

8. Игнатенко А. В., Сикорская С. В., Черенкевич С. Н. // Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 1985. № 1. С. 42.
9. Татаринов Б. А., Щербань А. И. // Докл. АН БССР. 1984. Т. 28. № 2. С. 183.
10. Иванова И. А. // Гормональная регуляция онтогенеза растений. М., 1984. С. 127.

УДК 581.174

*Л. А. ХОДОРЕНКО, Л. В. КАХНОВИЧ, А. В. ПЕТРЕНКО*

## **МОРФОСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХЛОРОПЛАСТОВ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ**

Одним из путей увеличения урожая зерновых культур является создание высокопродуктивных сортов. Для ускорения их селекции большая роль принадлежит физиологическим методам отбора и оценки исходного материала. В последнее время в литературе появились сообщения [1—4], в которых указывается на существование корреляции между отдельными физиолого-биохимическими, морфо-анатомическими признаками и урожаем растений. Обнаружена корреляция между показателем обновления хлорофилла и урожаем зерна ячменя [1], в отдельных случаях удалось установить прямую зависимость между скоростью нециклического электронного транспорта в хлоропластах кукурузы и ее продуктивностью [2]. Имеется небольшое количество работ, где рассматривается возможность использования параметров мезоструктурной организации фотосинтетического аппарата в качестве теста при отборе продуктивных форм [3, 4]. Установлено, что особенности структуры и функциональной активности фотосинтетического аппарата на разных биологических уровнях его организации, начиная с мембран хлоропластов и кончая агрофитоценозом, могут быть лимитирующими факторами эффективности использования фотосинтетически активной радиации [4—6]. Вследствие этого одним из важных резервов повышения продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур является создание сортов нового типа, обладающих улучшенными фотосинтетическими характеристиками, с высокой способностью фотосинтетического аппарата эффективно использовать световую энергию.

Методы ранней диагностики потенциальной продуктивности исходных форм особенно ценны, так как это поможет решить задачу интенсификации процесса селекции высокопродуктивных сортов. В связи с этим проведено сравнительное изучение основных характеристик фотосинтетического аппарата на уровне хлоропласта различающихся по продуктивности сортов ячменя на ранних этапах онтогенеза.

### **Материал и методика**

В качестве объекта исследования взяты растения различных по продуктивности сортов ярового ячменя (более продуктивные сорта Трумпф, Надя, Мами и менее продуктивные Эльгина и Альза). С целью определения стабильности сортовых различий в структурной организации фотосинтетического аппарата и времени четкого проявления их уже на ранних этапах онтогенеза исследования проводились на 4-й, 8-й, 12-й дни вегетации. Структурную организацию фотосинтетического аппарата изучали по следующим характеристикам: параметры хлоропластов, их объем и поверхность, количество в клетке и в единице площади листа, фотоактивная поверхность единицы площади листа. Использовали методику, описанную ранее [5]. В связи с тем, что хлоропласты в клетке могут располагаться в различных плоскостях, вычисляли площадь проекции хлоропластов вдоль длинной ( $S_{\max}$ ) и вдоль короткой оси ( $S_{\min}$ ), а также площадь их полной поверхности  $S_{\text{полн.}}$ . Материал обработан статистически [7], подчеркиваемые различия достоверны.

## Результаты и их обсуждение

Исследуемые сорта ячменя имели различную степень развития фотосинтетического аппарата на уровне хлоропласта. Об этом свидетельствуют данные по объему и поверхности хлоропластов: у сорта с низкой зерновой продуктивностью (Альза) размеры хлоропласта на 19—40 % меньше, чем у более продуктивных сортов. Значительные различия (10—55%) получены по общей поверхности хлоропластов в клетке и в единице площади листа (в 1,5—3 раза) (табл. 1—3). Последнее обстоятельство является существенным для поглощения и реализации светового потока. Данный показатель может иметь решающее значение для интенсивности фотосинтеза, коррелирующего с формированием урожая растений.

Для характеристики оптических свойств листьев и диффузии  $\text{CO}_2$  в мезофилле важное значение имеет площадь проекции (сечения) хлоропластов, а также площадь полной поверхности хлоропластов. Данные показатели существенны в характеристике фотосинтетического аппарата, так как площадь проекции хлоропластов коррелирует с интенсивностью фотосинтеза [8]. Как показали результаты проведенного исследования (см. табл. 1—3), максимальная поверхность проекции хлоропластов неодинакова у исследуемых сортов, что обуславливает различные возможности фотосинтетического аппарата уже на ранних этапах роста и развития растений (4—12-дневные растения). Более продуктивные сорта отличались большими значениями проекции хлоропластов, различия составляли по отношению к сорту Альза 24—50 %, что характеризует фотосинтетический аппарат этих сортов как более оптимальный. Это подтверждают и данные по площади полной поверхности хлоропластов в клетке и в единице площади ассимиляционных тканей (см. табл. 1—3). Площадь полной поверхности хлоропластов в клетке у сорта Альза в 1,3—1,7 раза меньше таковой более продуктивных сортов.

Существенно изменяется в зависимости от сортовых особенностей площадь полной поверхности хлоропластов в единице площади листа. Сорта более урожайные характеризуются на ранних этапах роста хорошо развитой фотоактивной поверхностью. Сорт Альза, как менее урожайный, имеет в 1,7—3,4 раза меньшую фотоактивную поверхность хлоропластов, что может привести к снижению фотосинтетической функции данного сорта и в конечном счете к уменьшению продуктивности растений.

Степень развития фотоактивной поверхности хлоропластов определяется не только размерами хлоропластов, но и их количеством и расположением в клетке. Как показывают данные (см. табл. 1—3), число хлоропластов в расчете на клетку различается у сортов в меньшей степени (8—10 %), чем их размеры. Однако по числу хлоропластов в единице площади листа сорта имеют существенные различия (в 1,3—2,2 раза), что связано также с изменением числа клеток в ассимиляционных тканях.

Сортовые особенности по вариабельности числа и размеров хлоропластов сохраняются на 4-й—12-й день роста растений. Изменения данных параметров в онтогенезе листа аналогичны у всех сортов: к 12-му дню вегетации показатели степени развития хлоропластов снижались, что может быть связано со старением листа. В связи с этим анатомо-физиологические признаки стареющих листьев нецелесообразно использовать в качестве критерия для оценки потенциальной продуктивности сорта.

Таким образом, структурно-функциональная характеристика фотосинтетического аппарата на уровне хлоропласта у сортов ячменя, различающихся по продуктивности, свидетельствует об их неодинаковых функциональных возможностях, определяющих фотосинтетическую активность. Уже на ранних этапах формирования листа выявлены осо-

Размеры и количество хлоропластов в листьях растений ячменя (4-дневные растения)

Сорт	Объем хлоропласта, мкм <sup>3</sup>	Поверхность хлоропластов			S <sub>полн.</sub> мкм <sup>2</sup>	S <sub>max</sub> мкм <sup>2</sup>	S <sub>min</sub> мкм <sup>2</sup>	S <sub>полн.</sub> мкм <sup>2</sup>		Число хлоропластов	
		хлоропласта, мкм <sup>2</sup>	в клетке, мкм <sup>2</sup> ·10 <sup>2</sup>	в 1 см <sup>2</sup> листа, см <sup>2</sup>				в клетке, ·10 <sup>2</sup>	в 1 см <sup>2</sup> листа, ·10 <sup>8</sup>	в клетке	в 1 см <sup>2</sup> листа, ·10 <sup>8</sup>
Трумпф	37,72	57,15	14,00	9,37	93,19	24,38	21,22	22,83	15,27	24,5±0,8	16,39
Надя	34,97	52,98	14,67	6,41	84,27	22,55	18,36	23,34	10,19	27,7±1,1	12,10
Мами	32,20	48,78	12,29	5,71	73,97	20,80	14,63	18,64	8,65	25,2±0,5	11,70
Эльгина	27,23	41,25	9,90	4,09	76,11	20,16	16,89	18,26	7,55	24,0±0,8	9,92
Альза	26,93	40,80	8,97	3,00	60,79	16,16	13,43	13,43	4,46	22,1±1,0	7,34

Т а б л и ц а 2

Размеры и количество хлоропластов в листьях растений ячменя (8-дневные растения)

Сорт	Объем хлоропласта, мкм <sup>3</sup>	Поверхность хлоропластов			S <sub>полн.</sub> мкм <sup>2</sup>	S <sub>max</sub> мкм <sup>2</sup>	S <sub>min</sub> мкм <sup>2</sup>	S <sub>полн.</sub> мкм <sup>2</sup>		Число хлоропластов	
		хлоропласта, мкм <sup>2</sup>	в клетке, мкм <sup>2</sup> ·10 <sup>2</sup>	в 1 см <sup>2</sup> листа, см <sup>2</sup>				в клетке, ·10 <sup>2</sup>	в 1 см <sup>2</sup> листа, ·10 <sup>8</sup>	в клетке	в 1 см <sup>2</sup> листа, ·10 <sup>8</sup>
Трумпф	36,93	55,96	16,00	9,80	80,76	22,06	16,89	23,09	14,22	28,6±0,8	17,61
Надя	30,69	46,50	15,20	8,40	73,60	19,20	16,89	24,06	13,35	32,7±1,6	18,15
Мами	47,80	72,43	18,83	9,20	102,36	27,61	22,04	26,61	12,93	26,0±1,3	12,64
Эльгина	21,62	32,76	9,82	4,30	71,90	17,67	14,50	21,57	9,51	30,0±0,7	13,24
Альза	24,17	36,62	7,47	2,70	71,90	19,82	15,73	14,66	5,27	20,4±1,3	7,33

Таблица 3

## Размеры и количество хлоропластов в листьях растений ячменя (12-дневные растения)

Сорт	Объем хлоропласта, мкм <sup>3</sup>	Поверхность хлоропластов			S <sub>полн.</sub> , мкм <sup>2</sup>	T S <sub>max</sub> , мкм <sup>2</sup>	S <sub>min</sub> , мкм <sup>2</sup>	S <sub>полн.</sub> , мкм <sup>2</sup>		Число хлоропластов	
		хлоропласта, мкм <sup>2</sup>	в клетке, мкм <sup>2</sup> · 10 <sup>2</sup>	в 1 см <sup>2</sup> листа, см <sup>2</sup>				в клетке, · 10 <sup>3</sup>	в 1 см <sup>2</sup> листа, · 10 <sup>8</sup>	в клетке	в 1 см <sup>2</sup> листа, · 10 <sup>8</sup>
Трумф	31,78	48,15	11,74	8,30	73,35	19,44	16,89	17,89	12,71	24,4±1,2	17,34
Надя	24,22	36,70	7,45	3,80	67,57	17,49	15,73	13,71	7,03	20,3±0,8	10,41
Мами	45,74	69,31	19,89	9,40	95,58	25,64	20,72	27,43	12,91	28,7±1,5	13,51
Эльгина	16,58	25,13	6,28	2,00	48,10	13,58	9,48	12,02	3,87	25,0±0,7	8,06
Альза	17,09	25,90	4,19	1,50	44,46	12,30	9,26	7,20	2,56	16,2±1,0	5,78

бенности его структурной организации, установлена структурная неравноценность единицы площади листа у различных по продуктивности сортов ячменя, что определяет эффективность его работы и в значительной мере — формирование урожая растений.

### Список литературы

1. Гапоненко В. И., Николаева Г. Н. и др. // Проблемы и перспективы селекции зерновых, зернобобовых и кормовых культур в XII пятилетке. Жодино, 1985. С. 142
2. Разумович А. Н., Юренкова С. М. и др. Там же. С. 168.
3. Чайка М. Т., Климович А. С. и др. Там же. С. 174.
4. Кахнович Л. В., Ходоренко Л. А., Петренко А. В. и др. // Ботаника. Минск, 1980. Вып. 22. С. 194.
5. Ходоренко Л. А., Кахнович Л. В., Равинская И. А. Там же. 1982. Вып. 24. С. 56.
6. Быков О. Д., Зелинский М. И. // Физиология фотосинтеза. М., 1982. С. 294.
7. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск, 1973.