению содержания пигментов фотосинтеза (хлорофиллов и каротиноидов) в листьях и верхнем междоузлии стебля яровой мягкой пшеницы в момент цветения. Установлено различие по количеству пигментов в разных зонах листовой пластинки флагового листа у исследуемых сортов: хлорофиллов – 0,72–5,1; каротиноидов – 0,37–1,3 мг/г сырой массы. Выявлено возрастание содержания пигментов от нижней к верхней зоне влагалища флагового листа и междоузлия. Максимальное содержание хлорофиллов и каротиноидов наблюдалось у изученных сортов пшеницы в пластинках листьев разных метамеров побега.

Ключевые слова: хлорофилл, каротиноид, лист, стебель, пшеница, сорт.

Heterogeneity of Bodies Wheat under the Maintenance of Pigments Photosynthesis

S. A. Stepanov, E. L. Gagarinckiy,
M. Yu. Kasatkin, N. S. Ilyin

Data by definition of the maintenance of pigments of photosynthesis (a chlorophyll and carotenoid) in leaves and top междоузлия a stalk of summer soft wheat at the moment of flowering are cited. Distinction by quantity of pigments in different zones of a plate top leaf at investigated grades is established: a chlorophyll – 0,72–5,1; carotenoid – 0,37–1,3 mg/g of fresh weight. Increase of the maintenance of pigments from bottom to the top zone of a vagina top leaf and междоузлия is revealed. The maximum maintenance of a chlorophyll and carotenoid was observed at the studied cultivars of wheat in plates of leaves different metamers of shoot.

Key words: chlorophyll, carotenoid, metamer, leaf, stalk, wheat, cultivar.

Пигменты фотосинтеза, хлорофиллы и каротиноиды, агрегированные в составе светособирающих комплексов и реакционных центров фотосистем хлоропластов, выступают в качестве ведущих компонент в восприятии и аккумуляции энергии света в энергию химических связей. Отмечена положительная зависимость между содержанием пигментов фотосинтеза и интенсивностью фотосинтеза, достигаемой максимума у пшеницы при содержании хлорофилла до 4–5 мг на 1 дм² листьев [1, 2].

Содержание хлорофилла является наследуемым сортовым признаком, но зависит также от внешних условий, прежде всего минерального питания, температуры, водного баланса. Эндо-

генным регулятором фотосинтетических реакций выступают донорно-акцепторные отношения, где фотосинтезу отводится роль исполнительного элемента [3].

В проростках пшеницы уже к концу первого светового дня после всходов отмечается завершение этапа быстрого накопления хлорофиллов, а содержание каротиноидов возрастает примерно в два раза по сравнению с этиолированными растениями. В последующем может наблюдаться варьирование в содержании хлорофилла в пластинке листьев с достижением максимума по завершении их роста. От нижнего к верхнему листу содержание хлорофилла, как правило, возрастает и максимально оно обычно у флагового листа перед колошением. Для пшеницы характерно накопление большого количества хлорофилла не только в листовых пластинках, но и в листовых влагалищах, солоmine и колосе [4].

Сравнительный анализ содержания пигментов фотосинтеза в листьях и других органах яровой мягкой пшеницы саратовской селекции, за небольшим исключением [5], не проводился. В связи с этим представляло интерес определение качественного состава пигментов фотосинтеза и их количества в пластинке и влагалище листьев, колосонесущем междоузлии на примере группы сортов яровой мягкой пшеницы саратовской селекции.

Материал и методы исследования

В качестве объекта изучения выбраны сорта яровой мягкой пшеницы селекции НИИ СХ Юго-Востока. Для определения содержания пигментов фотосинтеза (хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов) верхнюю, среднюю и нижнюю части пластинок и влагалищ листьев, колосонесущего междоузлия стебля массой 0,07 – 0,08 г ($n = 3-4$) тщательно растирали в фарфоровой ступке с небольшим количеством 100%-ного ацетона (2–3 мл), чистого кварцевого песка и мела. После настаивания (2–3 мин) экстракт переносили на стеклянный фильтр № 3 и фильтровали в колбу Бунзена, соединенную с вакуумным насосом НВМ-1,5. Экстракцию пигментов небольшими порциями



чистого растворителя повторяли на фильтре 3–4 раза до полного извлечения пигментов. Концентрацию пигментов рассчитывали по уравнениям, составленным на основании экспериментально полученных с помощью спектрофотометра LEKI SS2109UV удельных коэффициентов поглощения для 100%-ного ацетона [6]:

$$\begin{aligned} C_{\text{хл.а}} &= 9,784 \times E_{662} - 0,990 \times E_{644}, \\ C_{\text{хл.б}} &= 21,426 \times E_{644} - 4,650 \times E_{662}, \\ C_{\text{хл.а+хл.б}} &= 5,134 \times E_{662} + 20,436 \times E_{644}, \\ C_{\text{кар}} &= 4,695 \times E_{440,5} - 0,268 (C_{\text{хл.а}} + C_{\text{хл.б}}). \end{aligned}$$

Установив концентрацию пигмента в вытяжке, определяли его содержание в исследуемом материале с учетом объема вытяжки и веса пробы: $A = C \times V / P \times 1000$, где C – концентрация пигментов, мг/л; V – объем вытяжки пигментов, мл; P – навеска растительного материала, г; A – содержание пигмента в растительном материале в мг/г сырой массы. Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и их обсуждение

При оценке содержания пигментов фотосинтеза (хлорофиллов a и b , каротиноидов) у пшеницы чаще используют пластинку листа или её фрагмент, взятый из средней части. Информация о количестве пигментов в других органах

растения, также участвующих в аккумуляции света и синтезе продуктов фотосинтеза, представлена фрагментарно. Не отражает в полной мере действительное содержание пигментов в пластинке листа их определение только в отдельных его зонах, учитывая особенности роста листьев пшеницы [7].

Как показали проведенные исследования, содержание пигментов фотосинтеза в разных зонах листовой пластинки флагового листа является специфичным признаком для каждого из исследуемых сортов и составляет в целом по группе: хлорофиллов – от 0,72 до 5,1 мг/г сырой массы (табл. 1); каротиноидов – от 0,37 до 1,3 мг/г сырой массы. У 4 сортов из 9 максимальное содержание хлорофиллов наблюдалось в верхней зоне листовой пластинки, у 2 сортов – в средней зоне, 3 сортов – в нижней зоне пластинки листа (см. табл. 1). Распределение сортов по количеству каротиноидов в разных зонах пластинки флагового листа было несколько иным: у 5 сортов из 9 их максимум приходился на среднюю зону, у остальных сортов – на нижнюю и верхнюю зоны пластинки. Выявленные сортовые особенности по содержанию пигментов фотосинтеза в разных зонах листовой пластинки отражают, возможно, степень устойчивости мезофилла к высокой температуре и недостатку влаги, на что обращалось внимание в некоторых работах [4, 8].

Таблица 1

Содержание хлорофиллов в разных зонах пластинки флагового листа яровой мягкой пшеницы, мг/г сырой массы

Сорт	Год районирования	Зона пластинки листа		
		нижняя	средняя	верхняя
Саратовская 42	1973	3,22±0,10	3,98±0,12	4,21±0,14
Альбидум 31	1994	2,82±0,09	3,85±0,12	4,13±0,11
Прохоровка	1996	2,89±0,08	2,32±0,07	0,72±0,04
Белянка	1999	4,72±0,14	3,18±0,10	4,4±0,12
Добрыня	2002	4,9±0,13	4,29±0,12	3,11±0,10
ЮВ-4	2002	1,09±0,04	3,16±0,10	2,34±0,07
Саратовская 68	2003	3,94±0,12	3,71±0,11	5,1±0,13
Фаворит	2007	3,7±0,11	3,44±0,12	4,38±0,13
Саратовская 73	2008	3,45±0,11	4,95±0,15	2,7±0,6
НСР _{0,95}	–	0,11	0,12	0,12

Количество пигментов фотосинтеза в других структурах пшеницы было меньше, но также специфичным для каждого из исследуемых

сортов. В частности, в целом по группе сортов содержание хлорофиллов составляло: во влажной пластинке листа – от 0,24 до 3,39; в колосонесущем



междоузлии стебля – от 0,1 до 1,56 мг / г сырой массы (табл. 2). Количество каротиноидов, так же как и в пластинке листа, было меньше: вла-

галище листа – от 0,15 до 0,96; колосонесущее междоузлие стебля – от 0,03 до 0,28 мг / г сырой массы.

Таблица 2

Содержание хлорофиллов в разных зонах колосонесущего междоузлия яровой мягкой пшеницы, мг/ г сырой массы

Сорт	Год районирования	Зона междоузлия		
		нижняя	средняя	верхняя
Саратовская 42	1973	0,12±0,01	0,38±0,01	1,06±0,03
Альбидум 31	1994	0,1±0,01	0,62±0,02	0,8±0,02
Прохоровка	1996	0,32±0,01	0,56±0,02	1,37±0,04
Белянка	1999	0,24±0,01	0,52±0,02	1,11±0,04
Добрыня	2002	0,38±0,02	0,33±0,01	1,08±0,03
ЮВ-4	2002	0,17±0,01	0,59±0,03	0,79±0,02
Саратовская 68	2003	0,38±0,02	0,53±0,02	0,59±0,02
Фаворит	2007	0,91±0,03	0,76±0,03	1,56±0,05
Саратовская 73	2008	0,32±0,01	0,4±0,01	1,25±0,04
НСР _{0,95}	–	0,02	0,02	0,03

В отличие от пластинки листа пшеницы распределение в содержании пигментов фотосинтеза в разных зонах влагалища листа и колосонесущего междоузлия стебля было иным. У всех сортов отмечалось последовательное возрастание содержания как хлорофиллов (см. табл. 2), так и каротиноидов от нижней до верхней зоны исследуемых нами структур побега пшеницы.

Сортовые особенности в содержании пигментов фотосинтеза наблюдались и в случае их определения в пластинках листьев разных метамеров побега (табл. 3, 4). В частности, от нижнего, 3-го листа, который к моменту цветения у некоторых

сортов не сохранялся, к верхним листьям отмечалось возрастание содержания: хлорофиллов – от 1,12 (Добрыня) до 6,87 мг/г (Фаворит) сырой массы; каротиноидов – от 0,28 (Добрыня) до 1,9 мг/г (Саратовская 73) сырой массы.

Максимальное содержание хлорофиллов и каротиноидов наблюдалось в пластинках разных листьев: у 5 сортов из 9 – в 6-м листе, у 2 сортов (Альбидум 31 и Фаворит) – в 5-м листе, у 2 сортов (Прохоровка и Саратовская 68) – в 4-м листе. У всех исследуемых сортов содержание хлорофиллов и каротиноидов в пластинке флагового листа было меньше (см. табл. 3, 4).

Таблица 3

Содержание хлорофиллов в пластинке листьев яровой мягкой пшеницы, мг / г сырой массы

Сорт	Листья (снизу вверх)				
	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й
Саратовская 42	2,08±0,07	3,15±0,12	3,93±0,14	4,72±0,19	4,21±0,17
Альбидум 31	4,37±0,13	3,59±0,14	5,76±0,18	5,04±0,20	4,13±0,12
Прохоровка	2,42±0,11	3,62±0,11	2,65±0,08	1,73±0,11	0,73±0,03
Белянка	1,47±0,09	2,02±0,06	3,25±0,13	4,76±0,14	4,4±0,14
Добрыня	1,12±0,06	2,36±0,08	2,95±0,09	4,05±0,12	3,11±0,10
ЮВ - 4	–	2,99±0,09	4,56±0,17	4,75±0,15	2,34±0,07
Саратовская 68	–	5,87±0,18	4,79±0,15	4,51±0,12	5,11±0,14
Фаворит	3,88±0,14	5,72±0,16	6,87±0,21	5,51±0,15	4,38±0,12
Саратовская 73	–	3,03±0,12	3,02±0,10	6,39±0,18	2,7±0,10
НСР _{0,95}	0,11	0,13	0,15	0,17	0,14



Таблица 4

Содержание каротиноидов в пластинке листьев яровой мягкой пшеницы, мг /г сырой массы

Сорт	Листья (снизу вверх)				
	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й
Саратовская 42	0,42±0,02	0,74±0,03	0,95±0,04	1,18±0,04	0,94±0,03
Альбидум 31	1,03±0,03	1,05±0,04	1,55±0,09	1,49±0,05	0,72±0,03
Прохоровка	0,74±0,03	0,95±0,03	0,49±0,02	0,43±0,02	0,21±0,01
Белянка	0,4±0,02	0,58±0,02	0,7±0,03	1,01±0,04	0,77±0,03
Добрыня	0,28±0,01	0,47±0,02	0,87±0,03	1,09±0,03	0,93±0,02
ЮВ-4	–	0,89±0,03	1,31±0,07	1,69±0,10	0,78±0,03
Саратовская 68	–	1,56±0,10	1,42±0,08	1,23±0,04	1,3±0,05
Фаворит	0,93±0,02	1,28±0,05	1,72±0,10	1,33±0,05	1,27±0,04
Саратовская 73	–	0,86±0,03	0,82±0,02	1,9±0,08	0,72±0,03
НСР _{0,95}	0,02	0,05	0,07	0,07	0,03

Отмечено, что для каждого из листьев пшеницы свойственна определенная доля содержания хлорофилла *a* (в % от общего количества хлорофиллов) с учётом сортовых особенностей: в 3-м листе – 65–75; 4-м – 64–75; 5-м – 69–77; 6-м – 67–78; 7-м – 62–78%. Содержание каротиноидов в пластинках листьев (в % от общего количества пигментов фотосинтеза) было стабильным в нижних (3-м – 5-м) листьях, составляя среди исследуемых сортов от 16 до 23%, и несколько варьировало в верхних листьях: 6-м – 18–26, 7-м – 15–25%.

Наблюдаемые сортовые особенности в содержании хлорофиллов и каротиноидов в каждом из листьев побега свидетельствуют о пластичности межметамерных отношений в онтогенезе пшеницы, их зависимости на уровне целого растения от развития корневой системы и развивающегося акцептора, колоса, а также внешних условий.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить факт существенной гетерогенности по содержанию пигментов фотосинтеза в пластинке и влагалище флагового листа, колосонесущем междоузлии. Отмечена метамерная изменчивость в содержании хлорофиллов и каротиноидов в пластинках листьев, специфичная для каждого из сортов яровой мягкой пшеницы саратовской селекции.

Список литературы

1. Тарчевский И. А., Андрианова Ю. Е. Содержание пигментов как показатель мощности развития фотосинтетического аппарата у пшеницы // Физиология растений. 1980. Т. 27, вып. 2. С. 341–348.
2. Кабашишникова Л. Ф. Фотосинтетический аппарат и потенциал продуктивности хлебных злаков. Минск : Беларус. навука, 2011. 327 с.
3. Мокронос А. Т. Взаимосвязь фотосинтеза и функций роста // Фотосинтез и продукционный процесс. М. : Наука, 1988. С. 109–121.
4. Кумаков В. А. Физиология яровой пшеницы. М. : Колос, 1980. 207 с.
5. Кумаков В. А., Можайская Л. О., Поздеев А. И. Ярусная изменчивость структуры и физиологической активности листьев растений пшеницы в связи с их морфогенезом // Сельскохозяйственная биология. 1999. № 3. С. 61–67.
6. Гавриленко В. Ф., Жигалова Т. В. Большой практикум по фотосинтезу. М. : Изд. центр «Академия», 2003. 256 с.
7. Степанов С. А., Коробко В. В., Щеглова Е. К. Метамерные особенности роста и развития листьев пшеницы // Вестн. Башкир. ун-та. 2001. № 2 (1). С. 162–163.
8. Matile P., Hörtensteiner S., Thomas H. Chlorophyll degradation // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1999. Vol. 50. P. 67–95.