

В. О. КАЗАРЯН, А. Г. ГАСПАРЯН

## О МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РИЗОИДОВ РИЧИОКАРПУСА — RICCIOCARPUS NATANS L. (CORDA)

Одной из важнейших функций корневой системы растений, как установлено работами последних двух десятилетий, является метаболическое превращение поглощенных ею минеральных элементов и снабжение надземных органов аминокислотами [4, 7], белками [5, 11], ферментами [6, 10], фосфорсодержащими органическими [8] и физиологически активными веществами [12]. Указанная функция экспериментально выявлена у более высших представителей покрытосеменных. Однако существуют и промежуточные представители между высшими корне-стеблевыми и низшими растениями, у которых взамен корней формируются ризоиды, метаболическая функция которых остается пока еще вне поля зрения исследователей. Некоторые наши предварительные опыты показывают, что функция ризоидов не ограничивается лишь поглощением воды и минеральных элементов. Так, например, когда регулярно удаляются ризоиды у ричиокарпуса, произрастающего в водоемах, то в скором времени растение погибает, хотя оно не лишается возможности поглощать воду и минеральные элементы листовой поверхностью. Результаты этого опыта приводят нас к предположению о том, что ризоиды, кроме поглотительной, имеют и иную функцию, обеспечивающую нормальную жизнедеятельность растений. Следует полагать, что они, аналогично корням, участвуют в процессах биохимического превращения поглощенных ими минеральных элементов с синтезом разнообразных важнейших для растений метаболитов. С целью уточнения этого предположения предприняты исследования, результаты которых излагаются ниже.

В первом опыте, проведенном в августе 1967 г., острым ланцетом с растений срезались ризоиды и погружались на 4 часа в одном случае в дистиллированную воду, в другом—в питательный раствор (доза 0,5), предложенный Институтом агрохимических проблем и гидропоники [1]. Затем они промывались дистиллированной водой, фиксировались сухим паром и подвергались анализу для определения содержания фосфора, азотистых веществ и сахаров в них. При этом предполагалось, что ризоиды, погруженные в питательный раствор, за 4 часа должны были подвергнуться метаболическим превращениям поглощенные ими азотистые и фосфорные соединения, и синтезировать белки и фосфорорганические вещества. Нижеприведенные данные (табл. 1) в действительности

показывают, что в условиях питательного раствора ризоиды за 4 часа поглощали на 0,42% больше азота и полностью включали его в состав белков. В результате процент белкового азота от общего у опытных ризоидов увеличивался.

Таблица 1

Содержание различных форм азота в ризоидах ричиокарпуса, помещенных в питательный раствор и дистиллированную воду

Варианты	Азот, % на сухой вес			% белкового азота от общего
	общий	белковый	небелковый	
Контроль	2,19	1,62	0,57	73,9
Питательный раствор	2,62	2,04	0,58	77,8

Активность метаболического превращения азота ризоидами, уменьшается, более низка по сравнению с таковой у корней высших растений. Это, видимо, связано не только с меньшей эволюционной продвинуто-стью данной функции у ризоидов, но и с более слабым проявлением процессов роста у исследуемого растения.

Более повышенная метаболическая деятельность обнаруживается в отношении включения ризоидами фосфора в органические соединения (табл. 2). В условиях питательной смеси ризоиды за 4 часа поглощали в 1,4 раза больше фосфора и включали его в состав органических соединений в 1,5 раза активнее.

Таблица 2

Содержание органического и неорганического фосфора в ризоидах ричиокарпуса, помещенных в питательный раствор и дистиллированную воду

Варианты	Фосфор, % на сухой вес			% органического фосфора от общего
	общий	органиче-ский	неоргани-ческий	
Контроль	0,320	0,299	0,021	93,4
Питательный раствор	0,452	0,440	0,012	97,3

При такой энергичной поглотительной деятельности, как видим, содержание неорганического фосфора в опыте оказалось в 2 раза меньше, что опять-таки свидетельствует о заметно повышенной метаболической деятельности опытных ризоидов. Тут, видимо, существенная роль принадлежит и другим элементам минерального питания, которые совместно стимулируют обменные реакции.

Биохимические превращения азота или фосфора в корнях или других органах, как известно, не осуществляются без сахаров. Последние являются как энергетическим, так и строительным материалом для син-

теза разнообразных метаболитов. Исходя из этого, в следующем опыте были проведены определения содержания сахаров в ризоидах, находящихся 4 часа в одном случае в питательном растворе, в другом—в условиях дистиллированной воды (табл. 3).

Таблица 3.

Содержание углеводов в ризоидах ричиокарпуса, помещенных в питательный раствор и дистиллированную воду, % на сухой вес

Варианты	Монозы	Сахароза	Мальтоза	Сумма растворимых углеводов	Крахмал	Гемцеллюлоза	Сумма нерастворимых углеводов	Общая сумма углеводов
Контроль	1,99	2,48	1,76	6,23	13,3	15,4	28,,	34,9
Питательный раствор	1,70	3,10	1,20	6,00	11,0	15,0	26,0	32,0

Как показывают приведенные в таблице данные, в ризоидах, находящихся в условиях питательной смеси, обнаружено на 2,9% меньше углеводов. В отношении же содержания сахаров не выявлено столь большой разницы. Отсюда следует, что расход сахаров на метаболическую деятельность ризоидов осуществлялся главным образом за счет нерастворимых углеводов, в связи, видимо, с тем, что содержание сахаров в ризоидах оказывалось не достаточным. Поэтому для метаболического превращения поглощенных ими элементов минерального питания потребовалось дополнительное количество сахаров, образовавшихся в результате гидролитического распада крахмала.

В следующем опыте, проведенном в июне 1968 г., была поставлена задача выявить метаболическую деятельность ризоидов и листьев при их совместном функционировании. Допускалось, что в этом случае активность обменных реакций ризоидов должна быть более повышенной.

Опыт был поставлен следующим образом: растения выдерживались по 7 дней в разных условиях: дистиллированной воды, полной питательной смеси, питательного раствора без азота и питательного раствора сначала без азота, затем с азотной подкормкой в течение 40 минут. Затем в ризоидах и листьях определялось содержание различных форм азота, фосфора и сахаров (табл. 4—6).

Сравнение содержания белкового азота в листьях и ризоидах (табл. 4), дает нам право заключить, что активность метаболического превращения азота выше в листьях. Основанием для такого вывода может служить довольно заметная разница в содержании белкового азота (от общего) у листьев и ризоидов опытных вариантов.

Указанная разница у листьев I и II вариантов составляет 11,4, II и III—9,0, III—IV—5,5%, тогда как у ризоидов она соответственно равна—8,9; 8,2 и 1,9%. Однако следует учесть, что указанная функция листьев связана и с метаболической деятельностью ризоидов, снабжающих листья не только мелкомолекулярными соединениями, но и белками. Ис-

Таблица 4

Содержание азотистых веществ в листьях и ризоидах ричиокарпуса, выдержанного в различных условиях питательного режима

Варианты	Органы, подвергнутые анализу	Азот, % на сухой вес			% белкового азота от общего
		общий	белковый	небелковый	
Дистиллированная вода	лист	2,85	2,35	0,50	82,4
	ризоид	1,79	1,47	0,32	82,6
Полная питательная смесь	лист	3,60	3,38	0,22	93,8
	ризоид	3,20	2,93	0,27	91,5
Питательная смесь без азота	лист	2,70	2,29	0,41	84,8
	ризоид	1,80	1,50	0,30	83,3
Питательная смесь +40 мин азот	лист	3,30	2,98	0,32	90,3
	ризоид	2,50	2,13	0,37	85,2

Таблица 5

Содержание фосфора в ризоидах и листьях ричиокарпуса, выдержанных в различных условиях питательного режима

Варианты	Органы, взятые для анализа	Фосфор, % на сухой вес			% органического фосфора от общего
		общий	органический	неорганический	
Дистиллированная вода	лист	0,76	0,45	0,31	59,2
	ризоид	0,62	0,34	0,28	55,2
Полная питательная смесь	лист	1,16	1,03	0,13	88,7
	ризоид	1,12	0,94	0,18	83,3
Питательная смесь без азота	лист	0,99	0,69	0,30	69,6
	ризоид	0,76	0,51	0,25	67,2
Питательная смесь +40 мин азот	лист	1,00	0,81	0,19	81,0
	ризоид	0,82	0,65	0,17	79,2

ходя из имеющихся литературных данных в отношении корневой системы высших растений, можно полагать, что ризоиды, подобно корням [6, 10 и др.], синтезируют и разнообразные ферменты, принимающие участие в активизации основных процессов жизнедеятельности растений в целом. Показано весьма активное влияние ферментов корневого происхождения на фотосинтез [3].

О метаболической деятельности ризоидов можно составить представление при сравнении данных таблиц 1 и 4. Здесь выявляется та разница в поглотительной и метаболической деятельности, которая существует между неизолрованными и изолированными ризоидами. В условиях полного питательного раствора эта разница в отношении поглотительной активности составляет 0,58%, а в отношении метаболической деятельности, т. е. разница в содержании белкового азота у указанных ризоидов—0,89%. Такое расхождение возникает и в связи с тем, что в

Таблица 6  
Содержание сахаров в листьях и ризоидах ричиокарпуса, выдержанного в различных условиях питательного режима

Варианты	Органы, подвергавшиеся анализу	Сахара, % на сухой вес			
		глюкозы	сахароза	мальтоза	сумма
Дистиллированная вода	лист	1,30	1,60	1,30	4,20
	ризоид	0,60	1,20	0,50	2,30
Полная питательная смесь	лист	0,70	0,30	0,30	1,30
	ризоид	0,20	0,10	0,20	0,50
Питательная смесь без азота	лист	0,95	1,50	1,70	4,15
	ризоид	0,45	1,10	0,30	1,85
Питательная смесь + 40 мин азота	лист	0,82	0,32	0,25	1,39
	ризоид	0,15	0,26	0,20	0,61

первом случае ризоиды, будучи изолированными от листьев, прекращают рост и исчезает потребность в разнообразных элементах минерального питания, в том числе и в азоте. А ризоиды целостного растения проявляют повышенную жизнедеятельность.

Высокая поглотительная и метаболическая деятельность ризоидов проявилась и в отношении фосфора (табл. 5).

В приведенной таблице наиболее характерными в отношении общей метаболической активности ризоидов являются данные, относящиеся к последним двум группам. За 40 мин ризоиды IV группы синтезировали в 1,2 раза больше органического фосфора, чем ризоиды III группы. При этом весьма примечательно то обстоятельство, что сравнительно энергичное включение фосфора в органическое соединение осуществлялось в условиях, когда разница в общем содержании этого элемента у ризоидов растений III и IV групп составляла всего лишь 0,06%. В данном случае мы вправе заключить, что в условиях обеспеченности ризоидов азотом усиливается его включение в органические соединения, тогда как при азотном голодании этот элемент накапливается главным образом в форме неорганических соединений. Действительно, у растений III группы органический фосфор составляет 67,1, тогда как у представителей последней (питательная смесь + 40 мин азот) группы — 79,2%. Эта тенденция наблюдается и у растений II группы, которая всегда была обеспечена азотом. У растений I группы обнаруживается иная картина. Процент органического фосфора (от общего) у этих растений составляет всего 55,2.

Результаты количественного учета содержания сахаров в ризоидах и листьях в зависимости от отсутствия или наличия элементов минерального питания в окружающей среде приводят также к убеждению, что одной из главных функций ризоидов является метаболическое превращение поглощенных ими азота и фосфора. В действительности, как видно из приведенных данных (табл. 6), при наличии полной питательной сме-

си в обитаемой среде количество сахаров в ризоидах резко уменьшается, тогда как в условиях дистиллированной воды или питательной смеси без азота оно увеличивается (в условиях питательной смеси оно составляет 0,50%, дистиллированной воды—2,30%, в питательной смеси без азота—1,85%). Таким образом, отсутствие минеральных элементов в среде способствует накоплению сахаров в ризоидах. Примерно аналогичная картина выявляется и в отношении листьев: отсутствие минеральных элементов приводит к накоплению сахаров в листьях.

Более интересные данные получены при учете общего содержания сахаров в листьях и ризоидах. Оказалось, что у растений I и III групп сахара в три раза больше, чем у растений II и IV группы. Это обстоятельство свидетельствует о том, что при наличии минеральных элементов существенно усиливается расход сахаров, тогда как в отсутствие их сахара накапливаются в растениях, как это свойственно и для высших растений, выращенных в условиях песчаных культур [9] или гидропоники [2].

Приведенные выше данные в конечном счете показывают, что ризоидам ричиокарпуса, так же как и корням высших растений, присуща метаболическая функция.

Институт ботаники

АН АрмССР

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Давтян Г. С. Картофель и овощи, 1964.
2. Казарян В. В. Активность корней и надземных органов растений в условиях гидропоники. Диссертация, Ереван, 1970.
3. Казарян В. О., Акопова Ж. Г. Вопросы онтогенеза высших растений. Изд. АН АрмССР (в печати).
4. Колосов И. И., Ухина С. Ф. Физиология растений, 1, 7, 1954.
5. Кретович В. Л., Евстигнеева З. Г., Асеева К. Б., Совкина И. Г. Физиология растений, 6, в. 1, 1959.
6. Купревич В. Ф., Щербакова Т. А. Почвенная энзимология, Минск, 1966.
7. Литвинов Л. С. Изв. биол. научно-исслед. ин-та Пермск. гос. ун-та, 5, 1927.
8. Потапов Н. Г., Соловьева О. И., Иванченко И. И. Тр. комиссии по ирригации АН СССР, в. 8, 1936.
9. Alexander A. G. Journ. Agric. Univ. Puerto Rico, 51, 4, 1967.
10. Meese B. S. New phytologistis, 48, 2, 1949.
11. Paskuta S. Bull. Acad. Polon. Sci. Ser. biol, 8, 12, 1960.
12. West P. M. Nature, 144, p. 1050—1051.