

Т. С. Даниелян

О ВЛИЯНИИ ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА АЗОТНЫЙ ОБМЕН КОРНЕЙ РАСТЕНИЙ

Световой режим является одним из главных и чрезвычайно мощных факторов воздействия на растительные организмы. Хотя в качестве основного критерия фотопериодической реакции было принято цветение растений, однако, она охватывает большое разнообразие морфологических и физиологических изменений в различных органах и тканях растительных организмов. Органом, воспринимающим в первую очередь фотопериодические воздействия, является лист, и естественно, что именно метаболизм листьев подвергается наибольшим изменениям. В зависимости от воздействия оптимальными или неоптимальными для данного вида растения фотопериодическими условиями в листьях изменяется активность и направленность действия ферментов (1-3), количественное соотношение различных форм азота и сахаров (4-7), фотосинтетическая продуктивность (8, 9) и др.

В свою очередь, такие изменения в метаболизме листьев не могут не оказать определенного воздействия на физиологические процессы, протекающие в других органах. Уже давно были получены данные, свидетельствующие о том, что цветение, как наиболее существенная реакция растения на световые условия, является результатом функциональной деятельности трех органов — листьев, стеблей и корней (10).

Корневая система, снабжая надземные органы растений минеральными веществами и водой, взамен получает пластические вещества, синтезирующиеся в листьях, которые оказывают непосредственное влияние на ход процессов, проте-

кающих в корнях. Такое коррелятивное взаимодействие корней и листьев является необходимым условием для нормальной жизнедеятельности растений (11).

В свете всего вышесказанного, изучение влияния различного светового режима на метаболическую активность корней представляет определенный интерес.

В наших опытах исследовалось содержание различных форм азота и аминокислотный состав корней короткодневных, длиннодневных и нейтральных растений. В качестве растений короткого дня были избраны перилла красностная (*Perilla nankiensis* (Lour) Decne) и гречиха (*Polygonum Orientale* L.) длинного дня — овес (*Avena sativa* L.), сорт Советский, нейтрального дня — подсолнечник (*Helianthus annuus* L.), сорт Гигант 549.

Изучение содержания различных форм азота проводилось по методу Кьельдаля (12). Определение аминокислотного состава проводилось методом тонкослойной хроматографии на целлюлозе, разработанным в нашей лаборатории. Навеску сухого вещества подвергали спиртовой экстракции, выпаривали до сухого состояния, а затем растворяли в 10% изопропиловом спирте. На стеклянную пластинку, покрытую целлюлозой, наносили при помощи микрокапилляров необходимое количество раствора, которое для каждого объекта подбиралось опытным путем. Затем производилась трехкратная разгонка аминокислот растворителем, содержащим *n*-бутанол, уксусную кислоту и воду (4:1:1). После высушивания пластинок аминокислоты проявляли в 0,5% растворе нингидрина в концентрированном ацетоне. Идентификацию аминокислот проводили методом определения их R_f и сравнения с R_f чистых метчиков. Интенсивность окрашивания определяли спектрофотометрированием на СФ-4 при длине волны 510 нм после предварительного перевода нингидринового комплекса аминокислот в кадмиевый комплекс. Для этого аминокислотные пятна счищали с пластинок и элюировали в 5 мл 0,5% раствора $CdCl_2$ в 40% этаноле. Содержание аминокислот рассчитывали по заранее построенным для каждой аминокислоты стандартным кривым. Пролин определяли визуально. Слабо окрашенные пятна, не подлежащие количественному определению, носили в таблицах обозначения "следы".

Растения высаживали в глиняные вазоны с одинаковым составом почвы, и после появления всходов опытные растения подвергали действию неоптимальных фотопериодов в специальных фотопериодических камерах в течение 5 и 15 дней, кроме растений овса, которые получали 5, 10 и 15-дневный световой режим. Для длиннодневных растений длина светового дня равнялась 8 часам, после чего их помещали в темные камеры. Длина светового дня для короткодневных растений составляла 16 часов. Для этого их освещали дополнительно электрическим светом от 4-х ламп накаливания, мощностью 100 вт. каждая (освещенность в камере на уровне листовой поверхности - 8000 люкс). Нейтральные растения (подсолнечник) получали как короткий, так и длинный день. Параллельно в оптимальных световых условиях выращивали контрольные экземпляры.

Исследованиями содержания различных форм азота в корнях периллы и гречихи были получены следующие данные (табл. 1).

Таблица 1

Влияние различных фотопериодов на содержание форм азота в корнях короткодневных растений периллы и гречихи (мг на 1 г сухого веса)

Вариан- ты Формы азота	Контроль 5 коротких дней	Опыт 5 длинных дней	Контроль 15 коротких дней	Опыт 15 длинных дней
П е р и л л а				
Общий азот	16,25±0,12	14,68±0,09	15,78±0,07	12,08±0,08
Небелковый азот	4,16±0,04	3,30±0,05	3,98±0,03	3,46±0,05
Белковый азот	12,09±0,12	11,38±0,10	11,80±0,08	8,62±0,09
Г р е ч и х а				
Общий азот	14,61±0,06	12,64±0,13	13,82±0,09	11,00±0,10
Небелковый азот	5,30±0,11	4,62±0,09	5,00±0,06	4,60±0,12
Белковый азот	9,31±0,12	8,02±0,15	8,82±0,11	6,40±0,15

Из приведенной таблицы видно, что при воздействии на короткодневные растения неоптимальным фотопериодическим режимом значительно уменьшается содержание различных азотистых соединений в корнях, по сравнению с контролем. Такая реакция корней короткодневных растений на неблагоприятные световые условия наблюдалась и рядом других авторов (13 - 15).

Найдено также, что более длительное воздействие неоптимальными фотопериодами (15 дней) вызывало большие изменения в содержании различных форм азота, чем воздействие пятидневным неоптимальным световым режимом. Так, если у растений периллы при воздействии пятью длинными днями содержание общего азота в корнях снижалось на 9,7% по сравнению с контролем, то при воздействии 15 длинными днями - на 23,5%. При этом, в основном, снижалось содержание белковых форм азота: во втором варианте опыта (15 дней) в корнях белкового азота содержалось на 26,9% меньше, чем у контрольных вариантов. Подобная закономерность наблюдалась у корней растений гречихи, в которых также найдено значительное снижение всех форм азотистых соединений, и в особенности белковых, при выращивании растений на неблагоприятной длине дня.

Изменение содержания азотистых веществ в корнях нейтральных растений подсолнечника и длиннодневного овса при различных фотопериодах представлено ниже (табл. 2).

Как следует из полученных данных, фотопериодическое воздействие существенно влияет на накопление азотсодержащих соединений в корнях растений овса и почти не оказывает действия на их содержание в корнях подсолнечника. При этом, на длинном дне в зависимости от числа фотопериодов корни овса содержали на 12,3-30,7% больше общего азота, чем корневая система растений, выращенных на коротком дне. В корнях подсолнечника также наблюдается тенденция к накоплению общего азота при выращивании растений в условиях длинного дня, однако это увеличение незначительно (2,8%-при 5-дневной индукции и 4,5%-при 15-дневной индукции).

Вышеприведенные данные дают возможность заключить, что световой режим оказывает на корни растений существенное влияние. На оптимальной для цветения длине дня в корневой системе различных по фотопериодической принадлежност-

Таблица 2

Влияние различных фотопериодов на содержание форм азота в корнях длинно-дневного овса и нейтрального подсолнечника (мг на 1г сухого веса)

Объект	П о д с о л н е ч н и к			
варианты	5	5	15	15
формы азота	длинных дней	коротких дней	длинных дней	коротких дней
Общи й азот	28,25±0,03	27,43±0,08	27,26±0,08	26,02±0,10
Небелковый азот	5,42±0,09	5,38±0,07	5,03±0,05	4,91±0,06
Белковый азот	22,83±0,09	22,06±0,10	22,23±0,09	21,11±0,11

Объект	О в е с					
варианты	контроль 5	опыт 5	контроль 10	опыт 10	контроль 15	опыт 15
формы азота	длинных дней дней	коротких дней	длинных дней	коротких дней	длинных дней	коротких дней
Общий азот	24,43±0,17	20,52±0,08	26,84±0,09	19,33±0,10	29,97±0,07	19,39±0,11
Небелковй азот	4,30±0,06	4,12±0,09	5,17±0,10	4,82±0,07	5,62±0,05	5,00±0,10
Белковый азот	20,13±0,17	16,40±0,12	21,67±0,13	14,51±0,12	24,35±0,08	14,39±0,14

ти растений обнаруживается больше азотсодержащих соединений. Такая же закономерность для листьев и верхушек побегов короткодневных и длиннодневных растений была отмечена в работе Цыбулько и сотр (16).

Изучение изменений в содержании свободных аминокислот при воздействии фотопериодическим режимом представляет большой интерес. Согласно полученным нами данным (табл. 3), в корнях растений периллы и гречихи, выращенных в условиях различной длины дня, набор свободных аминокислот не изменяется, тогда как общее количественное содержание их значительно выше на коротком дне. Так, у гречихи контрольные растения второго варианта содержали в 3 раза больше аспарагина, чем опытные растения.

В таблице 4 представлены данные по содержанию свободных аминокислот в корнях подсолнечника и овса. В экстрактах корней подсолнечника было обнаружено 12 аминокислот и 2 амида, причем у растений, развивающихся в условиях короткого дня, количество дикарбоновых аминокислот и амидов гораздо больше, в то время как почти у всех остальных аминокислот на коротком дне их содержание снижается. Глютаминная, аспарагиновая кислоты и аспарагин накапливаются в условиях короткого дня и в корнях длиннодневных растений овса. Обогащение растений амидами при укорачивании длины дня и в темноте отмечалось и в работах других авторов (17 - 19).

Сумма аминокислот, содержащихся в корневой системе овса в различных вариантах опыта, больше при выращивании растений в условиях длинного дня, причем более продолжительные фотопериоды (15 дней) вызывали более резкие различия между контрольными и опытными вариантами (в 2 раза). Возрастание суммы аминокислот у короткодневных растений и снижение их количества у длиннодневных растений на коротком дне в листьях и корнях отмечается и рядом других авторов (15, 20, 21).

Таким образом, изучение азотного обмена корневой системы фотопериодически чувствительных и нейтральных растений в связи с изменением фотопериодического воздействия показывает, что наиболее интенсивно синтез и метаболизм азотсодержащих соединений происходит на оптимальных для цветения фотопериодах. Следовательно, фотопериодический режим

Таблица 3

Влияние различных фотопериодов на содержание аминокислот в корнях
короткодневных растений периллы и гречихи (мг на 1 г сухого веса)

Объекты варианты назва- ния ами- нокислот	П е р и л л а				Г р е ч и х а			
	контр. 5 коротких дней	опыт 5 длинных дней	контр. 15 коротких дней	опыт 15 длинных дней	контр. 5 коротких дней	опыт 5 длинных дней	контр. 15 коротких дней	опыт 15 длинных дней
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Цист(е)ин	—	—	—	—	—	—	следы	следы
2. Лизин	0,49	0,40	0,40	0,31	0,22	0,17	0,26	0,17
3. Аргинин	—	—	—	—	—	—	следы	следы
4. Аспарагин	0,88	0,71	1,18	0,57	1,52	0,59	1,73	0,56
5. Аспарагино- вая кислота	0,84	0,70	0,84	0,63	0,72	0,55	0,72	0,60
6. Глутамино- вая кислота	0,77	0,65	0,77	0,60	0,54	0,54	0,54	0,51
7. Аланин	0,54	0,50	0,50	0,43	0,40	0,30	0,40	0,21
8. —аминомас- ляная кислота	—	—	—	—	0,30	0,20	0,36	0,19

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9. Тирозин	0,47	0,38	0,42	0,28	—	—	—	—
10. Триптофан	0,38	0,25	0,38	0,20	—	—	—	—
11. Метионин+								
Валин	0,30	0,24	0,26	0,16	0,25	0,20	0,28	0,18
12. Фенилаланин	0,44	0,31	0,37	0,23	—	—	—	—
Сумма аминокислот	5,11	4,14	4,12	3,41	3,95	2,55	4,29	2,42

Таблица 4

Влияние различных фотопериодов на содержание аминокислот в корнях
длиннодневного овса и нейтрального подсолнечника (мг на 1г сухого веса)

Объекты варианты наз- вания аминокислот	О в е с						П о д с о л н е ч н и к			
	контр. 5 длин- ных дней	опыт 5 корот- ких дней	контр. 10 длин- ных дней	опыт 10 корот- ких дней	контр. 15 длин- ных дней	опыт 15 корот- ких дней	5 длин- ных дней	5 корот- ких дней	15 длин- ных дней	15 длин- ных дней
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Цист(е)ин	-	-	-	-	-	-	0,09	0,05	следы	следы
2. Лизин	-	-	-	-	-	-	0,34	0,32	0,32	0,29
3. Гистидин	-	-	-	-	-	-	0,26	0,23	0,23	0,16
4. Аспарагин	0,72	1,36	0,58	1,03	-	0,95	0,21	0,69	0,21	0,69
5. Аргинин	-	-	-	-	-	-	0,73	0,76	0,70	0,70
6. Глютамин	-	-	-	-	-	-	0,27	0,44	0,34	0,51
7. Аспарагиновая кислота	0,10	0,29	следы	0,17	-	-	0,40	1,62	0,48	1,62
8. Серин+Глицин	0,36	0,16	0,28	0,11	0,20	0,11	0,37	0,35	0,37	0,32

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9. Глютаминовая кислота	0,18	0,30	0,18	0,27	0,15	0,23	0,59	0,87	0,43	0,80
10. Аланин	0,50	0,29	0,44	0,11	0,33	0,12	0,88	0,85	0,85	0,81
11. Пролин	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
12. Треонин	0,49	0,40	0,52	0,20	0,31	-	-	-	-	-
13. Триптофан	0,25	0,20	0,25	0,13	0,20	0,13	-	-	-	-
14. Тирозин	0,19	0,16	следы	следы	-	-	0,14	0,11	0,14	следы
15. Метионин + Валин	0,35	0,30	0,30	0,16	0,24	следы	0,17	0,17	0,12	0,23
16. Фенилаланин	0,65	0,50	0,60	0,44	0,53	следы	0,26	0,23	0,26	0,26
17. Лейцин	0,39	-	0,27	-	0,21	-	-	-	-	-
Сумма аминокислот	4,18	3,96	3,42	2,62	3,12	1,54	4,71	6,09	4,45	5,79

воздействует не только на обмен веществ надземных органов, но и на деятельность корневой системы, коррелятивно связанных друг с другом. Эти корреляционные связи обеспечивают целостность растительных организмов и их нормальную жизнедеятельность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенова Н. П. Физиол. раст., 10, 2, 1963.
2. Роньжина О. А. ДАН СССР, 113, 2, 1957.
3. Чайлахян М. Х., Аксенова Н. П. Физиол. раст., 6, 6, 1959.
4. Витковская В. В. Записки Ленингр. с.-х. ин-та, 9, 1955.
5. Мухина В. А., Лейсле Ф. Ф. Труды Бот. ин-та. Эксп. ботаника, сер. 4, 13, 1959.
6. Реймерс Ф. М. Физиология роста и развития репчатого лука, 1959.
7. **Kasperbauer M.I., Tso T.S., Sorokin T.P., "Phyto-chemistry", 9, 10, 1970.**
8. Любименко В. Н., Шеглова О. А. Журн. Русского бот. об-ва, 12, 1-2, 1927.
9. Одуманова Г. А. Автореф. диссерт. на соиск. ученой степени канд. наук, 1959.
10. Чайлахян М. Х. Бот. жур., 41, 4, 1956.
11. Казарян В. О. Старение высших растений, 1969.
12. Белозерский А. Н., Проскуряков Н. И. Практическое руководство по биохимии растений, 1951.
13. Бутницкий И. Н., Молотковский Г. Х. Укр. ботанич. ж., 25, 6, 1968.
14. Казарян В. О., Авунджян Э. С. Докл. АН Арм. ССР, 20, 4, 1955.
15. **Pavlov P.**, Докл. Акад. с.-х. наук Болг., 1, 2, 1968.
16. Цыбулько В. С., Жмурко В. В., Сиренко В. А. Труды Харьков. с.-х. ин-та, 176, 1972.
17. Караваева Н. Н. Узбек. биол. ж., 2, 1962.
18. Кондорская Г. К., Каган З. С., Кретович В. Л. Изв. АН СССР. Сер. биол., 6, 1964.
19. **Siegel O., Vogt G. "Landwirtsch. Forsch.", 21, 1, 1968.**

20. Казарян В. О., Авунджян Э. С. Докл. АН Армянской ССР, 27, 2, 1958.

21. Цыбулько В. С. Автореф. диссерт. на соиск. ученой степени доктора биол. наук, 1973.