

## РОСТ И ВОДООБМЕН ЯБЛОНИ ПРИ ЧАСТИЧНОЙ ПОДРЕЗКЕ КОРНЕЙ

Н. В. ПИЛЬЩИКОВА, Ф. Н. ПИЛЬЩИКОВ

(Кафедры физиологии растений и плодоводства)

В практике интенсивного плодоводства проводится ряд агротехнических мероприятий, связанных с частичной подрезкой корней [15]. Последняя применяется также и в качестве специального приема, основанного на высокой способности корневой системы плодовых деревьев к восстановлению [2, 8]. Имеются данные о положительном влиянии указанного приема на урожай и качество плодов [2, 9, 18]. Причем регенерационный эффект в значительной степени зависит от сроков и степени подрезки, генетических особенностей подвоев [14, 17]. Вместе с тем углубленных исследований функциональной активности корневой системы и растения в целом при частичной подрезке корней до настоящего времени не проводилось, хотя такие исследования представляют большой не только теоретический, но и практический интерес, в частности, при разработке дифференцированной системы агротехнических мероприятий в питомнике и саду.

Имеющиеся в литературе сведения по этому вопросу касаются в основном только поступления элементов минерального питания [15], фотосинтеза и передвижения ассимилятов [20].

В настоящей работе ставилась задача выявить реакцию семенных и вегетативно размножаемых подвоев яблони на частичную подрезку корней. Особое внимание обращалось на водообмен у растений при искусственном изменении корне-листных отношений.

### Методика

Исследования проводили в лаборатории искусственного климата ТСХА в 1978—1980 гг. Объектами изучения были подвой: сеянцевые Антоновки обыкновенной и вегетативно размножаемые Алнарпа 2 (А2) и Парадизки краснолистной (В-9).

Растения выращивали в песчаной культуре на питательной смеси Кюппа с добавлением микроэлементов. Объем сосудов 5 л. Полив по массе ежедневно. Интенсивность освещения на уровне растений 10—12 тыс. лк, длина дня 16 ч, температура воздуха днем 20—22, ночью 18°.

Еженедельно измеряли высоту растений, определяли суммарный прирост, утолщение штамбика и количество развернувшихся листьев. На основании биометрических показателей через месяц после высадки подбирали по 2 одинаковые группы каждого подвоя, в которых было 12—15 растений.

У растений опытной группы с двух сторон на расстоянии 5 см от штамба подрезали корни. Другая группа служила контролем (без подрезки корней).

В день подрезки, а также через 2 нед и 1 мес после нее измеряли массу и протяженность активных и проводящих корней. Для этого отмывали корни в 3 сосудах каждого варианта.

С момента подрезки корней в динамике изучались некоторые показатели водообмена растений: интенсивность транспирации у интактных растений при помощи гидродатчика конструкции А. П. Ваганова [3] и на срезанных листьях весовым методом Иванова, водоудерживающую способность тканей — методом Арланда [1], степень открытости устьиц — методом Молиша по инфильтрации спирта, бензола и ксилола, скорость и движущую силу плача — компенсационным методом [13].

Повторность определения 3- и 6-кратная. В таблицах приведены средние значения из серий опытов. На графиках представлены средние значения из отдельных опытов. Статистическая обработка экспериментальных данных показала, что средняя квадратичная ошибка не превышает 10 % средних значений.

## Результаты и обсуждение

Ко времени подрезки корней (через месяц после высадки растений в лаборатории) подвои были хорошо развиты. Суммарный прирост составлял 25—40 см (рис. 1), диаметр штамбика 7—9 мм, площадь листьев 30—35 дм<sup>2</sup>. Общая протяженность корней достигала 7—9 м, примерно половина из них — активные корни. При подрезке отчленилось 30—35 % корневой системы, причем в значительно большей степени срезались активные корни (табл. 1).

Нагнетательная деятельность корневой системы, проявляющаяся в плаче декапитированных растений, в день подрезки корней снижалась (табл. 2). Скорость плача составляла 65—70 % от контроля. Непосредственной причиной этих изменений могли быть прежде всего изменения движущей силы плача. Изучали три показателя, которые могли влиять на движущую силу: компенсационное давление, останавливающее плач, осмотическое давление пасоки и активное давление корня.

Компенсационное давление у всех подвоев после подрезки снижалось, но в меньшей степени, чем скорость плача. Осмотическое давление пасоки, наоборот, увеличивалось. Следовательно, не оно было причиной ослабления плача. Некоторое увеличение осмотического давления может быть объяснено только уменьшением подачи воды и концентрации пасоки. Общая подача осмотически активных веществ с пасокой снижалась.

Наиболее тесно скорость плача коррелировала с активным давлением, что согласуется с данными опытов [12], в которых изучалось влияние химических и температурных воздействий на скорость плача растений.

Пересчет подачи пасоки на единицу массы активных корней показал, что оставшиеся после подрезки корни работают более интенсивно, т. е. появляется компенсаторный эффект. Так, интенсивность плача в варианте с подрезкой корней у Антоновки была выше, чем в контроле, на 17 %, у Алпарпа — на 21, у Парадизки — на 19 %. Активное давление, рассчитанное на единицу массы корней, также возрастало. Быстрое увеличение этого показателя позволяет предполагать, что активному давлению принадлежит ведущая роль в процессе приспособления корневой системы при снижении соотношения корень: надземная часть.

Ослабление нагнетательной деятельности корня сопровождалось изменениями показателей водного режима растения в целом. В литературе [7, 10, 16] указывается, что в условиях интенсивной транспирации листьев корневое давление существенно не влияет на движение воды по растению. Су-

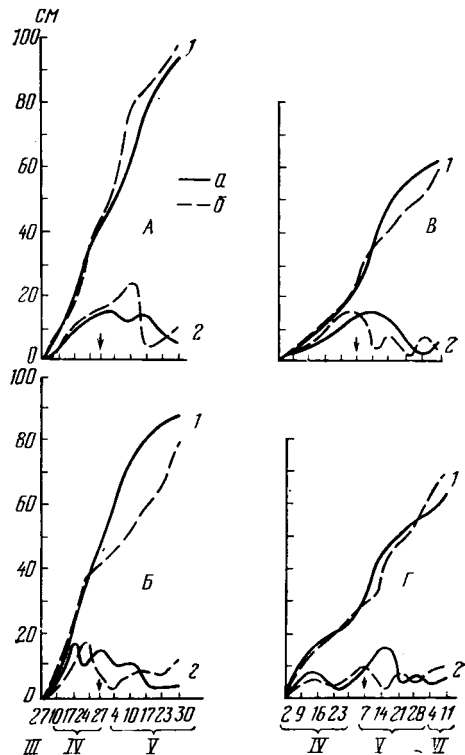


Рис. 1. Динамика роста подвоев яблони.

А — Алпарпа 2, 1978 г.; Б — Антоновка обыкновенная, 1978 г.; В — Парадизка краснolistная, 1979 г.; Б — Антоновка обыкновенная, 1979 г.

а — контроль; б — подрезка корней; 1 — линейный рост; 2 — дифференциальные кривые роста. Стрелками указаны дни подрезки.

Т а б л и ц а 1

## Протяженность корней (м) до и после их подрезки

| Подвой    | Всего |       | Активных |       | Проводящих |       |
|-----------|-------|-------|----------|-------|------------|-------|
|           | до    | после | до       | после | до         | после |
| Антоновка | 8,68  | 5,54  | 4,27     | 2,25  | 4,41       | 3,29  |
| Алнарп 2  | 10,19 | 6,38  | 5,92     | 2,90  | 4,27       | 3,48  |
| Парадизка | 6,81  | 8,86  | 2,26     | 1,29  | 4,55       | 1,17  |

существует мнение, что при совместной работе верхнего и нижнего двигателей водного тока парциальный вклад корневого давления в общий водный поток настолько мал, что им можно пренебречь. Однако, на наш взгляд, более правильным является представление о том, что корневую систему растений даже в условиях интенсивной транспирации следует рассматривать не как «фильтрационный барьер», а как существенное звено замкнутой системы регулирования водного обмена, оказывающее управляющее воздействие на верхний двигатель путем изменения апертуры устьичных щелей листа [6].

В наших опытах снижение корневого давления незамедлительно отразилось на надземной системе. Через 30 мин после подрезки корней устьица закрылись и оставались в закрытом или слабооткрытом состоянии в течение всего дня. Такая реакция растения хотя и привела к депрессии фотосинтеза, но вместе с тем предотвратила излишнюю потерю воды растениями, утратившими часть корневой системы. Относительные изменения транспирации при подрезке корней в 1978 г. представлены на рис. 2. Уже через час после подрезки интенсивность транспирации в варианте с подрезкой у Антоновки составляла 65 %, у Алнарпа — 52 % от контроля. В последующие сроки наблюдений ход устьичных движений в контроле и опыте был одинаковым, что обеспечивало нормальный газообмен, необходимых для фотосинтеза. Вместе с тем интенсивность транспирации в течение 2 нед в опытном варианте

Т а б л и ц а 2

## Скорость и движущая сила плача в день подрезки (числитель) и месяц спустя (знаменатель)

| Подвой    | Вариант  | Скорость плача, $10^{-1}$ мл/ч | Интенсивность плача, $10^{-1}$ мл/г·ч | Давление, кПа        |                      |                     | Доля активного давления в компенсационном, % |
|-----------|----------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--|
|           |          |                                |                                       | компенсационное      | осмотическое         | активное            |  |
| Антоновка | Контроль | $\frac{1,5}{2,2}$              | $\frac{0,41}{0,42}$                   | $\frac{99,3}{117,4}$ | $\frac{53,7}{49,6}$  | $\frac{55,7}{65,8}$ | $\frac{56,1}{57,0}$                          |
|           |          | Подрезка                       | $\frac{1,0}{3,4}$                     | $\frac{0,48}{0,52}$  | $\frac{85,2}{138,9}$ | $\frac{57,7}{41,5}$ | $\frac{47,6}{107,4}$                         |
| Алнарп 2  | Контроль |                                | $\frac{1,9}{2,6}$                     | $\frac{0,56}{0,55}$  | $\frac{97,2}{108,4}$ | $\frac{56,7}{54,7}$ | $\frac{40,5}{63,8}$                          |
|           |          | Подрезка                       | $\frac{1,4}{3,5}$                     | $\frac{0,68}{0,52}$  | $\frac{92,2}{125,6}$ | $\frac{59,8}{42,5}$ | $\frac{32,4}{93,2}$                          |
| Парадизка | Контроль |                                | $\frac{1,2}{1,7}$                     | $\frac{0,37}{0,31}$  | $\frac{89,1}{104,3}$ | $\frac{47,6}{41,5}$ | $\frac{41,5}{62,8}$                          |
|           |          | Подрезка                       | $\frac{0,8}{2,6}$                     | $\frac{0,44}{0,30}$  | $\frac{83,1}{110,4}$ | $\frac{55,7}{38,5}$ | $\frac{27,4}{71,9}$                          |

оказалась более низкой и составила 70—78 % к контролю (табл. 3, рис. 2). Снижение транспирации в этот период достигалось, по-видимому, не за счет движения устьиц, а за счет увеличения коллоидного и осмотического связывания воды в ткани. Об этом свидетельствует уровень водоудерживающей способности (табл. 3). Потеря воды срезанными растениями за 30-минутный интервал в варианте с подрезкой корней составляла 75—80 % от контроля.

Такое адапционное увеличение водоудерживающей способности можно рассматривать как результат саморегуляции путем перестройки структур, определяющих возможность активной жизнедеятельности растения в условиях снижения корнеобеспечения надземной системы. Подобное явление наблюдается в условиях водного дефицита у устойчивых к засухе растений [4].

После подрезки корней рост надземной части замедлялся у Парадизки, и особенно у сеянцев Антоновки. У Алнарпа 2 подавления роста не было.

Уже через 2 нед после подрезки суммарная протяженность корневой системы у Антоновки достигала уровня контроля, у Алнарпа 2 и Парадизки была немного меньше (табл. 4). При этом у всех подвоев значительно возросла доля активных корней. К этому времени появилось значительное количество новых корней и наблюдалось ветвление корней вблизи места подрезки. По мощности развития надземной системы вариант с подрезкой лишь незначительно уступал, а по площади листьев — превосходил контроль (табл. 4).

Через месяц после подрезки протяженность корней примерно вдвое превосходила контроль. Особенно мощным развитием отличались корни сеянцев Антоновки. Регенерация и омоложение корневой системы обеспечили ее повышенную функциональную активность (табл. 2). Скорость плача в варианте с подрезкой корней у Антоновки составляла 154 %, Алнарпа 2 — 135, Парадизки — 153 % от контроля. При этом увеличивалось как компенсационное, так и активное давление, его доля в компенсационном давлении у растений с подрезанной корневой системой была выше, чем в контроле, и достигала 65—77 %. Осмотическое давление пасоки у всех подвоев в варианте с подрезкой было ниже, вероятно, за счет разбавления пасоки усиленным притоком

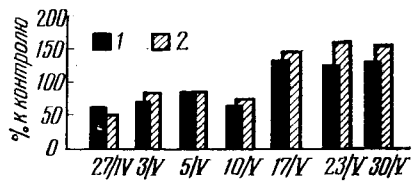


Рис. 2. Относительное изменение интенсивности транспирации под влиянием частичной подрезки корней. 1— Антоновка обыкновенная; 2—Алнарп-2.

Таблица 3

Интенсивность транспирации и водоудерживающая способность яблони через 2 нед после подрезки корней (числитель) и через месяц (знаменатель)

| Подвой    | Интенсивность транспирации, мг/г·ч |          | Водоотдача за 30 мин, % к исходной массе |          |
|-----------|------------------------------------|----------|--|----------|
|           | контроль                           | подрезка | контроль                                 | подрезка |
| Антоновка | 352,4                              | 246,1    | 9,6                                      | 7,2      |
|           | 331,2                              | 420,4    | 9,2                                      | 9,0      |
| Алнарп 2  | 304,5                              | 231,0    | 7,9                                      | 6,0      |
|           | 286,0                              | 429,1    | 8,1                                      | 8,2      |
| Парадизка | 224,5                              | 176,3    | 8,1                                      | 6,7      |
|           | 212,1                              | 281,6    | 6,9                                      | 6,7      |

## Рост корневой системы и надземной части подвоев яблони через 2 нед (числитель) и месяц (знаменатель) после подрезки

| Вариант                  | Высота растений, см | Суммарный прирост, см | Площадь листьев, дм <sup>2</sup> | Диаметр штамбика, мм | Протяженность корней, м |            |       |
|--------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|------------|-------|
|                          |                     |                       |                                  |                      | активных                | проводящих | общая |
| Антоновка обыкновенная   |                     |                       |                                  |                      |                         |            |       |
| Контроль                 | 53,0                | 89,0                  | 39,09                            | 7,61                 | 13,26                   | 6,83       | 20,09 |
|                          | 65,0                | 97,0                  | 118,89                           | 9,26                 | 37,75                   | 7,25       | 45,00 |
| Подрезка                 | 59,0                | 61,0                  | 41,82                            | 6,31                 | 17,13                   | 3,56       | 20,69 |
|                          | 73,0                | 89,5                  | 105,56                           | 7,17                 | 80,46                   | 4,66       | 85,12 |
| Алнарп 2                 |                     |                       |                                  |                      |                         |            |       |
| Контроль                 | 49,0                | 81,8                  | 39,2                             | 7,05                 | 18,03                   | 6,84       | 24,87 |
|                          | 64,2                | 96,7                  | 42,3                             | 8,28                 | 27,68                   | 8,96       | 36,63 |
| Подрезка                 | 50,0                | 84,8                  | 43,57                            | 6,96                 | 18,11                   | 4,72       | 22,83 |
|                          | 62,8                | 99,3                  | 55,00                            | 7,92                 | 60,50                   | 6,79       | 67,29 |
| Парадизка крастнолистная |                     |                       |                                  |                      |                         |            |       |
| Контроль                 | 38,2                | 55,1                  | 29,52                            | 7,13                 | 9,54                    | 4,25       | 13,79 |
|                          | 50,6                | 62,1                  | 43,05                            | 7,80                 | 13,46                   | 4,71       | 18,17 |
| Подрезка                 | 39,1                | 45,5                  | 36,40                            | 7,12                 | 9,38                    | 2,52       | 11,90 |
|                          | 52,4                | 51,3                  | 52,84                            | 8,32                 | 18,44                   | 2,91       | 21,35 |

воды. Как показали опыты [15], поглощение кальция и фосфора корнями повышается через месяц после подрезки корней.

Усиление водообеспечения надземной части в варианте с подрезкой привело к увеличению интенсивности транспирации. Водоудерживающая способность тканей в контрольных и опытных вариантах была практически одинаковой (табл. 3).

В 1979 г. к концу опыта у Алпарпа 2 и Антоновки суммарный прирост в варианте с подрезкой корней несколько превосходил контроль. В 1978 г. Антоновка и Парадизка по этому показателю не достигли уровня контроля.

Причем у контрольных растений к этому времени уже заложилась верхушечные точки и рост прекратился. У опытных растений ростовые процессы еще продолжались.

В итоге у всех изучаемых подвоев яблони подрезка корней оказала стимулирующее влияние на развитие и активность корневой системы. У Антоновки и Парадизки эти показатели повышались за счет некоторого отставания роста надземной части.

В наших опытах наглядно проявилась корреляция роста полярно расположенных метаболических органов — листьев и активных корней. Известно, что между корнями и листьями происходит взаимный обмен как трофическими, так и физиологически активными веществами [5, 11, 19]. Искусственное сокращение массы корней вызвало усиление их роста, что способствовало существенной активации жизнедеятельности листьев и росту подвоев в целом.

### Выводы

1. Частичная подрезка корней у подвоев яблони способствует образованию более мощной и функционально активной корневой системы: увеличивается ее нагнетательная деятельность, причем в большей степени возрастает активный, а не осмотический компонент корневого дав-

ления. Формирование корневой системы достигается за счет временного торможения роста надземной части.

2. В день подрезки корней яблони нагнетательная деятельность корневой системы ослабляется, но непропорционально протяженности срезанных корней. Подача пасоки и активное давление в расчете на единицу массы корней возрастает. Нагнетание воды корнем играет существенную роль в поддержании нормального уровня водообеспеченности растений, что и отражается на их росте.

3. До восстановления исходного уровня протяженности корневой системы после ее обрезки скорость расходования воды растениями уменьшается. Одной из первых реакций на подрезку корней является увеличение устьичного сопротивления, вследствие чего возрастает водоудерживающая способность тканей листа.

4. Подрезка корней может использоваться как эффективный прием при выращивании сеянцевых и клоновых подвоев яблони в питомниках.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арланд А. Использование физиологических показателей в сельском хозяйстве. — Физиол. раст., 1960, т. 7, вып. 2, с. 160—168. — 2. Болотов А. Т. О принуждении плодовых деревьев к приношению плодов. — Избр. соч. по агроп., плодов., бот. Моск. общ.-во испыт. природы. М., 1952—3. Ваганов А. П., Лясковский Г. М., Романов А. А. Об определении транспирации при помощи сорбционных гидродатчиков. — Тр. Харьк. с.-х. ин-та, 1972, т. 176, с. 20—29. — 4. Гриненко В. В. Регуляция водного обмена, определяющая приспособление растений к среде. В сб.: Водобмен растений при неблагоприятных условиях среды. Кишинев: Штиница, 1975, с. 50—56. — 5. Казарян В. О., Апоян Л. А., Степанян А. Г. Корреляции массы корней и кроны персика на различных подвоях. — Тр. Бот. ин-та АрмССР, 1977, т. XX, с. 5—16. — 6. Карманов В. Г., Мелешенко С. Н. Регулирование по замкнутому кругу в системе водного обмена растения. — В сб.: Состояние воды и водный обмен у культурных растений. М.: Наука, 1971, с. 77—84. — 7. Козловский Т. Т. Водный обмен растений. М.: Колос, 1968. — 8. Колесников В. А., Пильщиков Ф. Н. Регенерация корней яблони. — Докл. ВАСХНИЛ, 1970, вып. 5, с. 13—16. — 9. Колесников В. А., Пильщиков Ф. Н. Реакция корней яблони на окультуривание почвы. —

Изв. ТСХА, 1972, вып. 2, с. 130—140. — 10. Крафтс А., Карриер Х., Стокинг К. Вода и ее значение в жизни растений. М.: ИЛ, 1951. — 11. Курганов А. Л. Взаимосвязь физиологических процессов в растении. — XX Тимирязевские чтения, 1960. — 12. Можаяева Л. В., Пильщикова Н. В. О движущей силе плача растений. — Физиол. раст., 1979, т. 26, вып. 5, с. 994—999. — 13. Можаяева Л. В., Пильщикова Н. В., Кузина В. И. Сравнительное определение движущей силы плача растений компенсационным и динамическим методами. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 1, с. 8—14. — 14. Пильщиков Ф. Н., Пильщикова Н. В. Регенерация корней различных подвоев яблони. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 2, с. 145—150. — 15. Пильщиков Ф. Н., Мазель Ю. Я. Рост яблони и поступление меченых фосфора и кальция в растения при частичной подрезке корней. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 3, с. 121—131. — 16. Слейгер Р. Водный режим растений. М.: Мир, 1970. — 17. Столбова А. Н. Подрезка корневой системы яблони при беспересадочном выращивании. — Тр. Кировского с.-х. ин-та, 1971, т. 23, вып. 55, с. 36—38. — 18. Шумахер Р. Продуктивность плодовых деревьев. М.: Колос, 1979. — 19. Richards D., Rowe R. N. — Ann. Bot., 1971, vol. 41, N 176, p. 1211—1216. — 20. Stupendick Jo-Anne T., Shepherd K. R. — N. Z., J. Forest Sci., 1980, vol. 10, N 1, p. 148—158.

*Статья поступила 15 июля 1981 г.*

#### SUMMARY

The effect of partial cutting the roots on the growth and water exchange of different apple tree stocks was studied in pot experiments with sand culture. Root cutting reduces the forcing action of the root system, which is manifested by exudation of decapitated plants, while the amount of bleeding sap and the active root pressure per unit of the root mass increase. One of the first responses to the cutting is a higher stoma resistance followed by increased water holding capacity of leaf tissues. A month after the cutting the length of the roots is about two times longer than in the check tree. The forcing activity of the root system becomes more intensive, especially increasing the active component of root pressure. The root system is formed at the expense of temporary inhibition of the above ground portion growth.

The responses of seed stocks and that of vegetatively reproduced stocks of an apple tree to root cutting were somewhat different.