

ИНТЕНСИВНОСТЬ НОЧНОГО И ТЕМНОВОГО ДЫХАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНОВ КАРТОФЕЛЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

И. С. ШАТИЛОВ, В. В. ПОЛЕТАЕВ

(Кафедра растениеводства)

Дыхание, как естественный биохимический процесс, тесно связано с фотосинтезом. Важнейшей стороной процесса дыхания является его способность поставлять энергию, необходимую для жизнедеятельности отдельных частей организма и растения в целом [4].

При разработке приемов, обеспечивающих высокую продуктивность сельскохозяйственных растений, очень важно знать и учитывать закономерности газообмена посевов. Задача заключается в том, чтобы обеспечить наибольшую полезную эффективность дыхания, но не подавлять или ингибировать его [5].

В работах отечественных и зарубежных исследователей представлен большой экспериментальный материал об активности дыхания отдельных органов и тканей растений [3]. Опыты в основном проводились на клеточных структурах или отдельных органах растений в факторостатных условиях и только в некоторых работах изучалось дыхание целого растения. В последних и просматриваются некоторые закономерности дыхательного газообмена [1]. В настоящее время имеется крайне мало экспериментальных данных о ходе процессов ночного и темнового дыхания, полученных при круглосуточной автоматической регистрации на протяжении вегетационного периода в полевых условиях.

В связи с этим нами предпринята попытка изучить интенсивность ночного и темнового дыхания различных органов картофеля в суточном цикле и в течение всего вегетационного периода при непрерывной автоматической регистрации.

Методика и условия опыта

Исследования проводились в 1972—1974 гг. в учебно-опытном хозяйстве Тимирязевской академии «Михайловское» в полевых стационарных опытах [6]. Среднепоздний картофель сорта Лорх выращивался в двух крайних вариантах: 1 — без удобрений (контроль); 2 — дозы удобрений, рассчитанные на урожайность 240 ц клубней с 1 га (интенсивный севооборот). Агротехника возделывания картофеля общепринятая для Нечерноземной зоны. В ходе вегетации вели фенологические наблюдения. Определение интенсивности ночного и темнового дыхания каждого листа и других органов, а также листовой поверхности проводили в 5 сроков: 1-й — в фазу всходов; 2-й — бутонизации; 3-й — цветения; 4-й и 5-й — на 15-й и 30-й дни после цветения. Листовую поверхность измеряли методом высечек, поверхность работавшего листа и других органов — полярным планиметром. Фотосинтетический потенциал листа и всей листовой поверхности посадок картофеля определяли по общепринятой методике [2].

Интенсивность газообмена (по CO_2) каждого органа регистрировали при помощи установки с оптико-акустическими газоанализаторами инфракрасного поглощения ГИП-7 и ГИП-10 МБЗ. Экспозиционные камеры нашей конструкции изготовлялись из кварцевого стекла и для изучения темнового дыхания обертывались светонепроницаемой черной бумагой, окрашенной снаружи в белый цвет. Измерения температуры воздуха и органов растения в ассимиляционной камере, температуры воздуха над посадками и листьев различных ярусов по профилю в по-

садках картофеля производили автоматической установкой КТР (комплект термодатчиков для растений) конструкции АФИ. Максимальное повышение температуры в камере по сравнению с окружающим слоем воздуха составляло не более $2,7-6,0^{\circ}$ (при температуре воздуха 20°) и $7-11^{\circ}$ (при температуре 26° и выше) и наблюдалось в отдельные дни в течение около 4 ч. Разница температур между слоями в посадках составляла в утренние часы $0,3-1,6^{\circ}$ (с 7 до 9 ч), днем — $0,4-0,7^{\circ}$ (с 12 до 14 ч), вечером — $0,4-0,5^{\circ}$ (с 17 до 19 ч). Различия температуры воздуха над посадками и в нижних его слоях было равно соответственно в утренние часы $0,3-1,6^{\circ}$, днем — $0,7-0,9$, вечером — $0,5-1,4^{\circ}$.

Приход интегральной радиации на границу посадок измеряли пиранометром Янишевского с записью на одноканальный самописец ЭПП-09МЗ со шкалой 2 мВ. Приход ФАР регистрировали фитопиранометром Козырева и потенциометром КСП-4 со шкалой 10 мВ.

Определение интенсивности CO_2 -газообмена проводили на молодых и нормально развитых органах, расположенных не ближе 4 м от края делянки, не отрывая их от растения.

Интенсивность ночного дыхания за 1 ч выражали в $\text{мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{ночь}$, темнового дыхания — $\text{мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{день}$. Количество CO_2 , выделенное при дыхании органами растений в посадках, определяли умножением соответствующего значения интенсивности CO_2 -газообмена на площадь органа, приходящуюся на 1 м^2 пашни.

Метеорологические условия вегетационных периодов 1972—1974 гг. резко различались как по количеству выпавших осадков, так и по температуре воздуха. 1972 год был засушливым. В июле — августе температуры воздуха в отдельные декады превышали норму на $3-5,6^{\circ}$. За май — август выпало 160 мм осадков, что составило 58 % нормы. Вегетационный период 1973 г. был более благоприятным для роста и развития картофеля. Умеренные температуры и превысившее норму количество осадков (в июле на 53 мм, в августе на 72 мм) способствовали интенсивному росту вегетационной массы и повышению урожайности. В 1974 г. средние месячные температуры воздуха и сумма осадков в период вегетации были близки к средним многолетним, однако в августе средняя температура воздуха была меньше нормы на $0,6^{\circ}$, сумма осадков за месяц составила 46,4 % средней многолетней. В целом метеорологические условия 1974 г. сложились неблагоприятно для роста и развития картофеля.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные нами данные по суточному ходу интенсивности ночного дыхания не противоречат общепринятым представлениям об этом процессе. Кривая интенсивности ночного дыхания у картофеля следует в основном за температурной кривой и большего подъема достигает в вечерние и ночные часы. В ранние утренние часы при снижении температуры воздуха активность дыхания резко падает. Максимум ее у листьев обоих вариантов в разные фазы онтогенеза редко превышал $1,20 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{ч}$. Ночью активность дыхания у стебля, соцветия и цветоножки выше, чем у листьев, — обычно $3,0-4,0 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2$. В ночное время интенсивность дыхания подобно температуре воздуха изменяется без резких скачков.

Из анализа табл. 1 видно, что молодые листья всех ярусов отличаются более высокой дыхательной активностью. Максимальные значения суммарной интенсивности дыхания за ночное время были отмечены у молодых листьев в 1973 г. в варианте без удобрений. Они были равны в отдельные ночи $15,8-18,6 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2$ при средней температуре за ночь $18-20^{\circ}$. Максимальные значения в варианте с расчетными до-

Таблица 1

Динамика ночного дыхания (мг CO₂/дм²·ночь) различных органов растений картофеля в течение вегетации в 1-м (в числителе) и 2-м (в знаменателе) вариантах

Органы растений	1972 г., всходы	1973 г.					1974 г.							
		срок определения												
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
Лист (снизу вверх):														
1	$\frac{11,3}{8,2}$	$\frac{8,4}{9,3}$	$\frac{6,7}{—}$				$\frac{11,2}{10,8}$	$\frac{7,9}{4,9}$	$\frac{—}{2,1}$					
2	$\frac{11,7}{9,7}$	$\frac{8,5}{9,6}$	$\frac{5,2}{4,0}$				$\frac{11,5}{8,5}$	$\frac{9,3}{6,2}$	$\frac{3,8}{1,9}$					
3	$\frac{7,2}{7,2}$	$\frac{8,1}{7,4}$	$\frac{5,1}{5,4}$	$\frac{3,3}{4,3}$			$\frac{7,5}{5,0}$	$\frac{6,6}{3,5}$	$\frac{4,2}{3,3}$	$\frac{2,9}{2,3}$				
4	$\frac{9,8}{7,0}$	$\frac{7,7}{5,6}$	$\frac{7,4}{7,4}$	$\frac{3,2}{2,5}$			$\frac{6,1}{4,5}$	$\frac{5,3}{3,6}$	$\frac{4,1}{3,2}$	$\frac{3,3}{3,0}$	$\frac{2,9}{1,2}$			
5	$\frac{8,5}{9,1}$	$\frac{8,2}{8,6}$	$\frac{7,1}{5,7}$	$\frac{6,8}{5,6}$	$\frac{2,8}{3,4}$		$\frac{7,6}{4,3}$	$\frac{6,0}{4,2}$	$\frac{4,7}{3,7}$	$\frac{3,1}{2,6}$	$\frac{2,8}{1,7}$			
6	$\frac{8,4}{7,1}$	$\frac{6,6}{7,9}$	$\frac{8,2}{6,7}$	$\frac{4,7}{5,5}$	$\frac{3,6}{4,9}$		$\frac{6,9}{5,5}$	$\frac{6,2}{4,8}$	$\frac{5,2}{4,4}$	$\frac{4,4}{3,3}$	$\frac{2,0}{2,4}$			
7	$\frac{13,4}{8,4}$	$\frac{7,5}{9,9}$	$\frac{9,9}{9,0}$	$\frac{8,0}{7,4}$	$\frac{4,5}{5,7}$	$\frac{2,3}{2,5}$		$\frac{6,7}{4,5}$	$\frac{4,1}{3,4}$	$\frac{2,8}{3,0}$	$\frac{2,2}{2,6}$			
8			$\frac{12,2}{7,4}$	$\frac{9,6}{6,9}$	$\frac{7,5}{5,5}$	$\frac{5,5}{4,8}$		$\frac{6,6}{3,8}$	$\frac{5,6}{2,8}$	$\frac{3,8}{2,4}$	$\frac{2,5}{0,8}$			
9			$\frac{14,5}{9,8}$	$\frac{12,7}{6,5}$	$\frac{8,2}{4,9}$	$\frac{5,3}{3,6}$		$\frac{5,3}{3,5}$	$\frac{4,2}{2,5}$	$\frac{3,3}{2,2}$	$\frac{2,5}{1,4}$			
10			$\frac{12,8}{12,5}$	$\frac{11,2}{9,6}$	$\frac{8,3}{5,3}$	$\frac{3,9}{2,2}$		$\frac{5,8}{3,2}$	$\frac{4,1}{2,4}$	$\frac{4,0}{1,8}$	$\frac{3,1}{1,1}$			
11			$\frac{11,6}{11,0}$	$\frac{11,8}{8,0}$	$\frac{10,2}{7,3}$	$\frac{5,7}{3,1}$		$\frac{6,0}{4,3}$	$\frac{6,1}{3,0}$	$\frac{5,9}{2,1}$	$\frac{1,6}{0,9}$			
12			$\frac{—}{12,1}$	$\frac{11,7}{7,6}$	$\frac{10,1}{6,1}$	$\frac{5,0}{1,9}$		$\frac{8,1}{3,7}$	$\frac{4,8}{2,5}$	$\frac{3,7}{2,3}$	$\frac{1,2}{1,7}$			
13				$\frac{13,0}{6,8}$	$\frac{8,4}{6,4}$	$\frac{5,2}{3,6}$		$\frac{—}{3,4}$	$\frac{6,1}{3,1}$	$\frac{6,0}{2,2}$	$\frac{3,2}{1,8}$			
14				$\frac{12,0}{5,4}$	$\frac{8,9}{4,6}$	$\frac{5,9}{3,7}$			$\frac{6,7}{3,8}$	$\frac{6,2}{2,0}$	$\frac{4,6}{1,9}$			
15				$\frac{10,4}{5,5}$	$\frac{8,2}{4,9}$	$\frac{5,9}{3,3}$			$\frac{10,8}{5,4}$	$\frac{6,1}{4,6}$	$\frac{3,8}{2,6}$			
16				$\frac{10,5}{5,6}$	$\frac{9,7}{5,1}$	$\frac{6,2}{2,9}$			$\frac{9,7}{6,2}$	$\frac{4,4}{4,1}$	$\frac{3,1}{3,0}$			
17				$\frac{—}{8,8}$	$\frac{11,7}{5,1}$	$\frac{7,4}{4,4}$			$\frac{—}{5,3}$	$\frac{6,1}{3,8}$	$\frac{3,4}{2,0}$			
18				$\frac{—}{4,6}$	$\frac{9,4}{4,4}$	$\frac{6,1}{2,9}$				$\frac{7,3}{4,2}$	$\frac{5,2}{3,3}$			
19				$\frac{—}{5,6}$	$\frac{—}{4,9}$	$\frac{9,1}{2,3}$				$\frac{4,0}{4,5}$	$\frac{3,9}{4,0}$			
20					$\frac{—}{6,5}$	$\frac{—}{4,3}$				$\frac{4,7}{7,6}$	$\frac{3,2}{4,8}$			
21					$\frac{—}{4,6}$	$\frac{—}{4,2}$				$\frac{4,8}{6,3}$	$\frac{3,9}{5,0}$			
22					$\frac{—}{7,3}$	$\frac{—}{4,0}$				$\frac{—}{5,4}$	$\frac{4,1}{4,6}$			
23					$\frac{—}{4,9}$	$\frac{—}{2,9}$				$\frac{—}{5,0}$	$\frac{—}{3,8}$			

Органы растений	1972 г. всходы	1973 г.					1974 г.						
		срок определения											
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
24						—							—
						4,1							3,4
25						—							—
						3,3							—
Стебель										37,4	24,1	8,0	
										26,1	21,8	5,3	
Соцветие										43,4	31,7	—	
										31,4	11,6	—	
Цветонос										9,5	7,2	2,4	
										4,9	5,5	2,7	

зами удобрений в тех же условиях и тоже у молодых листьев достигали 14,7—16,1 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2$.

В процессе роста и развития растений снижается и активность выделения CO_2 , оставаясь еще на довольно высоком уровне в фазы бутонизации и цветения. По мере старения листа активность дыхания значительно снижается. Так, в 1-м варианте у 1—7-го листьев дыхательная активность снижается в 1,4—6,9 раза; 8—14-го — в 1,2—6,8; 15—22-го — в 1,2—3,1 раза; во 2-м варианте у 1—7-го — в 1,6—5,0; 8—14-го — в 1,5—6,4; 15—25-го — в 1,1—2,6 раза.

Активность поглощения кислорода и выделения CO_2 снижалась к концу вегетации и у зеленых частей соцветий, стеблей и цветоножек (табл. 1).

Интенсивность ночного дыхания листьев различных ярусов и нелистовых органов в течение вегетационных периодов была неодинаковой в 1-м и 2-м вариантах. Как правило, в контроле активность дыхания листьев была в 1,2—1,3 раза выше, различия в значениях этого показателя у нелистовых органов были меньше.

Интенсивность ночного и темного дыхания тесно связана с температурой воздуха. В солнечные сухие дни максимальное выделение CO_2 органом приходилось на 12—14 ч. В дни с пасмурной и дождливой погодой максимум дыхательной активности зеленых органов растений соответствовал максимуму температуры. Повышение температуры обычно ведет к усилению дыхания органа в темноте, понижение — к ослаблению процесса. Максимальные часовые значения выделения CO_2 в разные периоды определения в годы опыта не превышали у листьев 6,20, стебля — 6,80, соцветий — 7,25, цветоноса — 5,70 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2$.

Изменения интенсивности темного дыхания в течение светлого времени суток более плавные, чем процессов фотосинтеза.

Смена погодных условий в течение вегетации и связанные с этим изменения микроклимата в посадках картофеля при различном уровне обеспеченности растений элементами минерального питания определяют заметные различия в интенсивности темного дыхания органов картофеля. В полевых условиях в течение всего вегетационного периода отмечена более высокая интенсивность темного дыхания у молодых органов. Эта закономерность четко прослеживается как у листьев различных ярусов в обоих вариантах, так и у стеблей, соцветий, цветоносов (табл. 2). По мере старения листа активность процессов темного дыхания снижается. То же можно сказать и о нелистовых органах.

В связи с тем что дыхание связано не только с поверхностью, но и с массой органа, то значения дыхания, рассчитанные на единицу по-

Органы растений	1972 г., всходы	1973 г.					1974 г.						
		срок определения											
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
24						—							—
						27,0							16,1
25						—							—
						19,1							
Стебель									18,9	12,4		6,9	
									14,7	9,9		7,1	
Соцветие									57,4	31,2			
									48,2	27,0			
Цветонос									10,8	6,6		2,3	
									11,3	5,5		2,0	

верхности органа, могут быть использованы только для сравнения различных органов между собой.

Высокая дыхательная активность у листьев картофеля сохранялась до периода бутонизация — цветение, в последующие фазы интенсивность дыхания снижалась, оставаясь наиболее высокой у вновь образовавшихся листьев яруса (табл. 1, 2).

В различные по метеорологическим условиям годы опыта интенсивность темного дыхания была неодинаковой. Так, в вегетационный период 1973 г. выделение CO_2 в целом по листьям соответствующих ярусов было выше, чем в 1974 г., при сравнительно более низких температурах воздуха. Однако разница в интенсивности дыхания между различными органами растений по вариантам сохранилась. Активность дыхания у листьев разных ярусов и других органов растений в контроле была выше, чем в варианте с удобрениями (табл. 1, 2).

Выводы

1. При внесении расчетных доз удобрений под картофель в большинстве случаев наблюдалось снижение интенсивности процессов ночного и темного дыхания всех органов растения.

2. Наиболее интенсивно дыхательный газообмен проходит у молодых органов растений. По мере старения органа интенсивность этих процессов снижается.

3. С повышением температуры воздуха скорость процессов ночного и темного дыхания увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

- Макаров Б. Н. Изменение фотосинтеза и дыхания у картофеля в течение вегетационного периода. — Докл. АН СССР, 1951, т. 77, № 3, с. 503—505. —
- Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд-во АН СССР, 1961. —
- Потапов Н. Г. Физиология с.-х. растений. М.: Изд-во МГУ, 1971, т. 12, с. 156—171. —
- Рубин Б. А. Дыхание и его роль в жизни растений. М.: Знание, 1953. —
- Рубин Б. А. Современные представле-

ния о взаимосвязи фотосинтеза и дыхания (о путях эволюции энергетического обмена). — В сб.: Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. М.: Колос, 1970. — 6. Шатилов И. С., Чановская Г. В., Замараев А. Г. Формирование и продуктивность работы фотосинтетического аппарата сельскохозяйственных растений. — Изв. ТСХА, 1969, вып. 6, с. 18—26.

Статья поступила 18 мая 1981 г.

SUMMARY

The intensity of potato respiration at night and in darkness varies with the air temperature and with the level of mineral nutrition. The application of calculated rates of fertilizers to potatoes decreases the intensity of respiration at night and in the darkness. These processes are most intensive in the young organs of plants.