

Вопрос 1. Характеристика воды как экологического фактора.

Основной источник воды растений – атмосферные осадки. Обеспеченность растительного покрова влагой в первую очередь зависит от общеклиматической характеристики местности. Однако для оценки водообеспеченности растений мало знать только годовое количество осадков.

Большую роль играет соотношение осадков и испаряемости (суммарного годового испарения со свободной водной поверхности), также весьма неодинаковой в разных районах земного шара. Области, в которых эта величина превышает годовую сумму осадков, относят к *аридным* (сухим, засушливым). Здесь растения испытывают недостаток влаги в течение большей части вегетационного периода. Области, где растения достаточно обеспечены влагой, называют *гумидными* (влажными). Следует заметить, что граница между аридными и гумидными местообитаниями весьма условна. Иногда выделяют еще переходные – *семиаридные* (полуаридные) место-

обитания. В случае крайне засушливых районов говорят об *экстрааридных* условиях.

Наряду с количеством осадков для жизни растений чрезвычайно существенно распределение их во времени, а в первую очередь обеспеченность влагой вегетационного периода (или его наиболее важных отрезков) и соотношение осадков с годовым ходом температуры.

Сочетание обеспеченности растений влагой и теплом хорошо отражают климадиаграммы, составленные по способу Вальтера – Госсена, на которых в определенных масштабах сопоставлен годовой ход температуры воздуха с ходом выпадения осадков (рисунок 10). Масштаб, при котором на оси ординат 10°C соответствуют 20 мм осадков, позволяет выявить засушливый период года, когда кривая осадков (рисунок 10 к) лежит ниже температурной кривой (рисунок 10 и). Для наглядности площадь, ограниченная их пересечением, выделяется особой штриховкой (рисунок 10 м). При ином масштабе ($10^{\circ}\text{C} = 30\text{ мм}$) в районах с непродолжительной засухой можно выделить также полузасушливый период (рисунок 10 н).

В период, достаточно обеспеченный влагой, кривая осадков обычно располагается над кривой хода температуры. Таким образом, климадиаграммы позволяют выделить и наглядно изобразить периоды засухи или избыточного увлажнения в разных типах климата. Они отражают и такие существенные для растений характеристики климата, как средняя продолжительность безморозного периода, минимальные и максимальные температуры (Горышина, 1979).

Кроме общеклиматического фона для характеристики водообеспеченности растений нужно знать также условия увлажнения в конкретных местообитаниях.

Уместно отметить, что количество воды, поступающее на поверхность почвы в разных зонах нашей страны, крайне неравномерно. Говорят о местообитаниях оптимального, недостаточного или избыточного увлажнения (Филатов, Баздырев, Объедков и др., 1999).

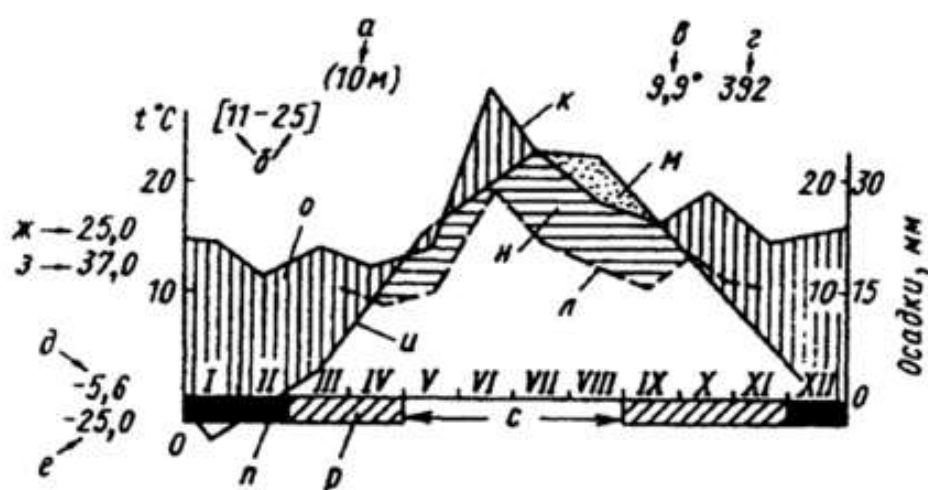


Рисунок 10 – Климатодиаграмма, по Вальтеру – Госсену, для Одессы (по Вальтеру Г.):

a – высота над уровнем моря; *б* – число лет наблюдений за температурой (первая цифра) и осадками (вторая цифра), *в* – средняя годовая температура; *г* – средняя годовая сумма осадков в мм; *д* – средний суточный минимум самого холодного месяца, *е* – абсолютный минимум; *ж* – средний суточный максимум самого теплого месяца; *з* – абсолютный максимум; *и* – кривая средних месячных температур; *к* – кривая средних месячных сумм осадков (соотношение 10° = 20 мм); *л* – то же (соотношение 10° = 30 мм); *м* – засушливый период, *н* – полусухой период, *о* – влажное время года, *п* – месяцы со средним суточным минимумом температуры ниже 0 °C; *р* – месяцы с абсолютным минимумом температуры ниже 0 °C; *с* – безморозный период.
По оси абсцисс – месяцы

Однако это лишь ориентировочная качественная оценка. При количественной характеристике среды обитания растений по водному фактору используют показатели, отображающие содержание, распределение и динамику влаги в почве и воздухе.

Основной путь поступления воды в растения – поглощение ее из почвы через корни.

Почвенная влага весьма неоднородна по физическим и химическим свойствам. Различают три основные категории почвенной воды, отличающиеся по механизму удержания ее почвой: гравитационную, капиллярную и связанную (рисунок 11).

Гравитационная вода – подвижная вода, которая заполняет широкие промежутки между частицами почвы и просачивается вниз под действием силы тяжести, пока не достигнет грунтовых вод.

Капиллярная вода заполняет тончайшие промежутки между частицами почвы и удерживается капиллярными силами сцепления. Обычно «капиллярная кайма» хорошо выражена над горизонтом грунтовых вод, выше могут находиться горизонты «подвешенной» капиллярной воды, не связанной с грунтовыми водами. Под влиянием испарения с поверхности почвы капиллярная вода может подтягиваться вверх, создавая восходящий ток влаги. Возможны и горизонтальные перемещения капиллярной влаги в почве под действием менисковых сил.

Связанная вода удерживается на поверхности почвенных частиц адсорбционными силами. Количество ее значительно благодаря огромной поверхности почвенных частиц. Различают прочно связанную воду, находящуюся непосредственно на поверхности почвенных частиц, и рыхло связанную, находящуюся в более удаленных от частиц слоях. Первая неподвижна и не растворяет электролиты, вторая обладает пониженной подвижностью и слабой растворяющей способностью.

Кроме перечисленных форм воды в почве всегда содержится парообразная влага, занимающая все свободные от воды поры. Это почти всегда (кроме пустынных почв) насыщенный водяной пар. При понижении температуры ниже 0 °C почвенная влага переходит в лед (вначале свободная вода, а при дальнейшем охлаждении – и часть связанной).

Разные формы почвенной влаги в неодинаковой степени доступны корневым системам растений. Наиболее легко усваивается гравитационная вода, с большим трудом – капиллярная. Вся влага, удерживаемая в почве силами, превышающими осмотическое давление клеточного сока зоны всасывания корня, не может поступить в растение даже при максимальной величине его сосущей силы (при завядании). Это так называемая недоступная влага, или мертвый запас. Он приблизительно

но соответствует количеству прочно связанной воды. Количество недоступной влаги в разных почвах неодинаково и зависит от их физических и химических свойств (размеры частиц и пор, содержание коллоидных веществ и т. д.).

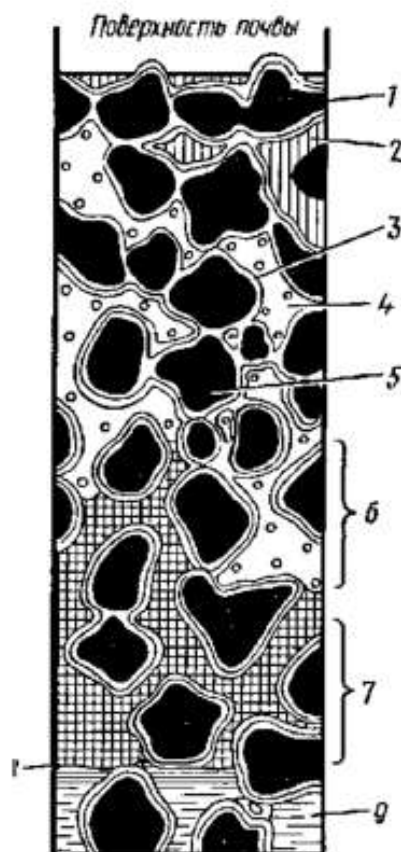


Рисунок 11 – Вода в почве (по Качинскому Н. А.):

1 – частицы почвы; 2 – гравитационная вода осадков, просачивающаяся в почву; 3 и 5 – гигроскопическая (пленочная и коллоидная) вода; 4 – почвенный воздух с парами воды; 6 – зона открытой капиллярной воды (часть пор заполнена воздухом, часть водой); 7 – зона замкнутой капиллярной воды (все поры заполнены водой); 8 – уровень грунтовой воды; 9 – грунтовая вода.

Ниже это различие иллюстрируется на примере влажности устойчивого завядания (в % к абсолютно сухой массе) – агрогидрологической константы, характеризующей тот предел влажности почвы, при котором у сельскохозяйственных куль-

тур теряется тургор листьев и прекращается прирост органического вещества (по Вериге С. А. и Разумовой П. А.):

<i>Почва</i>	<i>Влажность устойчивого завядания, %</i>
Песок	0,5–1,5
Супесь	1,5–4,0
Суглинок	
легкий	3,5–7,0
средний	5,0–7,0
тяжелый	8,0–12,0
Глина	12,0–20,0

Таким образом, одно и то же количество влаги в почве означает совсем разные условия водоснабжения для растений, произрастающих в различных почвенных условиях.

Содержание водяных паров в воздухе (влажность воздуха) имеет большое экологическое значение как фактор, в большой степени определяющий скорость потери воды растениями. Влажность воздуха неодинакова в местообитаниях с разным водоснабжением. Об этом свидетельствуют следующие примеры:

<i>Воздух</i>	<i>Относительная влажность, %</i>
Насыщенный влагой (туман)	100
Под пологом леса в умеренных широтах	60–80
В степи (в полдень)	25–30

В дневные часы влажность воздуха обычно снижается, особенно резко в засушливых и сильно нагреваемых местообитаниях.

Снег играет в жизни растений двойную роль. С одной стороны, сильные снегопады способны причинить механические повреждения (снеголом), которым часто подвержены де-

ревья с густой, компактной кроной. С другой стороны, в жизни растений снег играет положительную роль, защищая их зимующие части от холода, а почву – от глубокого и сильного промерзания. Велика роль снежного покрова в накоплении влаги, в обеспечении влагой растений в течение вегетационного периода, особенно на первых его этапах.

Лед оказывает на растения в основном неблагоприятное влияние. Образование ледяной корки на поверхности почвы прекращает доступ воздуха в почву, в результате чего зимующие растения «задыхаются» и гибнут. Ледяной покров может образоваться и на растениях: в сырую погоду при быстром понижении температуры *стволы и ветви деревьев покрываются так называемой ожеледью* (разновидность гололеда). Этот ледяной футляр, плотно сцепленный с поверхностью ветвей и непроницаемый для воздуха и водяных паров, затрудняет дыхание и вызывает серьезные поломки.

Такое явление отмечалось в последнее десятилетие в плодовых насаждениях юга России: различных зонах садоводства Краснодарского края и Республики Адыгея.

Град как источник влаги следует оценить весьма скромно. Вместе с тем он наносит существенный вред, повреждая фотосинтетический аппарат – листья, а также плоды растений.

Роса – конденсат парообразной влаги на охлажденной поверхности – довольно обычное явление в жизни растений. Выпадению росы в утренние и вечерние часы способствует большая листовая поверхность растительных сообществ. Не только луговые травостой покрываются росой, но иногда и в древесных кронах наблюдается явление «внутреннего дождя» из конденсированной влаги (Горышина, 1979).

Вопрос 2. Потребность плодовых растений в воде

Как известно, водный режим плодовых растений определяется процессами поглощения, передвижения, расхода воды и зависит, прежде всего, от наличия влаги в корнеобитаемом слое почвы.

Растения извлекают воду из почвы до тех пор, пока со-
сушая сила корешков может конкурировать с сосущей силой
почвы. Уместно отметить, что у влаголюбивых травянистых
растений устойчивое завядание наступает при сосущей силе
почвы 0,7–0,8 Мпа, у большинства сельскохозяйственных рас-
тений при 1–2 Мпа, а у древесных пород – при 2–3 Мпа (Ки-
рюшин, 1996).

Поглощение воды происходит тем интенсивнее, чем
больше всасывающая поверхность корневой системы и чем
легче корни и почвенная влага приходят в соприкосновение
друг с другом. Большая часть воды, потребляемой растения-
ми, расходуется на транспирацию и выделяется в атмосферу в
основном через листья – главный фотосинтезирующий орган.
Другими словами, растения, по образному выражению
К. А. Тимирязева, постоянно находятся «между Сциллой го-
лода и Харибдой жажды».

Для определения суммарной потребности растений в во-
де применяют **транспирационный коэффициент** – количе-
ство частей воды в единицах массы, затраченное на единицу
массы урожая. Транспирационный коэффициент зависит от
вида растений, их возраста, сорта, подвоя, почвенных условий
и т. д. Например, у груши и яблони он колеблется от 140 до
280. Чем беднее почва, тем большее количество воды надо
прогнать через растение для получения единицы сухого веще-
ства (Куренной, Колтунов, Черепяхин, 1985).

По требовательности к воде растения основных плодовых
пород, произрастающих в умеренных широтах, располагаются
в следующем возрастающем порядке: миндаль, абрикос, виш-
ня, персик, груша, яблоня, слива, смородина черная, малина,
земляника. Породы, сформировавшиеся в условиях засушливо-
го климата, менее требовательны к воде. Существуют различия
в потреблении воды сортами и подвоями: сорта ранних сроков
созревания плодов более устойчивы к недостатку воды, чем
поздние; деревья на слаборослых, вегетативно размножаемых
подвоях более требовательны к условиям увлажнения, чем
привитые на сильнорослых семенных подвоях.

Определение коэффициента транспирации с учетом потерь воды через испарение почвой и утечки ее в более глубокие слои показывает, что для нормального роста и получения урожая 200–250 ц с 1 га на каждый гектар сада за вегетацию требуется не менее 6000–8000 м³ воды.

С возрастом водопотребление плодовых деревьев увеличивается. Так, по данным Ставропольской опытно-мелиоративной станции, суммарный расход воды с гектара молодого неплодоносящего сада составил 3500 м³/га, в начале плодоношения – 4800 и в период полного плодоношения – 5500 м³/га.

Для большинства плодовых растений умеренных широт наиболее благоприятные условия влагообеспеченности создаются при влажности почвы 75–80 % наименьшей влагоемкости (НВ) и относительной влажности воздуха 60–70 %.

Период наибольшей потребности растений в воде называют критическим.

В течение вегетации плодовые и ягодные растения наиболее требовательны к воде в первой ее половине (май-июль), когда происходит цветение, усиленный рост корней и побегов, а также нарастание массы плодов при высоком тепловом напряжении воздуха и почвы.

Вместе с тем, чтобы создать условия для нормальной закладки цветковых почек и дальнейшей их дифференциации, во второй половине вегетационного периода (август-сентябрь) целесообразно некоторое подсушивание почвы.

Вопрос 3. Засухоустойчивость плодовых пород

Недостаток воды у плодовых растений ощущается при влажности почвы ниже 70 % НВ. Обычно днем в результате расходов на транспирацию растения недонасыщены водой. Величина этого недонасыщения называется **водным дефицитом**. Он определяется как разность между наибольшим содержанием воды в растении в состоянии насыщения (например, ранним утром) и реальным содержанием воды в растении в момент определения. Водный дефицит – величина изменчи-

вая, зависящая от конкретных условий водоснабжения или погоды в тот или иной период. Она хорошо отражает динамику условий увлажнения и отчасти соотношение между расходом и поступлением воды в растения. Так, в жаркие и сухие периоды водный дефицит растений сильно возрастает, а после продолжительных дождей или обильных рос падает до нуля.

При иссушении почвы до глубины 60–80 см в большей степени повреждаются засухой деревья с неглубоким залеганием корневой системы. Снижение влажности почвы до 60 % НВ и повышение температуры до 24 °С приводят к прекращению роста всасывающих корней, а при ее уменьшении до 40 % НВ в листьях плодовых растений подавляется активность ферментов, а также интенсивность фотосинтеза и дыхания. Считают, что недостаточная влагообеспеченность растений приводит к снижению скорости передвижения у них ассимилятов и сдерживает рост побегов (Кушниренко, 1984). Без влаги не развиваются также почвенные микроорганизмы, а без них в почве не могут накапливаться питательные вещества в доступной растениям форме.

При большом дефиците влаги в почве и воздухе в результате ослабления процессов жизнедеятельности растений преждевременно опадают листья, плоды и в конечном счете резко снижается урожайность.

Степень засухоустойчивости, под которой понимают способность растений при ограниченной обеспеченности влагой не снижать урожайность и сохранять продолжительность продуктивного периода, различается по породам и сорто-подвойным комбинациям. Она зависит также от уровня агротехники и общего состояния растений.

Среди ведущих плодовых пород относительно засухоустойчивые – миндаль, абрикос, вишня степная; средnezасухоустойчивые – вишня обыкновенная, черешня, персик, алыча; слабозасухоустойчивые – слива, айва, яблоня, груша и орех грецкий. Однако это распределение в известной мере относительно (Агафонов, 1979).

По типам адаптации к засухе плодовые сходны с растениями засушливых местообитаний. Установлено три типа адаптации к засухе. К первому типу относятся растения, листья которых отличаются высокими водоудерживающими силами. У них в период засухи низкие транспирация и осмотическое давление, сравнительно неглубоко залегает корневая система. К представителям этой группы растений относится слива. Вторая группа противостоит засухе повышением концентрации осмотически активных веществ. В листьях мало белкового азота, больше гемицеллюлоз, крахмала, сахарозы. К этому типу принадлежат яблоня и груша. К третьему типу относится персик с высокой способностью связывать воду белками и повышенной осмотической активностью клеточного сока листьев (Кушниренко, 1984).

В пределах каждой породы засухоустойчивость может изменяться в зависимости от используемых сорта и типа подвоя. Так, например, особенно засухоустойчивыми являются сорта, в происхождении которых участвовали лохолистная, иволистная, снежная и березолистная груши. Сорта же, созданные с участием груши кавказской и обыкновенной, более требовательны к влаге (Рылов, 1991). Известно, что прививка персика на сеянцы миндаля позволяет существенно повысить засухоустойчивость этой культуры по сравнению с прививкой на сеянцы полукультурных форм и сортов персика (Агафонов, 1979).

Для более точной дифференциации сортов и подвоев по степени устойчивости к засухе целесообразно применение надежных способов ее диагностики.

В результате всесторонней оценки на юге России подобраны более засухоустойчивые сорта: яблони – Аленушкино, Кубань спур, Ренет кубанский (подвой М9), Прима, Присцилла, Флорина, Либерти (подвой М9 и ММ 106); алычи – Десертная, Кубанская комета (подвой – сеянцы алычи). Весьма перспективен с точки зрения засухоустойчивости полукарликовый подвой яблони СК 2. Очевидно, их можно использовать в садах без орошения.

Вопрос 4. Влияние переувлажнения на особенности роста

Следует отметить, что избыток воды в почве (равно как и ее дефицит) оказывает отрицательное влияние на рост и плодоношение плодовых растений. При влажности почвы 90–95 % НВ вследствие вытеснения воздуха ощущается недостаток кислорода для нормальной жизнедеятельности корневой системы; при влажности – 100 % НВ погибают вначале поглощающие, а затем и более крупные корни. Особенности метаболизма растений в условиях кислородной недостаточности исследованы многими авторами (Вартапетян, 1970; Гринева, 1975; Белецкая, 1979; Чиркова, 1988 и др.). Показано (Бабук, 1991), что в период покоя корневая система плодовых растений выдерживает без существенных повреждений лишь кратковременное затопление – всего 20–30 суток. Однако наиболее вредны затопление корней и плохая аэрация почвы после начала активного роста деревьев (Рылов, 1991). При продолжительном избыточном увлажнении в почве накапливаются вредные для корней вещества – соединения метана, а также сложных альдегидов, закисного железа и т. д. В результате подавляются ростовые процессы и функциональные отправления корневых систем, в частности нарушается поглощение ими минеральных веществ (Белецкая, 1979). В такой ситуации ухудшается опыление, а также завязывание плодов и их качество, ослабляются формирование и рост листьев, снижается их фотосинтетическая активность. Кроме того, растения поражаются грибными заболеваниями (Бабук, 1991). Отмечаются хлороз листьев и камедетечение у косточковых. В этой связи существует опасность снижения закладки у деревьев цветковых почек и соответственно урожая следующего года. Повышенная влажность почвы и воздуха способствует затяжной вегетации и снижению зимостойкости плодовых растений.

Условия временного или постоянного переувлажнения могут создаваться при смыкании вертикального тока воды в пахотном слое почвы с грунтовыми водами (Филатов и др., 1999).

Заметим, что в отдельные годы существует реальная угроза затопления садов на больших площадях. Так, например, количество осадков, выпавших в Славянском районе Краснодарского края во второй половине 1997 г. (с июля по декабрь), в два раза превысило норму. Аналогичная ситуация сложилась здесь и в начале следующего 1998 г.: с января по май зафиксировано 422 мм осадков (при норме 204 мм). В результате длительного (более 5 месяцев) затопления территорий (рисунок 12), занятых плодовыми насаждениями, отмечено значительное угнетение (вплоть до полного усыхания) деревьев плодовых культур, особенно яблони (рисунок 13). Причем массовая гибель обрастающих корней деревьев различных ее сортов (подвой ММ106) обнаружена на глубине более 30–40 см.

Необходимо отметить проявляющуюся сортовую реакцию яблони на переувлажнение почвы. Как показало проведенное нами обследование садов, в большей мере угнетаются вследствие затопления сорта летне-осеннего срока созревания: Слава победителям и Уэлси. Большое влияние на устойчивость дерева к недостатку кислорода в почве оказывает выбор подвоя.

Очевидно, на почвах, склонных к частому затоплению, предпочтительно возделывать сорта яблони, привитые на карликовых (полукарликовых) подвоях, у которых основная масса корней сосредоточена в слое до 40 см.

Установлено (Рылов, 1991), что груша (особенно привитая на айве) более устойчива к затоплению, чем яблоня. Однако реакция сортов груши на неблагоприятные гидрологические условия различна. В частности, сорт Кюре (подвой – груша лесная) выдерживает затопление лучше, чем сорта Вильямс и Любимица Клаппа.

Относительно устойчивы к избытку влаги в почве смородина черная, айва, слива. Плохо переносит избыточное увлажнение миндаль, абрикос, персик (Бабук, 1991).



Рисунок 12 – Затопление садов яблони (февраль 1998 г.)



Рисунок 13 – Гибель деревьев яблони после затопления
(июль 1998 г.)

Таким образом, продуманный подбор для конкретного района пород, сортов, подвоев обеспечит гарантированное производство плодов даже в неблагоприятные, с точки зрения погодных условий, годы.

Вопрос 5. Регулирование водного режима в насаждениях

Эффективное использование водных ресурсов в плодстве достигается подбором и размещением пород, сорто-подвойных комбинаций по зонам и на каждом участке, созданием сазозащитных полос, применением научно обоснованного комплекса агротехнических мероприятий. Накоплению, сохранению и продуктивному использованию влаги способствуют, оптимальное внутриквартальное размещение плодовых культур, применение зональных систем содержания почвы в насаждениях.

Улучшить водный режим позволяют: увеличение запаса воды в почве в зимний период с помощью снегонакопления; уменьшение стока талых и дождевых вод (снегозадержание, вспашка и др.); сведение к минимуму потерь воды в результате испарения поверхностью почвы (Фаустов, Пильщиков, Пильщикова, 2000).

При сохранении и рациональном использовании влаги урожайность плодов высокая в районах, где выпадает более 600 мм годовых осадков. В условиях недостаточного увлажнения возрастает эффективность орошения многолетних плодовых насаждений. Его применение обеспечивает увеличение урожая, качества плодов и периода производственной эксплуатации насаждений, а также повышение зимостойкости деревьев и кустарников и их устойчивости к вредителям и болезням.

Определенное значение в преодолении избыточного увлажнения почв имеют их мелиорация и некоторые агротехнические приемы (например, посадка растений на сферические гряды).

Вопрос 6. Воздух как экологический фактор

Воздушное питание зеленого растения – фотосинтез – связано с потреблением CO_2 – одного из газов воздуха. Другой же компонент воздуха – O_2 необходим растениям для дыхания. Поэтому газовая среда, содержащая необходимые компоненты воздуха, является для растений прямодействующим экологическим фактором первостепенного значения.

Но воздух – это также и та материальная среда, которая окружает тело растений. Поэтому для растений небезразличны и ее механические влияния.

Среди свойств воздушной среды, имеющих важное экологическое значение для растений, следует назвать движение воздуха. Это могут быть конвекционные токи воздуха в вертикальном направлении и горизонтальное перемещение воздушных масс – ветер. Первые влияют главным образом на тепловой режим. Однако в жизни растений более существенную роль играет ветер. Обращает на себя внимание прежде всего его механическое воздействие: при сильных ветрах – поломка или даже выворачивание деревьев с поверхностной корневой системой. Механическое действие ветра на растения усиливается, если он несет мелкие частицы почвы (абразивный эффект ветра). Такой поток иссекает ветви и обтачивает кору деревьев. Данное явление отмечалось, например, зимой и весной 1969г. в различных районах Северного Кавказа. В этот год пыльные бури охватили большую территорию предгорий и гор. Они нанесли значительный ущерб садам, ягодникам и плодовым питомникам.

Ветер может оказывать сильное иссушающее действие на ветви деревьев и кустарников как зимой, так и весной, когда

Содержание кислорода в атмосферном воздухе практически постоянно и составляет 21 %. Небольшие его колебания не имеют существенного значения, и можно считать, что растения всегда полностью им обеспечены.

Между тем для дыхания корней растений, почвенных организмов, а также для эффективного превращения питательных элементов необходим и почвенный воздух. Под влиянием микробиологических процессов содержание кислорода в почвенном воздухе меньше, чем в атмосферном. Однако для нормального роста и функционирования плодовых растений его концентрация должна быть не менее 10 % (Черепяхин, Бабук, Карпенчук, 1991).

Уместно отметить, что на переувлажненных, заболоченных, слишком уплотненных почвах корни могут испытывать недостаток кислорода. При высоком уровне грунтовых непроточных вод воздушный режим корней также нарушается. В этом случае наблюдается массовая гибель деревьев.

Более чувствительны к недостатку кислорода всасывающие корни, менее – ростовые и проводящие.

Даже 30-минутное нахождение корней без кислорода вызывает потерю способности образовывать корневые волоски. Ростовые и проводящие корни переносят временный недостаток кислорода (в течение 1–2 дней) за счет поступления его из надземной части (Фаустов, Пильшиков, Пильшикова, 2000).

Газообразный азот воздуха в целом представляет для растений безразличный фактор (исключение составляют лишь виды, живущие в симбиозе с азотфиксирующими бактериями). То же относится и к содержащимся в воздухе **инертным газам**.

Весьма существенный экологический фактор для зеленых фотосинтезирующих растений – **углекислота воздуха**. Естественных источников CO_2 несколько (таблица 3).

Из них наиболее важные – дыхание наземных и водных организмов, гниение органических остатков, брожение и т. д.,

а также «дыхание почвы» (таблица 4), при котором CO_2 выделяется в процессе жизнедеятельности почвенных микроорганизмов и грибов, разлагающих органические остатки, и в процессе дыхания корней высших растений.

В этой связи интересна следующая деталь: из почвы через корни растения могут получать до 25 % углекислого газа, используемого в процессе фотосинтеза (Курсанов, 1954).

Содержание CO_2 в атмосферном воздухе составляет в среднем 0,03 об. % (или около 300 ppm^{*}). Относительное постоянство поддерживается благодаря равновесию всех составляющих биогеохимического круговорота углерода и буферной роли поверхности Мирового океана.

Таблица 3 – Баланс углекислоты на Земле (Кобак, 1964, с использованием данных разных авторов)

Образование CO_2	Количество, т	%	Потребление CO_2	Количество, т	%
Ювенильная CO_2	$0,014 \cdot 10^{10}$	0,09	При выветривании силикатов	$0,0143 \cdot 10^{10}$	0,09
Пожары в лесах и степях	$0,060 \cdot 10^{10}$	0,38	Ассимиляция наземными растениями	$6,31 \cdot 10^{10}$	40,60
Дыхание, брожение, гниение наземных и морских организмов	$8,91 \cdot 10^{10}$	56,90			
Выделение CO_2 с поверхности почвы	$5,80 \cdot 10^{10}$	37,04	Ассимиляция морскими растениями	$9,17 \cdot 10^{10}$	59,31
Дыхание животных	$0,22 \cdot 10^{10}$	1,40			
Дыхание людей	$0,05 \cdot 10^{10}$	0,32			
Сжигание топлива	$0,60 \cdot 10^{10}$	3,83			
Индустриальное сжигание известняка	$0,007 \cdot 10^{10}$	0,04			
Итого	$15,66 \cdot 10^{10}$	100			

* ppm – одна миллионная доля (part per million).

Таблица 4 – Ежегодное выделение углекислоты с поверхности почвы на Земле (Кобак, 1964, с использованием данных разных авторов)

Почвы	Занимаемая площадь, %	Выделение CO ₂	
		за сутки, кг/га	за год кг·10 ¹¹
Подзолистые	9	50–80	67
Черноземы	6	100	134
Серые и бурые лесные	7	80	92
Каштановые и красно-бурые	7	40	46
Пустынные	17	5–10	38
Красноземы и латериты	19	40	175
Аллювиальные	4	11	10
Горные	16	5	18
Всего			5,8·10 ¹⁰ т

Однако в последние десятилетия благодаря интенсивному сжиганию топлива (поступлению в атмосферу углерода, выведенного из круговорота в прежние геологические эпохи) концентрация содержания CO₂ в воздухе постоянно увеличивается. Так, если средняя цифра на 1970 г. составляла 320 ppm то, согласно прогнозам потребления топлива, к 2300 г. она может достигнуть 420–450 ppm.

Концентрация CO₂ в воздухе, окружающем растения, неодинакова на разной высоте. Благодаря интенсивному «дыханию почвы» припочвенный слой воздуха обычно обогащен углекислотой. Минимум же углекислоты в вертикальном профиле находится в области крон, потребляющих большие количества CO₂ при фотосинтезе. Поскольку баланс CO₂ внутри растительного сообщества зависит от состава почвенной микрофлоры, особенностей почвы, ассимиляционной активности и массы растений, а также ряда других причин, концентрация углекислоты в разных участках растительного покрова весьма различна.

Изменения содержания углекислоты в воздухе в течение суток в первую очередь связаны с ее дневным потреблением

на фотосинтез. Причем дневное уменьшение CO_2 в растительных сообществах может достигать примерно 25–30 % утреннего содержания.

Отмечаются колебания концентрации CO_2 в течение вегетационного сезона. Они обусловлены как изменением ассимиляционной деятельности растений, так и динамикой экологических факторов – увлажнения почвы, ее аэрации, температуры, влияющих на деятельность почвенной микрофлоры. Замечено, например, что в северных областях после длительных дождей содержание углекислоты в приземном слое воздуха снижается, поскольку при насыщении почвы водой для микроорганизмов наступают анаэробные условия. В более южных районах угнетение «дыхания почвы» и уменьшение CO_2 в приземном слое воздуха вызываются продолжительным отсутствием дождя – засухой, тормозящей деятельность микроорганизмов. Напротив, после дождей концентрация CO_2 в воздухе возрастает.

При обсуждении данной темы возникает закономерный вопрос. Достаточно ли углекислоты, содержащейся в воздухе, для эффективного фотосинтеза растений? Ответ на этот вопрос дают эксперименты с искусственным обогащением воздуха CO_2 . Оказывается, при большей, чем 300 ppm, концентрации CO_2 фотосинтез у растений значительно повышается, и «плато насыщения» на углекислотной кривой фотосинтеза лежит в области концентраций, в несколько раз превышающих естественную. Иными словами, все зеленые растения работают на «голодном углекислотном пайке». Поэтому содержание углекислоты в воздухе является одним из факторов, ограничивающих фотосинтез.

Большой избыток CO_2 в воздухе (несколько процентов) действует на растения угнетающе: подавляется дыхание, расстраиваются ростовые процессы, т. е. наступает своего рода «удушье».

При резком обеднении воздуха CO_2 фотосинтез снижается. Уменьшение парциального давления CO_2 могло бы, в

частности, отразиться на фотосинтезе горных растений, произрастающих на больших высотах. Однако теоретические расчеты показывают, что в этом случае возрастает скорость диффузии CO_2 в мезофилл листа, что в известной степени компенсирует углекислотное питание (Горышина, 1979).

Газообмен между почвой и атмосферой осуществляется при помощи таких факторов, как диффузия, ветер, изменение барометрического давления, температуры почвы и воздуха, поступление в почву воды.

Диффузия газов из почвы в атмосферу и наоборот происходит благодаря разнице в их парциальном давлении. При хорошей аэрации диффузия способствует полному удалению избытка диоксида углерода из почвы.

Постоянные колебания атмосферного давления – важный фактор газообмена между атмосферой и почвой.

Интенсивность газообмена зависит от температуры почвы. При нагревании воздух частично выходит наружу. При охлаждении почвы почвенные поры получают новую порцию воздуха из атмосферы.

При поступлении воды в почву с осадками или при орошении происходит вытеснение «старого» воздуха из почвенных пор и заполнение их «новым» воздухом после оттока из них влаги.

Определенное влияние на газообмен почвы и атмосферы оказывает, как уже отмечалось, ветер (Филатов и др., 1999).

Создание благоприятного воздушного режима достигают размещением плодовых насаждений на равнинных участках, в продуваемых долинах, а также на склонах, избегая замкнутых понижений, куда стекает холодный воздух. Для уменьшения силы ветров вокруг сада закладывают ажурные по конструкции садозащитные полосы. Кроме того,

проявляют постоянную заботу о поддержании в междурядьях воздушных коридоров шириной не менее 2 м и регулярно прореживают кроны деревьев (Куренной, Колтунов, Черепанин, 1985).

К приемам воздействия на воздушный режим почвы относят прежде всего те, которые направлены на воспроизводство ее структуры.

Важный прием регулирования воздушного режима почвы – механическая обработка, позволяющая создавать необходимое строение пахотного слоя и тем самым обеспечивать условия нормального газообмена. Значение обработки в регулировании воздушного режима возрастает при избыточном увлажнении почв и их тяжелом гранулометрическом составе. При близком к поверхности залегании грунтовых вод необходима мелиорация почв путем закрытого дренажа (Филатов, Баздырев, Объедков и др., 1999).

По отношению к аэрации почвы плодовые культуры можно разместить в следующем порядке от более требовательных к менее требовательным: миндаль, абрикос, персик, черешня, инжир, орех грецкий, смородина черная и красная, груша, яблоня, слива, айва, алыча (Фаустов, Пильщиков, Пильщикова, 2000). Эту закономерность следует учитывать при закладке плодовых насаждений в различных почвенных условиях.

Положительное влияние на обеспечение плодовых растений углекислотой оказывает внесение органических удобрений.