

ВЛИЯНИЕ ВОЗБУДИТЕЛЯ МУЧНИСТОЙ РОСЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ ЯЧМЕНЯ И ПШЕНИЦЫ

It is shown that in mildew-infected leaves of barley and wheats falls a contents of pigments an chloroplasts. In ditto time beside barley fine observable an amount an carotenoids at a period of blossoms.

Изучение структурно-функциональной организации хлоропластов здоровых и больных растений представляет несомненный научный и практический интерес. Это связано с тем, что количественный и качественный состав пигментов хлоропластов, их динамика в процессе роста и развития растений служат достаточно четким критерием оценки продуктивности сельскохозяйственных культур [1,2], а также их устойчивости к фитопатогенным организмам [3]. Знание этих вопросов позволит повысить эффективность отбора продуктивных растений для проведения селекционной работы по закреплению их иммунитета. Именно поэтому вопрос о влиянии патогенов (вирусов, бактерий, грибов) на порфириновый обмен, биосинтез хлорофиллов и каротиноидов привлекает все большее внимание фитопатологов.

В связи с этим нами проведено изучение возбудителя мучнистой росы на динамику содержания фотосинтезирующих пигментов в листьях ячменя и пшеницы в зависимости от степени их поражения, фазы развития и яркости листьев.

Материал и методика

Объектами исследования служили растения пшеницы сорта Мироновская остистая и ячменя сорта Роланд, выращенные в полевых условиях. Материалом для количественного определения пигментов служили листья растений, пораженные возбудителем мучнистой росы *Erysiphe graminis* f. *hordei* и f. *tritici*. Ацетоновую вытяжку пигментов из высечек листьев одного и того же яруса, взятых у больных и здоровых растений 1–4-й степени поражения, использовали для спектрофотометрического определения в ней пигментов [4]. Контролем служили здоровые растения.

Степень поражения листьев определяли по 4-балльной шкале: 1-я степень – площадь поражения листовой пластинки составляла 1–10 %, 2-я – 11–25, 3-я – 26–50 и 4-я степень – свыше 50 %. Повторность опытов шестикратная. Приводятся усредненные данные исследований 1992–1997 гг.

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных нами данных свидетельствует о том, что заболевание растений мучнистой росой сопровождается снижением концентрации пигментов хлоропластов в листьях больных растений по сравнению со здоровыми (табл. 1). При этом отмечены некоторые различия в динамике содержания зеленых и желтых пигментов в процессе роста и развития растений пшеницы и ячменя.

Содержание хлорофиллов *a* и *b* начинает снижаться уже при 2-й степени поражения, т.е. в начальный период патогенеза, отклонения от контроля незначительны (1–6%). Аналогичная закономерность наблюдалась при исследовании поражения ржи возбудителями ржавчины и мучнистой росы [5]. По мере дальнейшего развития инфекции снижение концентрации хлорофилла в листьях ячменя и пшеницы идет с большей скоростью (см. табл.1).

При 2-й степени поражения суммарное содержание зеленых пигментов в листьях пшеницы для разных зон листа составляло в среднем 71,4% от контроля, при 3-й степени – 54,3, а при 4-й – 12,6%. При этом хлорофиллы *a* и *b* разрушались примерно с одинаковой скоростью на всем протяжении болезни, исключая 4-ю степень поражения, которая совпадает со стадией спороношения гриба. На этой стадии наблюдалось увеличение отношения

хлорофилл *a* / хлорофилл *b* до 5,26 у пшеницы и 8,13 у ячменя, что свидетельствует о более быстром разрушении хлорофилла *b* в конце патогенеза. Это, по-видимому, связано с его разрушением под действием протеолитических ферментов гриба [6]. Кроме того, снижение содержания хлорофилла в листьях растений может быть обусловлено значительным замедлением фотопревращения содержащегося в тканях протохлорофиллида, т.е. происходит нарушение биосинтеза данного пигмента на заключительном этапе.

Таблица 1

Содержание зеленых и желтых пигментов в листьях пшеницы и ячменя в зависимости от степени поражения, мг/г сухой массы

Степень поражения	Хлорофилл <i>a</i> + <i>b</i>			Хлорофилл <i>a</i> / хлорофилл <i>b</i>			Хлорофилл <i>a</i> + <i>b</i> / каротиноиды		
	Зоны листа								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Пшеница								
Контроль	6,28±0,62	6,05±0,62	5,61±0,55	1,96	2,43	2,18	3,85	3,43	4,2
1-я	6,1±0,57	5,36±0,58	5,71±0,45	1,94	2,08	2,17	3,81	3,43	3,98
2-я	4,48±0,53	4,22±0,48	4,1±0,57	2,74	2,62	2,24	3,59	3,04	3,24
3-я	3,06±0,35	3,36±0,4	3,29±0,25	2,86	3,31	3,0	3,11	2,34	2,35
4-я	0,61±0,17	0,93±0,12	0,72±0,19	5,26	3,17	3,17	2,52	1,86	2,03
	Ячмень								
Контроль	6,52±0,56	6,81±0,35	6,97±0,42	3,21	4,02	3,28	4,10	4,33	4,45
1-я	6,50±0,47	6,74±0,51	6,96±0,28	2,97	4,1	3,19	3,51	3,95	3,16
2-я	5,96±0,51	5,76±0,29	6,32±0,37	2,94	3,35	4,84	3,01	3,86	3,88
3-я	3,10±0,43	3,16±0,28	3,23±0,25	2,52	1,92	2,84	3,21	2,65	1,33
4-я	1,37±0,22	1,05±0,17	1,23±0,19	8,13	3,20	2,44	1,57	1,90	1,42

При пересчете концентрации хлорофилла на сырую и сухую массу, а также площадь листа общая закономерность в динамике содержания пигментов практически не изменяется.

Значительный интерес представляет изучение динамики содержания пигментов в тканях листьев по фазам вегетации растений, поскольку от функциональной активности хлоропластов в разные периоды развития растений, особенно в фазу цветения, в значительной мере зависит их продуктивность. Установлено постепенное снижение концентрации зеленых и желтых пигментов практически на всем протяжении периода вегетации растений пшеницы (табл.2). В конце вегетации скорость деградации хлорофиллов несколько возрастает и отношение хлорофилл *a* + хлорофилл *b* / каротиноиды уменьшается до 1,86.

В то же время у ячменя отмечено существенное увеличение количества каротиноидов в листьях верхнего яруса в период цветения (табл. 3), что может служить одним из показателей проявления иммунитета растений. Известно, что в зеленом растении существует комплекс хлорофиллов и каротиноидов, связанных между собой механизмом миграции энергии, а следовательно, структурно. При заболевании происходит разрушение этого комплекса; в результате хлорофилл фотоокисляется и количество его в инфицированных тканях снижается. Каротиноиды могут также задерживать фотоокисление хлорофилла [7] и, следовательно, увеличение их количества служит защитной реакцией растения, особенно в период цветения. Вероятно, это является своеобразной мобилизацией средств защиты растений от патогена именно в этот ответственный период формирования генеративных органов. В дальнейшем происходит снижение концентрации зеленых и желтых пигментов и соответственно уменьшается отношение хлорофилл *a* + хлорофилл *b* / каротиноиды до 1,42, тогда как в начале вегетации растений ячменя это отношение было значительно выше – 4,45.

Установлено, что в онтогенетически более старых тканях (верхушечная (3) зона листа, листья нижних ярусов) изменения количества пигментов являются более существенными по сравнению с молодыми тканями. Вероятно, это происходит в силу того, что онтогенетически более старые ткани, в отличие от молодых, вместе со снижением функциональной активности потеряли свою лабильность и не могут противостоять в той же мере паразиту.

Таблица 2

Динамика содержания хлорофилла а в процессе онтогенеза растений пшеницы, пораженных возбудителем мучнистой росы, мг/г сухой массы.

Фазы вегетации	Верхний ярус			Средний ярус			Нижний ярус		
	Зоны листа								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Здоровые растения									
I	5,6±0,11	4,39±0,13	6,83±0,09	3,42±0,07	3,64±0,17	4,25±0,16	3,21±0,06	3,35±0,02	3,97±0,05
II	5,47±0,03	4,02±0,15	5,31±0,08	3,34±0,01	3,5±0,08	4,02±0,13	3,13±0,13	3,2±0,03	3,76±0,12
III	5,54±0,05	4,09±0,07	5,28±0,12	3,31±0,03	3,53±0,07	3,95±0,11	3,15±0,19	3,12±0,06	3,72±0,15
IV	3,22±0,02	3,61±0,05	3,94±0,1	3,4±0,02	3,52±0,06	3,87±0,13	2,92±0,15	3,22±0,05	3,48±0,19
V	3,04±0,03	3,13±0,06	3,64±0,02	3,09±0,01	3,21±0,05	3,45±0,03	2,9±0,03	3,01±0,07	2,87±0,17
VI	2,84±0,02	2,98±0,03	3,07±0,03	2,8±0,02	2,76±0,06	2,68±0,04	2,25±0,04	2,37±0,08	2,27±0,05
Больные растения									
I	4,52±0,03	4,33±0,05	3,8±0,01	3,30±0,04	4,22±0,03	3,94±0,17	2,55±0,05	2,68±0,07	2,83±0,03
II	4,47±0,15	3,88±0,07	3,95±0,17	2,81±0,05	2,47±0,04	2,64±0,12	1,9±0,06	2,21±0,06	2,31±0,03
III	2,97±0,12	2,77±0,06	2,51±0,05	2,40±0,03	2,56±0,05	2,26±0,13	1,85±0,04	1,91±0,02	1,96±0,02
IV	2,58±0,01	2,6±0,07	2,30±0,05	2,34±0,04	2,41±0,07	2,24±0,13	0,77±0,03	1,22±0,03	1,26±0,05
V	2,26±0,07	2,29±0,03	2,14±0,03	2,16±0,05	2,21±0,17	2,2±0,07	0,56±0,02	0,96±0,04	1,02±0,03
VI	1,21±0,02	1,11±0,04	1,13±0,07	0,41±0,07	0,57±0,13	0,61±0,03	0,21±0,02	0,34±0,03	0,67±0,03

Примечание: I – выход в трубку, II – колошение, III – начало цветения, IV – цветение, V – конец цветения, VI – начало созревания.

Таблица 3

Динамика содержания каротиноидов в процессе онтогенеза растений ячменя, пораженного возбудителем мучнистой росы, мг/дм² площади листа

Фазы вегетации	Верхний ярус			Средний ярус			Нижний ярус		
	Зоны листа								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Здоровые растения									
I*	0,79±0,05	0,78±0,12	0,76±0,06	0,74±0,10	0,73±0,11	0,71±0,05	0,68±0,05	0,71±0,12	0,66±0,17
II	0,77±0,07	0,78±0,10	0,75±0,07	0,73±0,14	0,75±0,42	0,75±0,19	0,68±0,09	0,69±0,09	0,67±0,15
III	0,42±0,12	0,66±0,10	0,52±0,12	0,57±0,13	0,56±0,05	0,51±0,18	0,57±0,08	0,53±0,06	0,53±0,05
IV	0,39±0,01	0,5±0,07	0,45±0,10	0,44±0,09	0,55±0,13	0,39±0,10	0,48±0,03	0,44±0,17	0,51±0,16
V	0,38±0,02	0,47±0,05	0,45±0,01	0,42±0,02	0,44±0,16	0,27±0,09	0,41±0,02	0,31±0,10	0,4±0,10
Больные растения									
I	0,71±0,05	0,77±0,06	0,76±0,07	0,76±0,15	0,72±0,02	0,73±0,16	0,66±0,18	0,72±0,03	0,65±0,12
II	0,72±0,02	0,71±0,12	0,75±0,06	0,68±0,01	0,67±0,04	0,69±0,12	0,66±0,02	0,69±0,04	0,64±0,09
III	0,69±0,12	0,82±0,09	0,57±0,01	0,56±0,13	0,58±0,09	0,57±0,03	0,55±0,03	0,52±0,06	0,51±0,05
IV	0,34±0,15	0,63±0,07	0,45±0,12	0,47±0,11	0,45±0,12	0,45±0,08	0,38±0,05	0,29±0,06	0,42±0,03
V	0,31±0,09	0,39±0,03	0,39±0,13	0,36±0,08	0,33±0,03	0,42±0,07	0,22±0,03	0,25±0,04	0,25±0,05

Примечание: * – I – колошение, II – начало цветения, III – цветение, IV – начало цветения, V – начало созревания.

В листьях нижнего яруса пшеницы содержание хлорофилла *a* в конце вегетации составляло 0,56 мг/г сухой массы (19 % от контроля), а хлорофилла *b* – 0,25 мг/г (21 %). Практически та же закономерность отмечена и для растений ячменя. В то же время количество хлорофиллов *a* и *b* в листьях верхнего яруса составляло 31–36 % у пшеницы и 35–40 % у ячменя. Аналогичная закономерность наблюдалась нами и для разных зон листа. Наименьшей степени деградации подвергались пигменты онтогенетически молодой ткани листа (3-я зона).

Анализ полученных результатов показывает, что поражение растений возбудителем мучнистой росы приводит прежде всего к нарушению структурно-функциональной организации фотосинтезирующего аппарата клеток инфицированных тканей. Это выражается в снижении содержания хлорофилла и каротиноидов в пораженных болезнью листьях. При этом скорость деградации зеленых и желтых пигментов зависит от степени поражения, фазы развития, яркости листьев и возраста пораженной ткани.

1. Кахнович Л. В., Новикова Ж. П. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1977. №3. С.35.
2. Кахнович Л. В., Прохоренко Н. П. // Там же. 1984. №2. С.27.
3. Haspel-Horvatovic E., Horickova V. Phytopathol. Z. 1974. Bd 80. N.3. P.224.
4. Шлык А. А. // Биохимические методы в физиологии растений. М., 1971. С.154.
5. Лемеза Н. А., Гирилович И. С. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1991. №2. С.45.
6. Дворецкая Е. И., Скуртул А. М. // Биохимия плодов и овощей. М., 1964. С.111.
7. Корнюшенко Г. А. // Физиология и биохимия культурных растений. 1975. Т.7. №1.

С.3.

Поступила в редакцию 08.04.98

УДК 599.323.4

Л.Л.ТИХОМИРОВА, Н.Е.БУРКО

ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ РЫЖЕЙ ПОЛЕВКИ ПРИЛУКСКОГО ЛЕСНОГО ЗАКАЗНИКА.

II. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ *CLETHRIONOMYS GLAREOLUS* SCHREBER ПРИЛУКСКОГО ЛЕСНОГО ЗАКАЗНИКА И БЕРЕЗИНСКОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

This article represents Comparative analysis of two Bank Vole's populations ('PriLUksky' Forest Reserve and Beresinsky Biosphere Reserve populations).

Age characters of individual morphology and characters of reproductive losses in this populations are discussed.

Для написания данной статьи кроме собственного материала, собранного авторами на территории Прилукского лесного заказника, были использованы данные, полученные сотрудником Института зоологии НАН Беларуси кандидатом биологических наук А.С.Рождественской на стационаре в Березинском биосферном заповеднике*.

Для обеспечения возможности сравнения морфометрических параметров обеих популяций животные были разделены на четыре возрастные группы [2] без деления на самцов и самок, данные за трехлетний период исследований (1995–1997 гг.) в Прилукском заказнике и Березинском заповеднике объединяли.

Рассматривали линейные (длину тела, задней ступни, хвоста, высоту уха) и весовые показатели (вес тела, сердца, почки, печени, селезенки), анализировали абсолютные и относительные размеры (индексы представлялось возможным сравнить только для зверьков возрастной группы *adultus*).

* Рождественская А.С. Сравнительный анализ популяций полевков в зонах с разной степенью загрязнения: Автореф. дисс. ... канд. биол.наук. Мн., 1985.