

5. Гурвич В. В.—Бюл. внутр. вод. Информ. Бюлл., 1969, № 3, с. 57.
6. Nelson D. J., Scott D. C.—Limnol. and Oceanogr., 1962, v. 7, № 3, p. 396.
7. Винберг Г. Г.—В сб.: Круговорот вещества и энергии в озерных водосомах.— М., 1967, с. 132.
8. Методы определения продукции водных животных. Под ред. Г. Г. Винберга.— Минск, 1968.
9. Бабицкий В. А.—Гидробиол. ж., 1970, т. 6, № 4, с. 37.
10. Бабицкий В. А.—Экология, 1976, № 5, с. 47.
11. Shiemeг E., Dupсап A.—Oecologia, 1974, v. 15, № 2, p. 121.
12. Камлюк Л. В.—Ж. общ. биол., 1974, т. 35, № 6, с. 874.
13. Годераш И. К.—В сб.: Биологические ресурсы водоемов Молдавии.— Кишинев, 1975, с. 13, 154.
14. Marchant R., Nicholas W. L.—Oecologia, 1974, v. 16, № 3, p. 237.
15. Поддубная Т. Л.—В кн.: Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов.— М., 1975, с. 192.
16. Соколова Н. Ю.—В кн.: Методы определения продукции водных животных.— Минск, 1968, с. 226.
17. Иванова М. Б., Алимов А. Ф., Ляхнович В. П.—В сб.: Продукционно-биологические исследования экосистем пресных вод.— Минск, 1973, с. 191.
18. Винберг Г. Г., Бабицкий В. А., Гаврилов С. И. и др.—В сб.: Биопродуктивность озер Белоруссии.— Минск, 1971, с. 5.

Поступила в редакцию  
23.05.79.

Отдел гидробиологии Проблемной  
НИЛ экспериментальной биологии

УДК 581.132 : 174+575.222.7 : 633.15

Л. Ф. СМЕРНОВА, А. Н. ПАЛИЛОВА

## ВЛИЯНИЕ Rf-ГЕНА НА ПИГМЕНТНЫЙ ФОНД ЛИСТЬЕВ И АКТИВНОСТЬ ХЛОРОПЛАСТОВ В РЕАКЦИИ ХИЛЛА

Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) вызывается нарушением ядерно-плазменных взаимоотношений или неблагоприятным сочетанием стерильной цитоплазмы и рецессивных ядерных факторов (rf), ответственных за фертильность. Доминантные аллели Rf-гена, взаимодействуя с измененной цитоплазмой, производят соответствующую репарацию нарушений процессов метаболизма и тем самым способствуют восстановлению фертильности пыльцы. Гены Rf в известной мере устраняют нарушения физиолого-биохимических процессов как в генеративных, так и в вегетативных органах [1]. Физиолого-биохимическое изучение восстановителей фертильности на стерильной основе в сравнении с соответствующими стерильными линиями позволяет исследовать влияние различных аллелей Rf-гена на ход отдельных процессов метаболизма.

Фотосинтетический аппарат, чутко реагирующий на изменения внешних и внутренних условий, без сомнения, также подвержен влиянию генетических, ядерных и внеядерных факторов, связанных с явлением ЦМС и восстановлением фертильности. На образование хлорофилла и коррелятивно связанное с ним формирование структуры хлоропласта [2] оказывают влияние ядерные гены, однако наличие в хлоропластах собственной ДНК указывает на их известную автономность. Следовательно, хлоропласт, его структура и функции могут быть тестом при изучении влияния как ядерных генов, так и плазмогенов и всего комплекса веществ, определяющих эффект цитоплазмы [1].

Целью настоящего исследования явилось изучение накопления хлорофиллов и каротиноидов в листьях, активности хлоропластов в реакции Хилла под влиянием рецессивных и доминантных аллелей ядерных факторов, ответственных за фертильность.

### Материал и методика

Работа проведена на материале лаборатории нехромосомной наследственности Института генетики и цитологии АН БССР, а также на материале, выращенном в учебно-опытном хозяйстве БГУ имени В. И. Ленина. Опытные растения выращивали в мелкоделяночном полсвом опыте в

течение ряда лет, различающихся погодными условиями. Исследовали 12 линий: стерильные формы — закрепители стерильности и соответствующие восстановители фертильности на стерильной и нормальной основах, что позволило изучить влияние доминантного или рецессивного состояния ядерного Rf-гена.

Анализы проводили в фазе цветения метелок. Среднюю пробу составляли из оберточных листьев продуктивных початков десяти растений. Для определения количества пигментов использовали высечки из средней части листьев. Пигменты извлекали 99,5% ацетоном, вытяжки спектрофотометрировали, концентрацию пигментов рассчитывали по формулам, предложенным А. А. Шлыком [3]. Каротин отделяли хроматографированием на бумаге [4], элюат спектрофотометрировали. Скорость реакции Хилла определяли по Кругману и Ягендорфу [5]. Хлоропласты осаждали на центрифуге ЦЛН-2 при 3000 об/мин (950 г) в течение 5 мин. Осадок хлоропластов ресуспендировали в 0,035 М растворе хлористого натрия. Хлорофилл в суспензии фрагментов хлоропластов определяли по Арнону [6], белок в хлоропластах — микрометодом Лоури [7].

### Результаты и их обсуждение

**Накопление пигментов.** Исследование накопления пигментов линиями-восстановителями фертильности в сравнении со стерильными формами проводили в течение пяти лет. Полученные результаты приведены в табл. 1. Можно отметить, что у линий-восстановителей наблюдается более высокое содержание пигментов в сравнении со стерильными линиями. Повышается количество хлорофиллов *a*, *b*, каротиноидов и каротина. Содержание пигментов увеличивается на 6—48%. Повышение качества пигментов отмечается как у восстановителя в молдавском типе цитоплазмы — ВИР 29 мв, так и у восстановителей в техасском типе — ВИР 28 тв, ВИР 44 тв, причем у последних в несколько большей степени. Следует отметить также, что у восстановителей увеличивается не только общее количество каротина (на 34—40%), но отмечается также тенденция к повышению его доли в общей сумме каротиноидов (1974, 1975 гг.). По-видимому, синтез каротина в присутствии доминантных ядерных факторов усиливается. Это еще раз подтверждает, что хлоропласты, несмотря на известную автономность, зависят от ядерных генетических систем. При сопоставлении пигментного фонда линий-восстановителей на стерильной и нормальной основах (1975) можно отметить, что доминантные Rf-аллели в стерильной цитоплазме у ВИР 44 тв вызвали несколько меньшее накопление хлорофиллов и каротина, чем в нормальной цитоплазме у ВИР 44 вт. Вероятно, сказывается присутствие у ВИР 44 тв стерильной цитоплазмы. Соотношение хлорофиллов *a* и *b* у исследуемых форм составляет 4—5, соотношение зеленых и желтых пигментов — 5—6. Исследования, проведенные в год с резким недостатком влаги (1971), показали, что тенденция к повышению пигментации линий-восстановителей фертильности отмечается не во всех случаях. В трех расчетных случаях из шести содержание пигментов у стерильных линий было несколько выше, чем у восстановителей, в трех случаях разница не была достоверной.

Отсутствие достоверного снижения количества пигментов у стерильных форм в сравнении с восстановителями в условиях засухи можно, по-видимому, объяснить большей устойчивостью стерильных линий к неблагоприятным условиям произрастания. У стерильных форм, не троящих пластических веществ на образование пыльцы, отсутствует конкуренция за ассимиляты между метелкой и вегетативными органами [8]. Вследствие этого они в меньшей степени реагируют на стрессовые условия в сравнении с фертильными линиями-восстановителями. Отмечают также, что у стерильных форм лучше развита корневая система, что в условиях засухи также является преимуществом. Благодаря большей устойчивости стерильные линии в условиях засухи могли в меньшей степени снизить

Влияние типа цитоплазмы и состояния Rf-гена на содержание пигментов

Линия	Хлорофилл				Каротиноиды		Каротин		
	a	b	a + b		мг	% к исходной линии	мг	% к исходной линии	% от каротиноидов
			мг	% к исходной линии					
<b>1970 г., мг/г абсолютно сухой массы</b>									
Вир 28 т	7,88	1,60	9,48	100,0	1,55	100,0	—	—	—
Вир 28 тв	10,07	2,51	12,58	132,7	2,04	131,6	—	—	—
Вир 29 т	10,75	2,18	12,93	100,0	2,40	100,0	—	—	—
Вир 29 тв	15,22	3,19	18,41	142,4	3,55	147,9	—	—	—
<b>1972 г., мг/г абсолютно сухой массы</b>									
Вир 29 м	12,94	3,07	16,01	100,0	2,78	100,0	—	—	—
Вир 29 мв	15,54	3,32	18,86	117,8	3,29	118,3	—	—	—
Вир 44 т	13,51	2,21	15,72	100,0	3,47	100,0	—	—	—
Вир 44 тв	15,29	3,72	19,08	121,4	4,13	119,0	—	—	—
<b>1971 г., засуха, мг/г абсолютно сухой массы</b>									
Вир 29 т	9,79	2,68	12,47	100,0	1,93	100,0	—	—	—
Вир 29 тв	7,87	2,16	10,03	80,4	1,57	81,3	—	—	—
Вир 29 м	9,83	2,43	12,26	100,0	1,92	100,0	—	—	—
Вир 29 мв	10,06	3,21	13,27	108,2	1,87	97,4	—	—	—
Вир 44 т	9,46	2,03	11,49	100,0	2,13	100,0	—	—	—
Вир 44 тв	10,00	2,00	12,00	104,4	2,51	117,8	—	—	—
<b>1974 г., мг/г абсолютно сухой массы</b>									
Вир 44 т	7,22	3,03	10,25	100,0	1,48	100,0	0,30	100,0	20,3
Вир 44 тв	9,51	4,25	13,76	134,2	1,78	120,3	0,57	190,0	32,0
Вир 44	7,92	3,48	11,41	100,0	1,68	100,0	0,32	100,0	19,1
Вир 44 вт	8,53	3,70	12,33	108,1	1,78	106,0	0,42	133,6	23,6
<b>1975 г., мг/дм<sup>2</sup> площади листьев</b>									
Вир 44 т	2,68	0,54	3,22	100,0	0,81	100,0	0,13	100,0	16,0
Вир 44 тв	3,36	0,57	3,93	122,0	0,96	118,5	0,18	138,5	18,8
Вир 44	3,12	0,79	3,91	100,0	0,84	100,0	0,15	100,0	17,9
Вир 44 вт	4,51	0,84	5,35	136,8	0,90	107,1	0,21	140,0	23,3

пигментацию, чем линии-восстановители. Это могло привести к отсутствию четкой тенденции, наблюдаемой в годы с нормальным содержанием влаги.

На основании изложенного можно отметить, что на активность генов Rf большое влияние оказывают условия внешней среды, корректируя их функции.

**Электротранспортная активность хлоропластов.** С целью характеристики функций фотосинтетического аппарата исследуемых линий кукурузы и их возможных изменений под влиянием Rf-аллелей проведено исследование скорости реакции Хилла — одного из показателей фотохимической активности хлоропластов.

Показано, что электронтранспортная активность хлоропластов линий-восстановителей по сравнению со стерильными линиями возрастает (табл. 2). Увеличение скорости реакции Хилла отмечено в течение ряда лет. Сопоставляемые линии различаются только состоянием ядерных факторов, ответственных за фертильность: доминантным у восстанови-

Влияние состояния Rf-гена на скорость транспорта электронов в реакции Хилла (А), мкМ феррицианида/мг хлорофилла/ч

Линии	1970 г.		1971 г., засуха		1972 г.		1973 г.	
	А	% к стерильной линии	А	% к стерильной линии	А	% к стерильной линии	А	% к стерильной линии
Вир 28 т	105,1	100,0	—	—	119,4	100,0	197,7	100,0
Вир 28 тв	136,7	130,1	—	—	135,2	113,3	134,8	68,2
Вир 28 м	—	—	—	—	—	—	133,2	100,0
Вир 28 мв	—	—	—	—	—	—	284,1	213,0
Вир 44 т	—	—	283,3	100,0	141,1	100,0	140,6	100,0
Вир 44 тв	—	—	233,4	82,4	179,9	127,5	168,2	119,6
Вир 29 т	98,3	100,0	157,3	100,0	106,1	100,0	92,2	100,0
Вир 29 тв	192,8	196,1	126,6	80,5	157,0	148,0	155,4	168,5
Вир 29 м	105,0	100,0	167,7	100,0	107,0	100,0	—	—
Вир 29 мв	141,0	134,3	120,2	71,7	131,2	122,0	—	—

Таблица 3

Влияние состояния Rf-гена на содержание хлорофилла, белка в хлоропластах и скорость реакции Хилла

Линии	Хлорофилл		Белок		Белок хлорофилл	Скорость реакции Хилла % к стерильной линии
	в % к сухой массе пластид	в % к стерильной линии	в % к сухой массе пластид	в % к стерильной линии		
Вир 44 т	3,5	100,0	33,0	100,0	9,42	100,0
Вир 44 тв	5,1	145,7	52,0	157,6	10,19	140,4

телей и рецессивным у стерильных форм. Это позволяет заключить, что введение в стерильную цитоплазму доминантных Rf-аллелей репарирует вызванные ею нарушения, в результате электронтранспортная активность хлоропластов возрастает (снижение электронтранспортной активности хлоропластов под влиянием стерильной цитоплазмы показано нами ранее [10]). Однако в годы, различающиеся погодными условиями, указанная тенденция проявляется не всегда. В крайне засушливом 1971 г. отмечена более высокая активность хлоропластов стерильных линий в сравнении с линиями-восстановителями. Снижение в условиях засухи электронтранспортной активности хлоропластов восстановителей по сравнению со стерильными формами так же, как и снижение пигментации листьев, можно объяснить большей устойчивостью стерильных линий.

Известно, что снижение электронтранспортной активности может быть вызвано уменьшением количества белка в хлоропластах [11]. Нарушение биосинтеза хлоропластных белков при недостаточности рибосом хлоропластов приводит к появлению на листьях белых пятен [12], что свидетельствует о нарушении структуры хлоропластов и биосинтеза пигментов. Это вызывает необходимость исследовать функции хлоропластов в связи с их биохимическим составом.

В нашем исследовании проведено сопоставление скорости реакции Хилла с содержанием в пластидах хлорофилла — непосредственного участника фотохимических реакций — и количеством белка, характеризующим обеспеченность пластид как структурными, так и ферментными белками (табл. 3). Rf-аллели, введенные в стерильную цитоплазму

(у ВИР 44 тв), приводят к повышению в хлоропластах содержания хлорофилла и белка по сравнению со стерильной ВИР 44 т. У восстановителя отмечено увеличение показателя белок/хлорофилл, т. е. относительно большее преобладание белка над хлорофиллом. По-видимому, повышение электронтранспортной активности хлоропластов у линий с доминантными Rf-аллелями происходит вследствие увеличения содержания хлорофилла и белка.

На основании приведенных данных можно отметить, что различное состояние ядерных факторов, ответственных за фертильность, способно оказывать влияние и на фотосинтетический аппарат, изменяя пигментный фонд, активность хлоропластов, содержание в них белка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Уильямс У. Генетические основы и селекция растений.— М., 1968.
2. Рахманкулов С. А., Азизходжаев А.— Докл. АН УзССР, 1975, № 9, с. 59.
3. Шлык А. А.— В сб. Биохимические методы в физиологии растений.— М., 1971, с. 154.
4. Бажанова Н. В., Маслова Т. Г., Попова И. А. и др. Пигменты пластид зеленых растений и методики их исследования.— М.-Л., 1964.
5. Krogman D. W., Jagendorf A. G.— Plant Physiol., 1957, v. 82, № 4, p. 373.
6. Arnon D. I.— Plant Physiol., 1949, v. 24, p. 1.
7. Lowry O. H. et al.— J. Biol. chem., 1951, v. 193, № 1, p. 265.
8. Criswell I. G., Hume D. J., Tanner J. W.— Crop. Sci., 1974, v. 14, № 2, p. 252.
9. Молотковский Г. Х. Полярность развития и физиологическая генетика растений.— Черновцы, 1968.
10. Смирнова Л. Ф., Палилава А. М., Гардзіевіч Р. П., Сушкевіч Л. В.— Весті АН БССР. Сер. біял. навук, 1975, № 2, с. 48.
11. Осипова О. П., Николаева М. К., Власова М. П.— В сб. Биохимические методы в физиологии растений.— М., 1971, с. 214.
12. Hagemann R. et al.— Genetics, 1973, v. 74, № 2, p. 2.

Поступила в редакцию  
10.10.79.

Кафедра физиологии растений,  
Лаборатория хромосомной наследственности  
Института генетики и цитологии АН БССР

УДК 581.526.325

А. И. СТЕФАНОВИЧ

### ЗОЛОТИСТЫЕ ВОДОРОСЛИ ЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕР СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

Золотистые водоросли водоемов Белоруссии изучены сравнительно слабо. В работе [1] приводится всего 6 видов золотистых водорослей, которые отмечены только в 11 озерах из 50. При изучении фитопланктона указывается уже 15 таксонов водорослей из этой группы, обнаруженных в 29 озерах из 50 [2]. Столь существенная разница в видовом составе хризифитовых объясняется в основном методами отбора и обработки проб. В первом случае обрабатывался сетный фитопланктон и, естественно, самые мелкие формы не попадали в пробы, в другом — отбирались пробы осадочного фитопланктона.

Материалом для настоящей публикации послужили результаты обработки 521 пробы осадочного фитопланктона из 50 разнотипных озер (см. список) Витебской области, отобранных сотрудниками Отраслевой научно-исследовательской лаборатории озераведения Белгосуниверситета имени В. И. Ленина в период с 25 июня по 13 августа 1973 г. Фитопланктон этих водоемов, за исключением озер Богинское и Ричи [1, 2], ранее не изучался.

Золотистые водоросли выявлены нами в 46 озерах из 50. И только в 4 водоемах (оз. Погоша, Святоц, Селы, Новято) эту группу водорослей обнаружить не удалось. Отсутствие их в указанных озерах объясняется, вероятно, тем, что эти водоросли являются преимущественно оби-