

УДК 581.13:635.652.2:631.811.4

О ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ КОРНЕЙ У ЧЕРЕНКОВ ФАСОЛИ ПРИ ОТСУТСТВИИ КАЛЬЦИЯ В СРЕДЕ

Е. Е. КРАСТИНА, А. С. ЛОСЕВА
(Лаборатория искусственного климата)

У большинства растений кальций реутилизруется слабо, о чем свидетельствуют накопление в старых листьях его трудно-растворимых соединений, появление симптомов голодания при недостатке этого элемента в среде сначала у молодых листьев, необходимость постоянного присутствия его в питательной среде для нормального роста корней [4, 5, 6]. Однако у некоторых растений в старых листьях нижних ярусов накапливаются не трудно-растворимые, а водорастворимые соединения кальция. К числу таких растений принадлежат фасоль и томаты [1]. Видимо, это связано с накоплением в листьях нижних ярусов лимонной кислоты, кальциевая соль которой растворима в воде [2]. К тому же, как указано в работе [11], добавление лимонной кислоты к раствору CaCl_2 при нанесении последнего на листья усиливает транспорт кальция из них. Тем более высокое содержание эндогенной лимонной кислоты в нижних листьях фасоли и томатов должно способствовать реутилизации кальция, когда возникнет в ней потребность. И действительно, в опыте с применением меченого кальция [3] наблюдалась его реутилизация из простых (супротивных) листьев фасоли, когда растения были декапитированы и лишены корней. Однако здесь окоренение опытных растений проводилось в растворе CaSO_4 (10^{-5} моль/л). Поэтому образование корней могло обеспечиваться также содержащимся в среде кальцием. Для того чтобы выяснить возможность

снабжения образующихся у черенков фасоли корней этим элементом только за счет его реутилизации, мы провели опыты с окоренением облиственных черенков в бидистиллированной воде.

У фасоли и других видов растений образование корней стеблевыми черенками происходит интенсивнее, если они имеют листья и находятся на свету [7, 8, 10]. Положительная роль листьев в этом процессе связана с транспортом из них ассимилятов в зону ризогенеза, что было показано при введении меченой углекислоты в простые листья фасоли [9]. Но вместе с ассимилятами могут транспортироваться из листьев также лабильные соединения кальция и фитогормоны. О снабжении зоны ризогенеза эндогенным ауксином говорит возможность образования корней черенками с листьями без обработки их экзогенным ауксином [10] или слабая реакция на такую обработку [12]. Поэтому мы в своих опытах с черенками фасоли, имеющими листья, не проводили обработку черенков ауксином.

Методика работы

Объектом исследований была фасоль обыкновенная (*Phaseolus vulgaris* L.) сорта Сакса без волокна. Опыты проводили в вегетационной камере при контролируемых условиях. Источником света служили люминесцентные лампы ЛБЦ-30. Освещенность растений составляла 8 клк, фотопериод 16 ч. Температура воздуха в

Количество и суммарная длина корней у черенков фасоли, окореняемых в водопроводной воде (в числителе) и бидистилляте (в знаменателе)

Опыт	Черенки с простыми листьями		Черенки с 1-м тройчатым листом	
	число корней, шт.	суммарная длина корней, мм	число корней, шт.	суммарная длина корней, мм
1	19,1±1,1	495±49	20,7±1,8	654±75
	19,5±2,2	471±63	13,7±1,1*	305±43*
2	19,2±1,6	728±40	26,4±2,1	671±139
	29,7±7,3	420±129*	24,0±1,9	499±75
3	22,0±2,4	427±76	30,1±2,9	657±72
	25,0±3,8	479±96	39,1±9,7	487±135
4	21,9±2,2	559±62	18,9±3,1	448±117
	22,2±1,8	443±77	25,4±2,3	659±57

П р и м е ч а н и е. Звездочка означает, что разница между вариантами существенна при $P=0,95$.

помещении 20° круглосуточно. Растения выращивали в водной культуре на питательной смеси Кюпа, разбавленной в 5 раз в первую неделю после высадки проростков и затем в 2 раза — в следующие недели. Питательный раствор меняли через 7 дней.

В опыте 1 растения, у которых брали черенки для окоренения, находились в фазе разворачивания 2-го тройчатого листа (17 дней от прорастания семян), в опыте 2 — в фазе цветения (27 дней), в опытах 3 и 4 — в фазе бутонизации (24 и 23 дня соответственно).

Во всех опытах брали стеблевые черенки с простыми (супротивными) листьями или с 1-м тройчатым листом. В обоих случаях стеблевая часть черенка была одинаковой: нижний срез стебля на 1 см выше корневой шейки, а верхний — над 1-м тройчатым листом. Только в опыте 1 у черенков с простыми листьями верхний срез стебля находился над этими листьями. У черенков удаляли все пазушные почки и лишние листья. Во время черенкования отбирали пробы опытных листьев для определения исходной концентрации в них водорастворимых соединений кальция.

Окоренение черенков проводили в небольших колбах Эрленмейера, закрытых темными чехлами. В колбы наливали по 100 мл водопроводной воды (контроль) или бидистиллята. Черенок укрепляли в горле колбы ватой таким образом, чтобы базальная часть его стебля покрывалась водой. В каждом варианте 10 черенков. Колбы с черенками оставляли там же, где выращивались растения, но интенсивность света снижали до 3 клк.

Через 7 дней у каждого черенка определяли количество и длину образовавшихся корней, а в листьях черенков (в опыте 4 и в стеблях) — содержание водорастворимых соединений кальция, в некоторых опытах — также и общее его содержание. Водную вытяжку получали

настаиванием растительной пробы (высушенной и растертой) в воде в течение 24 ч. Органические вещества водной вытяжки окисляли H_2O_2 . Для определения общего кальция растительные пробы озоляли в муфеле. В опыте 1 находили также содержание кальция в воде до и после окоренения черенков. При определении его содержания использовали объемный трилометрический метод.

Результаты

Во всех опытах четко проявилась способность черенков фасоли образовывать корни не только в водопроводной воде (контроль), но и в бидистилляте. У черенков с простыми листьями число образовавшихся корней не отличалось от контроля, а их суммарная длина была меньше контрольной только в опыте 2. Черенки с 1-м тройчатым листом окоренялись хуже, чем в контроле опыта 1, где черенки получали от молодых растений в фазе разворачивания 2-го тройчатого листа. В остальных опытах у таких черенков значения обоих показателей окоренения существенно не отличались от контроля (табл. 1).

Анализ воды до и после окоренения черенков показал, что последние поглощают кальций из водопроводной воды и выделяют его, хотя и в незначительном количестве, в бидистиллят. В опыте 1 содержание этого элемента в 100 мл водопроводной воды после окоренения черенков с простыми листьями снизилось с 4,5 до 3,0 мг, а черенков с тройчатым листом — до 2,1 мг. В исходном бидистилляте отмечались следы, а после окоренения черенков обоих вариантов в нем содержалось 0,06 мг кальция на 100 мл.

Концентрация водорастворимых соединений кальция была выше в простых листьях, чем в тройчатом листе, и выше в тех и других у черенков, взятых с более взрослых растений (табл. 2). Это

Содержание Са и его водорастворимых соединений (мг на 1 г сухой массы) в листьях черенков до и после их окоренения в водопроводной воде (В) и бидистилляте (Б)

Опыт	Простые листья			1-й тройчатый лист		
	до окоренения	после окоренения		до окоренения	после окоренения	
		В	Б		В	Б
Водорастворимые соединения кальция						
1	27,7	23,6	21,2	16,7	12,0	10,6
2	44,4	37,0	42,4	30,2	26,7	24,6
3	49,4	46,2	48,4	30,0	27,8	24,5
4	47,6	35,8	35,7	27,2	21,3	20,2
Общее содержание кальция						
3	58,3	56,3	57,4	43,6	38,8	34,6
4	61,9	45,9	47,1	43,4	34,8	34,3

подтверждает ранее полученные данные о различном содержании водорастворимых соединений кальция в листьях различных ярусов фасоли [1].

В простых и тройчатом листьях черенков после окоренения снижалась концентрация водорастворимых соединений кальция по сравнению с исходной (до постановки черенков на окоренение), причем в 1-м тройчатом листе снижение было более сильным при окоренении черенков на бидистилляте, чем в водопроводной воде (табл. 2). То же отмечено при анализе простых листьев в опыте 1, где черенки брали от молодых растений.

Однако в следующих опытах, где использовались бутонизирующие или цветущие растения, получены другие результаты. Более сильное снижение содержания водорастворимых соединений кальция в простых листьях наблюдалось у черенков, окореняемых не в бидистилляте, а в водопроводной воде. Эти данные согласуются с наблюдениями за состоянием опытных листьев после окоренения черенков. Так, у черенков, взятых с более взрослых растений (опыты 2—4), простые листья при окоренении в бидистилляте желтели или покрывались некротическими пятнами. Это

явление отсутствовало или было выражено слабее у простых листьев черенков, окореняемых в водопроводной воде, а также у 1-го тройчатого листа при обоих способах окоренения. Естественно, повреждение простых листьев должно было затормозить отток из них ассимилятов и кальция.

Чтобы убедиться в последнем, в опытах 3 и 4 определяли в листьях черенков также общее содержание кальция. Оно было ниже исходного во всех листьях. Но и в этом случае уменьшение его в тройчатых листьях выражалось сильнее при окоренении черенков в бидистилляте, а в простых — в водопроводной воде (табл. 2).

Тем не менее в опытах 3 и 4 существенной разницы в окоренении черенков с простыми листьями при обоих способах окоренения не отмечалось. Вероятно, при данных способах зона окоренения черенка с простыми листьями была обеспечена необходимым для образования корней количеством кальция.

Для подтверждения такого предположения мы во всех вариантах опыта 4 определяли содержание кальция в стеблевой части черенков после их окоренения. Анализ показал, что у всех черенков (с

Таблица 3

Содержание общего кальция и его водорастворимых соединений в стебле черенков, окорененных в водопроводной воде (В) и в бидистилляте (Б)

Са	Черенки с простыми листьями		Черенки с 1-м тройчатым листом	
	В	Б	В	Б
мг на 1 г воздушно-сухой массы				
Общий	11,20	9,70	12,50	8,40
Водорастворимый	5,00	3,33	4,90	2,73
мг на 1 стебель				
Общий	2,99	2,33	3,11	2,12
Водорастворимый	1,33	0,80	1,21	0,69

тройчатым и простыми листьями) содержание общего и водорастворимого кальция в этой части ниже при окоренении в бидистилляте, чем в водопроводной воде (табл. 3). Эти результаты являются косвенным доказательством того, что при отсутствии кальция в среде окоренения (бидистиллят) усиливается его реутилизация из стеблевой части черенков фасоли независимо от того, какие листья оставлены (простые или тройчатые). Такие же выводы можно сделать и относительно реутилизации кальция из 1-го тройчатого листа, в котором содержание общего кальция и его водорастворимых соединений было более низким после окоренения черенков в бидистилляте (табл. 2).

У черенков, взятых от молодых растений, наблюдалось также усиление реутилизации кальция простых листьев при окоренении черенков в среде без этого элемента.

У фасоли обыкновенной стеблевые черенки с тройчатым или простыми листьями способны окореняться на свету не только в водопроводной воде, но и в бидистилляте, т. е. при отсутствии кальция в среде. При этом концентрация общего и водорастворимого кальция в стеблевой части и листьях черенков снижалась. Такое явление было выражено сильнее при окоренении черенков в среде, не содержащей кальция (исключение составили пожелтевшие простые листья).

Вероятно, отсутствие кальция в среде усиливает реутилизацию этого элемента в черенке, благодаря чему зона ризогенеза обеспечивается необходимым количеством кальция.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крастина Е. Е., Лосева А. С. Фракционный состав кальция в листьях и междоузлиях разных ярусов у подсолнечника, фасоли и томатов. — Изв. ТСХА, 1974, вып. 4, с. 3—10. — 2. Крастина Е. Е., Лосева А. С. Градиент концентрации лимонной кислоты в листовой серии фасоли и томатов. — Изв. ТСХА, 1974, вып. 6, с. 3—7. — 3. Петров-Спирidonov А. Е. Реутилизация отдельных фракций кальция в растениях. Сообщение II. — Изв. ТСХА, 1964, вып. 2, с. 131—137. — 4. Прянишников Д. Н. Избр. соч. Т. 1. М.: Сельхозгиз, 1952. — 5. Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений. М.: Изд-во АН СССР, 1955. — 6. Свешников А. М. О физиологической роли кальция в жизни красного клевера. — Агробиология, 1953, № 5, с. 124—139. — 7. Турецкая Р. Х. Физиологическое действие стимуляторов роста при размножении растений черенками. — В кн.: Рост растений. Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1959, с. 235—239. — 8. Турецкая Р. Х. Роль листьев и почек в образовании корней у стеблевых черенков. — Физиол. раст., 1960, т. 7, вып. 5, с. 531—536. — 9. Hartung W., Ohl. B., Kummer V. — Z. Pflanzenphysiol, 1980, Bd 98, N 2, S. 95—103. — 10. Huss-Danell K., Eliasson L., Ohberg I. — Physiol. plant., 1980, vol. 49, N 2, p. 113—116. — 11. Millikan C. R., Hanger B. C. — Austral. J. Biol. Sci., 1965, vol. 18, N 2, p. 211—226. — 12. Singh S. P. — Nat. Akad. Sci. Lett., 1979, vol. 2, N 5, p. 167—168.

Статья поступила 22 июля 1981 г.

SUMMARY

The ability of kidney bean (*Rhaseolus vulgaris* L.) to reutilize Ca of shoots was determined. Rooting of stem cuttings having first trifoliolate leaf or primary leaves was compared in running water and bidistilled water under the lighting of 3 klx. The concentration of total and watersoluable Ca before and after 7 day rooting in stems and leaves was determined. The ability of kidney bean cuttings to root in media without Ca was shown. Cuttings taken from budding and flowering plants had similar number and length of roots in running water and in bidistilled water. The concentration of general and especially watersoluable Ca in cuttings decreased more when rooting took place in bidistilled water in comparasion with running water. All this testified to the increase of reutilization of Ca in cuttings in the absence of this element in the media.