

УДК 634.11:631.811.2.033:621.039.85

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАЛИЯ ПРИ СРАСТАНИИ ЗИМНИХ ПРИВИВОК ЯБЛОНИ

А. Н. МЕДВЕДЕВ, М. Н. БАРАБАНЩИКОВ

(Кафедра сельского хозяйства зарубежных стран  
и лаборатории атомной техники в сельском хозяйстве)

Изучались распределение калия (меченого рубидия), а также особенности процесса срастания у зимних прививок яблони в периоды стратификации, хранения и начала вегетации.

Дальнейшее развитие плодового хозяйства на промышленной основе связано с совершенствованием питомниководства и, в частности, с ростом производства посадочного материала [12]. Применение зимней прививки в производственных условиях позволяет полнее удовлетворять существующий спрос на саженцы, так как в данном случае рационально используется рабочее время зимой и ранней весной. При этом важное значение приобретает качество прививочного материала [1, 3, 4].

В Нечерноземной зоне РСФСР, где погодные условия достаточно суровые, а плодородие почвы относительно низкое, подготовка высококачественных подвоев возможна при создании оптимальных условий их минерального питания, что позволяет направленно регулировать процессы роста растений [8, 13]. Установлено, что срастание прививок во многом зависит от обеспеченности элементами минерального питания. Недостаток в макроэлементах приводит к замедлению дифференциации и деления прираневых клеток, снижению синтеза РНК и активности ферментов [5, 9]. Вместе с тем многими авторами отмечается недостаточная изученность роли отдельных элементов питания в процессах срастания прививок и роста привитых растений. Целью настоящей работы было изучение распределения калия (рубидия) в привитом растении в процессе срастания.

### Методика

В качестве подвоев в опыте использовали однолетние сеянцы Антоновки обыкновенной со стержневой корневой системой, имеющей хорошо развитую мочку, толщиной штамбиков составляла 6,5—7 мм. Привоем служили черенки сорта Мелба. До прививки сеянцы и черенки хранили при температуре  $-1,5...-1^{\circ}\text{C}$ .

Перераспределение калия между подвоем и привоем определяли методом радиоиндикаторов [2, 6, 11]. Радиоиндикатором калия служил  $^{86}\text{Rb}$  ( $^{*}\text{RbCl}$ ).

Возможность применения меченого рубидия в качестве метки калия была продемонстрирована в ряде работ [15, 16]. Его использование также связано с отсутствием более приемлемого радиоиндикатора калия для длительных экспериментов.

Подвои и привои яблони высаживали на питательный раствор, содержащий меченый элемент, объемная удельная активность которого варьировала в пределах 15—37 ГБк/мл. При этом 1/4 часть сеянцев и черенков помещали в раствор с концентрацией рубидия, кальция и фосфора  $10^{-3}\text{M}$ , 1/4 часть — на раствор концентрацией  $10^{-4}\text{M}$ . После периода насыщения (4 дня) проводили прививку методом улучшенной

копулировки трехпочечными черенками в месте корневой шейки. Прививку делали перекрестно: на подвой с меченым рубидием прививали чистые черенки, а на чистые подвои — черенки с меченым рубидием. Таким образом, в дальнейшем анализировали 4 комбинации привитых растений.

На начальных этапах срастания растения выдерживали при температуре  $24^{\circ}\text{C}$  во влажных опилках. Образцы для анализа отбирали через 3, 6 и 9 дней после прививки в 3-кратной повторности. Для 2-месячного хранения после стратификации прививки переносили в холодную камеру с температурой  $0...+2^{\circ}\text{C}$ . Образцы отбирали через 1 и 2 мес хранения в той же повторности. После хранения растения высаживали в вегетационные сосуды с кварцевым песком, где они росли до появления молодого прироста длиной около 5 см, что соответствовало 30 дням с момента посадки.

Отобранные на протяжении опыта растения разрезали на отрезки длиной 2 см и высушивали. Предварительно измельченный растительный материал помещали в стандартные стеклянные флаконы с 10 мл дистиллированной воды. Радиоактивность

образцов измеряли на жидкостно-сцинтилляционном  $\beta$ -спектрометре фирмы ЛКБ-Валлак (Финляндия) по Черенковскому излучению. Для этого были сняты необходимые спектры и построены кривые гашения. Результаты обрабатывали на мини-компьютере «Голден-П» (США, язык Бейсик) по составленной нами программе с учетом поправочных коэффициентов.

Для изучения хода срастания прививочных компонентов место прививки вырезали и фиксировали 70% этиловым спиртом. Затем образцы пропаривали на водяной бане в течение 1—1,5 ч в смеси спирт — глицерин — вода в соотношении 1:1:1 [9, 10]. Срезы выполняли на ручном микротоме (толщина 18—22 мкм) в нижней, средней и верхней частях соединения компонентов прививки. При обработке срезов использовали реактив на лигнин-флороглюцин с

концентрированной соляной кислотой. Срезы помещали на предметные стекла в раствор глицерина с водой (1:1) и изучали под микроскопом.

Для оценки хода срастания прививочных компонентов использовали следующие параметры:

1 — прочность срастания прививочных компонентов — выраженное в процентах отношение прочно сросшихся растений к общему числу привитых растений;

2 — длина участка с возникшим каллусом у подвоя и привоя, определяемая с помощью окулярмикрометра и выраженная в процентах к ширине копуляционного среза в месте ранения;

3 — длина камбиальной зоны в процентах к длине камбиального слоя соответственно у подвоя и у привоя.

## Результаты

Полученные данные о распределении меченого рубидия между привоем и подвоем яблони в периоды стратификации, хранения и в начале вегетации растений представлены в табл. 1—3. Через 3 дня после прививки при введении метки в привой (черенки с тремя почками, концентрация раствора  $10^{-4}$ М) более 50 % меченого рубидия поступало к корню и концентрировалось в месте прививки. Следует подчеркнуть, что на этом этапе прочного срастания между прививочными компонентами не наблюдалось (рис. 1), хотя на поверхности копуляционного среза подвоя в его нижней части появлялись первые клетки каллуса. Наличие меченого элемента в участках стебля выше места прививки связано с установлением некоторого градиента распределения во время периода насыщения. По мере протекания стратификации поступление рубидия в подвой продолжалось и на 9-й день составляло около 60—70 % суммарной активности в образце. В черенке основное его количество также концентрировалось в месте прививки, тогда как в подвое он распределялся относительно равномерно по длине корня.

Аналогичная картина распределения метки наблюдалась также при использовании раствора концентрации  $10^{-3}$ М. Однако в этом слу-

Таблица 1

Распределение меченого рубидия ( $^{86}\text{Rb}$ ) по длине привитого растения при введении метки в привой (% к суммарной активности в образце — отрезке растения 2 см)

Участок растения	$10^{-3}$ М					$10^{-4}$ М				
	Срок измерения									
	3 дня	6 дней	9 дней	1 мес хранения	2 мес хранения	3 дня	6 дней	9 дней	1 мес хранения	2 мес хранения
Привой	9,0	—	0,8	5,5	—	—	—	—	4,2	2,3
	10,5	21,9	1,1	7,5	—	—	0,2	0,3	10,4	5,9
	8,5	15,8	2,9	4,6	—	6,2	0,4	—	—	—
	3,5	14,0	11,1	4,6	—	9,2	4,6	3,7	—	—
Всего	16,3	8,3	21,7	4,7	—	29,1	24,6	29,7	6,6	12,6
	47,8	60,0	37,6	26,9	—	44,5	29,8	33,7	21,2	20,8
Подвой	9,5	4,5	17,8	26,3	0,1	14,9	11,4	8,1	7,8	5,8
	5,7	12,4	15,5	11,4	16,6	9,0	16,4	9,9	21,5	19,4
	11,8	3,8	4,8	10,6	53,3	6,5	11,4	10,9	28,9	18,5
	11,4	11,1	3,8	10,7	11,9	5,1	9,8	7,7	4,1	19,1
	11,2	—	7,4	7,8	12,5	10,6	10,8	18,4	12,5	9,5
	2,6	8,2	13,2	6,3	5,6	9,4	10,4	11,3	4,0	6,9
	52,2	40	62,4	73,1	100,0	55,5	70,2	66,3	78,8	79,2

Таблица 2

Распределение меченого рубидия ( $^{86}\text{Rb}$ ) в период стратификации по длине привитого растения при введении метки в подвой (% к суммарной активности в образце — отрезке растений 2 см),

Участок растения	$10^{-3}$ м			$10^{-4}$ м		
	Срок измерения, дни					
	3	6	9	3	6	9
Привой	0,2	0,3	0,1	0,01	0,03	0,02
	—	—	0,1	0,04	0,04	0,03
	—	0,9	0,7	0,04	0,04	0,1
Всего	0,1	0,2	1,3	0,1	0,1	0,5
	0,4	0,9	3,8	0,2	0,6	1,4
	0,7	2,3	6,0	0,4	0,8	2,1
Подвой	8,2	10,3	18,6	9,6	7,8	8,9
	13,8	19,6	16,5	15,7	15,5	11,6
	11,2	21,0	11,8	17,9	15,1	13,5
	16,1	17,6	12,0	18,9	19,1	14,2
	22,3	19,1	26,3	22,8	29,2	27,4
	27,7	10,1	8,8	14,7	12,5	22,3
Всего	99,2	97,7	94,0	99,6	99,2	97,9

Таблица 3

Распределение меченого рубидия ( $^{86}\text{Rb}$ ) по длине привитого растения при введении метки в подвой в периоды хранения и вегетации (% к суммарной активности в образце — отрезке 2 см)

участок растения	$10^{-3}$ м			$10^{-4}$ м		
	Срок измерения					
	1 мес хранения	2 мес хранения	1 мес вегетации	1 мес хранения	2 мес хранения	1 мес вегетации
Привой	0,7	2,0	8,9*	—	—	6,9*
	—	0,6	2,5	0,03	0,6	2,4
	0,2	1,3	1,9	0,1	0,3	3,4
	0,6	2,0	2,3	0,5	1,1	3,7
	3,5	3,0	2,6	2,1	2,9	5,3
Всего	5,0	8,9	20,2	4,2	1,8	2,9
Подвой	7,4	19,5	7,5	6,9	6,7	24,6
	15,0	15,2	28,8	11,7	6,9	8,2
	14,4	14,7	26,7	18,0	17,4	17,3
	18,0	18,4	7,2	18,4	16,7	14,8
	22,2	22,0	5,6	15,2	16,7	16,5
	18,0	10,3	4,0	25,2	27,7	13,8
Всего	95,0	91,1	79,8	93,1	93,3	75,4

\* Молодой побег.

Таблица 4

Прочность срастания прививочных компонентов в период стратификации и хранения зимних прививок (% растений, имеющих прочное срастание, к общему числу привитых растений)

Срастание	Время срастания						
	3 дня	6 дней	9 Дней	1 мес (−2 °C)	1 мес (+3 °C)	2 мес (−2 °C)	2 мес (+3 °C)
Прочное	—	53	78	74	90	80	94
Полное по всему периметру среза	—	18	36	30	45	34	63

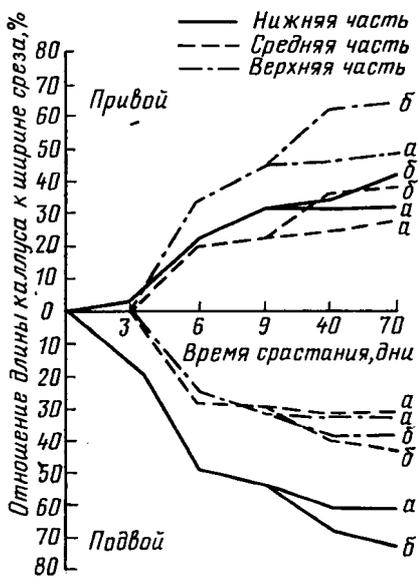


Рис. 1. Образование каллуса у прививочных компонентов в период стратификации и хранения зимних прививок. а и б — температура хранения соответственно  $-2$  и  $+3$  °С.

ционировать, т. е. образовывать новые структурные элементы ксилемы и флоэмы. Анализы показали, что активность камбия возрастает только к 6-му дню. При этом у подвоя она выше, чем у черенка. Хорошее срастание прививочных компонентов способствовало усилению процессов обмена веществ.

В период хранения привитых растений отток меченого рубидия из привоя продолжался и через 2 мес в привое оставалось около 20 %

чае за одинаковый промежуток времени в подвой поступало несколько меньше меченого элемента (в относительных единицах), чем при концентрации раствора  $10^{-4}$  М. Распределение рубидия по длине прививки было более равномерным.

Как показали анатомические анализы, на 6-й день стратификации прочное срастание между прививочными компонентами было почти у 50 % растений, а на 9-й день — почти у 80 % растений (табл. 4).

По мере срастания у прививочных компонентов наблюдалось дальнейшее образование каллуса, причем наиболее интенсивно этот процесс протекал на 3—6-й день с момента прививки. Следует также отметить, что каллусообразование у подвоя в нижней части копуляционного среза было более интенсивное, чем в средней и верхней частях, а у черенка оно было более активным в верхней части места прививки.

На рис. 2 показана величина камбиального слоя, который начал функ-

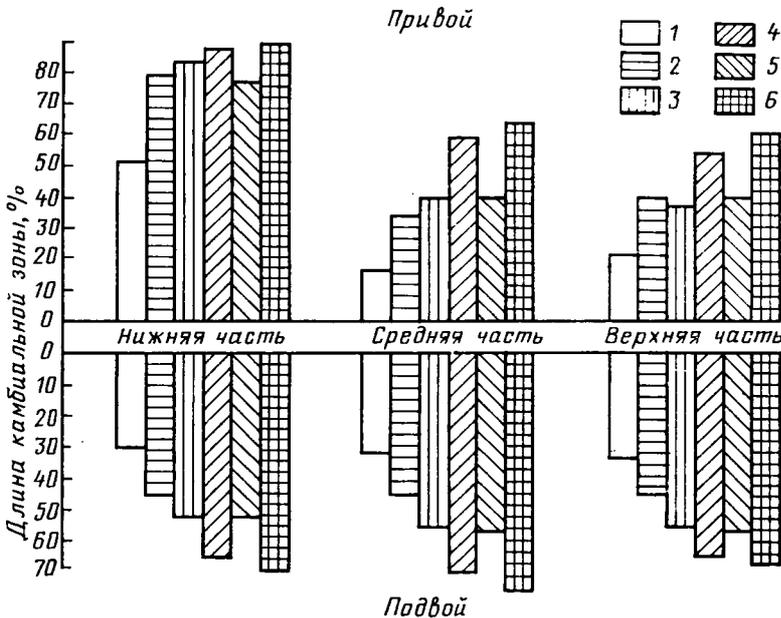


Рис. 2. Активность камбиального слоя прививочных компонентов в период стратификации и хранения зимних прививок.

1 и 2 — соответственно на 6-й и 9-й день; 3 и 4 — через 1 мес; 5 и 6 — через 2 мес хранения; 3 и 5 — температура  $-2$  °С; 4 и 6 — температура  $+3$  °С.

его исходного количества. При концентрации  $10^{-4}\text{M}$  у черенков меченый рубидий локализовался в месте прививки и в верхней части черенка за счет возрастания активности почек. Интерпретация данных локализации метки через 2 мес хранения в варианте с концентрацией  $10^{-3}\text{M}$  затруднена вследствие того, что активность к этому времени уменьшилась более чем в 9 раз за счет естественного радиоактивного распада ( $T_{1/2}$ ,  $^{86}\text{Rb} = 18,6$  дня) и приблизилась к уровню фона.

При хранении процессы срастания у прививок не затухали. Наблюдалось незначительное каллусообразование, а также деление камбия.

В случае введения метки в подвой в период каллусообразования меченый рубидий практически полностью локализовался в корнях (табл. 2). К концу стратификации в привое было зарегистрировано лишь 2—6 % к суммарной активности в образце. Содержание меченого рубидия в прививке убывало от конца к верхушке черенка. Во время хранения существенного изменения характера распределения метки у прививок не наблюдалось, хотя поступление рубидия в привой еще продолжалось (табл. 3); к концу хранения оно составило около 7—9 % к общей суммарной активности в образце.

При переходе от относительного покоя к активным ростовым процессам после посадки растений на субстрат характер распределения рубидия между подвоем и привоем изменялся (табл. 3). Из корневой системы он поступал в надземные части растения (черенок, молодой побег). Через месяц со дня посадки в привое было обнаружено рубидия около 20—25 % к суммарной активности в образце. Максимальная активность отмечалась в самом верхнем участке — побеге длиной около 5 см.

Характер распределения рубидия у растений не изменялся при расчете содержания меченого элемента как на единицу длины, так и на единицу массы. Аналогичная картина была получена нами при изучении распределения меченого фосфора ( $^{32}\text{P}$ ) между прививочными компонентами [7].

Таким образом, анализ полученных нами данных показывает, что формирование единого привитого растения происходит благодаря не только каллусообразованию, но и активному протеканию метаболических процессов, особенно в подвое. Результаты анатомических исследований и данные о распределении калия и фосфора по длине прививки свидетельствуют о том, что подвой быстрее вступает в процесс срастания и характеризуется высоким уровнем метаболизма. В период стратификации и хранения в подвое определенное количество этих элементов участвовало в процессах, связанных со срастанием прививок, о чем свидетельствует практически полная локализация всей активности в нижней части растений. С началом роста усиливаются метаболические процессы в черенках и происходит перераспределение питательных веществ, необходимых для роста побегов.

Наличие в подвое, а также в черенке достаточного количества питательных веществ, вероятно, может оказывать положительное влияние на успешное срастание прививочных компонентов и дальнейший рост прививок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андрушенко Д. П. Плодовое питомничество Молдавии. — Кишинев: Картя Молдавеняскэ, 1977. — 2. Гродзинский Д. М. Методика применения радиоактивных изотопов в биологии. — Киев: наукова думка, 1962. — 3. Землянов В. Н. Зимняя прививка плодовых культур. — М.: Россельхозиздат, 1977. — 4. К а й м а к а н И. В. Прививка плодовых культур. — Кишинев: Картя Молдавеняскэ, 1979. — 5. Лесин Ф. Л. Исследование процессов становления привитых организмов высших растений. — Автореф. докт. дис. Горки, 1968. — 6. Линд С. Радиационно-химические процессы. — М.: Атомиздат, 1965. — 7. Медведев А. Н., Барабанщиков М. Н. Поступление и перераспределение фосфора у зимних прививок яблони. — Изв. ТСХА, 1987, вып. 1, с. 126—130. — 8. Никиточкина Т. Д. Биологические особенности роста сеянцев яблони в зависимости от фонов минераль-

ного питания. — Автореф. канд. дис. М., 1968. — **9.** П о д а - Ч и к а л е н к о В. Т. Биохимические изменения при прививках растений. — Автореф. канд. дис. Томск. 1959. — **10.** П р о з и н а М. Н. Ботаническая микротехника. — М.: Высшая школа, 1960. — **11.** Р а ч и н с к и й В. В. Курс основ атомной техники в сельском хозяйстве. — М.: Атомиздат, 1978. — **12.** Рекомендации МСХ СССР по увеличению производства, повышению качества посадочного материала семечковых культур в южной зоне СССР. — М.: Колос, 1981. — **13**

С п и в а к о в с к и й Н. Д. Удобрение плодовых и ягодных культур. — М.: Сельхозиздат, 1962. — **14.** Ч у б а р о в А. П. Состояние и пути дальнейшего развития промышленного садоводства и виноградарства. — В кн.: Интенсификация садоводства и виноградарства. — М.: Колос, 1981. — **15.** T a n a k a T., T a n a d o T.— Soil a. Plant Nutrition., 1975, vol. 21, N 3. p. 308. — **16.** J o h a u s e n C. — Plant Physiol., 1975. vol. 2, N 1, p. 75.

*Статья поступила 3 ноября 1987 г.*

## SUMMARY

Redistribution of potassium (labelled rubidium) between grafting components in periods of stratification, storage and early growing, as well as characteristics of the process of their accretion in winter apple tree grafts were studied.