

31. Таран Н.А., Сапалев Г.В. // Сб. науч. тр. Гродн. СХИ. 1972. Вып.15. С.20.
32. Курилов В.И. Биологические особенности тлей – переносчиков вирусов картофеля и меры борьбы с ними в условиях Белоруссии: Автореф. дис.... канд. биол. наук. Мн., 1969.
33. Курилов В.И. // Фауна и экология насекомых Белоруссии. Мн., 1971. С.73.
34. Амбросов А.Л., Полякова Т.Е., Байдалова О.Д. // Защита растений. Мн., 1982. Т.7. С.144.
35. Полякова Т.Е., Юхневич М.И. // Картофелеводство. Мн., 1982. №5. С.90.
36. Жукова М.И. // Защита растений. Мн., 1986. Т.11. С.45.
37. Самерсов В.Ф., Мормылева В.Ф., Траленко Г.Я. // Там же. Мн., 1980. Т.5. С.57.
38. Новокшенова В.Г. // Тез. докл. V зоол. конф. БССР. Мн., 1983. С.58.
39. Самерсов В.Ф. Интегрированная система защиты зерновых культур от вредителей. Мн., 1988.
40. Навакшонава В.Р. // Изв. АН БССР. Сер. с.-х. наук. 1988. №2. С.103.
41. Мормылева В.Ф. // Новейшие достижения сельскохозяйственной энтомологии. Вильнюс, 1981. С.119.
42. Гримальский В.И., Энтин Л.И. // Влияние хозяйственной деятельности человека на беспозвоночных. Мн., 1980. С.38.
43. Горленко С.В., Блинцов А.И., Панько Н.А. Устойчивость древесных интродуцентов к биотическим факторам. Мн., 1988.

Поступила в редакцию 19.02.98.

УДК 581.132

Л.В.КАХНОВИЧ, Л.А.ХОДОРЕНКО, Е.В.ГЕЦМАН

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЗОСТРУКТУРЫ ЛИСТА СОРТОВ ЯЧМЕНЯ С РАЗЛИЧНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРОДУКТИВНОСТИ

It has been studied the structure specifics of assimilation tissues in barley plants with varying productivity potential. Photosynthetic apparatus parameters that are capable to limit productivity potential have been shown. It has been found interconnection of the level of assimilation tissue development to the functional activity of photosynthetic systems.

Регуляция фотосинтетической активности может осуществляться в растениях на различных уровнях их организации. В связи с этим важное значение приобретает изучение структур, обеспечивающих этот процесс с учетом различных уровней организации фотосинтетического аппарата (от фотосинтетических мембран до целого растения). Фотосинтетические системы, наряду с другими процессами, обуславливают формирование биологического и хозяйственного урожая растений. Однако при этом важно выяснить, какие из показателей фотосинтетического аппарата можно считать решающими при реализации его потенциальных возможностей. В этом направлении достигнуты определенные успехи, указывающие на тесную взаимосвязь фотосинтеза с продукционным процессом [1–4].

Однако полученных данных еще недостаточно для обоснования физиолого-биохимических основ высокой продуктивности растений. Для этого требуются дополнительные комплексные исследования структурной и функциональной организации фотосинтетического аппарата у растений контрастной продуктивности. Это обусловлено тем, что функциональная активность фотосинтетического аппарата в значительной степени связана с его оптическими свойствами, определяемыми как анатомической структурой, так и биохимическим составом. Именно степень гетерогенности листа определяет величину коэффициента использования им лучистой энергии на процесс фотосинтеза [5]. В связи с этим важным является сравнительное изучение мезоструктурной организации листьев различающихся по продуктивности сортов растений. Это дает возможность выяснить не только роль отдельных компонентов структуры фотосинтетического аппарата в его функциональной активности, но и использовать данные показатели для диагностики продуктивности растений. Определение анатомо-физиологических показателей, коррелирующих с активностью фотосинтетических систем, может служить основой для разработки тестов, характеризующих функциональное состояние листа.

Материал и методика

Проводилось сравнительное исследование структурных особенностей фотосинтетического аппарата растений с различной биологической и хозяйственной продуктивностью для выявления параметров фотосинтетических систем, лимитирующих их активность. Изучалась также взаимосвязь основных структурных показателей фотосинтетического аппарата с формированием биомассы. Объектом исследования служили растения низкопродуктивного сорта старой селекции экстенсивного типа Винер и сорт Интенсивный с высоким потенциалом продуктивности. Растения выращивали в лабораторных условиях. Исследования проводили на ранних этапах онтогенеза с учетом степени сформированности листьев и хлоропластов.

Структурную организацию листа, количество хлоропластов в клетке и в листе исследовали по методу, изложенному в работах [6,7]. Анатомические исследования фотосинтетического аппарата на уровне листа проводили с 25–30-кратной повторностью с установлением статистически достоверных различий по полученным показателям. Приводятся обобщенные данные нескольких серий опыта с учетом возраста листьев. Проводилось сопоставление структурных параметров фотосинтетического аппарата с его функциональной активностью.

Результаты и их обсуждение

При исследовании анатомических показателей ассимиляционных тканей контрастных по продуктивности сортов растений ячменя выявлен ряд особенностей, позволяющих дать сравнительную характеристику их фотосинтетического аппарата на различных уровнях его организации, в том числе и на уровне хлоропласта.

Полученные данные (табл.1) свидетельствуют об устойчивых анатомо-морфологических различиях некоторых параметров листьев сравниваемых сортов (10-дневные листья).

Таблица 1

Толщина листа, размеры и количество клеток растений ячменя различной продуктивности

Показатель	Сорт	
	Винер	Интенсивный
Толщина листа, мкм	158±2,6	189±1,20
Толщина мезофилла, мкм	122,8±1,74	144,2±2,08
Отношение поверхности мезофилла к площади листа	63,2	75,6
Длина клетки, мкм	32,6±1,9	28,8±2,0
Ширина клетки, мкм	21,4±1,2	20,7±1,5
Объем клетки, мкм ³	11721	9685
Объем клеток на 1 см ² листа, мкм ³ · 10 ⁷	731	946
Число клеток на 1 см ² листа · 10 ³	624	977

На ранних этапах роста и развития листа растения сорта Интенсивный отличались большей толщиной листа по сравнению с сортом экстенсивного типа Винер, что обусловлено в первую очередь различным содержанием числа клеток в единице поверхности листа (см. табл.1). Число клеток в 1 см² листа растений сорта Интенсивный было в 1,6 раза больше, чем у сорта Винер, что обеспечило сорту интенсивного типа больший объем мезофилла, от которого зависит в значительной степени поглощение и реализация световой энергии. Это подтверждается отношением поверхности мезофилла к площади листа. Данный показатель характеризует степень развития ассимиляционных тканей исследуемых сортов, так как показывает, во сколько раз внутренняя поверхность листа превышает его площадь. Поверхность мезофилла листа высокопродуктивного сорта на 20% больше, чем низкопродуктивного сорта. Это может обеспечить более эффективную работу фотосинтетических систем

растений интенсивного типа. В то же время различия по величине клеток имели иной характер: сорт Винер характеризовался большими размерами клеток (11721 мкм^3), но меньшим их количеством в единице площади листа (1 см^2) по сравнению с сортом Интенсивный (9685 мкм^3).

Для количественной оценки данных показателей структуры ассимиляционных тканей в определении интенсивности фотосинтеза проведено сопоставление их с интенсивностью накопления листьями сухой и сырой массы. Увеличение суммарной поверхности клеток в единице площади листа коррелирует с толщиной листа и массой единицы его поверхности (1 см^2). Коэффициент корреляции данной зависимости равен $0,83 \pm 0,06$.

Получены существенные различия между растениями старой и новой селекции (Винер и Интенсивный) по количеству хлоропластов в расчете на единицу площади листа и на лист. Число хлоропластов в листе сорта Интенсивный в два раза превышает эти же значения у растений сорта Винер. Это обусловлено увеличением в последнем случае числа клеток, поскольку растения различной потенциальной продуктивности в меньшей степени различались по количеству хлоропластов в расчете на одну усредненную клетку (табл.2).

Таблица 2

Число и размеры хлоропластов растений ячменя различных сортов

Показатель	Сорт	
	Винер	Интенсивный
Количество хлоропластов в клетке	$20,60 \pm 2,1$	$23,00 \pm 1,3$
Количество хлоропластов в 1 см^2 листа $\cdot 10^3$	12852	22467
Количество хлоропластов в листе $\cdot 10^3$	24418	51674
Объем хлоропласта, мкм^3	16,04	16,80
Объем хлоропластов в клетке, мкм^3	330,42	386,40
Поверхность хлоропласта, мкм^2	24,30	25,45
Поверхность хлоропластов в клетке, мкм^2	500,58	585,35
Поверхность хлоропластов в 1 см^2 , см^2	3,12	5,71
Фотоактивная поверхность листа, см^2	5,90	13,10
Площадь сечения одного хлоропласта, мкм^2 :		
вдоль длинной оси (S_{max})	43,13	49,37
вдоль короткой оси (S_{min})	30,74	39,76
Суммарная максимальная площадь сечения хлоропластов клетки, мкм^2	888,47	1135,51
Суммарная максимальная площадь сечения хлоропластов на 1 см^2 листа, $\text{мкм}^2 \cdot 10^6$	554	1109
Число хлоропластов, приходящихся на 1000 мкм^3 объема клетки	1,75	2,30
Относительный объем хлоропластов, в % от объема клетки	28	39

Не установлены отличия по объему и поверхности отдельных хлоропластов. Однако данные показали, что сорт интенсивного типа имел больший объем и поверхность хлоропластов как в единице площади листа, так и в расчете на лист.

Поверхность хлоропластов представляет собой фотоактивную поверхность ассимиляционных тканей, от которой зависит эффективность работы фотосинтетических систем. Растения интенсивного типа имеют большие потенциальные возможности в осуществлении процесса фотосинтеза, так как фотоактивная поверхность их хлоропластов в единице площади листа превышает в 1,8, а в листе – в 2,2 раза фотоактивную поверхность растений экстенсивного типа (см. табл.2).

В связи с тем, что лист обладает оптическими свойствами и осуществляет диффузию CO_2 , определенную значимость имеют размеры площади проекции (сечения) хлоропластов, а также площади их полной поверхности. Площадь проекции хлоропластов тесно коррелирует с интенсивностью фотосинтеза [8].

Данный показатель получил название индекса поверхности хлоропластов. Так как хлоропласты в клетке могут располагаться в разных плоскостях, поэтому площадь проекции хлоропластов определяли вдоль длинной оси ($S_{\max}$) и вдоль короткой ($S_{\min}$).

Как видно из данных табл.2, суммарная максимальная площадь сечения хлоропластов в расчете на одну клетку у растений различных генотипов неодинакова, что, безусловно, может влиять на эффективность работы ассимиляционных тканей. Это подтверждается данными о суммарной максимальной площади сечения хлоропластов в единице площади листа. У листьев интенсивного сорта индекс поверхности хлоропластов в два раза выше, чем у экстенсивного.

Представляют интерес данные по сопоставлению объема клеток мезофилла с числом хлоропластов. Для исследуемых сортов характерно определенное число хлоропластов, приходящихся на единицу объема клетки: у сорта Винер на 1000 мкм^3 объема клетки оно равно 1,75, у сорта Интенсивный – 2,30. В связи с этим исследуемые растения характеризуются различным относительным объемом хлоропластов в зависимости от объема клетки. Разница между сортами составляет 11%.

Полученные данные позволяют считать, что единица площади листа у сортов контрастной продуктивности является структурно неравноценной. Это обеспечивает различную продуктивность работы хлоропластов и накопление органических веществ в процессе фотосинтеза (табл.3).

Таблица 3

Продуктивность работы хлоропластов, содержание органических веществ (по углероду) и сухой массы в листьях растений ячменя различных сортов

Сорт	Продуктивность работы единицы фото-активной поверхности хлоропластов по накоплению углерода, мг/сутки $\cdot 10^{-2}$	Содержание органических веществ (по углероду), мг/г сырой массы	Сухая масса, %
Винер	54,71	$31,27 \pm 0,30$	$8,31 \pm 0,07$
Интенсивный	175,31	$40,12 \pm 0,21$	$12,11 \pm 0,10$

Таким образом, в результате проведенных исследований уже на ранних этапах онтогенеза растений установлено наличие сортовых особенностей по ряду анатомо-морфологических показателей, коррелирующих с активностью фотосинтетического аппарата: толщина и объем мезофилла, фотоактивная поверхность хлоропластов, индекс поверхности хлоропластов, число клеток в листе.

Полученные данные могут быть использованы при оценке состояния фотосинтетического аппарата и установлении критериев его оптимальной работы, обеспечивающей максимальную биологическую продуктивность растений.

1. Кумаков В.А. // Фотосинтез и продукционный процесс. М., 1988. С.252.
2. Чайка М.Т., Ламан Н.А., Греб С.И. // Там же. С.262.
3. Гуляев Б.И. // Там же. С.218.
4. Кахнович Л.В., Павлович О.Н. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1993. №2. С.24.
5. Мокроносов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М., 1982.
6. Годнев Т.Н., Калишевич С.В. // Памяти Любименко. Сб ст. Киев, 1958. С.51.
7. Кахнович Л.В., Саркисова Е.А. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1995. №2. С.42.
8. Karija K., Tsunoda S. // Tohoku J.Agric.Res. 1972. Vol.23. №1. P.1.