

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Т. Н. Дорошенко, Д. В. Максимцов

ПЛОДОВОДСТВО С ОСНОВАМИ ЭКОЛОГИИ

Учебник

2-е издание, исправленное и дополненное

Краснодар
КубГАУ
2016

УДК 634.1:577.4

ББК 42.35

Д69

Р е ц е н з е н т ы :

С. Б. Криворотов – профессор кафедры биологии и экологии Кубанского государственного университета, д-р биол. наук, профессор;

Н. И. Ненько – заведующая лабораторией Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства, д-р с.-х. наук, профессор;

Н. В. Матузок – профессор кафедры виноградарства Кубанского государственного аграрного университета, д-р с.-х. наук, профессор

Дорошенко Т. Н.

Д69 Плодоводство с основами экологии : учебник / Т. Н. Дорошенко, Д. В. Максимцов. – 2-е изд., исправ. и доп. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 229 с.

ISBN 978-5-00097-171-0

В учебнике подробно определяются значение экологических факторов в жизни плодовых растений и способы их оптимизации. Особое внимание уделяется альтернативным системам ведения отрасли. Обозначен круг основных проблем экологии в плодоводстве и возможные пути их решения.

Предназначен для студентов и аспирантов, обучающихся по направлениям «Садоводство», «Агрохимия и агропочвоведение», «Агрономия», «Сельское хозяйство».

УДК 634.1:577.4

ББК 42.35

© Дорошенко Т. Н., Максимцов Д. В., 2016
© ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 2016

ISBN 978-5-00097-171-0

*Посвящается 95-летию
Кубанского государственного
аграрного университета
имени И. Т. Трубилина*

ВВЕДЕНИЕ

В специальной литературе встречаются десятки определений предмета экологии. Однако чаще всего употребляется следующее: экология – это наука о взаимоотношениях живых организмов и среды их обитания.

Термин «экология» (от греч. Oikos* – жилище, обитель, дом и logos – слово, учение) ввел в научный обиход выдающийся немецкий биолог Эрнст Геккель. В его «Всеобщей морфологии организмов» (1866) приводится следующее определение экологии:

«Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всех взаимоотношений животного с органическими и не органическими компонентами среды, включая непременно его дружественные и враждебные отношения с животными и растениями, с которыми оно вступает в контакт. Одним словом, экология – это наука, изучающая все сложные взаимосвязи и взаимоотношения в природе, рассматриваемые Дарвином как условия борьбы за существование». Примечательно, что во времена Геккеля выражение «экономика природы» воспринималось как образное иносказание. Сейчас же оно приобрело конкретный смысл, важный для понимания количественных сторон экологии и ее связи с экономикой человека.

Постепенно в понятие экологии вносились различные смысловые оттенки, которые расширяли или сужали предмет

* От этого же корня древнегреческого языка образованы слова «экономика», «ойкумена» (вся известная грекам в то время часть земной суши).

этой области знания. Раскрытие роли многовидовых совокупностей живых организмов в осуществлении биогенного круговорота веществ и поддержании жизни на Земле привело к тому, что в последнее время экологию чаще считают наукой об организации и жизнедеятельности надорганизменных биологических систем всех уровней.

И. А. Шилов (2000) определяет ее как науку «о закономерностях формирования, развития и устойчивого функционирования биологических систем разного ранга в их взаимоотношениях с условиями среды».

Современная экология не только использует последние достижения различных разделов биологии, но и вторгается в смежные с биологией дисциплины – в науки о Земле, в физику и химию, в различные отрасли народного хозяйства, предъявляет новые требования к информатике и вычислительной технике, находит приложения за пределами естественных наук – в экономике, политике, социологии, этике, праве. **Этот процесс проникновения идей и проблем экологии в другие области знаний и практики получил название экологизации.**

Расширение предмета экологии привело к появлению новых определений. Все чаще экология квалифицируется как система научных знаний о взаимоотношениях общества и природы. В фундаментальной «Экологии» (1986) известного американского ученого Ю. Одума она трактуется уже как **междисциплинарная область знания об устройстве и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе в их взаимосвязи.** Это очень широкое определение, но оно больше других соответствует сегодняшнему пониманию экологии.

На наших глазах экология приобретает черты всеобъемлющего и очень актуального мировоззрения. Заметим, однако, что отмечаемые в последнее время переэксплуатация природных ресурсов, загрязнение воздуха, воды, почвы и продукции растениеводства оказывают негативное влияние

на здоровье человека. Не случайно становятся все более масштабными борьба за охрану окружающей среды, движения «зеленых» и т. п.

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро руководители 190 государств мира приняли «Повестку дня на XXI век» – развернутую программу экологической ориентации развития общества. На Конференции были провозглашены принципы перехода всех государств к устойчивому экономическому развитию и сохранению благоприятной окружающей среды в интересах нынешних и будущих поколений.

В развитие этих идей Президент России предложил разработать экологическую доктрину в качестве одной из ключевых составляющих сбалансированного и устойчивого развития страны в XXI веке. Важное место в доктрине займет экологическое образование всех слоев населения Российской Федерации.

Обращение разных дисциплин к проблемам экологии и окружающей человека среды обуславливает постановку и решение многих практических задач. Очевидно, эффективное ведение различных отраслей сельского хозяйства, в том числе и плодоводства, во многом зависит от полноты учета многообразных причинных связей между возделываемыми растениями и факторами внешней среды, которые обычно изменяются даже на ограниченных пространствах. Необходимо принимать во внимание и особенности функционирования садовых экосистем в условиях техногенных нагрузок. В перспективе специалистам целесообразно сконцентрировать усилия на обеспечении устойчивого производства качественной плодовой продукции, максимального использования биоэнергетического потенциала территорий и сведении к минимуму негативного воздействия на окружающую природную среду.

Для достижения желаемого результата и грамотных практических действий очень важно систематизированное обучение всех участников производственного процесса сущ-

ности взаимодействия человека и природы в увязке со спецификой плодоводства.

При подготовке издания мы частично использовали материалы смежных курсов, например «Агроэкология», «Почвоведение с основами геологии», а также опыт чтения лекций в рамках курсов «Плодоводство», «Биоэкология и питомниководство плодовых культур», «Адаптивное и органическое садоводство». В ряд разделов введена новая информация по эколого-физиологическим аспектам плодоводства, в том числе последние достижения и обобщения в этой области ведущих научных учреждений и учебных заведений, а также результаты собственных исследований автора.

1 ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

1 КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИИ *

Становление экологии как части биологической науки относится к середине XIX в. и связывается в первую очередь с именем Э. Геккеля (1834–1919). Однако истоки экологических знаний прослеживаются с древности. Еще в трактате Гиппократа «О воздухе, воде и местности» (390 г. до н. э.) содержатся сведения о влиянии условий окружающей среды на здоровье человека. Некоторые факты и трактовки экологической направленности встречаются в трудах Аристотеля («О возникновении животных» (340 г. до н. э.)), а также в сочинениях Лукреция (I в. до н. э.) и Плиния (I в. н. э.).

В эпоху средневековья в изучении природы наступил длительный застой. Но и в этот тяжелый для науки период появлялись интересные в экологическом отношении сведения. Так, англичанин Р. Бэкон (1214–1294) описал зависимость организмов от условий существования.

С началом эпохи Возрождения активизируется процесс изучения окружающего мира.

Английский исследователь Дж. Рей (1686) сформулировал концепцию вида, которую в дальнейшем развили К. Линней, Ж. Б. Ламарк, Ч. Дарвин и др. В работах французского естествоиспытателя Ж. Бюффона (1749–1788) обосновано влияние среды, прежде всего климата и характера местности, на жизнь растений и животных.

Не оставалась в этот период в стороне и российская наука. Прежде всего, следует вспомнить гениального М. В. Ломоносова и высказанные им положения, не утратившие значе-

ния до настоящего времени о влиянии внешней среды на организм.

Становлению и развитию экологического мышления в России в немалой степени способствовали проведенные в XVIII в. экспедиции в различные провинции страны. Эти результаты были изложены в обстоятельных научных трудах (*С. Г. Крашенинников* – «Описание земли Камчатки», 1756; *И. И. Лепехин* – «Дневные записки путешествия доктора и Академии наук адъютанта Ивана Лепехина по различным провинциям Российского государства», 1773). Сочинения содержали обширные сведения о видовом составе растений и животных, а также его динамике в зависимости от изменения внешних условий конкретных местообитаний.

Среди имен, стоящих у истоков экологической науки, нельзя не назвать первого ученого-плодовода России *Андрея Тимофеевича Болотова* (1738–1833). Много внимания он уделил изучению влияния среды на организм, создал одну из первых классификаций местообитаний, затронул вопросы взаимоотношений между организмами.

А. Т. Болотов не был экологом, но многие результаты его наблюдений, не утратившие значения до настоящего времени, дают основание считать его одним из основоположников современной сельскохозяйственной экологии.

В целом же в XVIII в. лишь начинает складываться экологическая точка зрения на изучаемые явления природы.

Для развития экологии, особенно агроэкологии, существенное значение имело издание в 1840 г. книги немецкого ученого *Ю. Либиха* «Химия в приложении к земледелию и физиологии», которая произвела коренной переворот во взглядах на питание растений. В этой книге содержится уничтожающая критика гумусовой (органической) теории питания растений и сформулированы основные положения теории минерального (автотрофного) питания.

Ю. Либих первым сформулировал «закон возврата» и «закон минимума» (**лимитирующих факторов**), а также обратил внимание на круговорот элементов питания в земледе-

лии. Учение о необходимости возврата питательных веществ, отчуждаемых с урожаем, в почву для поддержания ее плодородия *К. А. Тимирязев* относил к величайшим приобретениям науки.

В этот период прослеживается тенденция комплексного подхода к изучению природы. Значительное влияние на становление и развитие системного метода изучения растительных и животных организмов, явлений природы оказали труды российского биолога *К. Ф. Рулье* (1814–1858).

К. Ф. Рулье впервые в России обосновал закономерности воздействия среды на развитие органического мира. Он раскрыл значение биологических факторов в жизни растений и животных, утвердил понятие географической и экологической изменчивости видов.

Важнейшим событием мирового значения, способствовавшим дальнейшему активному развитию естественных наук, в том числе и экологии, явилась публикация знаменитого научного сочинения *Ч. Дарвина* «Происхождение видов путем естественного отбора» (1859), в котором дана, по сути дела, глубоко обоснованная эволюционная теория как обязательная составная часть экологии. В его работе не употребляется термин «экология». Однако вся научная деятельность этого великого исследователя природы серьезнейшим образом способствовала развитию экологических знаний. *Ч. Дарвин*, основываясь на масштабных наблюдениях и глубоких обобщениях, убедительно показал, что новые виды растений и животных возникают после прохождения длительного эволюционного развития, в результате постоянного происходящего из поколения в поколение естественного отбора особей, наиболее приспособленных к внешним условиям жизни. Главными движущими силами естественного отбора он считал изменчивость, наследственность, геометрическую прогрессию размножения, борьбу за существование. Вместе с тем именно борьба за существование (особый род отношений организмов и среды) является одной из важнейших экологических проблем.

В 1883 г. в России вышла книга *В. В. Докучаева* «Русский чернозем», в которой великий русский почвовед изложил учение о почве как продукте совокупного творчества живых организмов, горной породы и климата, определив пять факторов почвообразования. В дальнейшем *В. В. Докучаев* создал учение о природных зонах, положившее начало **науке о ландшафтах**. Широко известна его концепция лесных полезащитных насаждений, блестяще реализованная на практике в Каменной степи Воронежской губернии, где посадка лесных полос была начата в 1894 г. на полях площадью 1000 га. Ученый тем самым предложил важный и необходимый элемент формирования природосообразных систем ведения сельского хозяйства, оптимизации ландшафтов.

Натуралист *А. А. Силантьев* (1868–1918), исследуя экологические особенности функционирования сообществ грызунов и насекомых, впервые поставил задачу прогнозирования изменения численности вредителей, а также высказывал идею использования хищников и паразитов для предотвращения массового размножения вредных для человека насекомых и грызунов. Широко пропагандировал идею использования микробов для уничтожения вредных организмов знаменитый микробиолог *И. И. Мечников* (1845–1916). Приоритет практического применения **биологического метода борьбы с вредителями** принадлежит американскому энтомологу *Ч. Рейли*, который в 1898 г. перевез божьих коровок из Австралии в Калифорнию (США).

В первой половине XX века достигла расцвета биоэкология. В этот период были открыты новые законы и предложены новые концепции. Так, в 1909 г. *Э. А. Митчерлих* (Германия) предложил концепцию совокупного действия факторов на продуктивность биогеоценозов. В дальнейшем эту концепцию дополнили *Б. Бауле* и *А. Тинеман*, и она получила название **закона совокупного действия факторов Митчерлиха – Тинемана – Бауле**, являющегося одним из основных постулатов экологического земледелия. *В. Шелфорд* (США,

1911) сформулировал **закон толерантности**. В эти годы увеличилось число научных открытий, имеющих экологическое значение, что свидетельствовало об усилении внимания к проблемам существования всего живого. Разрабатываются, в частности, основополагающие категории ядра экологии: «популяция» – *В. Л. Йогансон* (Дания, 1903); «биота» – *Э. Раковицэ* (Румыния, 1907); «аутэкология» и «синэкология» – *К. Шретер* (Бельгия, 1910); «экотоп» *ГН, Высоцкий* (Россия, 1915); «пространственная экологическая ниша» – *Д. Гринелл* (США, 1917); «продукция» – *А. Тинеман* (Германия, 1925); «биомасса» – *Р. Демоль* (Германия, 1927) и многие другие.

Все большее значение приобретают исследования в области **биосферологии**, начатые *В. И. Вернадским* (1863–1945) в 20-х годах.

Уместно отметить, что авторы учебника «Сельскохозяйственная экология» (Уразаев, Вакулин, Никитин и др., 2000) определяют **биосферу** как общеземную экологическую систему, которая охватывает верхнюю часть земной коры (почву, материнскую породу), совокупность водоемов (гидросферу), нижнюю часть атмосферы (тропосферу и частично стратосферу) (рисунок 1).

Далее они указывают на следующее. Границы сферы жизни определяются условиями, необходимыми для существования организмов. Верхний предел жизни ограничен интенсивной концентрацией ультрафиолетовых лучей, малым атмосферным давлением и низкой температурой. В зоне критических экологических условий на высоте 20 км обитают лишь низшие организмы – споры бактерий и грибов. Высокая температура недр земной коры (свыше 100 °С) ограничивает нижний предел жизни. Анаэробные микроорганизмы обнаруживают на глубине 3 км.

Учение о биосфере, разработанное *В. И. Вернадским*, сыграло особую роль в развитии экологии. В науку было введено понятие живого вещества, под которым понималась биомасса всех организмов, населяющих нашу планету.

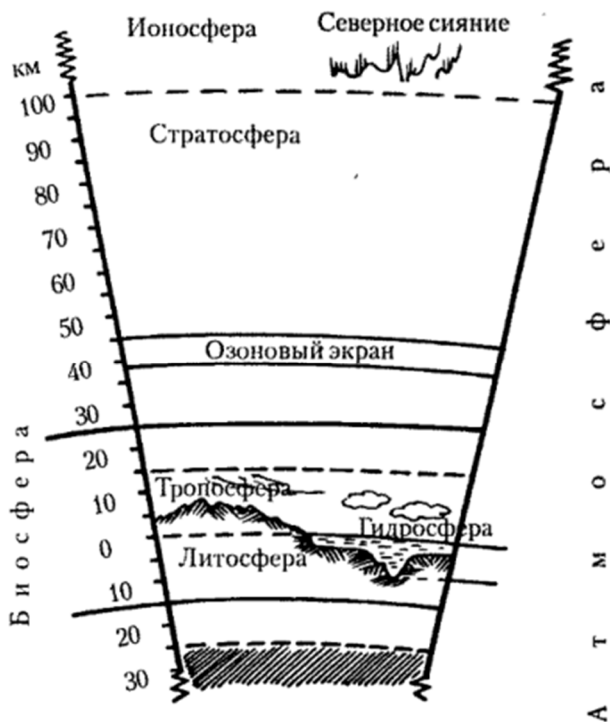


Рисунок 1 – Строение биосферы

Живое вещество по сравнению с неживой природой исключительно активно. Поэтому в биосфере, как в громадном химическом комбинате, происходят миллионы различных реакций созидания и разрушения. В результате необычной активности живого вещества и его сильного влияния на природу облик нашей планеты изменился до неузнаваемости. Произошло коренное изменение атмосферы. В стратосфере за счет кислорода сформировался озоновый экран, препятствующий излишнему проникновению ультрафиолетовых лучей к поверхности Земли и, следовательно, предохраняющий организмы от губительного действия радиации. Наряду с атмосферой изменились гидросфера и литосфера. Изменение гидросферы тесно связано с эволюцией атмосферы, так как водный баланс

водоемов зависит от режима осадков и испарения. Стала иной и литосфера. Она подверглась мощному физическому выветриванию. На литосферу оказали влияние организмы, продукты их обмена и распада. В результате сложных процессов, протекающих в литосфере, сформировалась поверхность материков, образовались осадочные породы и почвы.

В 20-е годы в нашей стране и за рубежом были изданы оригинальные монографии, учебники, учебные пособия, сыгравшие немалую роль в становлении экологии как науки и как дисциплины. В этом отношении можно сослаться, например, на книгу англичанина *Ч. Элтона* «Экология животных» (1927), в которой обосновано новое **научное направление «популяционная экология»**, сформулирован закон «пирамиды чисел», предложены понятия «пищевые цепи», «экологическая ниша».

Важной вехой в дальнейшем развитии экологии является публикация английского ботаника *А. Тенсли* «Правильное и неправильное использование концепции и терминов в экологии растений». В этой работе автор предложил понятие «**экосистема**» и дал ему глубокое толкование, **подразумевая под экосистемой единый комплекс живых существ, прежде всего растений, и абиотических условий, приуроченный к территории, занятой фитоценозом**. Концепция экосистемы принадлежит к числу наиболее важных теоретических обобщений. Фактически работа А. Тенсли ознаменовала переход на новую ступень в развитии экологии благодаря использованию принципов комплексности, системности.

В 1939 г. *К. Тролль* (Германия) обосновал новое научное направление – «экология ландшафта»; это одна из ключевых проблем, рассматриваемых в агроэкологии.

К выдающимся научным событиям этого периода следует отнести разработку академиком *В. Н. Сукачевым* стройного учения о биогеоценозах – биогеоценологии (1942). В. Н. Сукачев на основе анализа закономерностей, управляющих лесными естественными насаждениями, пришел к выводу, что в природе существуют не просто **биоценозы**, а системы, кото-

рые объединяют органические сообщества с абиотическими условиями, свойственными определенной территории (**экотопу**). **Единство биоценоза, экологических условий и экотопа образует комплекс, который автор предложил называть биогеоценозом.**

Несколько позднее (1944) из под пера *В. И. Вернадского* выходит знаменитое **учение о ноосфере**, ставшее основой понимания и решения острейших проблем взаимодействия человека и природы, сохранения биосферы.

В последнее время отмечено массовое внедрение в экологию математических методов и разноаспектных моделей экологических систем. Этому, несомненно, благоприятствует использование электронно-вычислительной техники. Между тем, некоторые авторы (Черников, Алексахин, Голубев и др., 2000) рекомендуют реализовать их в разумных пределах, ссылаясь на известный афоризм: «Математика, подобно жернову перемалывает лишь то, что под него засовывают». Эти же авторы констатируют, что на современном этапе процесс формирования экологии как области знаний в целом завершился. Причем в настоящее время экология включает три основных взаимосвязанных направления – экологию видов (аутэкологию), экологию популяций (демэкологию), экологию биоценозов (синэкологию, или биоценэкологию).

Вместе с тем нарушение равновесного состояния экосистем из-за неразумного природопользования привело к замене эволюционно сложившихся, в большинстве своем причинно–следственных взаимосвязей между биотическими и абиотическими компонентами на случайно (стохастически) возникающие, часто с непредсказуемыми последствиями. В этой связи *Д. Симберлофф* (США, 1980) характерной чертой современной экологии справедливо считает учет роли случайных факторов в формировании структуры и динамики экосистем. Появление работ этого автора знаменует, по мнению *А. М. Гилярова*, начало «интегративного» периода в развитии экологии, особенностью которого является совместное существование детерминистской и стохастической концепций.

В отмеченный период внимание международной общественности обращено на решение первоочередных проблем окружающей среды, среди которых стоит и экология человека (не столько как биологического вида, сколько как субъекта воздействия на природные комплексы и их компоненты).

Показана необходимость управления использованием биосферы таким образом, чтобы экосистемы и виды могли приносить устойчивую пользу настоящему поколению и в то же время сохранили свой потенциал для будущих поколений.

Авторитетные ученые указывают на существование в современной экологии двух разных подходов к проблеме взаимоотношений Человека и Природы. Согласно одному подходу эти *взаимоотношения строятся по правилам, которые устанавливает сам человек*. Проблемы окружающей среды представляются исключительно следствием неправильного ведения хозяйства, его чрезмерной ресурсоемкости и отходности и выглядят принципиально устранимыми путем технологической реорганизации и модернизации производства. Считается, что законы природы не могут и не должны мешать экономическому росту, научно-техническому и социальному прогрессу человечества. А живая природа в силу своей выносливости будто бы может приспособиться к деяниям человека на планете, перейдя на новый уровень организации и функционирования.

Этот подход называют *антропоцентрическим* или *технологическим*, т. е. ставящим человека, его технологии, его «власть над природой» в центр экологических проблем. Он характерен для многих политиков, экономистов и хозяйственников.

Согласно же другому подходу *человек как биологический вид в значительной мере остается под контролем главных экологических законов и в своих взаимоотношениях с природой вынужден принимать ее условия*. Развитие человеческого общества рассматривается как часть эволюции природы, где действуют законы экологических пределов, необратимости и отбора. Возникновение проблем окружающей человека среды

обусловлено не только ее загрязнением, но и антропогенным, т. е. порожденным самим человеком превышением порога выносливости биосферы, нарушением ее регуляторных функций. Последние не могут быть восстановлены или изменены только технологическим путем. Прогресс цивилизации ограничивается экологическим императивом – безусловной зависимостью человека, человеческого общества от состояния живой природы, требованием подчинения ее законам.

Это – *биоцентрический*, или *экоцентрический*, подход, ставящий в центр экологических проблем выносливость живой природы и зависимость от нее человеческого общества. Он характерен для профессиональных экологов и системных аналитиков, воспринявших экологическую ориентацию глобальных проблем.

Одновременно с развитием и становлением общей экологии шел процесс формирования ее прикладных направлений. В частности, созданы экологические основы сельского хозяйства, в том числе плодоводства. И это закономерно, ибо возделывание сельскохозяйственных растений – наиболее продолжительная (исторически) и активная форма взаимодействия человека и природы. Осмысливая длительный процесс возникновения и становления экологии, можно утверждать, что решение многих ее задач было обусловлено требованиями различных отраслей сельского хозяйства. С другой стороны, стабилизация и повышение эффективности плодоводства немислимы без глубоких знаний в области экологии. Значительный вклад в создание экологических основ отрасли внесли известные ученые – плодоводы: *П. Г. Шитт, А. П. Драгавцев, Г. В. Трусевич, Р. П. Кудрявец, Г. В. Еремин, В. И. Кашин, И. А. Драгавцева* и др.

2 ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И МЕТОДЫ ЭКОЛОГИИ

В своем учебнике «Экология. Человек-Экономика-Биота--Среда» авторы в рамках «большой» экологии выделяют следующие разделы: общую теоретическую экологию, биоэкологию, геоэкологию, прикладную экологию, экологию человека и социальную экологию. Плодоводство как отрасль в большей степени связано с первыми четырьмя разделами.

При этом в **общей экологии** объединены различные экологические знания. Ее ядром являются *теоретическая экология*, которая устанавливает общие закономерности функционирования экологических систем, в том числе и природно-хозяйственных.

Экспериментальная экология дает важный фактический материал и обеспечивает методическим инструментарием различные разделы этой науки. Однако возможности эксперимента в экологии ограничены. Поэтому широко применяется моделирование, и в частности математическое. Вместе с обработкой информации и количественным анализом фактического материала оно входит в раздел теоретической экологии, который называют математической экологией.

Основа всей экологии – **биоэкология**. Главная ее часть – экология естественных биологических систем: особей как представителей определенных видов, популяций, многовидовых сообществ, биоценозов и экологических систем. Другой составной частью является экология таксономических групп организмов – царств бактерий, грибов, растений, животных, а также более мелких систематических единиц: типов, классов, отрядов и т. п. Еще одну часть составляет эволюционная экология – учение о роли экологических факторов в эволюции и о смене экологических условий в истории земли.

Геоэкология изучает взаимоотношения организмов и среды обитания с точки зрения их географической принадлежности и влияния географических факторов. В нее входят:

экология обитателей разных сред (наземной, почвенной, пресноводной, морской, преобразованной человеком); природно-климатических зон (тундры, тайги, степи, пустынь, тропических лесов и др.); ландшафтов (речных долин, морских берегов, болот, островов, гор, коралловых рифов и т. п.). К геоэкологии относится также экологическое описание различных географических областей, регионов, стран, континентов.

Прикладная экология – большой комплекс дисциплин, связанных с разными областями человеческой деятельности и взаимоотношений между человеческим обществом и природой.

Выделяются различные разделы прикладной экологии, такие как, инженерная экология, сельскохозяйственная экология, биоресурсная и промысловая экология, медицинская экология и др. Отсюда, современные проблемы плодородия наиболее тесно переплетаются с перечнем вопросов, которые рассматривает сельскохозяйственная экология или агроэкология. По определению В. А. Черникова, «**Агроэкология** – это комплексная научная дисциплина, изучающая взаимодействие человека с окружающей средой в процессе сельскохозяйственного производства, его влияние на природные комплексы и их компоненты, взаимодействие между компонентами **агроэкосистем*** и специфику круговорота в них веществ, перенос энергии, характер функционирования агроэкосистем в условиях техногенных нагрузок. Цели агроэкологии: обеспечение устойчивого производства качественной биологической продукции, максимальное использование природного биоэнергетического потенциала агроэкосистем, сохранение и воспроизводство природно-ресурсной базы аграрного сектора, исключение и минимизация негативного воздействия на окружающую природную среду».

* Агроэкосистема (агробиоценоз) – неустойчивая искусственно созданная и регулярно поддерживаемая человеком экосистема с целью производства сельскохозяйственной продукции (поля, сады, виноградники, огороды и др.)

Из приведенных материалов видно, что экологизации подверглись многие науки и сферы практической деятельности. В их пограничных зонах возникли новые дисциплины. Так, давно уже плодотворно развиваются экологическая физиология и биохимия. Они изучают влияние факторов среды на физиологические и биохимические процессы в организме растений, животных, человека. Судя только по названиям, трудно различить химическую экологию и экологическую химию. Между тем первая исследует химические (в основном антропогенные) воздействия на организмы, а вторая – способность самих растений и животных передавать молекулярную и сигнальную информацию с помощью собственных химических агентов. Геоэкология тесно взаимодействует с биогеографией – наукой о географическом распределении живых организмов; многие разделы этих дисциплин накладываются друг на друга.

Однако все эти примеры отнюдь не свидетельствуют о «размывании» предмета экологии. Напротив, экология занимает все более лидирующее положение в современной науке и способствует синтезу фундаментальных знаний о природе и обществе.

Разнообразие исследовательских и прикладных задач влечет за собой и разнообразие применяемых в экологии методов. Т. А. Акимова и В. В. Хаскин (2001) объединяют их в несколько групп.

Методы регистрации и оценки состояния среды являются необходимой частью любого экологического исследования. К ним относятся метеорологические наблюдения; измерения температуры, прозрачности, солености и химического состава воды; определение характеристик почвенной среды, измерения освещенности, радиационного фона, напряженности физических полей, определение химической и бактериальной загрязненности среды и т. п.

К этой же группе методов следует отнести **мониторинг** – периодическое или непрерывное слежение за состоянием экологических объектов и за качеством среды. Большое

практическое значение имеет регистрация состава и количества вредных примесей в воде, воздухе, почве, растениях в зонах антропогенного загрязнения, а также исследования переноса загрязнителей в разных средах. В настоящее время техника экологического мониторинга быстро развивается, используя новейшие методы физико-химического экспресс-анализа, дистанционного зондирования, телеметрии и компьютерной обработки данных.

Методы количественного учета организмов и методы оценки биомассы и продуктивности растений и животных лежат в основе изучения природных сообществ. Для этого применяются подсчеты особей на контрольных площадках, в объемах воды или почвы, маршрутные учеты, отлов и мечение животных, наблюдения за их перемещениями с помощью телеметрии и другие средства вплоть до аэрокосмической регистрации густоты древостоя, состояния посевов и урожайности полей.

Все это необходимо для овладения управлением экосистемами, для предотвращения гибели видов и снижения биологического разнообразия и биопродуктивности экосистем.

Исследования влияния факторов среды на жизнедеятельность организмов составляют наиболее разнообразную группу методов экологии. В их число входят различные, порой сложные и длительные наблюдения в природе. Однако чаще применяются экспериментальные подходы, когда в лабораторных условиях регистрируется воздействие строго контролируемого фактора на те или иные функции растений или животных. Таким путем устанавливаются оптимальные или граничные условия существования организмов, нормы их реакции на факторы среды. Методы этой категории особенно важны при определении устойчивости экосистем и изучении адаптаций – приспособлений растений, животных и человека к различным условиям среды.

Методы изучения взаимоотношений между организмами в многовидовых сообществах составляют важную

часть системной экологии. Здесь также важны натурные наблюдения и лабораторные исследования пищевых отношений, опыты с переносом «меток», с помощью которых можно определить, сколько органического вещества и энергии переходит от одного звена пищевой цепи к другому.

Методы математического моделирования приобретают все большее значение в экологии. Потребность в них очень велика для целей управления и прогнозирования.

Одновременно быстро развиваются *методы прикладной экологии*, основанные, например, на создании геоинформационных систем (ГИС-технологий) и банков экологической информации, относящихся к различным регионам, территориям, ландшафтам, агросистемам, промышленным центрам, городам.

3 ОСНОВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ, ПРАВИЛА И ПРИНЦИПЫ

Основные экологические законы, правила, и принципы удачно обобщены Н. А. Уразаевым и соавторами в учебнике «Сельскохозяйственная экология» (2000). Некоторые из них найдут применение в научном плодоводстве.

Закон В. И. Вернадского о единстве организма и среды. Отражает наиболее общие закономерности функционирования организмов, их среды обитания и развития биологических систем. Он свидетельствует о том, что жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов.

Закон возврата Либиха. Суть его в том, что урожай зависит от возврата среде жизненно необходимых факторов, использованных организмом. Открытие этого закона способствовало прогрессивному повышению плодородия почвы. К. А. Тимирязев и Д. Н. Прянишников назвали этот закон величайшим приобретением науки.

Закон минимума, максимума и оптимума факторов Вильямса. Гласит, что наибольший урожай осуществим при среднем оптимальном наличии фактора, при минимальном и максимальном значениях фактора урожай неосуществим. Этот закон подчеркивает особое значение оптимальных доз минеральных удобрений, так как их избыток может оказаться вредным. Это важное положение, так как из закона Либиха это не вытекало.

Принципы А. Г. Банникова:

1 – основное направление охраны природы – охрана в процессе ее использования; 2 – комплексный подход к использованию природных ресурсов; 3 – региональный подход к расходованию природных ресурсов.

Принципы А. Леопольда: 1 – за все надо платить; 2 – все куда-то движется; 3 – все взаимосвязано. Смысл первого принципа вполне очевиден, второй принцип, выражающий, по существу, закон сохранения массы и энергии, заключается в том, что результаты наших предполагаемых конкретных действий необходимо анализировать еще до того, как с их помощью будут достигнуты желаемые цели.

Правило эквивалентности в развитии биосистем: биосистемы способны достигнуть конечного (финального) состояния (фазы) развития независимого от степени нарушения начальных условий своего развития.

Принцип преадаптации: организмы занимают все новые экологические ниши благодаря генетической преадаптации.

Экологическое правило С. С. Шварца: каждое изменение условия существования вызывает соответствующие перемены в способах реализации энергетического баланса организма.

Закон относительной независимости адаптации. Высокая адаптированность к одному из экологических факторов не дает такой же степени приспособления к другим условиям жизни. Более того, она может ограничивать эти возможности.

Закон неоднозначного (селективного) влияния фактора на различные функции организма. Любой экологический фактор по-разному влияет на функции организма; оптимум для одних процессов, например для дыхания, неравнозначен оптимуму для других, например для питания, и наоборот.

Правило, или закон, фазовых реакций («польза-вред»): малые концентрации токсиканта, как правило, усиливают функции организма (их стимулирование), тогда как более высокие концентрации угнетают его или даже приводят к летальному исходу.

Закон ограниченности (исчерпаемости) природных ресурсов (ПР). Все природные ресурсы конечны. Планета Земля представляет собой ограниченное естественное целое, на ней не могут существовать бесконечные части.

Закон максимизации энергии (закон Г. и Э. Одумов). Гласит о том, что выживание (сохранение) одной системы в

соперничестве с другими определяется наилучшей организацией поступления в нее энергии и использования максимального ее количества наиболее эффективным способом.

Закон обеднения разнородного вещества в островных его сгущениях. Это положение сформулировал Хильми. Оно гласит, что система, работающая в среде с более низким уровнем организации, чем уровень самой системы, обречена, так как, постепенно теряя свою структуру, она через некоторое время растворяется в окружающей среде. Этот закон диктует необходимость создания буферных зон - полос земли, в пределах которых запрещается любая хозяйственная деятельность.

Буферные зоны в практике природопользования создают как при ведении интенсивного хозяйства, так и при организации заповедников (биосферных) и других охраняемых территорий для обеспечения высокой надежности их функционирования.

Закон «шагреновой кожи». Глобальный исходный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается, что требует от человечества научно-технического совершенствования. Опасные физико-химические процессы идут по всей иерархии природных систем, и скорость сокращения природной «шагреновой кожи» прямо зависит от количества людей, «проедающих» ее.

Закон неустранимости отходов или побочных действий производства. В любом хозяйственном цикле отходы и возникающие побочные эффекты неустранимы, они могут быть лишь переведены из одной физико-химической формы в другую или перемещены в пространстве. Деятельность человека причиняет ущерб окружающей среде независимо от его добрых намерений, и задача состоит в том, чтобы сделать последствия этой деятельности менее пагубными.

Законы-афоризмы Коммонера: 1 – все связано со всем; 2 – все должно куда-то деваться; 3 – природа знает лучше; 4 – ничто не дается даром. Первый закон отражает всеобщую

связь процессов и явлений в природе. Второй закон свидетельствует о том, что любая система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее природной среды. Третий закон призывает к предельной осторожности, тем более что критерии «улучшения» природы недостаточно ясны. Четвертый закон автор объясняет так: «Глобальная экосистема представляет единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно и которое не может являться объектом всеобщего улучшения: все, что было из нее извлечено человеческим трудом, должно быть возмещено».

Закон соответствия между развитием производственных сил и природно-ресурсным потенциалом общественного развития, падения природно-ресурсного потенциала. В момент приближения природно-ресурсного потенциала к общественно неприемлемому уровню сменяется технология и изменяется общественная реакция, т. е. окончательно формируется новая общественно-экономическая формация.

Закон максимума. Экосистема может производить биомассу и иметь биологическую продукцию не выше, чем свойственно самым продуктивным ее элементам в их идеальном сочетании.

Закон предельной урожайности К. Пратта. Свидетельствует о том, что излишнее внесение удобрений ведет не к увеличению, а к снижению урожайности.

Закон А. Тюрго-Т. Мальтуса, или закон убывающей отдачи. Гласит, что повышение удельного вложения энергии в агросистему не дает адекватного пропорционального увеличения ее продуктивности.

Законы охраны природы П. Эрлиха. 1. В охране природы возможны только успешная оборона или отступление. Наступление невозможно: вид или экосистема, однажды уничтоженные, не могут быть восстановлены. 2. Рост населения и охрана природы принципиально противостоят друг другу. 3. Экономическая система, преследующая постоянный рост, и

охрана природы принципиально противостоят друг другу. 4. Для человечества крайне опасно представление о том, что при принятии решений об использовании Земли надо принимать во внимание лишь ближайшие цели – немедленное благо для Homo sapiens. 5. Охрана природы должна сочетаться и с вопросом благосостояния, а в более далекой перспективе – выживания человека.

Правило взаимоприспособленности организмов в биоценозе К. Мебиуса – Г. Ф. Морозова: виды в биоценозе приспособлены друг к другу настолько, что их сообщество составляет внутреннее противоречивое, но единое и взаимно увязанное системное целое.

Закон (эффект) Э. Ребеля компенсации (взаимозаменяемости) факторов. Отсутствие или недостаток экологических факторов могут быть компенсированы другим близким (аналогичным) фактором. Например, недостаток света для растения может быть компенсирован обилием CO₂.

Правило Ю. Одума монокультуры: эксплуатируемые для нужд человека системы, представленные одним видом, равно как и системы монокультур (например, сельскохозяйственные монокультуры), неустойчивы по своей природе. Любая монокультура не обладает свойствами самоподдержания, самовосстановления и саморемонта за пределами индивидуального существования.

Правило одного процента: изменение энергетики природной системы в пределах 1 % выводит природную систему из равновесного (квазистационарного) состояния. Все крупномасштабные явления, происходящие на поверхности Земли (мощные циклоны, извержения вулканов, процесс глобального фотосинтеза и др.), как правило, имеют суммарную энергию, не превышающую 1 % энергии солнечного излучения, падающего на поверхность нашей планеты.

Правило обязательного заполнения экологических ниш: пустующая ниша всегда бывает естественно заполнена. Народная мудрость гласит: «Природа не терпит пустоты».

Правило конкретного исключения: если два вида со сходными требованиями к среде (питанию, поведению, местам размножения и т. п.) вступают в конкурентные отношения, то один из них должен погибнуть либо изменить свой образ жизни и занять новую экологическую нишу.

Правило «экологичное – экономично»: нельзя противопоставлять экономику и экологию. Нельзя снижать темпы индустриализации, так как это будет означать своего рода экономический утопизм, так же как и ослаблять усилие в области экологии, что будет экологическим экстремизмом. Решение вопроса находится где-то посередине.

Правило неизбежных ценных реакций « жесткого управления природой»: «жесткое» техническое управление природными системами и процессами чревато цепными природными реакциями, значительная часть которых экологически, социально и экономически неприемлема в длительном интервале времени. Например, чрезмерная вырубка леса или перевыпас могут привести к опустыниванию.

Правило «мягкого» управления природой: заключается в целенаправленном восстанавливающем экологический баланс управлении природными процессами. Как дипломатические переговоры желательнее войны, так и «мягкое» управление природными процессами и системами эффективнее грубых техногенных вмешательств. Этому правилу, например, отвечают альтернативные экологичные системы земледелия.

Правило территориального экологического равновесия: максимум биопродукции и урожая лимитирован оптимальным сочетанием экологических компонентов. Любое допинговое воздействие эффективно до тех пор и постольку, поскольку имеются дополняющие его благоприятные экологические факторы.

Принцип удаленности события: явления, отдаленные во времени и в пространстве, психологически кажутся менее существенными. Но в отношениях с природой следует учиты-

вать правила ее поведения. Как шахматист должен следить за игрой и соперником, а не только строить свои собственные планы, так и специалист – эколог обязан выстраивать практическую стратегию с сознанием всего спектра неминуемых последствий своих действий.

Принцип адаптивности означает соответствие природных и организационно-хозяйственных условий агроландшафта. В основе адаптивности агроландшафта лежит максимальное использование его особенностей для установления правильного соотношения различных сельскохозяйственных угодий (пашня, сады, огороды, пастбища, залежи).

Принцип экологичности говорит о необходимости соблюдения экологичности земледелия, поддержания экологического равновесия путем снижения эрозии почвы до допустимых пределов с учетом ее самовосстановления, увеличения жизнедеятельности биоценозов. Следовательно, химизация сельского хозяйства допустима лишь в разумных, строго научно обоснованных пределах.

Принцип целостности: только при условии соблюдения всех факторов как естественного, так и искусственного характера можно рассчитывать на стабильность земледелия, воспроизводство плодородия почвы на заданном уровне.

Принцип дифференциации должен учитывать естественные зональные условия природной зоны, прежде всего климатические условия. Но в каждой зоне необходимо учитывать рельеф (уклон, длина склона, его экспозиция, форма), базис эрозии, степень расчлененности территории, подверженность почвы водной эрозии и дефляции, глубину и минерализацию грунтовых вод, структуру почвы, содержание в ней гумуса, гранулометрический состав, погодные условия.

Экологические законы, правила, и принципы позволяют лучше понять теоретические основы сельскохозяйственной экологии и эффективнее ее использовать в решении задач по производству экологически безопасной продукции растениеводства и сохранению качества окружающей природной среды.

4 НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ В ПЛОДОВОДСТВЕ

В настоящее время состояние отрасли садоводства в России оценивается как очень сложное: даже при значительном импорте фруктов, их потребление на душу населения отстает от показателей многих зарубежных стран и научно обоснованной медицинской нормы – 122 кг/год. В России эта норма удовлетворяется лишь на 38 %. Причем, только 23 кг фруктов мы получаем за счет собственного производства. Опубликованы также данные по урожайности плодовых культур в России, которая в 1,5–2,0 раза ниже мировых показателей. Рассмотрим более подробно возможные причины такого неудовлетворительного положения дел и пути выхода из него.

Важной специфической особенностью отрасли плодородства является выращивание растений на одном месте в течение длительного периода времени. Поэтому эффективность эксплуатации сада будет зависеть от того, насколько точно природные условия определенного района соответствуют биологическим требованиям плодовых культур. Однако даже на юге России при общем благоприятном сочетании климатических факторов довольно часто отмечаются отрицательные погодные явления.

Большую опасность для садоводства южных регионов представляют морозы или поздневесенние заморозки. Так, по имеющимся данным только в Краснодарском крае после холодной зимы 1993/94 г. погибло 11,6 тыс. га садов. Более того, практически каждые пять лет сады на юге в той или иной степени подмерзают. В результате повреждений (особенно ранними морозами) резко угнетаются все жизненные функции плодовых растений, а впоследствии снижается их продуктивность. Как показывает практика, наименее зимостоек сорт яблони Ренет Симиренко, занимающий среди зимних сортов в южной зоне садоводства России основные площади. Его деревья затягивают рост, не успевают своевременно пройти закал-

ку и уходят в зиму неподготовленными к действию низких отрицательных температур. Только в декабре зимостойкость этого сорта достигает необходимого уровня. Очевидно, характер изменения потенциальной морозоустойчивости соответствующих сортов в течение холодного времени года должен быть учтен при обосновании рационального размещения их на конкретных территориях с определенными экологическими показателями.

Отрицательное влияние на плодовые растения оказывают и другие метеорологические явления. К ним относятся засухи. По многолетним данным, засушливым бывает каждый третий год. В последние же десятилетия такое стихийное явление отмечается гораздо чаще. И это тем более важно еще и потому, что нарушение обменных процессов у растений, вызванное дефицитом влаги, способно снизить урожай плодов на 60 % и не обеспечивает должных условий для их закаливания. Критические ситуации в жизни плодовых деревьев наступают, когда запасы продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы подходят к нулю. В своей крайней степени засуха в южных районах являлась причиной гибели насаждений.

Плодовые породы и сорта неодинаково реагируют на водный дефицит. Уместно заметить, что наш ведущий зимний сорт яблони Ренет Симиренко, по оценке специалистов, является высоко засухоустойчивым, а, следовательно, способным переносить часто повторяющиеся засухи без уменьшения продуктивности. В то же время сорта Голден Делишес и Делишес страдают от недостатка влаги. Снижение урожая яблони, груши поздних сортов, сливы в засушливые годы, как правило, вызывается уменьшением размеров и массы плодов, а в особо сухие сезоны – их массовым опаданием. Причем качество плодов груши осеннего и зимнего сроков созревания в районах с недостаточной влагообеспеченностью предельно низкое.

В засушливые годы сорт яблони Делишес на сухих склонах имеет небольшие размеры плодов, отличавшихся посредственным вкусом.

Необходимо отметить, что в различных регионах России зафиксировано проявление некоторых почвенных стресс-факторов. Так, например, в Краснодарском крае в почве садов на площади около 400 га содержатся вредные соли (слабая степень засоления). Кроме того, существует опасность вторичного засоления земель, занятых садами, произрастающими на одном месте десятки лет. Избыток солей вызывает у культурных растений нарушение обмена веществ. В связи с этим на засоленных почвах плодовые культуры, в том числе, и яблоня, как правило, снижают урожайность. Однако при проведении соответствующих мероприятий, в частности правильного подбора сортов (подвоев) можно избежать этого негативного явления.

В последние годы известны факты довольно частого проявления грибных болезней плодовых растений. Данные многолетних исследований доказывают, например, что вредоносность заболевания паршой очень высока. В годы эпифитотий она снижает урожайность восприимчивых сортов на 60–70 %. Примечательно, что из десяти лет во всех зонах садоводства южных регионов отмечается до восьми эпифитотий этого заболевания. Потери урожая от других болезней также могут быть достаточно велики.

Недобор урожая, ухудшение его качества, снижение почвенного плодородия вызваны и неблагоприятной экологической обстановкой в отрасли, связанной с загрязнением садов (почвы, растений и даже плодов) тяжелыми металлами, пестицидами, радиоактивными веществами и т. д. Так, по результатам обследований, проведенных в Краснодарском крае, почвы, загрязненные тяжелыми металлами, занимают площадь приблизительно 20 тыс. км².

Антропогенные нагрузки достигают такого уровня, при котором природа уже не может выполнять самоочистительных функций. Не случайно, поэтому в современном земледелии происходит изменение системы взглядов – на смену односторонней интенсификации приходят иные принципы, учиты-

вающие не только возможность получения продукции сегодня, но и сохранение ресурсов и среды обитания человека в будущем.

Заметим, что идея экологизации сельского хозяйства, в том числе плодоводства, уже в 80-е годы реализовалась более чем в 30 странах мира (Ortlieb, 1988).

Руководствуясь полученными результатами, можно заключить, что одним из путей стабильного производства плодовой продукции в различных зонах садоводства России является широкое внедрение в производство сортов, устойчивых к биотическим и абиотическим стресс факторам, обеспечивающих ежегодное получение высоких урожаев плодов хорошего качества на различных почвах (включая антропогенно загрязненные) даже в неблагоприятные, с точки зрения погодных условий, годы при минимальных затратах труда и денежных средств.

Человечество издавна занималось селекцией генотипов с требуемыми признаками и свойствами. Постоянное совершенствование селекционного процесса в отрасли позволило создать новые сорта, реализующие биологический потенциал по ряду хозяйственно-ценных характеристик на высоком уровне. Примером этому служат первые отечественные иммунные к парше (с геном V_f) сорта яблони различных сроков созревания, созданные во Всероссийском НИИ селекции плодовых культур. Большая работа в данном направлении проводится и в других научных учреждениях, в том числе Северо-Кавказском зональном НИИ садоводства и виноградарства. Показаны достижения селекции яблони на зимостойкость, засухоустойчивость и другие показатели. Следует ожидать, что в ближайшей перспективе усилиями физиологов, генетиков, селекционеров будут созданы новые генотипы, характеризующиеся повышенной устойчивостью к эдафическим (почвенным) стресс-факторам. Тем не менее, уже в настоящее время важен поиск путей, расширяющих адаптивные возможности растений, культивируемых в районах с повышенным уровнем

вредных солей и тяжелых металлов в почве (Жученко, 1994). Наиболее перспективен подбор индивидуальностей из существующего сортимента плодовых культур, обладающих повышенной наследственной устойчивостью к избытку токсичных элементов.

Решение перечисленных вопросов особенно актуально в условиях нестабильной экономики, при отсутствии достаточного количества материальных ресурсов и денежных средств, необходимых для детоксикации почв, а также с точки зрения улучшения экологической ситуации в регионах.

Проблема реализации биологического потенциала плодовых культур может быть решена при выращивании их только на тех территориях, почвенно-климатические особенности которых в значительной мере соответствуют реальным требованиям сортов этих культур. Иными словами, в производство должны внедряться сорта, хорошо «пригнанные» по своим эколого-биологическим свойствам к естественным условиям конкретной зоны. Этот вывод базируется на опубликованных ранее данных (Драгавцева, 1994), в частности на утверждении возможности реализации потенциальной урожайности плодовых культур в зависимости от условий внешней среды в широких пределах, а именно на 0–100 %. Причем для повышения продуктивности многолетних насаждений рекомендовано даже в ареалах определенной плодовой культуры осуществлять оптимальное размещение ее сортов по соответствующим ландшафтам.

Не менее известно и другое, уже давно ставшее аксиомой, утверждение о необходимости подбора при закладке сада сортов (сорто-подвойных комбинаций), у которых ритм роста и развития соответствует ритму погодных изменений в течение года в данном районе. Такое соответствие и определяет в значительной степени приспособленность растений к условиям произрастания и их зимостойкость. Классическим примером тому является сорт яблони Антоновка обыкновенная, деревья которого отличаются высокой зимостойкостью в сред-

ней зоне и утрачивают это свойство в южных районах страны: повреждаются низкими температурами после зимних оттепелей и весенними заморозками.

В связи с этим вполне правомерна озабоченность ряда специалистов по поводу наметившейся опасной тенденции бессистемного выбора сортимента для промышленных насаждений России, явного доминирования в садах интродуцированных сортов, недостаточно изученных в условиях соответствующих регионов. Показано, например, что увеличение в яблоневых насаждениях южной зоны доли североамериканских сортов Ред Делишес, Джонатан, Мекинтош и их производных привело к снижению продуктивности садов. Основная причина этого недостаточная устойчивость обновленного путем интродукции сортимента к специфическим для региона неблагоприятным климатическим факторам и грибным заболеваниям – парше и мучнистой росе.

Принимая во внимание важность и сложность обсуждаемой проблемы, ряд исследователей предприняли серьезные попытки разработать научные основы рационального размещения сортов плодовых культур. И, надо отдать должное, в решении этого вопроса уже достигнуты многообещающие результаты. Так, например, в некоторых научных учреждениях отрасли осуществляется районирование промышленного садоводства, комплексная оценка территории, а также математическое моделирование ее соответствия требованиям сортов плодовых культур, что особенно перспективно для прогнозирования целей.

Перечисленные факты дают основание утверждать, что для максимальной (или близкой к таковой) реализации биологического потенциала плодовых культур должны быть разработаны надежные методы оценки возможной степени приспособляемости испытуемого сорта (особенно интродуцированного) к почвенно-климатическим и орографическим условиям конкретного **агрolandшафта – конкретной территории, однородной по своему происхождению и истории развития.**

Причем эти методы, как нам представляется, должны основываться на постоянном учете физиологического состояния растений в определенных условиях среды.

Аналогичные требования предъявляются и к подвоям плодовых пород.

Невыполнение перечисленных условий может привести к весьма негативным последствиям. Об этом свидетельствует, например, известный факт гибели садов яблони на сотнях гектаров в хозяйствах Республики Адыгея. Причина этого – использование получавших распространение в 70–80-е годы прошлого столетия среднерослых клоновых подвоев (дусенов) и отказ от сеянцев яблони восточной, приспособленной к почвенному покрову региона.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что при подборе сортов и подвоев для конкретных агроландшафтов должны видеть перспективу многолетней и эффективной эксплуатации созданных таким образом промышленных насаждений, а не следовать сиюминутным веяниям, наносящим существенный экономический ущерб отрасли.

И это далеко не полный перечень задач, стоящих перед плодоводами. Между тем при внимательном рассмотрении каждой из обозначенных проблем становится очевидным, что практически каждая из них является по своей сути экологической.

В этой связи уместно перечислить кардинальные проблемы, в которых фокусируются основные направления современной экологии. Весьма удачно они сформулированы *А. К. Бродским (2000)*.

Изучение экологических механизмов адаптации к среде. Для выявления этих механизмов, прежде всего, необходимы исследования адаптивной структуры популяции, а также изучение адаптивных черт поведения, географической и сезонной изменчивости, адаптивной ритмики биологических процессов в популяциях, приспособительных форм пространственного распространения растений и животных и т. д.

Особое значение в этой проблеме приобретают вопросы, связанные со способами приспособлений плодовых растений

к крайним условиям, например, адаптации к холоду, недостатку влаги, высоким температурам, неблагоприятным почвенным факторам. Результаты таких исследований будут полезны при освоении экстремальных ландшафтов (в частности, высокогорных) и создании адаптивных насаждений.

Регуляция численности популяций. Эта проблема лежит в основе разработки комплекса мероприятий, направленных на управление динамикой численности вредителей сельского хозяйства (в том числе, садов).

Примечательно, что одна из главных для современного плодоводства задач является сведение к минимуму применения химических средств борьбы с вредителями путем развития и совершенствования биологических методов.

Управление продукционными процессами. Решение этой проблемы лежит в основе мероприятий, направленных на рационализацию использования биологических ресурсов. Сюда входят вопросы количественной характеристики энергетического потока на разных **трофических уровнях**^{*}, во-первых, фотосинтез и формирование первичной продукции, во-вторых, утилизация **гетеротрофами**^{**} энергии, полученной от первого трофического уровня, и, наконец, образование вторичной продукции. Кроме того, эта проблема включает следующие моменты: интенсивность прироста и траты на метаболизм; продукционная эффективность различных звеньев **пищевых цепей**^{***}; факторы, влияющие на направление продукционного процесса, на роль структуры сообществ в продукционно-энергетических отношениях и др.

* Трофический уровень – совокупность организмов, сходных по типу питания и занимающих определенное положение в *пирамиде питания*; обычно выделяют уровни: I – *продуценты* (растения – *автотрофы*), II – растительноядные животные (*фитофаги*), III – плотоядные животные (*зоофаги*).

** Гетеротрофы – организмы, питающиеся готовыми органическими веществами других организмов или их продуктов.

*** Пищевая цепь – последовательный перенос вещества и энергии между членами биоценоза, представляющими различные трофические уровни, при поедании последующим членом цепи предыдущего.

В комплекс экологических исследований по этой проблеме должны также входить такие вопросы, как поддержание плодородия почвы, эффективность различных типов удобрений, рациональное размещение насаждений и оптимизация режима возделывания почвы, предусматривающие не только получение высокого урожая, но и длительное сохранение плодородия и стабильности почвенных процессов, а так же предохранение земель от истощения, эрозии.

Устойчивость природных и антропогенных ценозов. Эта проблема связана с теорией **сукцессий**^{*}, с вопросами видового разнообразия и специфики ценологических отношений. В перспективе – сознательное размещение человеком устойчивых и неустойчивых экосистем в оптимальном сочетании. Использование регуляторных механизмов в агроценозах. Такие исследования позволят в будущем создавать принципиально новые структурные единицы биосферы – природо-хозяйственные экосистемы, в которых должны преобладать черты устойчивости, стабильности, максимальной эффективности продукционного процесса.

Экологическая индикация. Сюда входит чрезвычайно широкий круг вопросов как теоретических, так и тесно связанных с нуждами различных отраслей сельского хозяйства, а также с необходимостью сохранения среды обитания человека.

Задачи экологической индикации – определение свойств тех или иных компонентов или элементов ландшафта и установление направлений их изменений, по видовому составу обитающих в данных условиях организмов. Экологическая индикация широко используется для диагностики типов почв и установления направления изменений почвообразовательного процесса, для определения качества воды и воздуха.

В нашей стране эти исследования охватывают достаточно широкий круг вопросов. В частности, разработан метод диагностики почв по характеру почвенной фауны.

* Сукцессия – развитие экосистемы, обусловленное изменением условий ее существования; закономерная последовательность изменения видового состава организмов и функциональной структуры биогеоценоза.

Кроме охарактеризованных выше общеэкологических проблем имеется много конкретных практических вопросов, которые не могут решаться без участия экологов. К ним относятся, например, восстановление нарушенных экосистем и возвращение их в сферу культурно-хозяйственного использования (восстановление эродированного почвенного покрова; восстановление плодородия истощенных почв и т. д.).

Основу для решения подобных вопросов дает выяснение специфики развития экосистем. Только зная, как протекают сукцессии, можно направлять рекультивационные процессы.

В заключение отметим, что успехи в решении проблем экологии в значительной мере определяют прогресс в плодородстве. Поэтому на их изучение должны быть направлены усилия в первую очередь.

Контрольные вопросы и задания для самопроверки

1. Назовите основные периоды развития науки экологии. С именами каких ученых они связаны?

2. Перечислите основные разделы экологии и дайте им краткую характеристику.

3. Перечислите основные методы экологии.

4. В чем заключается метод регистрации и оценки состояния среды?

5. Охарактеризуйте методы количественного учета организмов и методы оценки биомассы и продуктивности растений.

6. Перечислите основные экологические законы.

7. Назовите основные экологические правила и принципы.

8. Охарактеризуйте проблемы экологии в современном плодородстве.

9. Перечислите возможные пути стабилизации производства плодовой продукции в России.

2 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В ЖИЗНИ ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ

ГЛАВА 1 ПЛОДОВЫЕ РАСТЕНИЯ И СРЕДА

1.1 Среда и основные экологические факторы

Многочисленными экспериментами установлено, что все живые организмы, населяющие Землю, существуют не сами по себе, а всецело зависят от окружающей среды и постоянно испытывают на себе ее воздействие. Теоретическую основу таких исследований составляет закон единства организма и среды В. И. Вернадского, сущность которого изложена в части I.

В широком смысле под **средой (или окружающей средой)** понимают совокупность материальных тел, явлений и энергии, влияющих на живой организм. Однако разные элементы среды далеко не одинаково воспринимаются живым организмом, поскольку значение их для жизни различно. Среди них есть практически безразличные для растений, например инертные газы, содержащиеся в атмосфере. Другие элементы среды, напротив, оказывают существенное влияние на растения. Их называют **экологическими факторами** (например, свет, вода в почве и атмосфере, движение воздуха, засоление грунтовых вод, естественная и искусственная радиоактивность и т. д.). Наиболее распространено следующее определение экологических факторов. **Это элементы окружающей среды, оказывающие положительное или отрицательное влияние на живые организмы на протяжении хотя бы одной из фаз их индивидуального развития.** С появлением новой информации перечень экологических факторов возрастает, поскольку в ряде случаев обнаруживается, что

растения способны реагировать на элементы среды, ранее считавшиеся безразличными (например, магнитное поле Земли, сильный шум).

В отличие от понятия среды в широком смысле совокупность экологических факторов иногда называют **действенной средой**. Возможно и более конкретное, пространственное понимание среды, как непосредственного окружения организма. В этом смысле часто говорят о **среде обитания**. В земных условиях существует четыре типа среды для живого организма: водная, наземная (воздушная), почвенная и другой организм (для паразитов).

От понятия среды следует отличать понятие **условия существования**. Так называют совокупность жизненно необходимых факторов, без которых растение не может существовать (свет, вода, тепло, воздух, почва). В отличие от них другие экологические факторы, хотя и оказывают на растение существенное влияние, не являются для него необходимыми (например, ветер, дымовые газы и т. д.).

Классификация экологических факторов. По происхождению и характеру действия все экологические факторы подразделяют на группу абиотических (факторы неорганической или неживой среды) и группу биотических (связанных с влиянием живых существ). Это разделение в известной степени условно, поскольку многие абиотические факторы испытывают сильное влияние жизнедеятельности живых организмов.

1. Абиотические факторы:

а) климатические – свет, тепло, воздух (его состав и движение), влага (включая осадки в разных формах, влажность почвы, влажность воздуха);

б) эдафические (или почвенно-грунтовые) – механический и химический состав почв, их физические свойства и т. д.;

в) топографические (или орографические) – условия рельефа.

Два абиотических фактора – температура и количество осадков – определяют размещение по земной поверхности основных наземных экосистем. **Климат – статический режим атмосферных условий (условий погоды), характерный для**

каждого данного места Земли в силу его географического положения.

Специфика климатических условий, в свою очередь, определяет развитие того или иного биома (крупного системно-географического подразделения в пределах природно-климатической зоны).

Влага – основной фактор, в зависимости, от которого экосистемы делятся на лесные, степные и пустынные. В пределах Западного Кавказа можно выделить три группы районов, различающихся по обеспеченности плодовых растений в течение вегетационного периода влагой, а именно: влажные, неустойчиво влажные и засушливые.

II. Биотические факторы:

а) фитогенные – влияние растений-сообитателей как прямое (механические контакты, симбиоз, паразитизм, поселение эпифитов), так и косвенное (фитогенные изменения среды обитания для растений);

б) зоогенные – влияние животных (поедание, вытаптывание и прочие механические воздействия, опыление, распространение зачатков, а также косвенное влияние на среду).

В группу биотических факторов входит и влияние на растения микроорганизмов (микробиогенные факторы). В связи с тем, что в последнее время грибы выделяют в самостоятельное царство живой природы, можно говорить отдельно и об их влиянии на растения как о микогенных факторах.

III. Антропогенные факторы (от гр. *anthropos* – человек и *genos* – рождение) отражают влияние деятельности человека на окружающую среду. С воздействием антропогенных факторов связано уничтожение продуктов эволюции – многих видов растений и животных, сложнейших систем их совместного существования – биоценозов. Разрушение конкретных экосистем чаще всего обусловлено непосредственным влиянием на них (пожары, резкое изменение почвенного покрова и водного режима); загрязнением различными техногенными веществами; изменениями, связанными с постоянным изъятием

фитомассы (особенно в агроэкосистемах) без компенсации потерь; коренными превращениями экосистем в культурные экосистемы.

В эту простейшую классификацию укладываются далеко не все, а только главные экологические факторы. Есть и другие, менее существенные для жизни растений (например, атмосферное электричество, магнитное поле Земли, ионизирующие излучения и др.). Приведенное деление в значительной степени условно: например, такие эдафические факторы, как тепловой и водный режим почвы, не только характеризуют саму почву, но в большой мере определяются солнечной радиацией и режимом осадков, т. е. служат и факторами климатическими. Нет необходимости подчеркивать, что среда действует на растение как единое целое, а разделение факторов и их классификация – не более как методический прием, облегчающий изучение и изложение закономерностей взаимосвязи растения и среды.

По характеру воздействия на организм многие авторы различают экологические факторы прямодействующие (непосредственно, влияющие на обмен веществ, формообразовательные процессы, развитие) и косвенно-действующие (влияющие на организм через изменение других факторов). Однако, как справедливо отмечает Т. К. Горышина (1979), такое разделение не совсем правомерно, поскольку один и тот же фактор может быть и прямодействующим (например, действие тепла на рост), и косвенно-действующим (действием тепла на влажность почвы и через нее – на водный режим растения). Поэтому лучше говорить не о разделении самих факторов, а об их прямом и косвенном действии на растение.

В природных условиях далеко не всегда можно расчленить влияние отдельных факторов и их последствия. Так, сильное освещение очень часто связано с увеличением нагревания воздуха и почвы, их иссушением и т. д.

1.2 Особенности действия экологического фактора на растение

Влияние экологических факторов на любое растение (в том числе плодое) весьма многообразно. Тем не менее, какими бы различными по природе они ни были, результаты их действия сопоставимы, поскольку всегда выражаются в изменении жизнедеятельности организмов. В учебном пособии «Экология растений» (Гарышина, 1979) представлена общая схема действия экологического фактора (рисунок 2).

На рисунке 2 по оси абсцисс отложена интенсивность фактора (например, температура, концентрация солей в почвенном растворе, освещенность местообитания, влажность почвы и т. д.), а по оси ординат – реакция организма на экологический фактор в ее количественном выражении (это может быть интенсивность того или иного физиологического процесса – фотосинтеза, поглощения воды корнями, роста и т. д.; морфологическая характеристика – высота растения, размеры листьев и т. д.; наконец, показатель, характеризующий популяцию, численность особей на единицу площади, частота встречаемости и др.).

Диапазон действия экологического фактора (или **область толерантности**) ограничен **точками минимума** (рисунок 2 а) и **максимума** (рисунок 2 в), соответствующими крайним значениям данного фактора, при которых возможно существование растения. Точка на оси абсцисс, соответствующая наилучшим показателям жизнедеятельности растений, означает оптимальную величину фактора – это точка оптимума (рисунок 2 б). В связи со сложностью точного определения оптимального значения фактора, чаще говорят о **зоне оптимума** или зоне комфорта. Точки оптимума, минимума и максимума составляют **три кардинальные точки**, определяющие возможности реакции организма на данный фактор. Крайние участки кривой, выражающие состояние угнетения при резком недостатке или избытке фактора, называют **обла-**

стями пессимума. Им соответствуют пессимальные значения фактора. Вблизи критических точек лежат **сублетальные** величины фактора, а за пределами зоны толерантности – летальные.

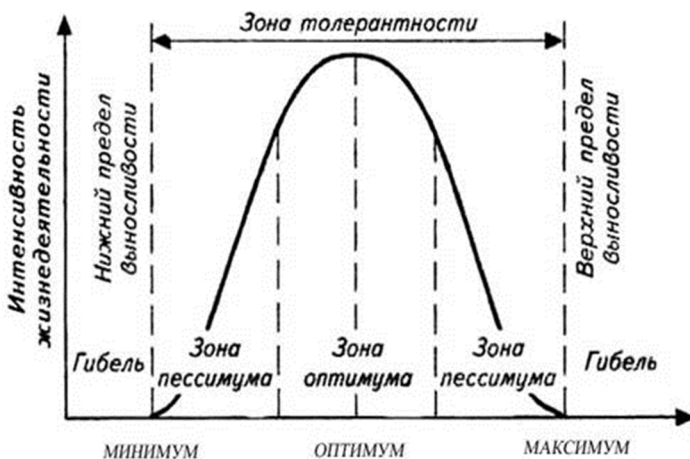


Рисунок 2 – Схема действия экологического фактора на растение.
Кардинальные точки:

а – минимум, *б* – оптимум, *в* – максимум

Условия среды, в которых какой-то фактор (или несколько) выходит за пределы зоны комфорта и оказывает угнетающее действие, в экологии часто называют крайними (или экстремальными, трудными). Это выражение характеризует не только экологические ситуации (очень высокие или очень низкие температуры, сильная сухость, высокая концентрация вредных солей в почве и пр.), но и такие местообитания, где условия близки к пределам возможности существования для растений – пустыни, высокогорья, арктические и антарктические области и т. д. (иногда «крайние» и в географическом смысле).

Количественные закономерности реакции организмов на действие экологического фактора различаются в соответствии с условиями их обитания.

Это различие может выражаться в положении оптимума на шкале экологического фактора (рисунок 3 А).

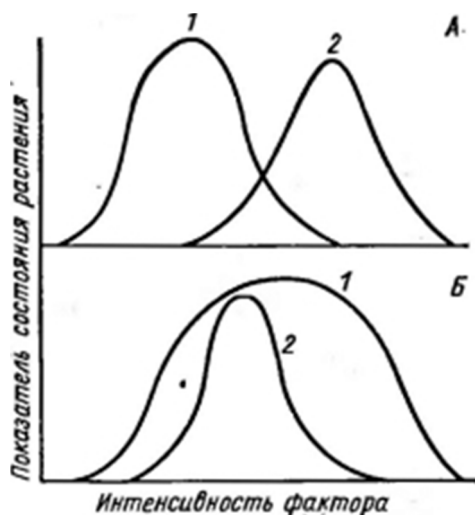


Рисунок 3 – Шкала экологического фактора

А – различное положение оптимума по отношению к экологическому фактору у двух разных видов (1, 2); Б – различная ширина экологической амплитуды: 1 – эврибионты; 2 – стенобионты

Например, у растений из холодных районов он сдвинут в область низких температур, а у видов из теплых или жарких местообитаний лежит в области высоких температур. Различна может быть и ширина диапазона фактора (или зоны оптимума) (рисунок 3 Б). Так, есть растения, для которых оптимальна определенная величина освещенности, – например, некоторые крайне тенелюбивые лесные травы, или очень светолюбивые высокогорные травы и кустарники. Вместе с тем существуют виды, одинаково хорошо растущие и при полной освещенности, и при значительном затенении (ежа – *Dactylis glomerata*; земляника лесная – *Fragaria vesca*).

Первый случай свидетельствует об узкой экологической амплитуде растений (они являются **стенобионтными**, **стено-**

топными), а второй – о широкой (растения **эврибионтные, эвритопные**).

Естественно, что эврибионтные организмы способны при прочих равных условиях занимать более обширные пространства. Следует, однако, помнить, что вид может иметь узкую амплитуду по отношению к одному фактору и широкую – по отношению к другому (например, быть приуроченным к узкому диапазону температур и широкому диапазону солености).

1.3 Взаимодействие экологических факторов

Факторы среды действуют на растение одновременно и совместно. Причем влияние одного фактора в большей степени зависит от количественного выражения других.

В связи с этим оптимальная зона и пределы выносливости (толерантности) организма по отношению к тому или иному фактору могут заметно смещаться.

По К. А. Куркину, интегральное действие на организм совокупности экологических факторов осложнено явлениями монодоминантности, синергизма, антагонизма и провокационности их совместного действия.

Монодоминантность возникает, если один из факторов, находясь либо в минимуме, либо в максимуме, оказывает столь сильное воздействие, что подавляет влияние всех остальных факторов. **Синергизм** – усиление действия двух и более факторов. При **антагонизме** же влияние факторов на биосистему взаимно «гасится». Вместе с тем **провокационность** характерна для сочетания стимулирующих воздействий с летальными (повреждающими). При этом усиливаются отрицательные эффекты. Например, значительное повышение температуры воздуха (до 10–12 °С), довольно часто отмечаемое на юге России в январе – феврале, способствует преждевременному выходу из состояния покоя растений косточковых культур и началу их активной жизнедеятельности.

В результате они подвержены сильному негативному влиянию возвратных морозов, проявляющемуся во второй половине зимы после оттепелей и приводящему к резкому снижению продуктивности садов.

Показана возможность частичной взаимозаменяемости действия одного экологического фактора другим. В частности, одна и та же интенсивность фотосинтеза у растений может быть достигнута либо увеличением до определенного уровня освещенности, либо (при слабой освещенности) повышением в несколько раз концентрации CO_2 .

В то же время ни один из необходимых растению экологических факторов не может быть полностью заменен другим: зеленое растение нельзя вырастить в полной темноте даже при очень хорошем почвенном питании или на дистиллированной воде при самом оптимальном тепловом режиме. Иными словами, существует **частичная заменяемость** основных экологических факторов и вместе с тем их **полная незаменимость** (в этом смысле иногда говорят также об их равнозначной важности для жизни растения). Если значение хотя бы одного из необходимых факторов выходит за пределы диапазона толерантности (ниже минимума или выше максимума), то существование организма становится невозможным.

1.4 Лимитирующий фактор

В случае если какой-либо из факторов, составляющих условия существования, имеет пессимальное значение, то он ограничивает действие остальных факторов (как бы благоприятны они ни были) и определяет конечный результат действия среды на растение. Изменить этот результат в таком случае можно только воздействием на ограничивающий, или **лимитирующий** фактор. «Закон ограничивающего фактора» вначале был сформулирован в агрохимии (Либих, 1840). Было замечено, что при недостатке в почве или питательном растворе одного из необходимых химических элементов никакие

удобрения, содержащие другие элементы, на растение не действуют, и только добавление «иона в минимуме» дает прибавку урожая.

Позднее (в 1909) «закон минимума» был истолкован Ф. Блэкманом более широко (как действие любого экологического фактора, находящегося в минимуме): факторы среды, имеющие в конкретных условиях наихудшее значение, особенно ограничивают возможность существования вида в данных условиях вопреки и несмотря на оптимальное сочетание других отдельных условий.

Кроме минимума в «законе толерантности» В. Шелфорда (1913) учитывается и максимум экологического фактора: лимитирующим фактором процветания организма (вида) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия.

Ценность концепции лимитирующих факторов заключается в том, что ею дается отправная точка при исследовании сложных ситуаций. Возможно также выделение вероятных слабых звеньев среды. В этой связи пути ее оптимизации явятся мощными рычагами управления жизнедеятельностью растений.

1.5 Реакция растений на действие среды

Все организмы испытывают действие экологических факторов. На условия среды (особенно неблагоприятные) они реагируют изменением состояния, которое в конечном итоге обеспечивает выживание вида.

Существуют два основных способа преодоления неблагоприятных влияний: их избегание (avoidance) и приобретение выносливости (tolerance). Первый в большей степени используется животными, обладающими подвижностью.

В то же время большинство растений лишено такой возможности. Правда, у высших растений, благодаря ростовым реакциям, отмечены случаи перемещения основных органов (например, вынос листы к свету в верхние ярусы тропического леса у светолюбивых древесных лиан). Недоступен для

растений и такой путь преодоления неблагоприятных условий среды, как выработка определенных форм поведения – устройство жилищ, защитные действия против нападения и т. д. Основная «стратегия жизни» у растений – выработка приспособительных изменений строения и процессов жизнедеятельности.

Приспособление организмов к среде называют **адаптацией** (от лат. adaptation – приспособлять).

Способность к адаптации – одно из основных свойств живого, так как она обеспечивает саму возможность выживать и размножаться. Адаптации проявляются на разных уровнях – от биохимии клеток до строения и функционирования отдельных организмов, сообществ и экосистем.

Как отмечает Т. К. Горышина (1979), в областях с ясно выраженной климатической ритмикой у растений происходят приспособительные изменения – выработка определенной **временной организации** жизненных процессов или сезонной ритмики (чередование активных и покоящихся периодов; изменение сроков и продолжительности разных этапов годового цикла развития). Показано, что большинство биологических видов приспособлены не к определенным значениям какого-то фактора, а к пределам его изменчивости в природе, а также к его временным изменениям (**флуктуациям**).

Приспособительные изменения, происходящие в процессе длительной эволюции в определенных условиях, приводят к тому, что растение достигает состояния адаптации.

Согласно определению А. А. Парамонова, адаптация проявляется в динамическом соответствии морфофизиологической организации и приспособительных реакций животного или растения к типичным и ведущим условиям среды, в которых сложился организм. Адаптивная организация обеспечивает не только выживание индивидуума как такового, но и успешное его существование в течение жизненного цикла, а также уровень биологической продуктивности.

Критерием эффективности адаптации на популяционном уровне может служить повышение коэффициента размноже-

ния и снижение коэффициента смертности. Таким образом, адаптация направлена на преодоление неблагоприятных условий путем повышения «коэффициента полезного действия» процессов жизнедеятельности. Этим адаптивные изменения отличаются от изменений, являющихся прямым следствием воздействия среды (например, уменьшение размеров растений при голодании или повышении испарения воды листьями при большой сухости).

Термином «адаптация» иногда обозначают не только результат процесса приспособления, но и сам процесс. Однако в этом случае лучше говорить об **адапциогенезе**.

Конечно, далеко не все черты организации и жизнедеятельности растения следует рассматривать как адаптивные, «нацеленные» на обеспечение существования в данной среде. Есть целый ряд конституционных, наследственных признаков, не связанных с влиянием среды (очертания лепестков, форма жилкования и т. п.).

Вместе с тем следует иметь в виду, что разные растения неодинаково воспринимают одну и ту же среду, проявляя известную избирательность. Поэтому конечный результат ее влияния во многом определяется биологическими особенностями самого растения.

1.6 Влияние растений на среду

Растение – не только объект многообразных влияний, но и само воздействует на окружающую среду. Причем существенные изменения в нее растение вносит даже при изолированном, одиночном произрастании. Так, одиночное дерево затеняет пространство под кроной и изменяет его микроклимат, иссушает корнеобитаемые горизонты почвы, изменяет химический состав почвы под кроной в связи с воздействием опада и корневыми выделениями, потребляет из воздуха углекислоту, выделяет кислород и другие газообразные продукты обмена и т. д. Тем более сильное влияние на среду оказывают рас-

тительные сообщества благодаря массе растений, сближенному произрастанию, сомкнутости. Внутри плодового насаждения создается особый микроклимат, резко отличающийся от условий открытого пространства по режимам освещенности, температуры, влажности, газовому составу приземного слоя воздуха и другими факторами среды.

Изменение растениями и другими обитателями биогеоценоза – животными, грибами, микроорганизмами – комплекса экологических факторов служит причиной того, что растение реально испытывает влияние уже не тех условий среды, которые определяются географическим и топографическим положением места произрастания, а совсем иного их комплекса, сильно измененного влиянием сообитателей. В связи с этим различают понятия **экотопа** (первичный комплекс факторов физико-географической среды) и **биотопа**, или **местообитания** (условия среды, видоизмененные средообразующей деятельностью живых организмов).

ГЛАВА 2

СВЕТ И ЕГО РОЛЬ В ЖИЗНИ ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ

Свет – один из наиболее важных для жизни растений абиотических факторов. Его роль определяется прежде всего особой позицией растений в биосфере как автотрофов, образующих органическое вещество из простых неорганических соединений с использованием для синтеза энергии солнечного излучения (этот процесс назван фотосинтезом). Подчеркивая, что жизнь зеленых растений невозможна без света, К. А. Тимирязев образно назвал их «детьми Солнца». Свет оказывает на растения значительное формообразующее действие и во многих случаях определяет особенности их строения, роста, внутреннюю структуру тканей листа, величину хлоропластов и т. д.

2.1 Характеристика света как экологического фактора

Солнечная радиация представляет собой электромагнитное излучение в широком диапазоне волн, составляющих непрерывный спектр от инфракрасных лучей с длиной волны около 3–4 тыс. нм до ультрафиолетовых с длиной волны 290–380 нм. Лучи короче 290 нм, губительные для живых организмов, поглощаются слоем озона и до земли не доходят. Видимый свет, как известно, ограничен областью от 380 (крайние фиолетовые лучи) до 750 нм (дальние красные лучи).

На Землю поступает около одной двухмиллиардной всей излучаемой Солнцем энергии, что составляет (за пределами земной атмосферы) $1,95 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин}$, или 136 мВт/см^2 («солнечная постоянная»). Растительный покров воспринимает солнечную радиацию, прошедшую сквозь атмосферу и значительно измененную по количеству и составу. Как видно на рисунке 4, 42 % всей падающей радиации (33 % + 9 %) отража-

ется атмосферой в мировое пространство, 15 % поглощается толщей атмосферы и идет на ее нагревание и только 43 % достигает земной поверхности. Эта доля радиации состоит из **прямой радиации** (27 %) – почти параллельных лучей, идущих непосредственно от Солнца и несущих наибольшую энергетическую нагрузку, и **рассеянной** (диффузной) **радиации** (16 %) – лучей, поступающих к Земле со всех точек небосвода, рассеянных молекулами газов воздуха, каплями водяных паров, кристалликами льда, частицами пыли, а также отраженных вниз от облаков. Общую сумму прямой и рассеянной радиации называют **суммарной радиацией**.

Растения получают часть радиации и в виде света отраженного от поверхности почвы, воды и других растений. Эта часть – **отраженная радиация** – обозначена на рисунке 4 пунктирной стрелкой, а величина ее зависит от свойств отражающей поверхности.

При закладке сада необходимо учитывать прежде всего снабжение растений суммарной радиацией, так как она является одним из главных условий нормального роста и плодоношения.

Количественная характеристика света. Определяя мощность источника излучения, говорят о силе света. Впечатление, производимое светящимся предметом на глаза человека, выражают понятием яркости. Энергетической количественной характеристикой солнечного излучения служит поток лучистой энергии, который приходит на перпендикулярную лучам поверхность в единицу времени. Она называется *интенсивностью радиации* или *облученностью* и выражается в энергетических единицах ($\text{Дж}/\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ или $\text{Вт}/\text{см}^2$)*. Эта характеристика весьма употребительна в климатологии, в частности в разделе, занимающемся изучением солнечной радиации – актинометрии. Она широко применяется и в экологии для оценки световых условий местообитания растений, а

* В климатологии солнечную радиацию принято выражать также в калориях (кал). 1 кал = 4,19 Дж.

также в работах по физиологии растений, агрометеорологии и т. д.

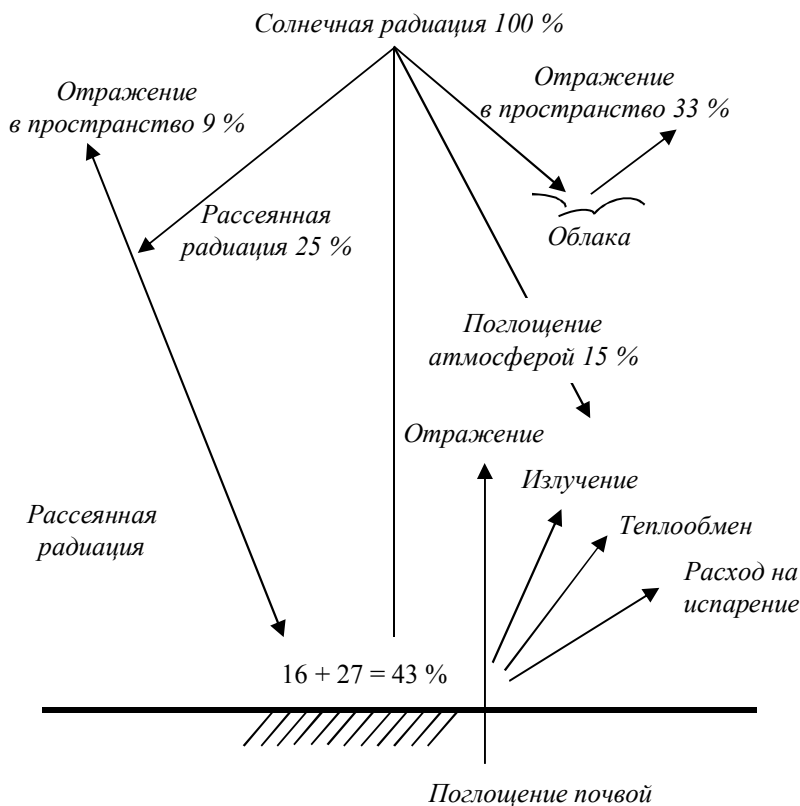


Рисунок 4 – Баланс солнечной радиации на земной поверхности в дневное время (по Walter H., 1951)

Наряду с этим широко пользуются и характеристикой *освещенности*, т. е. светового потока, приходящегося на единицу площади поверхности. Единицей освещенности служит люкс (лк) – световой поток в 1 люмен, приходящийся на 1 м^2 . Это очень небольшая величина, поэтому освещенность в естественных местообитаниях обычно выражают в тысячах люксов (килолюксах). Энергетические единицы можно перевести в единицы освещенности и наоборот с помощью пересчетных

коэффициентов – энергетических эквивалентов люкса и световых эквивалентов радиации.

Интенсивность прямой солнечной радиации измеряют с помощью специальных приборов – актинометров и пиргелиометров, интенсивность суммарной радиации – с помощью пиранометров. Рассеянная радиация измеряется также пиранометрами, затеняемыми от прямых солнечных лучей специальным экраном. Для измерения освещенности служат люксметры. Ниже приведены примеры освещенности в различных условиях (по Шаронову В. В., 1961).

Условия	Освещенность, лк
На верхней границе земной атмосферы	127 000–135 000
Дневная освещенность:	
при безоблачной погоде	50 000–90 000
при пасмурной погоде	3 000–30 000
На столе под настольной лампой	20–100
Белая ночь в Санкт-Петербурге (в безоблачную полночь)	1
В ясную лунную ночь	0,1–0,2

Для оценки света, получаемого растениями, кроме количественной характеристики очень важно знать и качественный состав света, т. е. соотношение лучей с разной длиной волны, или спектральный состав. Следует, однако, иметь в виду, что человеческий глаз и растение по-разному воспринимают спектральный состав света. Для глаза наиболее ярки лучи в желто-зеленой части спектра, в то время как для зеленых растений наиболее важны красные и синие лучи, поглощаемые хлорофиллами. Поэтому, рассматривая свет как фактор среды для растений, следует и оценивать его «глазами растения» (К. А. Тимирязев).

Качественный состав света. В экологии растений качественный состав света принято выражать по содержанию в нем тех лучей, которые оказывают наибольшее физиологическое воздействие на растения. В спектре солнечных лучей выделяют область *фотосинтетически активной радиации* (ФАР), используемой растениями в процессе фотосинтеза. Это лучи с

длиной волны 380–710 нм*. Для ФАР определяют интенсивность, выражая ее в энергетических единицах

(Дж/см² · мин и др.), а также процент содержания лучей определенной длины волны или всей ФАР в общем потоке радиации. В зависимости от высоты Солнца прямая радиация содержит от 28 до 43 % ФАР; рассеянная радиация при облачном небе – 50–60; рассеянная радиация голубого неба – до 90 % (в основном за счет синей компоненты ФАР).

Способы количественной характеристики спектрального состава сводятся к определению относительной доли ФАР в световом потоке с помощью пиранометров с селективными фильтрами, позволяющими вычлнить отдельные спектральные области. Такие приборы называются фитопиранометрами. Можно пользоваться и данными по освещенности, переводя их в интенсивность ФАР по коэффициентам, вычисленным разными исследователями. Ниже приводится энергетический эквивалент 1 лк для области ФАР.

Высота солнца, °	Число кал/см ² · мин ФАР, соответствующее 1 лк	Авторы
11	5,71 · 10 ⁻⁶	} В. П. Рвачев и др., 1963
19	5,72 · 10 ⁻⁶	
30	5,76 · 10 ⁻⁶	В. С. Хазанов и Ю. Л. Цельникер, 1968
40–50	5,70 · 10 ⁻⁶	

Закономерности распределения солнечной радиации. Количество солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, в первую очередь определяется географической широтой местности. Для характеристики распределения радиации на земном шаре пользуются понятием солярного климата – тех климатических условий, которые создавались бы на Земле в отсутствие атмосферы, под влиянием только солнечной радиации. Теоретически вычисленные для таких условий суммы дают представление о диапазоне широтных различий

* За рубежом многие авторы ограничивают область ФАР лучами 400–700 нм.

получаемой земным шаром радиации. В действительности благодаря атмосферным влияниям различия реального прихода радиации на земную поверхность разных широт менее резки. Тем не менее широтная зональность выражена достаточно четко. Она прослеживается по различной интенсивности солнечной радиации на определенных широтах в одни и те же календарные даты, по годовым суммам радиации и по ее среднегодовым величинам.

Следует учесть, что на годовой сумме отражается не только интенсивность радиации, но и продолжительность дня, нарастающая летом от экватора к полюсам.

Широтным изменениям подвержен и качественный состав радиации. Об этом свидетельствует различное содержание ФАР в солнечной радиации в разных географических зонах.

В южных районах России суммарное количество ФАР, приходящей за вегетационный период на единицу площади, больше, чем в Нечерноземье. Поэтому урожайность плодовых насаждений на юге значительно выше.

Кроме общегеографических закономерностей на количество света, получаемого растениями, существенно влияет ряд причин местного характера. Одна из них – состояние атмосферы (прозрачность или, напротив, замутненность вследствие примесей, загрязнения и т. д.). Другая причина – особенности рельефа местности. С увеличением высоты в горах поступление ФАР возрастает. Не случайно поэтому в высокогорьях яблоки и груши окрашены ярче, чем на равнине. Известно также, что при падении лучей на наклонную поверхность приход энергии уменьшается в зависимости от угла падения. Определенное значение в распределении солнечной радиации имеют крутизна склона и его ориентация к странам света.

В результате растения, размещенные совсем близко друг от друга, но на разных элементах рельефа, могут оказаться в условиях освещенности, различие которых сравнимо с зональными.

На условия освещенности немалое влияние оказывают и свойства субстрата, на котором растут растения, его способность к отражению света, характеризуемая величиной *альбедо* (отношение отраженной радиации к падающей). Ниже приве-

дено несколько примеров величин альbedo различных поверхностей (Горышина, 1979).

Поверхность	Альbedo, %
Свежевыпавший снег	85
Мел	70
Песок кварцевый речной	29
Глина	29–31
Чернозем:	
Сухой	14
Влажный	8
Вода при высоте солнца:	
90°	2
10°	34
2°	78
Луговой травостой	22–30
Хлебные злаки на разной стадии спелости	10–25
Лиственный лес	16–27
Хвойные леса	6–19
Желтые листья деревьев (осенью)	33–38

За счет отраженной радиации растения на светлых субстратах получают дополнительное освещение в сравнении с растениями, произрастающими на черноземе и других темноцветных почвах. То же можно сказать и о растениях, обитающих у воды, где альbedo особенно велико утром и вечером при низком стоянии солнца.

Условия освещенности местообитания для растений иногда совершенно изменяются под влиянием растений-сообитателей. При совместном произрастании растений в растительных сообществах (особенно со сложной многоярусной структурой) полная солнечная радиация достается лишь верхним листьям наиболее высокоствольных растений (или окраинным растениям), а в глубине ценоза растения находятся в условиях более или менее сильного затенения. Ослабление радиации в наибольшей степени выражено в лесных расти-

тельных сообществах. Поскольку лучи проникают сквозь полог листьев неравномерно, для нижних ярусов создается очень пестрое пространственное распределение света различной интенсивности. Блики и затененные участки постоянно меняют расположение и конфигурацию, так что в целом создается весьма сложный режим «мелькающего» света.

Внутри насаждений спектральный состав света сильно изменен: проходя сквозь зеленый «фильтр» листовых покровов, солнечная радиация теряет значительную долю ФАР, поглощаемой листьями, и до нижних ярусов доходит не только ослабленной, но и сильно обедненной качественно.

Изменение световых условий во времени. Свет – один из самых динамичных факторов среды. Поэтому при характеристике световых условий местообитания растений необходимо учитывать и их временную изменчивость.

Сезонная динамика прихода солнечной радиации (рисунок 5) связана как с закономерностями астрономического характера, так и с сезонной климатической ритмикой данной местности (периодичность дождей и т. д.). На разных широтах она выражена в разной степени: от почти полного отсутствия в экваториальной зоне до весьма резкой смены летнего и зимнего режимов на полюсах (полярный день и полярная ночь). Наблюдается и сезонная изменчивость содержания ФАР в суммарной радиации.

Для растений нижних ярусов сложных растительных сообществ сезонная динамика световых условий складывается под влиянием не только радиационного режима местности, но и фенологического состояния растений верхних ярусов. Так, в садах травяной покров (при дерново-перегнойной системе содержания почвы) лишь весной находится в условиях достаточного освещения. В течение же лета, когда на деревьях сформировались листья, травы испытывают недостаток света. Существенное значение для жизни растений имеют *ежесуточные ритмические изменения* в освещенности и спектральном составе света (рисунок 6).

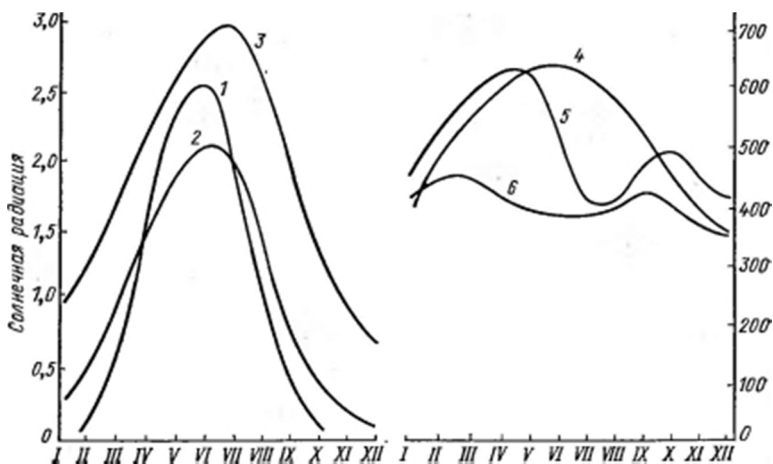


Рисунок 5 – Годовой ход суммарной солнечной радиации в разных зонах (по «Агроклиматическому атласу мира», 1972):

- 1 – полярная (Резольют); 2 – умеренная (Екатеринбург);
 3 – субтропическая (Лиссабон); 4 – тропическая (Алис-Спрингс);
 5 – экваториальных муссонов (Бомбей); 6 – экваториальная (Сингапур)

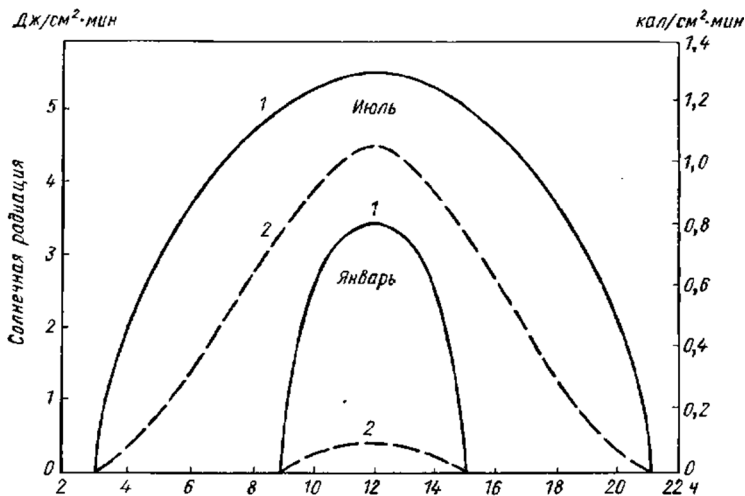


Рисунок 6 – Суточный ход потока прямой солнечной радиации на перпендикулярную (1) и горизонтальную (2) поверхность для Павловска в июле и январе (по Шульгину И. А., 1967)

Однако нормальный характер дневного хода радиации часто нарушается погодными влияниями – изменением состояния атмосферы, облачностью, и т. д. Для растений в растительных сообществах (особенно для внутрикронных листьев в нижних ярусах) световые условия в течение дня наиболее изменчивы в связи с передвижением световых пятен и резкими перепадами освещенности, создающими «световые удары» на фоне длительной тени.

2.2 Роль света в жизни плодовых растений

Для того чтобы обеспечить существование вида в данной экологической обстановке, растения должны получать свет в количествах, необходимых для осуществления фотосинтеза и создания определенной массы органического вещества. Этой задаче подчинены многие особенности строения растений и растительных сообществ, что дает возможность говорить об их адаптивной архитектонике по отношению к свету.

В зависимости от того, в каких экологических условиях, прежде всего освещенности, протекал филогенез видов плодовых растений, возникли и соответствующие жизненные формы – от травянистых и кустарничков до кустарников и деревьев значительного размера. Другими словами, в процессе эволюции видов формировалась определенная оптическая система, способная в конкретных условиях среды к наибольшему поглощению лучистой энергии, что выразилось в проявлении соответствующей жизненной формы.

Более требовательны к свету породы южных районов – миндаль, персик, абрикос, черешня, орех грецкий, менее требовательны – груша, айва, яблоня, слива, вишня. Слабое освещение переносят ягодные растения – смородина, малина, земляника, крыжовник и др. Однако и эти культуры дают хороший урожай при достаточном освещении.

Примечательно, что в пределах культурного вида существует значительное многообразие сортов, заметно различающихся по признаку светолюбия.

Различают группы *светлюбивых* и *теневыносливых* растений. У первой группы растений экологический оптимум находится в области полного солнечного освещения, и сильное затенение действует на них угнетающе. Это растения открытых местообитаний или хорошо освещенных экологических ниш. Теневыносливые же растения имеют более широкую экологическую амплитуду по отношению к свету (собственно их можно было бы назвать свето- и теневыносливыми). Как правило, экологическая кривая отношения к свету у них несколько асимметрична, т. е. они лучше растут и развиваются при полной освещенности (или близкой к ней), но вместе с тем хорошо адаптируются и к слабому свету. Это распространенная и очень пластичная группа.

Одним из критериев теневыносливости может служить соотношение высоты дерева и диаметра его ствола. Более теневыносливые породы (сорта), способные расти в уплотненных насаждениях, сильнее вытягиваются вверх. Напротив, светлюбивые деревья всегда растут значительно реже и имеют меньшую высоту при том же диаметре ствола.

О степени светлюбия или теневыносливости можно судить и по структуре кроны дерева. У светлюбивых сортов кроны ажурные, слабо облиственные, а у теневыносливых – густые, плотные и компактные. Получены, например, данные, свидетельствующие о теневыносливости сорта яблони Кубань и о большей чувствительности к недостатку света сорта Старкримсон.

Плодовые породы не относятся к растениям строго короткого или длинного дня. Тем не менее реакция их на фотопериод различна. В частности, многие кустарники (смородина, крыжовник, клюква), филогенез которых протекал в более северных широтах, успешнее развиваются в средней полосе.

В то же время типичные южные культуры (абрикос, орех грецкий) могут благополучно произрастать в Санкт-Петербурге только в условиях искусственного короткого дня.

Продолжительность освещения оказывает существенное влияние на ритм развития плодовых растений. Так, органообразовательный процесс в цветковых почках вишни в условиях Московской области продолжается около 130 дней, а в Краснодаре у тех же сортов – более 170 дней.

Требования плодовых растений к продолжительности освещения неодинаковы в течение летнего цикла их развития. Например, у растений земляники в первую половину лета на длинном дне стимулируется образование усов, а во второй половине лета, когда продолжительность дня уменьшается, начинается процесс формирования органов цветка.

Приведенные данные указывают на то, что с помощью продолжительности освещения можно оказывать направленное воздействие на процессы роста, развития плодовых растений и на их продуктивность. В естественных условиях произрастания (в саду) этот фактор практически не поддается регулированию. В то же время в искусственных условиях, например в защищенном грунте, значение его приобретает большую практическую ценность. Это относится прежде всего к культуре земляники в закрытом грунте, выращиванию которой в последние годы уделяется большое внимание в мировом плодоводстве.

Свет является важнейшим фактором, определяющим активность различных процессов жизнедеятельности у плодовых растений, и прежде всего процесса ассимиляции углерода.

Количество приходящей к растению солнечной радиации обуславливает темп нарастания, анатомическую структуру и оптико-физиологические свойства ассимилирующих тканей основного фотосинтезирующего органа – листа. Однако в пределах кроны плодового дерева листья находятся в неодинаковых условиях освещения: периферийные получают больше солнечной энергии, чем внутрикронные.

Следует отметить, что в условиях низкого уровня освещения в глубинных участках кроны (а при сильном затенении и на периферии) на кольчатках и побегах формируется мень-

шее количество листьев с меньшей суммарной площадью. Между тем **общая площадь листовой поверхности для высокопродуктивных фотосинтезирующих систем определяется в 30–40 тыс. м² на 1 га** (Ничипорович и др., 1961). В насаждениях яблони она может составлять 20–25 тыс. м² на 1 га (Хроменко, 1986).

Даже при визуальном сравнении можно отметить, что в условиях достаточно высокого уровня освещения листовая пластинка гораздо толще, плотнее и интенсивнее окрашена, чем при недостатке света. Причем более толстая листовая пластинка формируется главным образом за счет лучшего развития столбчатого мезофилла – ткани, наиболее приспособленной к фотосинтезу.

Уровень освещения в период роста листовой пластинки сильно влияет и на структуру фотосинтезирующего аппарата, особенно на количество хлоропластов.

Сравнение средней интенсивности фотосинтеза листьев кольчаток, расположенных в разных по уровню освещения зонах кроны 29-летних деревьев яблони сорта Антоновка обыкновенная – на периферии и в центре ее, показывает, что у последних она в 3 раза ниже, несмотря на то что напряженность основных внешних факторов в обеих зонах кроны была сходной (кроме уровня освещения). Так, на периферии кроны (южная сторона) средняя интенсивность фотосинтеза за период с 6 до 18 ч составила 5,6 мг СО₂/дм² · ч, а в центре кроны – 1,7 мг СО₂/дм² · ч (Кудрявец, 1987).

В результате исследований установлено, что **световой оптимум фотосинтеза яблони составляет 2,9–3,3 Дж/см² · мин**. Вместе с тем радиация меньше 0,6 Дж/см² · мин практически не обеспечивает эффективного фотосинтеза у растений этой культуры (Гриненко, 1982).

В прямой зависимости от уровня освещения листьев и интенсивности фотосинтеза находится их чистая продуктивность. При уровне освещения 70–80 % от полного она составляет 4–7 г сухого вещества на 1 м² листьев в сутки, а при 28–30 % – в 1,5–2 раза ниже (Кудрявец, Другова, 1976).

В ранние утренние и вечерние часы, а также в пасмурную погоду листья ощущают недостаток световой энергии и поглощают углекислоту гораздо слабее своих возможностей. В полуденное время при безоблачном небе листья, находящиеся на прямом солнечном свете, получают избыточное его количество. Как недостаток света, так и его избыток в конечном итоге снижают интенсивность и продуктивность фотосинтеза (Кудрявец, 1974).

Показано (Кудрявец, 1987), что максимальная фотосинтетическая активность листьев яблони наблюдается не при полном, а при более низком (70–75 % от полного) освещении.

Однако роль света не ограничивается тем, что он является источником энергии для фотосинтеза. Свет оказывает влияние на транспирацию листьев, передвижение веществ, ростовую активность и в конечном итоге на продуктивность растений.

Так, в опытах (Maggs, 1960) при выращивании однолетних растений подвоя ММ106 с уменьшением уровня освещения немногим более чем наполовину синтез фитомассы сократился почти в 3 раза, а с уменьшением прихода солнечной радиации в 4 раза накопление фитомассы уменьшилось почти в 9 раз.

В загущенных посадках вследствие взаимного затенения кроны вытягиваются вверх, нижние ветви преждевременно стареют и оголяются, рост и плодоношение перемещаются на периферию, усиливается поражение вредителями и болезнями. В результате снижается урожай плодов.

По мнению авторитетных исследователей (Кудрявец, 1987), **для закладки цветковых почек, цветения, завязывания плодов и их роста уровень освещения должен составлять не менее 50 % от полного.** При поступлении же в крону менее 30 % солнечной энергии плоды практически не формируются.

Исключительно велика роль света в формировании окраски плодов, что в значительной мере определяет их привлекательность и товарные качества. Дело в том, что интен-

сивное образование пигментов, и прежде всего каротиноидов и антоцианов, может проходить только в условиях хорошего освещения. Так, у многих сортов яблони, груши, персика и абрикоса красная окраска формируется на освещенной стороне плода и практически отсутствует на затененной (Чекрыгин, 1976). Более того, при повышении уровня освещения увеличивается размер плодов, что сопряжено с количеством и качеством урожая.

Отношение энергии ФАР, накопленной в фитомассе растений, к приходящейся на единицу площади насаждений за вегетационный период, выраженное в процентах, называют коэффициентом эффективности или использования ФАР ($K_{\text{ФАР}}$). По его значениям оценивают уровень продуктивности насаждений (%): низкий – 0,5–1; средний – 1–2; высокий – 3–4; очень высокий – более 4.

При урожайности 10–12 т с 1 га значение $K_{\text{ФАР}}$ в расчете на весь годичный прирост фитомассы (биологический урожай) достигает 0,4–0,5 %, а в интенсивных садах при урожайности плодов 20–30 т с 1 га – 1–1,5 %.

Невысокий процент использования солнечной энергии плодовыми насаждениями обуславливается прежде всего неполным освоением деревьями площади сада. Вследствие этого большая часть солнечной радиации не попадает на лиственный полог и не влияет на продукционный процесс. Низкая эффективность использования ФАР, характеризующаяся невысокими значениями $K_{\text{ФАР}}$, определяется также несовершенством конструкции садов, в результате чего в пределах крон имеются обширные участки, получающие небольшое количество солнечной энергии.

2.3 Пути регулирования светового режима в плодовых насаждениях

Учитывая место и роль солнечной радиации в продукционном процессе, следует отметить, что постоянное регулиро-

вание светового режима во всем объеме листового полога сада – одна из важнейших задач агротехники.

При закладке плодовых насаждений в первую очередь необходимо правильно определить направление рядов деревьев. Очевидно, на равнине, где нет опасности водной эрозии, наиболее благоприятным является направление рядов по меридиану (север-юг) или с некоторыми отклонениями к западу. В таком случае на обе боковые части оптической системы ряда поступает приблизительно одинаковое количество ФАР. В конечном итоге это способствует равномерному размещению генеративных органов во всех участках кроны и соответственно повышению продуктивности насаждений.

Освещенность различных частей кроны зависит от ее объема. Чем больше объем, тем большая часть кроны находится в световых условиях, не обеспечивающих достаточной фотосинтетической активности всего листового аппарата.

Снижение высоты деревьев, формирование уплощенных и веретеновидных крон (свободно растущая пальметта, шпindel, грусбек и др.) способствуют уменьшению непродуктивных зон. Благоприятный световой режим в кроне достигается в том случае, если величина проходящей сквозь листовой полог солнечной энергии составляет не менее 20–25 % от входящей в него (Кудрявец, 1987).

Следует отметить, что формирование малообъемных крон приводит к быстрому нарастанию и сохранению в процессе эксплуатации сада листьев, способных к высокой фотосинтетической активности. При этом увеличивается листовой индекс (отношение площади листьев к площади проекции крон). В результате происходит быстрое освоение земельного участка активно ассимилирующими органами, а в итоге – более ранняя и высокая продуктивность плодовых насаждений.

Считается, что оптимальным освещением всего дерева будет в том случае, если прямой солнечный свет поступает в нижнюю его часть не менее 3,0–3,5 ч в день. С учетом этого рациональной конструкцией высокопродуктивных насаждений следует считать такую, при которой высота деревьев рав-

на ширине свободной от ветвей части междурядья (ширине «светового коридора»), что гарантирует минимальное затенение одного ряда другим (Кудрявец, 1987). Кроме того, при величине «фиксирующего угла» (угол между горизонтом и линией, соединяющей вершину дерева с основанием кроны в соседнем ряду) $49-50^\circ$ обеспечивается достаточное в течение дня освещение кроны по всему ее профилю, включая нижнюю часть (Агафонов, 1983).

Перечисленные условия выполняются в яблоневых насаждениях с шириной междурядий 5-м для сильнорослых и 4,0–4,5 м – для средне- и слаборослых деревьев. Расстояния в ряду в зависимости от сортовых особенностей привоя возможны от 1,5 до 4,0 м (Кудрявец, 1987).

По результатам наших исследований, на юге России в интенсивных садах яблони при размещении деревьев с веретеновидной кроной на слаборослом подвое М9 по схеме $4 \times 1,5-2,0$ м складываются вполне благоприятные световые условия, обеспечивающие достаточную фотосинтетическую активность листового аппарата и формирование высокого урожая плодов хорошего качества (свыше 50 т с 1 га).

Особая роль в регулировании светового режима плодовых насаждений принадлежит обрезке как средству контроля размера и формирования размерных характеристик кроны, а также нагрузке вегетативными и генеративными образованиями в пределах дерева.

ГЛАВА 3

ТЕМПЕРАТУРА В ЖИЗНИ ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ

Все процессы жизнедеятельности, обуславливающие рост и плодоношение растений каждой плодовой породы и сорта, протекают только в определенном диапазоне температуры воздуха и почвы. Разнообразие тепловых условий на Земле в значительной степени обуславливает географическое распространение растений. С изменением температурного режима в течение года тесно связаны сезонные явления, отмечаемые в жизни плодовых растений.

3.1 Характеристика тепла как экологического фактора

В экологии тепловое состояние окружающей среды и самих организмов характеризуют через их температуру. Более употребительна стоградусная шкала Цельсия (хотя в американских работах широко применяется и шкала Фаренгейта). Основные принципы и способы измерения температуры, а также приборы, используемые в экологических и эколого-физиологических исследованиях, перечислены в таблице 1.

Чтобы охарактеризовать тепловые условия местообитания растений, необходимо знать закономерности распределения тепла в пространстве и его динамику во времени как в отношении общеклиматических характеристик, так и конкретных условий произрастания растений.

Общее представление об обеспеченности того или иного района теплом дают такие общеклиматические показатели, как среднегодовая температура для данной местности, абсолютный максимум и абсолютный минимум (т. е. наиболее высокая и наиболее низкая температура, зарегистрированная в этом районе), средняя температура самого теплого месяца (на

большой части северного полушария это июль); средняя температура самого холодного месяца (в континентальных областях северного полушария – январь).

Для характеристики тепловых условий жизни растений важно знать не только общее количество тепла, но и его распределение во времени, от которого зависят возможности вегетационного периода. Годовую динамику тепла хорошо отражает ход среднемесячных (или среднесуточных) температур, неодинаковый на разных широтах и при разных типах климата, а также динамика максимальных и минимальных температур. Границы вегетационного сезона определяются продолжительностью безморозного периода, частотой и степенью вероятности весенних и осенних заморозков.

В современной экологической и сельскохозяйственной климатологии по обеспеченности растений теплом различают четыре основных термических пояса: тропический, субтропические, умеренные и холодные.

Для оценки количества тепла, получаемого растением за весь период вегетации или его отдельный отрезок служит показатель **«сумма температур»** (или «сумма эффективных температур» – $\sum t^o$) за определенное время. Для его подсчета суммируются ежедневные превышения среднесуточной температуры воздуха (t^o) над определенной условной величиной (t_n^o). Эта величина соответствует нижнему **температурному порогу** вегетации или определенной фенологической фазы (т. е. самой низкой температуре, при которой они могут начаться):

$$\sum t^o = (t^o - t_n^o) \cdot \text{число дней.}$$

Считают (Селянинов, 1958; Горышина, 1979), что **пороговая температура начала весенних явлений для большинства листопадных плодовых культур умеренных широт составляет 10 °С, а для естественной растительности – только 5 °С.**

В общих чертах скорость сезонного развития пропорциональна накопленной сумме температур (например, медленное развитие растений в холодную и затяжную весну или «взрывное» начало весны при сильной волне тепла). От этой общей закономерности есть ряд отступлений. В частности, слишком высокие суммы температур уже не ускоряют, а тормозят развитие.

Вполне очевидно, что более теплолюбивые породы и сорта требуют более продолжительного вегетационного периода.

Его продолжительность и температурный режим оказывают влияние не только на продуктивность плодовых культур и качество урожая. От этих факторов в значительной мере зависит устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды. Так, при недостатке тепла плодовые растения не успевают закончить свое развитие, древесина их не вызревает, в результате чего они не могут полностью пройти этапы осеннего и раннезимнего закаливания к отрицательной температуре.

У большинства плодовых пород умеренного климата нормальный рост и интенсивное проявление всех фенологических фаз (цветение, рост, завязывание плодов, их созревание) вегетации происходят при 15–30 °С. Однако наибольшая чувствительность к теплу у растений бывает во время цветения и в первые дни развития плодов. Если в этот период среднесуточная температура опускается ниже 14–15 °С, заметно уменьшается количество семян в плодах и снижается урожайность.

И. А. Коломиец (1976) установил, что в период закладки генеративных почек для яблони необходима среднесуточная температура в пределах 18–20 °С. При таких условиях не только увеличивается число цветков в почке, но и происходит закладка генеративных почек в пазухах листьев на побегах, чего не бывает при более низкой температуре.

Следовательно, у плодовых пород отмечается по крайней мере два критических периода в их отношении к теплу. Оба они связаны с развитием генеративных органов. Причем в

первом случае критический период определяется оплодотворением и развитием зародыша, а во втором связан с закладкой цветковых почек (Агафонов, 1979).

Таблица 1 – Методы измерения температуры, применяемые в экологических исследованиях (Perrier C., 1971)

Принцип и метод	Приборы	Емкость шкалы, °С	Область применения
Расширение жидкости или газа	Стекланный термометр, термограф	От 5 до 100 От 5 до 80	Общая характеристика температурного фона в природе и лаборатории, в гомогенной среде
Расширение твердого тела	Термограф	От 5 до 80	Измерения при отсутствии облучения в гомогенной среде
Давление пара	>>	Обычно 50–80 Иногда от 10 и выше	То же
Термо-ЭДС	Термопара	Любая; оптимальные пределы 50	Точные измерения температуры в разных точках природных объектов и окружающей среды
Термосопротивление	Термометр сопротивления (металлический)	Любая; оптимальные пределы 20–30	Точные измерения температуры
	Термистор (полупроводниковый)	Любая; оптимальные пределы 20–30	То же
Люминесценция		10–40 (фосфоресценция) 10–80 (цветная люминесценция)	Измерения поверхности температуры на небольшой площади
Радиометрия		Любая	Дистанционные измерения поверхностной температуры на любой площади

Использование в экологии общеклиматических показателей ограничено тем, что они основаны на наблюдениях, проводимых в метеорологических будках на высоте 2 м. Эти стандартные условия далеко не совпадают с той реальной тепловой обстановкой, которая складывается для растений в их естественных местообитаниях. Поэтому наряду с общеклиматической характеристикой важно знать и микроклимат конкретного пространства, занятого растениями.

Как известно, они занимают зону, прилежащую к поверхности почвы, т. е. к «поверхности раздела», на которой совершается переход падающих лучей из одной среды в другую, в данном случае – из прозрачной в непрозрачную. На этой поверхности создается особый тепловой режим: днем сильное нагревание благодаря поглощению тепловых лучей, ночью – сильное охлаждение вследствие лучеиспускания. Для начала роста корней плодовых растений требуется, чтобы почва прогрелась до 4–5 °С. Причем наиболее интенсивно они растут и функционируют при температуре 7,0–20,5 °С. При повышении же температуры до 25–30 °С рост корней прекращается, а их жизненные функции тормозятся (Кудрявец, 1987).

Приземный слой воздуха, подвержен наиболее резким суточным колебаниям температур, которые в большей степени выражены над оголенной почвой.

Тепловой режим местообитания растений характеризуется на основе измерений температуры непосредственно в растительном покрове. В травянистых сообществах измерения делают внутри и на поверхности травостоя, а в плодовых насаждениях, где существует определенный вертикальный градиент температуры – в ряде точек на разных высотах.

Тепловой режим почвенной и воздушной среды является одним из определяющих факторов в обосновании размещения плодовых пород по различным сельскохозяйственным зонам. При этом важное значение имеет не только общее количество тепла, необходимого для нормального роста и развития пло-

довых растений, но и устойчивость последних к низкой отрицательной (морозоустойчивость) и высокой положительной (жароустойчивость) температуре.

Так, самые морозоустойчивые и наименее теплолюбивые породы – рябина, черемуха, яблоня сибирская, смородина, крыжовник и другие ягодные кустарники – произрастают в северной зоне, ограниченной 60–55° северной широты. Достаточно морозоустойчивые и зимостойкие породы – яблоня, вишня, слива, груша, орешник, земляника и малина – широко распространены в средней зоне между 55 и 50° северной широты. Такие теплолюбивые породы, как черешня, айва, абрикос, орех грецкий, пекан, фундук, миндаль, персик, каштан сладкий, возделывают южнее 50° северной широты (южная зона), а наиболее теплолюбивые, но не зимостойкие – фисташка, хурма, инжир, гранат, маслина, фейхоа, лимон, мандарин, апельсин и другие – в субтропических районах южной зоны (Черноморское побережье Кавказа, Южный берег Крыма и сухие субтропики Средней Азии).

Такое размещение плодовых растений по зонам следует считать условным, потому что многие ягодные породы культивируют повсеместно, а такие породы, как яблоня, вишня, слива, распространены и в средней, и в южной зонах. В пределах одной породы разные виды и сорта требуют неодинаковых условий теплового режима. Так, многие лучшие сорта яблони и груши наиболее успешно произрастают в южной зоне, хотя в целом эти породы более или менее холодостойки.

3.2 Плодовые растения и высокая температура

Избыток тепла оказывает отрицательное влияние на рост, развитие плодовых растений и их продуктивность. Температура выше 30–35 °С угнетающе действует на процессы жизнедеятельности многих плодовых культур, сложившихся в условиях умеренно теплого климата. Более высокая температура (выше 50 °С) приводит к повреждению коры дере-

ва и ожогу плодов, особенно у крупноплодных сортов яблони и груши.

Реакция плодовых культур на высокую температуру определяется их жароустойчивостью. В результате специальных экспериментов установлено, что интродуцированный сорт яблони Прима характеризуется большей физиологической стойкостью к перегреву по сравнению с сортом Флорина (при $t = 50$ °С повреждение листьев у сорта Прима – 25 %, а у сорта Флорина – 40 %).

У менее устойчивых пород и сортов жаркая погода вызывает распад белков протоплазмы, нарушает белково-липидный комплекс и субмикроскопическую структуру протопласта. Все это может привести к отмиранию не только тканей и отдельных органов, но и к гибели всего растения (Генкель, 1976).

Продолжительное воздействие избытка тепла на плодовые растения может способствовать неравномерному росту плодов и неодновременному их созреванию, ухудшает их окраску, снижает вкусовые качества и уменьшает лежкость. Под влиянием высокой температуры зачастую увеличивается доборочное опадение плодов и поражаемость сортов плодовых культур некоторыми вредителями и болезнями (Агафонов, 1979). Показано (Генкель, 1976), что даже в условиях полива может проявляться «чистый» перегрев растений. В этой связи и при капельном орошении, не оптимизирующем микроклимат сада, желательно возделывать сорта, устойчивые к жаре (Кушниренко и др., 1981).

3.3 Сезонные адаптации к перенесению холодного периода

Филогенез основных плодовых пород, возделываемых на территории нашего государства, протекал в умеренных широтах, характеризующихся определенными закономерностями в колебаниях теплового режима погоды в годичном

цикле. В этих условиях у плодовых растений наследственно закрепился соответствующий ритм роста и развития. Важным свойством этого ритма является состояние так называемого покоя, в сущности представляющего собой приспособительную реакцию растений к неблагоприятным факторам среды и в первую очередь к перезимовке.

По П. А. Генкелю и Е. З. Окниной (1969), существует три фазы покоя растений. *Органический* покой, во время которого происходят изменения нуклеинового и белкового обмена. В эту фазу покоя почки деревьев не могут прорасти. Органический покой предшествует глубокому, или они протекают одновременно. *Глубокий* покой связан с изменением направленности обмена в сторону образования липидов и жиров, а также превращением углеводов. *Вынужденный* покой характеризуется появлением отдельных плазмодесм и хехтовских нитей, а также началом разблокировки плотно упакованных полимеров протоплазмы. Начинается распад липоидных слоев, возрастает набухаемость протоплазмы, и при благоприятных условиях растение выходит из покоя.

Весной деревья готовы к вегетации, так как они прошли уже период органического, или естественного, покоя, но при запаздывании весны, т. е. если не установилась оптимальная температура воздуха, развитие почек и цветение могут задерживаться на 1–3 недели.

Если дерево или срезанные с него ветки поместить в благоприятные условия в ноябре – декабре, когда они еще находятся в глубоком покое, почки на них не тронутся в рост.

Если то же дерево или его ветки поместить в благоприятные условия в январе – феврале, они сравнительно быстро начнут раскрываться. Иными словами, растения готовы к возобновлению развития, глубокий покой окончен. Однако начало развития в природе невозможно из-за низких зимних температур, и потому эту фазу называют вынужденным покоем.

Сопоставление сроков смены глубокого и вынужденного покоя с ходом природных температур показывает, что у

большинства растений умеренных широт его первая фаза, по существу, заканчивается не весной, а в самый разгар зимы, тогда, когда обычно наступают сильные холода. Вместе с тем не следует забывать об особенностях того природного режима температур, на фоне которого складывалась смена фаз покоя. Осенний период с его неустойчивым температурным режимом, частой сменой похолоданий и потеплений опасен для растений тем, что кратковременные оттепели могут вызывать возобновление роста и развития и стать толчком к началу новой вегетации. Нетрудно представить губительные последствия таких провокаций в последующие зимние месяцы. Адаптивный смысл глубокого покоя как раз и заключается в защите против возможных осенних провокаций преждевременного начала развития. Когда наступают устойчивые холода, необходимость в глубоком покое отпадает, поскольку теперь от возобновления развития растения достаточно надежно предохраняют низкие зимние температуры. Не случайно у большинства растений умеренных широт переход от глубокого покоя к вынужденному обычно совпадает с тем временем, когда устанавливаются устойчивые низкие температуры.

Подготовка растений к состоянию покоя происходит заблаговременно. Задолго до наступления холодов начинаются пожелтение и сбрасывание листвы у деревьев и кустарников, процессы «вызревания» побегов (одревеснение, лигнификация оболочек клеток древесины). Эта заблаговременность обеспечивается природным сигналом – изменением фотопериода, т. е. осенним сокращением дня.

Однако к восприятию фотопериода определенную «поправку» вносит и температурный фактор. Получены, например, данные, показывающие, что одна и та же длина дня в теплую осень воспринимается как более длинная (как продолжение лета), а при похолоданиях – как более короткая.

Окончание состояния покоя и начало нового вегетационного периода у растений (распускание почек, цветение, рост побегов и т. д.) происходит под действием весеннего повыше-

ния температуры. Установлено, что для прерывания состояния покоя и приобретения способности к нормальному росту и развитию на протяжении вегетационного периода плодовые растения умеренных широт нуждаются в осенних пониженных температурах (около 0 °С).

Так, деревья яблони, не подвергнутые воздействию пониженной температурой, не трогаются в рост (остаются в состоянии покоя) в течение 140–200 дней. Кроме этого, у них наблюдается растянутый период цветения (от февраля до сентября) и отмечается израстание соцветий (Поплавская, Голубкова, 1961).

Недостаточное охлаждение является серьезной помехой при выращивании персика в районах с теплыми зимами (США, Австралия). Например, в годы, когда сумма часов с температурой ниже 7,2 °С за декабрь и январь не превышает 400, наблюдаются аномалии в развитии цветковых почек, в результате чего большая часть их опадает и деревья остаются без урожая (Агафонов, 1979).

В природных условиях необходимую дозу холода растение получает к началу зимы и, возможно, это является своеобразным сигналом окончания того периода, когда необходимо защитное действие глубокого покоя против преждевременных потеплений, провоцирующих развитие. По-видимому, здесь действует механизм накопления информации из внешней среды до определенной величины, после чего эта информация (доза холода) срабатывает как сигнал для перехода из состояния глубокого покоя в состояние вынужденного (Горышина, 1979).

Продолжительность периода глубокого покоя, а следовательно, и продолжительность воздействия пониженной температурой, неодинакова у плодовых культур. Обычно она связана с экологическими условиями, в которых проходило развитие той или другой плодовой породы или формы. Например, для пород и сортов восточных экотипов период пони-

женной температуры значительно короче, чем для более западных и южных экотипов. Это объясняется тем, что в восточных районах осенний период до наступления устойчивых морозов менее продолжительный. Следовательно, в таких условиях растения находятся меньший промежуток времени при пониженной температуре, чем в западных и южных районах. Эта особенность, и явилась, по-видимому, основным фактором в выработке растениями умеренных широт глубины и продолжительности покоя.

Физиологическая сущность воздействия пониженной температурой на плодовые растения, вероятно, имеет много общего с природой яровизации у зерновых культур. Очевидно, это связано прежде всего с активностью ферментной системы растения, направленность действия которой может изменяться под влиянием температуры окружающей среды. При воздействии пониженной температуры в растительном организме происходит усиление гидролитических и окислительных процессов, мобилизация и преобразование запасных веществ, накопление энергии в виде АТФ. Важным моментом является смещение в балансе регуляторной системы в сторону усиления функций стимуляторов роста (гиббереллинов, ауксинов, цитокининов) и снижения функций ингибиторов роста – абсцизовой кислоты (Агафонов, 1979).

Потребность в пониженных температурах в осенний период и в тепле в период вегетации означает, что для растений умеренных широт имеет значение не только общий уровень тепла, но и определенное распределение его во времени. Так, если в опыте растениям дать одинаковое количество тепла, но по-разному распределенное: одному теплое лето и холодную зиму, а другому соответствующую постоянную среднюю температуру, то нормальное развитие будет только в первом случае, хотя общая сумма тепла в обоих вариантах одинакова. Потребность плодовых растений умеренных широт в чередовании в течение года холодных и теплых периодов получила название **сезонного термопериодизма**.

Кроме того, для растений небезразлично и распределение температур в течение суток. Известно, например, что развитие многих культурных растений более успешно идет не на постоянном температурном фоне в течение вегетации, а при ночных понижениях температуры. Это явление, получившее название **суточного термопериодизма**, впервые было обнаружено в Нидерландах на примере культуры томатов в закрытом грунте: лучший урожай получали более беспечные хозяева, не топившие свои теплицы по ночам (Горышина, 1979).

3.4 Зимостойкость и морозоустойчивость плодовых растений

Эффективное развитие отрасли в основных промышленных районах страны часто осложняется рядом природных стресс-факторов, среди которых наиболее серьезными являются периодически повторяющиеся суровые зимы, приносящие большой вред садам и плодовым питомникам. Отмечено (Соловьева, 1988), что катастрофические зимы, когда гибель растений достигает огромных размеров, случаются раз в десять лет. Вместе с тем повреждение плодовых насаждений морозами в той или иной степени наблюдается почти ежегодно. Поэтому проблема зимостойкости плодовых культур в нашей стране имеет большое народнохозяйственное значение.

Зимостойкость – это устойчивость растений к повреждающим факторам зимнего периода.

Работами крупных отечественных и зарубежных физиологов (Максимов, 1913; Туманов, 1935, 1979; Brierly, 1947 и др.) выделено шесть повреждающих факторов: повреждения морозом, выпревание, зимнее иссушение, вымокание, выпирание и повреждения от ледяной корки. Все эти явления бывают каждую зиму. Однако повреждения садов от них случаются только в зимы, которые принято называть критическими.

Так, в Подмосковье примерно один раз в 25 лет бывает мороз – 40 °С, и эту величину здесь относят к критической (Кичина, 1999).

В обзорах литературы по зимостойкости плодовых и ягодных культур (Седов, 1973; Тюрина, 1975; Савельев, 1998 и др.) отмечено, что в европейской части России во всех зонах товарного садоводства более 98 % всех зимних повреждений плодовых растений приходится на повреждения от морозов. Представленный фактический материал убедительно показывает, что **зимостойкость плодовых растений в этой части Российской Федерации почти полностью определяется их морозостойчивостью – биологическим свойством переносить низкие отрицательные температуры.**

Что же касается других повреждающих факторов зимнего периода, то на указанных территориях они не достигают опасного уровня. Поэтому растения вполне справляются с ними.

Например, в отдельных публикациях есть упоминание о выпревании кольца коры в нижней части штамба у сливы уссурийской, некоторых диких видов миндаля, смородины черной, отдельных видов абрикоса и вишни. Происходит это в разных зонах России, но относится только к редкостным видообразцам, а не к используемым сортам любой плодовой или ягодной культуры. Однако знать об этом следует. Выглядят эти повреждения по-разному. Много раз в Москву из Якутии и других частей Сибири привозили растения черной смородины дикуши. Практически всегда через год-два весной у растений со всей подземной части кора сползала с корней, как чулок с ноги человека. Кора при этом расслизнялась (выпревала), а корни и само растение погибали. Надземные ветки оставались живыми, их окореняли заново, и они опять через год-два таким же образом выпревали. Для этого не требовалось никаких морозов. Погибали именно подземная часть и кора у корневой шейки. При хорошем снеге в зиму 1997/98 г. почва не замерзала, и выпревшая часть куста вообще не испытывала никакого мороза. В целом же выпревание серьезной проблемы для практического плодоводства в европейской части России до сих пор не представляло.

Зимнего иссушения и такого катастрофического, как в отдельных районах Казахстана и Алтая, в европейской части России пока не было. Правда, в некоторых публикациях отмечено иссушение при небольших морозах из-за сильных ветров и неспособности корневой системы поддерживать влажность надземных органов.

Точно так же при неправильном местоположении плодового питомника могут быть выпирание и повреждения от ледяной корки в школке сеянцев и в первом поле питомника. Но садоводы знают об этом и в таких местах питомник не закладывают (Кичина, 1999).

Устойчивость плодовых растений к отрицательной температуре в значительной мере зависит от температурного и светового режимов, от количества осадков и их распределения в течение вегетационного периода. Этими факторами определяется не только общее развитие плодовых растений, но и своевременное прекращение их роста, что необходимо для «вызревания» древесины и прохождения процесса закаливания, обуславливающих их подготовку к перезимовке.

Процесс закаливания состоит из двух фаз (Туманов, 1940; 1960). Первая фаза закаливания в средней полосе протекает в первой половине осени. Решающее влияние на ее происхождение оказывают постепенное понижение температуры до низкой положительной и хорошее освещение, благоприятствующее фотосинтезу.

При снижении температуры у плодовых деревьев происходит интенсивный гидролиз крахмала, в результате чего последний превращается в жиры и осмотически активные соединения, прежде всего в различные сахара, являющиеся защитными веществами (они ослабляют процессы денатурации белковых веществ при замораживании и стабилизируют структуру протоплазмы). При закаливании происходят сложные изменения физиологического состояния растений: увеличивается водоудерживающая способность коллоидов, уменьшается содержание наиболее легкообмениваемой и подвижной, свободной формы воды.

При закаливании происходит также упорядочение мембранной системы клетки осуществляется структурная перестройка протопласта, способствующая повышению устойчивости к низким температурам. Согласно данным О. А. Красавцева (1972), у плодовых растений интенсивно происходит эта перестройка, характеризующая вторую фазу закаливания, при температуре минус 10–20 °С.

Медленное охлаждение (закаливание) повышает морозоустойчивость растений способствует образованию внеклеточного льда увеличивает проницаемость протоплазмы.

Оттепели уменьшают положительное влияние закалки. При благоприятном сочетании метеорологических факторов и постепенном снижении температуры осенью и зимой растения могут вновь закалиться, а при резком снижении температуры, как правило, погибают.

Способность плодовых растений приобретать высокую устойчивость к низким температурам зависит от их физиологического состояния и их генетической специфичности.

По данным М. А. Соловьевой (1976), наиболее устойчивые сорта яблони в фазе глубокого покоя повреждаются при температуре **–42 °С**; районированные на Украине сорта *груши, сливы и вишни* – при температуре **минус 30–32 °С**, *абрикоса* – **минус 26–28 °С**, *персика* – **минус 24–26 °С**. Эти данные позволяют определить границы культуры при сопоставлении абсолютных и критических температур гибели соответствующих деревьев.

Наиболее полно потенциальная морозоустойчивость и в целом зимостойкость проявляются в конкретных условиях среды, в которых протекало формирование породы или сорта. При выращивании плодовых растений в других условиях, не соответствующих ритму их развития, они могут в значительной мере утратить свою морозоустойчивость. Так, яблоня Антоновка обыкновенная – морозоустойчивый сорт в средней полосе, а на Кубани он повреждается возвратными морозами. Подобных примеров можно привести немало. Следовательно,

зимостойкость надо рассматривать в плане взаимодействия растительного организма с факторами окружающей среды.

В течение зимы отмечают (Brierli, 1947; Тюрина, Гоголева, 1978 и др.) четыре разных воздействия на плодовые растения низкими отрицательными температурами. В любом регионе каждое из таких воздействий имеет свои конкретные параметры, которые с некоторыми отклонениями повторяются в одной и той же местности столетиями.

Первое воздействие критическим морозом растения получают в конце осени – начале зимы. Это ранние морозы (в отдельные годы в Подмосковье до -25°C , а в Краснодаре до -23°C).

Второе воздействие низкими отрицательными температурами – это самые суровые для данного региона морозы в середине зимы (в Подмосковье – минус 40°C , в Краснодарском крае – минус 30°C). К этому виду воздействия относят только те морозы, которые бывают до длинных оттепелей. Они могут быть в декабре, январе или феврале. В эти сроки плодовые растения находятся в покое (глубоком или вынужденном) и до оттепелей имеют максимальную закалку.

Третье воздействие – это кратковременный ночной мороз в период оттепели (под Москвой до -25°C , а под Краснодаром до -15°C). И хотя этот мороз сам по себе не очень сильный, но действует он на фоне суточного перепада температур очень жестко (дневная оттепель в Москве до 2°C , а под Краснодаром – от 5°C до 10°C и выше).

Четвертый тип воздействия – возвратные морозы, которые приходят через некоторое время после оттепелей и постепенного понижения температур. Бывают они в январе, и в феврале и даже в марте. Морозы такого типа могут быть довольно сильными (в Подмосковье до -35°C , а в Краснодарском крае – до -25°C).

Четвертый тип морозов обычно проявляется в завершении зимы. Однако в отдельные годы это воздействие может быть календарно и до наступления морозов по третьему типу

или даже при отсутствии морозов во время оттепели (Еремин, 1993; Кичина, 1999).

Учитывая совокупность сложных процессов, происходящих в растении в период зимовки, а также результаты экспериментов, ученые (Тюрина, 1981; Кичина, 1993) сформулировали представление о зимостойкости, как о многокомпонентном свойстве.

По их мнению, существует четыре основных компонента зимостойкости. Каждый из них – ответная реакция растения, устойчивость к определенному типу воздействия морозом. Как доказано, первый компонент зимостойкости – устойчивость сорта (сорто-подвойной комбинации) к ранним морозам в конце осени – начале зимы. Второй же компонент – величина максимальной его морозоустойчивости, развиваемой в закаленном состоянии к середине зимы.

Третий компонент зимостойкости свидетельствует о способности сорта сохранять устойчивость к морозам во время оттепелей, а четвертый – о его высокой устойчивости к возвратным морозам, наступающим через несколько дней после оттепелей.

Устойчивость сорта (сорто-подвойной комбинации) по первому и второму компонентам зимостойкости традиционно определяют в первую очередь по подмерзанию древесины, а об устойчивости его по третьему компоненту судят по повреждениям коры и почек. Показано также (Кичина, 1993), что при действии возвратных морозов после оттепелей (четвертый компонент зимостойкости) подмерзают древесина, кора и почки.

Основные компоненты зимостойкости сорта определяются погодными и климатическими условиями ареала. Причем в районах с устойчиво-морозной зимой (Нечерноземье, Центрально-Черноземные зоны и т. д.) на первое место выходит фактор развития высокой максимальной морозоустойчивости (второй компонент зимостойкости). Не менее важна здесь и устойчивость сорта к возвратным морозам после оттепелей – четвертый компонент (Кичина, 1993).

В южных же регионах России с более мягкими зимами главенствующими являются первый, третий и четвертый компоненты зимостойкости плодовых растений.

Заметим, что наиболее чувствительны к действию возвратных морозов косточковые культуры, характеризующиеся коротким периодом покоя. Однако в южной зоне плодородства повреждается низкими отрицательными температурами такая зимостойкая порода, как яблоня. Повреждения вызываются в основном ранними морозами. Вместе с тем отмечается некоторое негативное влияние на растения в фазе вынужденного покоя и возвратных морозов. Так, в Краснодарском крае после суровой зимы 1993/94 г. сильно подмерзла надземная часть деревьев яблони, что привело к их гибели на больших площадях.

Н. А. Максимов (1913) экспериментально показал, что при воздействии мороза в начале начинает замерзать вода, пропитывающая клеточные стенки, затем лед образуется в межклеточниках.

Причинами же гибели растений является нарушение структуры протоплазмы, обусловленное совместным действием обезвоживания и механического давления льда, которое приводит к необратимому свертыванию коллоидных веществ протоплазмы и потере ею проницаемости.

У слабоморозоустойчивых растений лед образуется обычно внутри клеток, что приводит к необратимому нарушению структуры протоплазмы и гибели живых клеток (Самыгин, 1974; Красавцев, 1972).

Результаты обследований со всей очевидностью показали, что наименее устойчивы к ранним морозам затягивающие рост сорта яблони Ренет Симиренко и Ренет шампанский. В группу морозоустойчивых (по первому компоненту зимостойкости) можно отнести сорта Кальвиль снежный и Джонатан. Сорт Голден Делишес, по нашим данным, является относительно устойчивым к действию неблагоприятного фактора в конце осени.

Вместе с тем сорт яблони Ренет Симиренко превосходит Кальвиль снежный по устойчивости к возвратным морозам (по четвертому компоненту зимостойкости).

Следовательно, даже в южных регионах перед закладкой садов целесообразно подбирать лучшие для любой породы привойно-подвойные комбинации, устойчивые к неблагоприятным условиям перезимовки.

3.5 Повреждения плодовых растений низкими отрицательными температурами

Особенности подмерзания надземной части у плодовых деревьев. В основном наблюдаются два вида повреждений плодовых деревьев низкой отрицательной температурой: подмерзание обрастающих ветвей (периферии кроны), а также штамба и основания скелетных ветвей. Наиболее губительное из них – подмерзание штамба и скелетных ветвей.

Подмерзание обрастающих ветвей встречается наиболее часто. Можно считать, что в той или иной мере они повреждаются морозами практически ежегодно. Чаще всего эти повреждения затрагивают ткани древесины, реже ткани коры и гораздо реже клетки камбия. Подмерзшие клетки и ткани обычно приобретают бурую или коричневую окраску и хорошо заметны на поперечных и продольных срезах.

При слабом подмерзании обрастающих ветвей, когда остаются живые клетки коры, камбия и почти не нарушается проводящая система, плодовые деревья быстро восстанавливают поврежденные ткани и практически не страдают после перезимовки. Однако в суровые зимы повреждения бывают значительными, что приводит к усыханию, прежде всего, старых плодоносных ветвей (плодух) и других обрастающих веток. Нередко после сильного подмерзания ветви остаются живыми, но рост и развитие их в последующие годы бывают значительно ослабленными. Часто такие ветви отмирают на 2–3-й год после подмерзания. Обычно это связано с поврежде-

нием (закупоркой) проводящей системы камедообразными веществами.

Морозы вызывают повреждения и гибель почек. Основными причинами их повреждения являются:

- вступление в зиму в «невызревшем» состоянии;
- почки «вызревают», но зимние температуры снижаются до более низкого уровня, чем способны перенести ткани;
- температура начала зимы и весны неустойчива и отличается чередованием тепла и холода (Кушниренко, 1984).

У косточковых чаще на обрастающих ветвях кроны подмерзают цветковые почки.

С целью определения состояния цветковых почек зимой на 3–5 деревьях каждого сорта косточковых пород отбирают по 3–5 штук 3–4-летних ветвей, примерно по 100 почек с разных частей дерева (верхней, средней и нижней) и по 20–30 почек у семечковых. У яблони и груши почки анализируют на кольчатках, а у косточковых – на букетных веточках и приростах прошлого года.

Учет проводят на поперечных срезах почек (срезы делают острым садовым ножом или лезвием бритвы). У поврежденных почек косточковых пород центральная часть (зачатки цветков) темно-коричневая, почти черная, у здоровых – светло-зеленая. У груши здоровые почки белые, покрытые светло-желтыми волосками, погибшие – черные, у яблони – соответственно светло-зеленые и коричневые (Соловьева, 1988).

Повреждения штамба и основания скелетных ветвей бывают в основном двух видов. В одном случае эти части дерева подмерзают в начале и середине зимы, а в другом повреждения отмечаются ранней весной и в плодородстве называются солнечными ожогами. При этом повреждения затрагивают ткани коры и камбия и приводят к омертвлению значительных участков штамба, скелетных ветвей или же к усыханию всего дерева по уровень снегового покрова. Нередко после таких повреждений у плодовых деревьев отмирают отдельные скелетные ветви.

Подмерзание в начале и середине зимы связано главным образом с плохим вызреванием тканей. Исследования М. А. Соловьевой (1967) показывают, что активная деятельность клеток камбия у основания скелетных ветвей, особенно в развилках, заканчивается позже по сравнению с другими частями дерева. В результате эти части дерева не успевают в полной мере пройти процесс закаливания и не приобретают высокой морозоустойчивости. То же самое можно отнести и к тканям нижней части штамба и зоны корневой шейки. Отмеченные повреждения чаще всего затрагивают молодые плодовые деревья.

Нередко повреждения оснований скелетных ветвей и штамба проявляются в виде морозобоин, представляющих собой глубокие трещины (разрывы коры и древесины), достигающие иногда до центра дерева (рисунки 7, 8). Такие повреждения чаще всего бывают при сильных морозах, особенно при резких колебаниях температуры днем и ночью. Очевидно, растрескивание древесины и коры является следствием интенсивного образования большого количества кристаллического льда в тканях дерева.



Рисунок 7 – Разламывание ветвей вишни, поврежденных морозом (Соловьева, 1988)

Причина этих повреждений, по-видимому, также кроется в факторах, препятствующих прохождению плодовыми деревьями процесса закаливания. Чаще всего их связывают с затяжным характером ростовых процессов.

Ожоги штамба и основания скелетных ветвей наиболее часто встречаются в континентальных районах. При легких повреждениях погибают только наружные ткани коры, при более тяжелых отмирают целиком вся кора, камбий и внешние слои древесины. Ожоги проявляются в виде омертвевших участков с южной и юго-западной сторон дерева, иногда захватывающих более половины ствола по окружности (рисунки 8, 9).



Рисунок 8 – Морозобоина на стволе вишни (Соловьева, 1988)



Рисунок 9 – Солнечный ожог дерева яблони (Соловьева, 1988)

Солнечные ожоги вызываются резкими колебаниями температуры днем и ночью, часто наблюдаемыми в конце зимы и начале весны. В ясную солнечную погоду температура коры крупных ветвей и штамба с южной стороны может подниматься до 15–20 °С. После захода солнца температура резко падает и может понижаться ночью до –20 °С. В результате перепад температуры в течение суток достигает 40 °С и более (Агафонов, 1979).

Причину солнечных ожогов чаще всего видят в том, что под влиянием нагрева происходит локализованный выход тканей коры и камбия из состояния покоя. В результате этого они утрачивают морозостойкое состояние и повреждаются при значительном понижении температуры ночью (Соловьева, 1967). Проведенные исследования дают основание полагать, что эти повреждения могут вызываться и иссушением тканей, происходящим в результате испарения и перераспределения воды из-за градиента температуры на разных участках крупных ветвей (Константинов, Шкреба, 1971).

Для установления степени и характера повреждения надземной части отбирают по 20–25 деревьев каждого из основных районированных сортов, имеющих в насаждении пород.

В зависимости от породы интенсивность окраски поврежденных тканей бывает разной: от светло- до темно-коричневой; у косточковых и груши она более темная, у яблони – более светлая.

Степень повреждения определяется интенсивностью побурения и размером поврежденной ткани по шестибальной шкале со следующими значениями баллов, процент от общей площади анализируемой ткани: 0 – нет повреждений; 1 – 5–10; 2 – 25; 3 – 40–50; 4 – до 75; 5 баллов – полное повреждение ткани (Соловьева, 1988).

Особенности подмерзания корневой системы. По сравнению с надземной частью дерева корни обладают значительно меньшей морозоустойчивостью. Так, при благоприятных условиях закаливания ветви плодовых пород, произрастающих в средней полосе, могут переносить морозы до минус 35–40 °С, а корни, как правило, выдерживают не более минус 15–16 °С. Однако при соответствующих условиях закаливания корни приобретают такую же устойчивость к отрицательной температуре, как и надземная система дерева (Туманов, Хвалин, 1967).

Корневая система повреждается морозами значительно реже, чем надземная часть дерева. Наиболее существенные под-

мерзания наблюдаются в суровые и малоснежные зимы, особенно в первую половину зимы, когда корни еще не прошли в полной мере вторую фазу закаливания. При этом более заметные повреждения отмечаются после сухой второй половины лета и осени. Однако причины этого еще не установлены.

Повреждения корней морозами бывают разные. В одних случаях подмерзают ткани древесины, а клетки коры и камбия остаются живыми. Как правило, после таких повреждений корни восстанавливаются. Однако в зависимости от степени подмерзания дерево может в той или иной мере страдать. Проявляется это в более позднем распускании почек, ослаблении ростовых процессов, осыпании цветков и завязей.

Наиболее опасны повреждения, затрагивающие клетки коры и камбия. В этом случае омертвевшие участки коры отстают от древесины, корни оголяются и отмирают. После значительного подмерзания корневая система, как правило, не восстанавливается, и дерево в первый же год после суровой зимы погибает (Агафонов, 1979).

Для установления степени и характера подмерзания деревьев (надземной части и корневой системы) необходимо проводить учет их повреждения после морозов с критическими значениями температур для каждой плодовой культуры, затем после распускания почек и в конце первой половины вегетационного периода (Соловьева, 1988).

3.6 Пути повышения морозоустойчивости плодовых растений

Изучение механизма морозоустойчивости открывает возможности направленного воздействия на растения с целью регулирования генотипического проявления этого свойства. Морозоустойчивость растений определяется, прежде всего, наследственно-биологическими особенностями. Поэтому в решении проблемы зимостойкости в растениеводстве **главное внимание следует уделять как подбору соответствующих**

сортов, имеющихся в производстве, так и созданию новых форм, более устойчивых к неблагоприятным факторам зимнего периода (Агафонов, 1979).

В проявлении зимостойкости плодовых растений значительную роль играют подвои. В связи с этим целенаправленно осуществляя их подбор, можно эффективно влиять на стабилизацию плодоношения садов в различных ландшафтах. В частности, по нашим данным, использование карликового подвоя яблони М9 сопряжено с повышением устойчивости привоя к ранним морозам (первого компонента зимостойкости). Вместе с тем применение более рослых подвоев этой породы (например, среднерослого ММ 106) позволяет, усилить способность растений противостоять действию возвратных морозов через некоторое время после оттепелей (четвертый компонент зимостойкости) (Дорошенко, 2000).

В плодоводстве большое внимание уделяют повышению морозоустойчивости клоновых подвоев. Об этом, в частности, свидетельствуют значительные успехи в создании зимостойких подвоев для яблони (например, парадизка Будаговского) (Van Laer, 1989).

В зимостойкости косточковых пород важное значение имеет корнесобственная культура. Корнесобственные растения способны довольно быстро восстанавливаться после подмерзания за счет формирования придаточных почек, и затем отрастания корневой поросли.

Опыт показывает, что прививка слабозимостойких сортов на штамб или в крону зимостойкого скелетообразователя может повысить их устойчивость к повреждающему действию отрицательной температуры (Агафонов, 1979).

Значительное влияние на термический режим в целом оказывает рельеф местности, в немалой степени определяющий характер зимних повреждений плодовых растений. Этот факт следует принимать во внимание при выборе места под сад. Кроме того, при закладке сада необходимо осуществлять подбор привойно-подвойных комбинаций, у которых ритм

роста и развития соответствует ритму погодных изменений в течение года в данном районе (Куренной, Колтунов, Черепашин, 1985).

Показано, что проявление наследственных признаков, обуславливающих потенциальную устойчивость растительного организма к низкой отрицательной температуре, в значительной мере зависит и от особенностей агротехники. Содержание почвы в междурядьях сада, система удобрений, орошение, обрезка, регулирование плодоношения, исключаящее перегрузку деревьев урожаем, оказывают существенное влияние на морозоустойчивость. Подтверждено влияние калия на повышение устойчивости плодовых деревьев к морозам (Соловьева, Оканенко, 1968). В настоящее время большое внимание уделяют также изучению роли микроэлементов, особенно бора в повышении морозоустойчивости растений.

3.7 Заморозки и плодовые растения

Одной из причин, нарушающих стабильность плодоношения растений, является повреждение их заморозками*. При этом уровень потерь урожая у яблони и косточковых пород может достигать 100 %. У смородины потери урожая от заморозков колеблются от 15 до 85 % с вероятностью в 40–50 % лет. У земляники же они минимальны и в среднем составляют 8 % (Кашин, 1998).

Уместно отметить, что заморозки бывают радиационные, адвективные и смешанные. *Радиационные* – возникают в результате местного ночного выхолаживания, обусловленного излучением тепла, накопленного почвой и растениями, в пространство. Они наблюдаются в безветренные ночи при отсутствии облачности, часто повторяются, хотя и бывают кратковременны.

Адвективные заморозки возникают в результате вторжения холодных масс воздуха из северных областей. Захватыва-

* Заморозками принято называть понижение температуры воздуха ниже 0° С, когда среднесуточная находится выше 0° С.

ют обширные территории и держатся сравнительно долго. Они более вредоносны, чем радиационные. Наиболее опасными для плодовых растений являются *смешанные* адвективно-радиационные заморозки.

В различных районах промышленного садоводства заморозки обычно отмечаются в апреле-мае, иногда в начале июня, а также в сентябре и октябре. Особенно опасными являются поздневесенние заморозки, при которых повреждаются цветки и завязи плодовых и ягодных культур. Причем на степень их повреждения оказывают влияние и температура и продолжительность заморозка.

Критические температуры для плодовых пород при весенних заморозках колеблются в значительных пределах и зависят в основном от фазы развития растений и генотипической специфичности сорта, породы.

По наблюдениям Д. Ф. Проценко (1958), распускающиеся цветковые почки яблони гибнут при четырехчасовом воздействии температуры минус 8 °С, бутоны – при минус 4–6, цветки – при минус 3–4 °С. Раскрывающиеся цветки персика и абрикоса переносят более низкие температуры, чем цветки яблони.

По данным У. Х. Чендлера (1960), степень устойчивости цветков зависит от погодных условий во время их распускания. Если цветки плодовых растений раскрываются в холодную погоду, то для них критическая температура обычно ниже, чем для распутившихся при высокой температуре. Так, при медленном раскрытии в холодную погоду цветки яблони гибнут при температуре минус 3,9 °С, а цветки персика и некоторых сортов сливы – при температуре минус 5–6 °С. Однако цветки персика и абрикоса чаще подвержены опасности повреждения во время весенних заморозков в связи с более ранним цветением. Уэст и Эдлефстон обобщили данные некоторых американских исследователей о критических температурах гибели распускающихся почек (Метлицкий З. А., 1956), цветков и завязавшихся плодов у различных плодовых пород (таблица 2).

Эти данные свидетельствуют о том, что наиболее чувствительны к заморозкам завязи в начале своего развития. Цветки большинства плодовых пород повреждаются во время заморозка при температуре $-2,2^{\circ}\text{C}$, а завязавшиеся плоды – при температуре $-1,1^{\circ}\text{C}$ (Соловьева, 1988).

Таблица 2 – Критические температуры гибели бутонов, цветков и завязавшихся плодов, $^{\circ}\text{C}$ (по З. А. Метлицкому)

Порода	Бутоны	Цветки	Завязавшиеся плоды
Яблоня	$-2,75-3,85$	$-1,65-2,20$	$-1,10-2,20$
Груша	$-1,65-3,85$	$-1,65-2,20$	$-1,10-2,20$
Слива	$-1,10-5,50$	$-0,50-2,20$	$-0,50-2,20$
Черешня	$-1,65-5,50$	$-1,10-2,20$	$-1,10-2,20$
Абрикос	$-1,10-5,50$	$-0,50-2,75$	$-0,0-2,20$
Персик	$-1,65-6,60$	$-1,10-3,85$	$-1,10-2,75$

Наиболее чувствительны к заморозку пестики и семяпочки. В связи с этим по внешнему виду иногда бывает трудно определить поврежденные цветки, поскольку лепестки и тычинки не подмерзают и сохраняют нормальный вид даже после значительных заморозков. Однако при внимательном наблюдении можно заметить поврежденные органы: пестик имеет побуревший вид, а на разрезе завязи видны потемневшие семяпочки, в результате чего в таких цветках не происходит оплодотворение, и они отмирают. У пород и сортов плодовых культур, склонных к партенокарпии, после заморозков возможно развитие бессемянных плодов (Агафонов, 1979).

При сильном повреждении молодых завязей плоды яблони бывают мелкие и имеют не свойственную данному сорту форму. Наружные ткани плода повреждаются. Повреждение имеет вид отдельных локализованных пятен или широкой полосы, опоясывающей весь плод. По мере дальнейшего развития плода происходит опробковение поврежденных заморозком клеток эпидермиса и паренхимных клеток мякоти. Плод увеличивается выше и ниже кольцевой полосы опробковевшей ткани, как бы вдавленной внутрь плода.

У сильно поврежденных плодов поверхностные клетки покрываются пробковой тканью с продольными трещинами, плоды становятся совершенно непригодными для употребления.

Процент и степень повреждения молодых плодов во время весенних заморозков у различных сортов яблони и груши неодинаковы. Слабее повреждаются плоды яблони сортов Пепин лондонский, Бойкен, Ренет ландсбергский и Пепин шафранный. У этих сортов повреждаются в основном отдельные поверхностные ткани плодов у чашечки; деформированных плодов, а также с поврежденной всей поверхностью обычно не наблюдается. Сильно повреждаются плоды яблони Пепинка литовская. Из сортов груши меньше всего повреждаются заморозком Бере Лигеля, сильно – Лимонка и Любимица Клаппа. Такую разницу в степени повреждения отдельных сортов яблони и груши можно объяснить различной степенью развития завязей ко времени наступления заморозка.

У косточковых пород завязавшиеся плоды отличаются слабой устойчивостью к низким температурам: они начинают повреждаться при температуре около $-1,1$ °С. Во время заморозка у них прежде всего погибают семена. Плоды с погибшими семенами вскоре после заморозка опадают.

Спелые плоды осенне-зимних сортов яблони, груши и поздних сортов сливы, кроме весенних, повреждаются ранне-осенними октябрьскими заморозками. Однако степень повреждения спелых плодов разных пород осенью неодинакова. Наименее устойчивы из широко распространенных сортов яблони плоды Мекинтоша, а к наиболее устойчивым относятся плоды Джонатана.

При температуре -4 °С спелые плоды яблони осенью не повреждаются; при трехчасовом воздействии температурой -6 °С в слабой степени повреждаются в основном плоды сорта Мекинтош. Заметные повреждения плодов происходят при 24-часовом охлаждении до -6 °С. Плоды сорта Джонатан повреждаются при температуре -8 °С. Примечательно, что пло-

ды груши осенью повреждаются при таких же температурах, как и плоды яблони.

У поврежденных плодов в результате нарушений структуры и функции клеток изменяется водоудерживающая способность, усиливаются окислительные процессы. Изменяется окраска плода: вначале буреют отдельные участки поверхностных тканей, а затем внутренние ткани. При слабом повреждении появляются коричневые пятна или отдельные буроватые жилки вдоль кожицы и у семенных камер; при сильном – мякоть становится мягкой, водянистой, коричнево-бурой, на поверхности плода интенсивно развиваются плесневые грибы, в результате они становятся непригодными к употреблению (Соловьева, 1985).

Большие убытки, причиняемые заморозками, делают очень важным и необходимым правильное и своевременное прогнозирование их наступления. После получения прогноза специалисты организуют наблюдения в соответствующих частях насаждения за ходом температуры, чтобы своевременно начать борьбу с заморозками.

Способы борьбы с заморозками могут быть разделены на две группы: профилактические, или косвенные, и прямые, или собственно защита растений во время заморозков. К профилактической группе (самой радикальной, экономичной и действующей в течение всей жизни сада) относятся подбор пород, сортов и выбор местоположений, обеспеченных воздушным дренажем. Этот способ применяют во время проектирования и закладки сада. Снизить опасность повреждений растений заморозками можно смещением фазы цветения на более поздний срок (при использовании ранневесенних поливов, летней обрезки деревьев абрикоса и т. д.).

Важное значение имеют и прямые способы борьбы с заморозками, в частности применение надкroнового дождевания до начала замерзания цветков (Куренной, Колтунов, Черепяхин, 1985).

ГЛАВА 4

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ПЛОДОВЫЕ РАСТЕНИЯ

Вода – важнейший экологический фактор для всего живого на Земле. У растений вода участвует в реакциях фотосинтеза. Более того, вода – главная составная часть тела растения.

В листьях, побегах содержится воды 50–75 %, корнях – 60–85 %, плодах – 86–90 % их массы. Достаточное количество воды в тканях обеспечивает поглощение и передвижение элементов питания, прохождение биохимических реакций, поддержание тургора, теплового режима и других жизненно важных функций.

4.1 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 ($10^{\circ}\text{C} = 30$ мм) в районах с непродолжительной засухой можно выделить также полусухой 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, Обьедков и др., 1999).

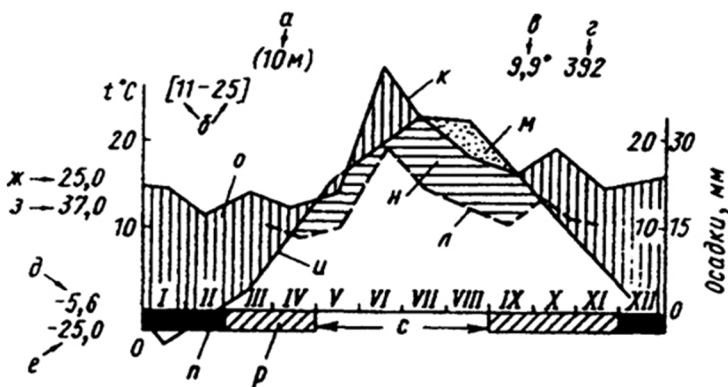


Рисунок 10 – Климатодиаграмма, по Вальтеру – Госсену, для Одессы (по Вальтеру Г.):

a – высота над уровнем моря; *b* – число лет наблюдений за температурой (первая цифра) и осадками (вторая цифра), *v* – средняя годовая температура; *z* – средняя годовая сумма осадков в мм; *d* – средний суточный минимум самого холодного месяца, *e* – абсолютный минимум; *ж* – средний суточный максимум самого теплого месяца; *з* – абсолютный максимум; *u* – кривая средних месячных температур; *k* – кривая средних месячных сумм осадков (соотношение 10° = 20 мм); *л* – то же (соотношение 10° = 30 мм); *m* – засушливый период, *n* – полузасушливый период, *o* – влажное время года, *p* – месяцы со средним суточным минимумом температуры ниже 0 °С; *p* – месяцы с абсолютным минимумом температуры ниже 0 °С; *c* – 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 °С 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.).

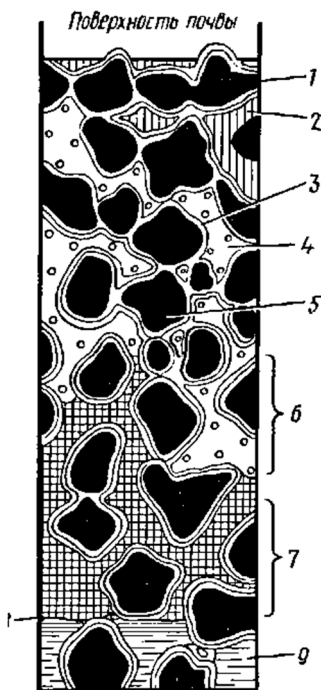


Рисунок 11 – Вода в почве (по Качинскому Н. А.):

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 двоякую 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).

4.2 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 сосущая 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 растений при 1–2 Мпа, а у древесных пород – при 2–3 Мпа (Кирюшин, 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 растениями, 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 голода и Харибдой жажды».

Для определения суммарной потребности растений в воде применяют **транспирационный коэффициент** – количество 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 вещества (Куренной, Колтунов, Черепяхин, 1985).

По требовательности к воде растения основных плодовых пород, произрастающих в умеренных широтах, располагаются в следующем возрастающем порядке: миндаль, абрикос, вишня, персик, груша, яблоня, слива, смородина черная, малина, земляника. Породы, сформировавшиеся в условиях засушливого 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.

4.3 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 сортоподвойным 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 (подвои 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.

4.4 Влияние переувлажнения на особенности роста и плодоношения плодовых пород

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 смо-родина 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.

4.5 Регулирование водного режима в насаждениях

Эффективное использование водных ресурсов в плодоводстве достигается подбором и размещением пород, сорто-подвойных комбинаций по зонам и на каждом участке, созданием садозащитных 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).

ГЛАВА 5

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 безразличны и ее механические влияния.

5.1 Движение воздуха

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

надземные части растений уже заметно нагреваются, а почвенная влага еще мало доступна (явление «весенней засухи»).

Под влиянием частых и сильных ветров у многих растений сильно снижается фотосинтез. Вместе с тем дыхание усиливается, что подтверждено исследованиями в климатических камерах и опытами с постоянным раскачиванием деревьев. Считают, что это усиление дыхания, т. е. расхода органических веществ – одна из причин низкой продуктивности растений в районах с постоянными ветрами (Горышина, 1979).

Сильный ветер (более 10 м/с) не только иссушает почву, но и снижает зимостойкость растений, вызывает преждевременное опадание плодов, препятствует движению насекомых и, следовательно, полноценному опылению цветков (Черепяхин, Бабук, Карпенчук, 1991).

Вместе с тем ветер играет в жизни растений и положительную роль. Без него было бы невозможно опыление большой группы анемофильных растений (ореха грецкого, фундука). Более того, недостаточное проветривание сада приводит к снижению обеспеченности растений углекислым газом, распространению грибных болезней, возникновению радиационных заморозков. Чаще всего это наблюдается при наличии не продуваемых садозащитных полос, загущенной посадке плодовых деревьев, плотном листовом пологе крон (Куренной, Колтунов, Черепяхин, 1985).

Кроме прямого ветер оказывает и косвенное влияние на жизнь растений, изменяя режимы других экологических факторов. Так, для лесных растений ветер – существенный фактор светового режима (раскачивание крон – уменьшение затенения); в степных районах ветер – переносчик горячих и сухих масс воздуха (суховеи); наконец, в промышленных центрах ветер – распространитель загрязнений воздуха. Таким образом, это и прямодействующий экологический фактор, и косвенно действующий фактор, определяющий общую экологическую обстановку жизни растений.

5.2 Газовый состав воздуха

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, Пильщиков, Пильщикова, 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, растраиваются 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).

5.3 Регулирование воздушного режима в насаждениях

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.

ГЛАВА 6

ПОЧВЕННЫЕ ФАКТОРЫ

Значение почвы определяется, во-первых, тем, что она представляет собой опорный субстрат для растений, а во-вторых, тем, что из нее растения получают необходимые для жизни минеральные вещества и воду, составляющие наряду с продуктами фотосинтеза основу для построения тела растения.

6.1 Реакция плодовых растений на почвенные условия

Реакция растений на глубину залегания и характер грунтовых вод. Плодовые растения по-разному реагируют на глубину залегания и качество грунтовых вод. Их влияние может быть положительным, когда речь идет о «грунтовом питании» растений пресными водами, особенно проточными, при оптимальной глубине их залегания. И наоборот, растения могут угнетаться в результате заболачивания при близком расположении грунтовых вод или страдать от избытка солей при повышенной минерализации (Кирюшин, 1996).

Если уровень подвижных пресных вод не подвержен резким и продолжительным изменениям на легких эллювиальных почвах в речных долинах, они обычно не оказывают вредного влияния на семечковые сады на сильнорослых подвоях при глубине 0,9–1 м и на карликовых подвоях – при глубине 0,6–0,8 м.

Добавим к этому, что при проточных грунтовых водах на склонах террас со свободным грунтовым стоком и в предгорьях плодовые деревья также не испытывают угнетения при расположении корневых систем в зоне капиллярной каймы

благодаря достаточной обеспеченности кислородом (Куренной, Колтунов, Черепашин, 1985; Кирюшин, 1996).

Уровень грунтовых вод, при котором растения начинают угнетаться и погибать, называется критическим. В полуаридных и аридных условиях это происходит в основном из-за высокой их минерализации.

При повышенной минерализации грунтовых вод или при слабой, но со щелочным засолением капиллярная кайма не должна находиться в зоне основного обитания корней. Данные о предельно допустимой глубине залегания грунтовых вод для многолетних насаждений в зависимости от их проточности, минерализации и химического состава представлены в таблице 5.

В таблице 6 на основе материалов В. Ф. Валькова (1986) и обобщенных им же данных других исследователей показаны относительные уровни продуктивности многолетних насаждений в зависимости от глубины залегания грунтовых вод, засоленных нейтральными солями с минерализацией более 2 г/л и щелочными солями.

В гумидных условиях, где повышенная минерализация грунтовых вод встречается редко, негативное влияние их связано только с заболачиванием (Кирюшин, 1996).

Застойные грунтовые воды, обедненные кислородом, должны быть расположены не ближе 2,5 м от поверхности почвы. Для вегетирующих деревьев очень опасен даже непродолжительный подъем уровня паводковых и застойных подпочвенных вод. В насаждениях яблони и груши на слабо- и среднерослых клоновых подвоях допускают стояние грунтовых вод на уровне 1,5–2,0 м.

Таблица 5 – Предельно допустимая глубина залегания грунтовых вод для плодовых насаждений в зависимости от проточности и химического состава по Валькову и Неговелову

Минерализация	Характер Засоления	Минимально допустимая глубина залегания грунтовых вод, м			
		застойных		проточных	
		для яблони, груши, абрикоса, персика, черешни	для сливы, вишни, айвы, яблони на прадизке (M9)	для яблони, груши, абрикоса, персика, черешни	для сливы, вишни, айвы, яблони на прадизке (M9)
Очень слабая (< 0,5 г/л)	Преобладают нейтральные и нетоксичные соли	2,0–2,5	1,5–2,0	1,2–1,5	1,0
	Преобладают щелочные соли (более 2 мг-экв. на 1 л)	3,0–3,5	2,0–2,5	3,0	2,5
Слабая (0,5–2,0 г/л)	Преобладают нетоксичные соли (сумма щелочных солей не более 2 мг-экв. на 1 л)	2,0–2,5	1,5–2,0	1,2–1,5	1,0
	Преобладают токсичные соли (сумма щелочных солей более 2 мг-экв. на 1 л)	3,0–3,5	2,0–2,5	3,0	2,5
Средняя (2,0–6,0 г/л)	Количество нетоксичных солей равно или больше суммы нейтральных токсичных солей (щелочных солей не более 2 мг-экв. – на 1 л)	2,5–3,0	2,0	–	–
	Преобладают нейтральные токсичные соли или сумма щелочных солей более 2 мг-экв. на 1 л	3,0–3,5	2,0–2,5	–	–
Сильная (более 6,0 г/л)	Любой	3,5–4,0	2,5–3,0	–	–

Таблица 6 – Уровень продуктивности многолетних насаждений в зависимости от глубины залегания минерализованных грунтовых вод (по Валькову)

Уровень грунтовых вод, м	Продуктивность (в условных единицах – от 0 до 1)	
	семечковых, абрикоса, черешни	сливы, вишни, яблони на парадизке (М9)
3,75	1,00	–
3,50	1,00	–
3,25	0,98	–
3,00	0,97	1,00
2,75	0,90	1,00
2,50	0,80	0,95
2,25	0,68	0,88
2,00	0,53	0,80
1,75	0,38	0,68
1,50	0,18	0,55
1,25	0,10	0,35
1,00	0,10	0,10
0,75	–	0,10
0,50	–	–

Требования растений к физическим условиям почв, их сложению и структурному состоянию. Проявление этих условий в значительной мере зависит от гумусового состояния почв, гранулометрического и минералогического составов, мощности пахотного слоя, степени окультуренности. Количественно измерить отношение различных культур к этим условиям не всегда возможно. Однако для качественной оценки их влияния на продуктивность растений имеющегося практического опыта в большинстве случаев достаточно.

Традиционно при оценке требований культур к физическим условиям почв основное внимание уделялось отношению их к гранулометрическому составу. Долгое время он использовался в качестве интегральной характеристики физических свойств почв.

Большинство растений отличается экологической приуроченностью к определенным категориям почв, а для некоторых

она весьма специфична. Например, наряду с псаммофитами, приуроченными к песчаным местообитаниям (саксаул, овес песчаный, сосна и др.), существует группа растений, в том числе плодовых, которые не выносят песчаных почв (слива, вишня и др.). В целом об отношении плодовых растений к гранулометрическому составу почв можно судить по таблице 7. Следует, однако, иметь в виду, что в различных природных зонах отношение растений к гранулометрическому составу сильно изменяется в зависимости от условий увлажнения и теплообеспеченности (Кирюшин, 1996).

Таблица 7 – Отношение плодовых растений к гранулометрическому составу почв (по Валькову)

Растения, предпочитающие почвы			
Песчаные и супесчаные	Средне- и легко-суглинистые	Структурные тяжелосуглинистые и глинистые	Малоструктурные и слитые тяжелосуглинистые и глинистые
Черешня	Черешня Яблоня Груша Айва Орех грецкий Мандарин Лимон Инжир	Слива Вишня Абрикос Орех грецкий Гранат Хурма Фейхоа	Слива Вишня Фундук Гранат Хурма Фейхоа Дикая яблоня Дикая груша

Особенно важно учитывать гранулометрический состав почв при выборе участков под многолетние насаждения, так как ошибки, допущенные при закладке садов, обнаруживаются слишком поздно и чреватые значительными затратами труда и средств. **Оптимальное содержание физической глины для плодовых насаждений изменяется в пределах 30–65 %** (Неговелов, Вальков, 1961).

При оценке требования культур к гранулометрическому составу почв особо учитывают их отношение к скелетности, т. е. наличию механических элементов размером более 1 мм.

В небольшом количестве скелетные включения индифферентны или положительно влияют на урожайность некоторых культур. Например, известны факты более высокой урожайности виноградников (на 10–20 %) на слабо скелетных разновидностях перегнойно-карбонатных почв по сравнению с мелкоземистыми без скелетных включений (Вальков, 1986). Повышение скелетности почв приводит к снижению урожайности всех культур.

В последние годы появилась довольно обширная информация, характеризующая требования растений к сложности почвы (плотности и пористости). От плотности зависит водопроницаемость, доступ воздуха в почву, что, в свою очередь, влияет на жизнедеятельность микроорганизмов и корней, рост и плодоношение растений.

Проникновение корней большинства растений в уплотненные горизонты с объемной массой 1,4–1,6 г/см³ затруднено, их развитие угнетается, при более высоких значениях плотности рост корневой системы невозможен.

Для плодовых насаждений имеет важное значение плотность всего корнеобитаемого слоя до 1,5–2,0 м. (таблица 8).

По устойчивости к уплотнению почвы плодовые деревья располагаются по возрастающей в следующем порядке: черешня, абрикос, груша, яблоня, слива, вишня (Кирюшин, 1996).

Максимальная продуктивность всех плодовых пород на тяжелых почвах наблюдается при плотности менее 1,35 г/см³, на легких – 1,40 г/см³. В результате многолетнего изучения урожайности плодовых деревьев на почвах Северного Кавказа с различным уплотнением В. Ф. Вальковым (1986) установлена взаимосвязь этих показателей (таблица 9). Поэтому перед посадкой садов проводят мелиоративные обработки почвы, в особенности плантаж.

Таблица 8 – Реакция плодовых культур на степень уплотнения (г/см³) суглинистых и глинистых почв для горизонтов различной мощности (по Валькову)

Реакция деревьев	Мощность горизонта почвы, см	Культура			Примечание
		Черешня, абрикос	Яблоня	Слива, вишня	
Долговечны, обильно плодоносят	20–80	<1,45	<1,50	<1,50	Глубокое уплотнение не имеет значения для сливы на дренированных почвах
	80–150	<1,45	<1,50	<1,50	
	150–200	<1,50	<1,50	<1,50	
Растут и плодоносят удовлетворительно	20–80	<1,45	<1,50	<1,55	–
	80–150	<1,48	<1,55	1,60 – 1,70	
	150–200	<1,50	1,55–1,75	1,60–1,75	
Растут и плодоносят удовлетворительно, но только на дренированных плоских склонах крутизной не менее 3–10°	20–80	<1,45	<1,50	<1,55	Только для районов достаточного увлажнения
	80–150	<1,48	1,55–1,60	Не имеет значения	
	150–200	1,50–1,55	Не имеет значения		
Резко угнетены и не плодоносят	20–80	<1,50	<1,60	<1,70	В степных районах уплотненные почвы недопустимо использовать под сады
	80–150	<1,55	<1,65	<1,70	
	150–200	<1,60	<1,70	–	

Таблица 9 – Уровень плодородия почв для плодовых насаждений при различной степени уплотнения корнеобитаемого слоя (25–150 см)

Сложение профиля	Плотность, г/м ³	Уровень плодородия (в условных единицах – от 0 до 1)	
		Семечковые	Косточковые
Очень рыхлое	1,15	1,00	1,00
	1,20	1,00	1,00
Рыхлое	1,25	1,00	1,00
Слабо-уплотненное	1,30	1,00	1,00
	1,35	0,95	0,92
	1,40	0,78	0,73
Уплотненное	1,45	0,65	0,56
	1,50	0,48	0,43
Сильно-уплотненное	1,55	0,39	0,35
	1,60	0,28	0,21
	1,65	0,20	0,17
Очень плотное	>1,70	0,00	0,00

Реакция растений на ограничение мощности корнеобитаемого слоя в связи с близким залеганием плотных пород. Распространение корней в почвогрунтах зависит от биологических особенностей растений и свойств грунтов. Для каждого вида растений характерна определенная оптимальная мощность почвогрунта, обеспечивающая повышение продуктивности насаждений. С уменьшением мощности слоя продуктивность снижается.

Особо важное значение приобретает оценка мощности рыхлого слоя при закладке многолетних насаждений с учетом климатических условий. Плодовые насаждения в степных условиях на черноземах используют мощность почвогрунта от 2 до 3 м. Во влажных условиях на серых лесных почвах для

садов достаточна мощность корнеобитаемого слоя около 60–100 см при оптимальном режиме питания растений (Кирюшин, 1996).

На рост и плодоношение плодовых культур отрицательно влияет ограничение корнеобитаемого слоя каменистыми или плотными глинистыми подстилающими породами.

Показано также, что при неглубоком рыхлом слое (менее 80 см) в условиях Северного Кавказа закладка сада нецелесообразна. С увеличением мощности почвы до 100–120 см участок может быть отведен под косточковые породы, до 120–150 – под семечковые насаждения летних сортов, а до 150 и более – под все породы и сорта (Семенов, 1987; Черепяхин, Бабук, Карпенчук, 1991).

Потребность растений в элементах питания и характер их потребления. Накоплен большой фактический материал о потреблении минеральных веществ сельскохозяйственными растениями. Разные их виды, произрастая на одной и той же почве, поглощают из нее минеральные вещества в различных соотношениях. Требования растений к минеральному питанию предопределены их генотипическими особенностями (Климашевский, 1991; Кирюшин, 1996).

В фитомассе растений обнаруживаются практически все известные химические элементы. Показано участие 27 из них в метаболических процессах, 15 признаны необходимыми для нормального роста и развития растений (С, О, Н, N, P, K, Ca, Mg, Fe, S, Cu, B, Mn, Zn, Mo) (Кирюшин, 1996).

Элементы, потребляемые растениями в значительных количествах, относят к макро-, в меньших – к микроэлементам. Из макроэлементов наибольшее значение в жизни плодовых и ягодных растений имеют азот, фосфор, калий, сера, кальций, магний, железо.

Азот входит в состав белков, нуклеиновых кислот, фосфатидов и других соединений, составляющих вещество растительной клетки. Много азота растения потребляют в период усиленного роста побегов и формирования плодов. При недостатке свободных форм азота в почве замедляется рост побе-

гов и корней, листья бледнеют, иногда даже летом желтеют и осыпаются, плоды созревают плохо и не имеют нормальной окраски. Избыток этого элемента в конце вегетации может оказаться вредным – затягивает рост побегов, замедляет вызревание древесины, ослабляет морозоустойчивость растений.

Фосфор входит в состав нуклеопротеидов – белковых соединений, составляющих клеточное ядро, и других органических соединений. Он оказывает положительное влияние на созревание семян, ускоряет вызревание плодов, способствует переходу растения от фазы роста к фазе образования генеративных почек, положительно влияет на образование в растениях сахаров, крахмала, жиров, белков. Без фосфора не идет процесс превращения крахмала в сахар.

Калий играет важную роль в накоплении и передвижении углеводов. При его недостатке тормозится накопление углеводов, усиливается их расход на дыхание и ослабляется отток пластических материалов из листьев в другие органы. Калий усиливает поступление азота в растение и образование белков, повышает холодостойкость и засухоустойчивость растений, а также их сопротивляемость грибным заболеваниям, снижает величину транспирационного коэффициента, способствует активному делению клеток меристемы в точках роста, усиливает формирование генеративных почек.

Кальций накапливается в старых органах растения в основном в форме солей щавелевой кислоты и меньше – в форме фосфатов, карбонатов, пектатов. Физиологическая роль кальция состоит в том, что он нейтрализует щавелевую кислоту, которая вредна для растений и образуется при разложении белков; принимает участие в процессах, связанных с азотным обменом в тканях растений и образованием хлорофилла; способствует развитию корневых волосков. При недостатке кальция деревья косточковых пород болеют камедетечением, плоды яблони поражаются горькой ямчатостью.

Железо способствует образованию хлорофилла, хотя и не входит в его состав. При недостатке железа хлорофилл не

образуется и наблюдается хлороз. В почве достаточно железа для растений. Однако на карбонатных почвах вследствие щелочной реакции оно переходит в неусвояемые для растений формы. В таком случае они болеют хлорозом (пожелтение листьев).

Сера входит в состав белков, многих витаминов, ферментов и других важных соединений.

Из *микроэлементов марганец* играет большую роль в образовании хлорофилла, оказывает влияние на увеличение содержания крахмала и сахаров, участвует в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в растении. При его недостатке тормозится накопление белков. Важна роль марганца в процессах фотосинтеза и дыхания, накопления и передвижения сахаров, в усвоении растениями молекулярного и нитратного азота.

Бор имеет важное значение в процессах опыления и оплодотворения растений, в развитии плодов, накоплении в них сахаров и витаминов. Из всех органов наиболее богаты бором цветки, особенно завязи и рыльца. Недостаток бора вызывает на плодах яблони и груши опробковение, в результате чего они преждевременно осыпаются, у сливы и абрикоса – суховершинность. Бор увеличивает в растениях содержание витаминов группы В, особенно тиамина, рибофлавина, биотина, а также витамина С.

Медь входит в состав окислительных ферментов – лактазы, аскорбиноксидазы, являющихся в растениях катализаторами внутриклеточных окислительных процессов. Медь также активизирует деятельность витаминов группы В, повышает энергию дыхания, влияет на углеводно-белковый обмен. Недостаток меди вызывает хлороз растений.

Значительна роль в биохимических процессах также *цинка и молибдена*.

Недостаток каждого из микроэлементов сопровождается специфическими внешними признаками у растений и снижает их продуктивность (Куренной, Колтунов, Черепяхин, 1985).

Интенсивность усвоения минеральных элементов имеет периодичность и может различаться по фазам роста и развития в несколько раз. Например, у плодовых деревьев наблюдается два периода интенсивного усвоения элементов питания: рано весной (распускание цветковых почек, цветение, образование листового аппарата) и осенью, после затухания роста и съема плодов, что связано с осенним ростом корней и закладкой цветковых почек.

Отношение растений к реакции почвы. Реакция почвы влияет на рост растений непосредственно и через снабжение питательными веществами. При рН меньше 3 и больше 9 протоплазма клеток в корнях большинства листостебельных растений повреждается.

Различные растения имеют неодинаковый интервал рН, благоприятный для их роста и развития. Приведем несколько примеров оптимальных для плодовых растений значений рН почвы (по В. Ф. Валькову):

Яблоня	6,0–7,5
Груша	5,0–8,5
Абрикос	7,0–8,5
Слива	6,5–8,0
Вишня	6,5–8,5
Брусника	5,0–6,0
Клюква	4,5–5,5
Орех грецкий	5,6–8,6

При одних и тех же значениях рН на разных почвах создаются неодинаковые условия для прохождения физико-химических и микробиологических процессов. **Ягодные культуры** лучше растут и плодоносят на кислых и слабокислых почвах, семечковые и цитрусовые – на слабокислых и нейтральных, косточковые – на слабощелочных почвах (Черепяхин, Бабук, Карпенчук, 1991).

Характеризуя отношение плодовых культур к реакции среды, следует отметить, что на кислых почвах при рН ниже 5 для семечковых и ниже 6 для косточковых пород необходимо известкование. Абрикос не выносит кислой реакции, но малочувствителен к щелочной реакции глубоких горизонтов. Груша и яблоня, хорошо развиваясь на слабокислых почвах, совершенно не выносят повышенной щелочности даже в глубоких горизонтах. Оценка соответствия реакции среды для плодовых насаждений может быть следующей: при рН 3,5–4,5 почвы пригодны под плодовые насаждения только после известкования; 4,5–6,0 – пригодны под плодовые насаждения, желательно известкование для косточковых пород; 6,0–8,0 – пригодны под сады без почвенной мелиорации; 8,0–8,5 – пригодны для косточковых и удовлетворительны для семечковых пород; более 8,5 – под сады непригодны (Неговелов, Вальков, 1985; Кирюшин, 1996).

По чувствительности к критическим значениям рН почвенной среды различаются не только плодовые культуры, но и разные их сорта и подвои. По нашим данным, различная реакция привойно-подвойных комбинаций яблони на подщелачивание почвы обнаруживается уже на первом году жизни. В специальных экспериментах, проведенных в южном регионе России, установлена значительная устойчивость к повышению рН почвы сортов яблони Ренет Симиренко и Флорина, особенно в случае прививки их на среднерослом клоновом подвое ММ106.

Следует, однако, отметить, что зоны оптимальных значений рН в определенной мере изменяются в зависимости от гранулометрического состава почв и содержания гумуса (Кирюшин, 1996).

Солеустойчивость растений. В учебнике «Экологические основы земледелия» (Кирюшин, 1996) *солеустойчивость* рассматривают как устойчивость растений к избыточной концентрации солей в почвенном растворе, которые повышают

его осмотическое давление, затрудняя тем самым поступление воды в растение, и оказывают в той или иной мере токсическое действие на протоплазму. В результате нарушаются процессы ассимиляции, дыхания, минерального питания.

Примечательно, что при агроэкологической оценке растений выделяют солеустойчивость биологическую и агрономическую.

Биологическая солеустойчивость – способность растений осуществлять полный цикл индивидуального развития в условиях засоления почвы, нередко с пониженной интенсивностью накопления органического вещества при сохранении воспроизводительной способности. Агрономическая же солеустойчивость – способность растений осуществлять полный цикл развития на засоленной почве и давать удовлетворительную продукцию.

Для плодовых культур предложено определять предел солеустойчивости таким количеством солей, которое позволяет собирать 50 % урожая в сравнении с незасоленными почвами (Иванов, 1970). Уместно отметить, что молодые растения более устойчивы к засолению, чем полновозрастные деревья (Трусевич, 1978). В этой связи открываются широкие возможности для осуществления ранней (на первом году жизни) диагностики отмеченного свойства привитых растений и выявления на основе ее результатов заведомо неустойчивых сочетаний сортов и подвоев, непригодных для возделывания на соответствующих почвах (Дорошенко, 2000).

Все плодовые растения успешно растут и плодоносят только на незасоленных почвах.

Предельно допустимая концентрация вредных солей в активном корнеобитаемом слое почвы: сульфатов 2, хлоридов 0,3 мг-экв. на 100 г почвы (Неговелов, Вальков, 1985). Менее чувствительны к слабому засолению в корнеобитаемом слое алыча и айва. Низкая солеустойчивость у других пород по нисходящей выглядит так: абрикос, вишня, яблоня, миндаль, персик, черешня (Черепяхин, Бабук, Карпенчук, 1991).

Показано, что влияние засоления почв на растения проявляется по-разному в зависимости от увлажнения, температурных условий, физических свойств почвы, обеспеченности элементами питания. В холодном климате растения переносят более высокие концентрации солей, чем в жарком. На тяжелых почвах они меньше страдают от засоления, чем на легких. Повышает солеустойчивость высокое содержание гумуса (Кирюшин, 1996). Вредное действие солей зависит и от глубины залегания соленосного слоя. Это отчетливо видно из данных таблицы 10.

Таблица 10 – Предельно допустимые концентрации сульфатов и хлоридов в почвах, отводимых под плодовые насаждения, мг-экв./100 г почвы (по Неговелову, Теренько)

Вредные соли	Глубина слоев почвы, см				Пригодность почв под плодовые насаждения
	0–100	100–160	160–200	200–300	
Сульфаты	2,0	2,0	2,0	2,0	Хорошие для всех плодовых культур
Хлориды	0,3	0,3	0,3	0,3	
Сульфаты	2,0	2,0	2,0	2,0–3,0	Удовлетворительные для всех пород
Хлориды	0,3	0,3	0,3	0,3–0,5	
Сульфаты	2,0	2,0–2,5	2,0–3,0	3,0–3,5	Удовлетворительные для косточковых пород, кроме черешни, неудовлетворительные для семечковых
Сульфаты	2,0	3,0	5,0	5,0	Непригодные для плодовых насаждений

Солонцеустойчивость растений. Это свойство растений означает, прежде всего, способность преодолевать неблагоприятные агрофизические свойства почв, обусловленные их

солонцеватостью. Солонцеватость связана с токсичностью карбонатов, бикарбонатов, гуматов натрия и магния и нарушением баланса катионов в растительных тканях вследствие понижения доступности для растений обменного кальция при высоком содержании обменного натрия.

В отрицательном влиянии солонцеватости и засоленности почв на растения имеются общие особенности, в частности ухудшение водного режима в связи со снижением содержания доступной почвенной влаги: в первом случае – вследствие удерживания ее высокодисперсными почвенными коллоидами, во втором – солями. Поэтому явления устойчивости растений к солонцеватости и засоленности почв в какой-то степени сближаются на основе устойчивости их к физиологической засухе (Кирюшин, 1996).

Накапливающаяся в солонцах сода вызывает гибель плодовых растений при содержании 0,005 %, если рН превышает 9,1–9,2.

Из плодовых культур устойчивой к солонцеватости оказалась только айва. Показано, например, что в Крыму на солонцах айва в возрасте до 15 лет вполне удовлетворительно растет и плодоносит (Неговелов, Вальков, 1985).

Отношение растений к карбонатности почв. С проблемой щелочности связана карбонатность почв, т. е. присутствие в профиле извести (CaCO_3) в количестве, большем 0,3–0,5 % (обнаруживается вскипанием от HCl). Отмечается, что на карбонатных почвах может появляться хлороз растений. И этому есть свое объяснение. Дело в том, что повышенное содержание CaCO_3 создает в почве условия, способствующие переходу ряда важных элементов питания (например, фосфора, железа) в труднорастворимое состояние. Более того, присутствие в питательной среде большого количества кальция вследствие антагонизма катионов затрудняет усвоение некоторых элементов питания, создавая их недостаток для растений. На фоне высокого количества CaCO_3 в почве проявле-

нию и усилению интенсивности хлороза способствует (по Молчанову):

а) пониженная температура и повышенная влажность почвы и воздуха;

б) уплотнение почвы и подпочвы, ведущее к нарушению газообмена и аэрации и, как правило, затрудняющее рост активной части корневой системы;

в) наличие солонцеватости, содержание в почве и почвообразующей породе кроме CaCO_3 легкорастворимых солей;

г) близкое залегание уровня минерализованных грунтовых вод и колебание их зеркала.

Изучение роста и развития плодовых пород на высококарбонатных почвах показало, что они по-разному относятся к высокому содержанию извести в почве. **По уменьшающейся степени устойчивости к извести их можно расположить следующим образом: косточковые – абрикос, слива, вишня, черешня; семечковые – яблоня, груша.** Безусловно, совершенно не переносят свободную известь растения-кислолюбцы (ацидофилы), такие как чайный куст, тунг, клюква, брусника, черноплодная рябина и др.

Показано, что разные сорта плодовых культур также неодинаково реагируют на карбонатность. Например, более чувствительными к повышенному содержанию CaCO_3 оказались сорта яблони Ренет Симиренко и Джонатан (Неговелов, Вальков, 1985).

Следует, однако, отметить, что в отношении содержания карбонатов в почве существует определенный порог, ниже которого неблагоприятные свойства карбонатности проявляются очень слабо (или вовсе не проявляются), а выше – негативность их резко возрастает. Этот порог определяют в весьма широких пределах – от 5 до 15 % CaCO_3 и более. Вместе с тем, при содержании извести выше 50 % известковый хлороз проявляется у всех многолетних культур (Кочкин, 1968; Неговелов, Вальков, 1985).

В заключение отметим, что оценочные шкалы существуют по многим показателям почвы. Ими следует пользо-

ваться при разработке эффективной системы мероприятий по ее окультуриванию как при выборе участков под сады, так и при дифференцировании приемов агротехники в существующих многолетних насаждениях.

6.2 Требования плодовых пород к почвам

Требования плодовых пород к внешним условиям часто различны. Главное, что определяет общность их отношения к условиям произрастания, следующее:

- произрастание на одном месте в течение многих лет;
- глубокое залегание основной части корней (до 6–15 м). Поэтому для плодовых растений необходимо создавать благоприятный водно-воздушный и питательный режим глубоких горизонтов почвы, что повышает засухо- и морозоустойчивость растений, обеспечивает стабильную и высокую урожайность.

Отмечают, что о пригодности почв под сад можно судить по спутникам плодовых культур, произрастающих на данном земельном массиве. Плодовые деревья, как правило, будут хорошо расти там, где растут дуб, ясень, клен, липа, береза, рябина, орешник, черемуха, дикие плодовые растения, бобовые и злаковые травы. О высоком плодородии почв свидетельствует наличие крапивы, таволги, мари, бузины корневичной (Куренной, Колтунов, Черепяхин, 1985).

Между тем в практическом плодоводстве получают распространение методы качественной агрономической оценки (бонитировка^{*}) почвогрунтов в количественных единицах. Одна из задач бонитировки – определение степени пригодности почв для основных групп плодовых пород. При этом урожай рассматривают как интегральный показатель воздействия факторов среды, включая почвенные условия. Коррелирующие с урожайностью внешние признаки деревьев (окружность штамба) и свойства почв становятся кри-

^{*} Бонитировка – от латинского *Bonitas* – доброкачественный.

териями бонитировки, которые принимают за основу при составлении шкал.

С помощью бонитировочных исследований оценивают плодородие почв в сопоставимых баллах.

При хорошем уходе за насаждениями для их размещения пригодны многие типы почв (от подзолов до сероземов), если на состоянии растений не сказывается влияние высокой плотности, избыточного увлажнения, повышенного содержания нейтральных и щелочных солей, близкого залегания плотных почвообразующих пород и других отрицательных факторов.

Непригодны для плодовых культур – болотные, заболоченные, сильно слитые, каменистые почвы, солонцы, солончаки; малопригодны – дерново-сильноподзолистые, влажно-луговые, обесструктуренные тяжелые суглинки и легкие глины, а также рыхлопесчаные и развеваемые пески (Черепанин, Бабук, Карпенчук, 1991).

При выборе почвогрунтов, для отдельных плодовых пород С. Ф. Неговелов, В. Ф. Вальков (1985) и другие ученые приводят их особенности.

Яблоня хорошо растет и плодоносит на высокоплодородных, глубоких, влагоемких почвах. Она плохо переносит переувлажнение почвы, близкое расположение к поверхности грунтовых вод. Лучшие по гранулометрическому составу почвы в условиях с коэффициентом увлажнения менее 1,0 – средне- и тяжелосуглинистые, а черноземы даже легкосуглинистые, с содержанием физической глины от 30 до 65 %. В лесных почвах влажного климата оптимум сдвигается в сторону более легкого гранулометрического состава. Это легкие и средние суглинки с содержанием физической глины 25–45 %.

Важное требование предъявляет яблоня к плотности корнеобитаемого слоя. Лучшие условия создаются при плотности менее 1,35–1,40 г/см³.

Яблоня растет в широких пределах реакции среды: рН от 5,5 до 8,5, но экологический оптимум составляет 6,0–7,5. Крайне негативна высокая щелочность при рН более 8,6–8,7.

Негативно сказывается на росте и плодоношении яблони повышенная карбонатность, и сады не следует закладывать, если в корнеобитаемой толще наблюдаются горизонты с содержанием CaCO_3 более 12–15 % (элювий известковых пород, мергелистые глины и др.).

Яблоня неустойчива к солонцеватости и чувствительна к засолению почвы.

Примечательно, что яблоня на подвое М9 выносит более высокий уровень грунтовых вод. Подвой МЗ устойчив к несколько засоленным и уплотненным почвам и является лучшим для орошаемых участков.

Груша. Ее требования к почвам почти такие же, как и яблони. На экологические особенности влияют подвои. Груша, привитая на груше, чувствительна к засолению и не переносит близкого уровня грунтовых вод. Но если груша привита на айве, то она может успешно расти и на слабозасоленных почвах с близким уровнем грунтовых вод. Груша на айве удалется также и на уплотненных почвах, чего нельзя сказать о груше, привитой на груше.

Груша хорошо растет в пределах рН от 5,0 до 8,5. В кислых условиях она менее устойчива к неблагоприятным факторам, хуже приживается, уменьшает рост надземной части и корневой системы. При рН менее 5,0 почвы нуждаются в известковании.

Айва – при достаточном увлажнении пригодны многие типы почв. Лимитирующие факторы – высокая карбонатность (более 6–8 %), недостаток гумуса (менее 1,5 %), легкие супеси и тяжелые почвы. Устойчива к некоторому засолению и солонцеватости.

Слива и вишня. Для этих культур необходима меньшая мощность корнеобитаемой толщи, чем для яблони и груши. Она составляет для умеренно сухих условий черноземов и коричнево-красных почв около 200 см, а для влажных серых и бурых лесных почв, желтоземов и красноземов на равнинных участках 80–100 см, на дренированных склонах достаточно 40–

60 см. Слива и вишня более чувствительны к кислым условиям, оптимум рН начинается от 6,5. Эти культуры переносят высокое содержание карбонатов, если почвы имеют достаточную мощность и хорошее гумусовое содержание.

Особенностью сливы является меньшая чувствительность к уплотнению почвы, чем у всех плодовых культур. Хорошее развитие деревьев наблюдается при уплотнении корнеобитаемой толщи 1,40–1,50 г/см³.

Черешня отличается высокой требовательностью к почвам, приближающейся к требованиям семечковых пород. Здесь характерно общее правило: почвы, пригодные под яблоню и грушу, вполне пригодны и для черешни, или же почвы, непригодные под семечковые породы, вряд ли могут быть использованы для черешни. Но есть и некоторые особенности. Прежде всего, черешня требует очень рыхлых почв: лучшая плотность для нее 1,25–1,35 г/см³. Другими словами из всех плодовых самые рыхлые почвы следует выделять для черешни. Более того, черешня не реагирует отрицательно на легкий гранулометрический состав и хорошо плодоносит даже на супесчаных почвах. Однако для нее неблагоприятны тяжелосуглинистые и глинистые почвы, отличающиеся бесструктурностью, и склонные к заплыванию. Резко снижается урожайность на слитых почвах, особенно при расположении их на выровненных участках без достаточного естественного дренажа.

Почвы тяжелого гранулометрического состава, но обладающие рыхлостью и структурностью, весьма благоприятны для черешни: черноземы типичные и выщелоченные. Особенно хорошие условия черешня находит на суглинистых почвах речных долин (лугово-черноземные, аллювиально-луговые) при оптимальном залегании уровня грунтовых вод.

На экологическую приспособляемость черешни оказывает влияние подвой. Черешня в засушливых районах на засоленных почвах хорошо удаётся на антипке, а на почвах влажных и несколько уплотненных – на местных диких фор-

мах черешни. Черешня может переносить некоторое уплотнение, если она привита на вишне.

Персик произрастает на почвах от супесчаных до тяжелосуглинистых. Противопоказаны высокое содержание в пахотном слое карбонатов (более 6 %) и недостаток гумуса (менее 2 %). Чувствителен к засолению и солонцеватости.

Показана положительная роль подвоя в повышении устойчивости растений к неблагоприятным почвенным условиям.

Определено, что на почвах тяжелосуглинистых в качестве подвоя для персика лучше использовать алычу, а на сухих скелетных почвах – горький миндаль.

Абрикос хорошо растет на рыхлых, дренированных почвах. Допустимая плотность почвы не выше $1,3 \text{ г/см}^3$. Оптимальная мощность почвы и почвообразующей породы в умеренно сухих условиях для абрикоса около 200 см, в умеренно влажных – около 80 см. Эта толща должна обладать теми же экологическими особенностями, которые отмечены для яблони. Однако абрикос не чувствителен к высокой карбонатности. На почвах Крыма с содержанием извести до 50 % сады абрикоса развиваются нормально. Вместе с тем, в соответствии с рекомендациями, подбор условий обитания для абрикоса должен проводиться в первую очередь по климату и микроклимату.

Грецкий орех лучшие условия находит на глубоких и плодородных почвах, на которых развивает мощную корневую систему. Например, на выщелоченных черноземах Кубани в корневой системе грецкого ореха количественно преобладают вертикальные корни, расположенные в радиусе 150–200 см от ствола и проникают на глубину 380–400 см.

Основная масса горизонтальных корней в слое до 80 см проникает на глубину 160–180 см (Тхагушев, Хлопенкова, 1975). Обычно необходимая корнеобитаемая толща без негативных показателей на черноземах и коричневых почвах составляет 150–200 см.

Указано также, что грецкий орех может произрастать и на бедных почвах.

Во всех случаях лучшим гранулометрическим составом является суглинистый, а у черноземов и коричневых почв также и тяжелосуглинистый и легкосуглинистый. Рыхлость профиля – обязательное условие. Оптимум уплотнения составляет 1,35–1,45 г/см³. Слитость – явление негативное для грецкого ореха. Оглеение, временное переувлажнение почв, близкие грунтовые воды угнетают деревья и приводят к преждевременной гибели. Критический уровень грунтовых минерализованных вод – 2,0 м.

Растет грецкий орех в широком диапазоне рН: от 5,6 до 8,6. Однако большей частью его посадки встречаются на нейтральных и слабощелочных почвах. Орех мирится с умеренной карбонатностью (с содержанием CaCO₃ менее 8–10 %). Неустойчив грецкий орех к засолению и солонцеватости.

Фундук – растение неприхотливое и может расти на самых разнообразных почвах, даже на маломощных и сильно смытых. Конечно же, лучшие полноразвитые почвы более благоприятны, но тот факт, что фундук успешно растет на почвах малоценных для других культур, должен учитываться при качественной оценке земельного фонда. Поэтому для фундука рациональнее использовать смытые малоценные почвы разной степени скелетности и гранулометрического состава, расположенные большей частью на склонах. Почвы могут быть и кислыми и щелочными, но не избыточно увлажненными, так как заболачивание фундук переносит очень плохо.

Смородина черная относится к влаголюбивым растениям. Требовательна к плодородию почв.

Крыжовник имеет корневую систему глубиной до 1,5 м. Относительно засухоустойчив. Предпочитает почвы богатые элементами питания.

Малина хорошо растет и плодоносит на почвах, обеспеченных влагой и элементами питания.

Земляника при неглубокой корневой системе требовательна к влаге, нуждается в достаточном запасе перегноя и элементов питания в почве.

6.3 Охрана почв в многолетних насаждениях

Многолетняя культура плодовых растений на одном месте оказывает на почву длительное комплексное воздействие, которое вызывает эрозию; загрязнение почвенной среды пестицидами; ухудшение физических и агрохимических свойств почвы в результате ее интенсивной обработки; уплотнение от многократного движения по междурядьям тяжелых обрабатывающих агрегатов.

Предупреждение и устранение последствий отрицательного воздействия на почву требует планирования и выполнения комплекса почвоохранных мероприятий.

В частности, для сохранения почвы от водной эрозии в промышленных садах на склонах, имеющих уклон от 15–17 до 23–25°, проводят террасирование. Преимущество террасирования заключается в том, что оно позволяет использовать под насаждения непригодные для возделывания склоны. На террасах уменьшается или полностью устраняется смыв почвы, улучшается водный, температурный и пищевой режимы.

Предпосадочную вспашку целесообразно проводить поперек склона, а на сильно эродированных участках – через каждые 25–30 м оставлять невспаханную узкие полосы шириной 30 см. При размещении садов на склонах регулируют густоту размещения деревьев. На пологих участках и в нижней части покатых склонов деревья размещают в ряду реже, чем в средней и верхней частях.

В почвозащитной агротехнике важное место отводят системе содержания почвы. В садах промышленного типа почвозащитную функцию выполняет дерново-перегнойная система.

Предотвращая загрязнение почвы минеральными солями, используют воду с содержанием солей 1–3 г/л, из которых

на долю натрия приходится не более 65 %. Для предупреждения вторичного засоления уровень минерализованных грунтовых вод поддерживают на допустимой глубине с помощью водопонижающей дренажной системы; при избытке натрия применяют гипсование, а затем – промывные поливы. На почвах, подверженных засолению и водной эрозии, дождевальные аппараты с высокой интенсивностью дождя не используют.

Бессменное возделывание одних и тех же культур на одном месте может привести к накоплению в почве токсичных веществ, выделяемых растениями, микроорганизмами, грибами, бактериями. Это явление получило название **почвоутомления**. Правильное чередование культур – надежное средство в борьбе с почвоутомлением (Филатов, Баздырев, Обьедков и др., 1999).

Основой рациональной системы удобрений плодовых насаждений должно быть применение органических, в том числе зеленых, удобрений в сочетании с минеральными удобрениями.

Защита почвы от загрязнения пестицидами и гербицидами достигается применением более устойчивых к болезням и вредителям сортов; интегрированной системы защиты растений, предусматривающей широкое использование агротехнических и биологических методов в сочетании с минимально допустимым количеством химических обработок.

ГЛАВА 7

РЕЛЬЕФ (ОРОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ)

Рельеф – совокупность поверхностных очертаний земной коры. Различают макро-, мезо- и микрорельеф.

Макрорельеф характеризует поверхностные очертания суши на протяжении в несколько десятков или сотен километров. Разность высот достигает десятков метров. Сюда относят горные хребты, плато, равнины и т. д.

Мезорельеф представлен водоразделами, долинами рек, оврагами и другими формами земной поверхности на протяжении десятков или сотен метров при разности высот до 20 м.

Микрорельеф – небольшие впадинки и возвышения диаметром несколько десятков метров; разность высот не более 1 м. Он предоставлен в виде промоин, западинок, степных блюдец, бугорков и т. д. (Филатов, Баздырев, Объедков и др., 1999).

Рельеф не принадлежит к таким прямодействующим экологическим факторам, как вода, свет, тепло, почва. Но характер рельефа, местоположение в нем растительного сообщества оказывают большое влияние на жизнь растения. Дело в том, что рельеф часто обуславливает сочетание прямодействующих факторов и перераспределяет в пространстве те количества тепла, света, влаги, которые являются зональными, т. е. зависят от широтного положения местности (Горышина, 1979). Кроме того, велико значение рельефа и в почвообразовании. Таким образом, рельеф в жизни растений выступает как косвенно действующий фактор.

7.1 Значение рельефа в перераспределении агроклиматических ресурсов

В горах **на больших высотах** для растений создается весьма своеобразный комплекс экологических условий.

Показано, например, что повышение уровня местности на каждые 100 м сопровождается уменьшением температуры воздуха примерно на 0,5 °С.

С увеличением высоты местности теплообеспеченность территории уменьшается. На высотах 860–1620 м над уровнем моря сумма эффективных температур сокращается на 170–200 °С на 100 м подъема, а на высотах 1620–2100 м на 50–70 °С. Разным высотам свойственно различное (уменьшающееся с высотой) количество дней с уровнем среднесуточных температур 15 °С и больше. Период времени с такими температурами считается периодом интенсивной вегетации плодовых растений (Семенов, 1987).

Другие характерные черты высокогорных условий – ночные заморозки, действующие на растения в некоторых горных районах в течение большей части вегетации, значительно укороченный безморозный период, сильные ветры. Изменяется также и инсоляция.

Приход солнечной радиации в горах увеличен отчасти в связи с некоторой разреженностью атмосферы, но главным образом из-за ее большой прозрачности. Ультрафиолетовая радиация здесь значительно сильнее, чем на равнинах. На больших высотах снижено содержание углекислоты в воздухе. Например, на Памире на высоте 3800 м концентрация CO_2 всего 0,012–0,020 %.

Что же касается режима увлажнения в высокогорьях, то он складывается по-разному в зависимости от общеклиматического фона местности: есть горные районы гумидного характера (Альпы, Западный Кавказ, Карпаты) и высокогорья, где растения живут в условиях большой сухости (области «холодных пустынь» на Памире, Тянь-Шане и в других азиатских горных массивах). Вместе с тем, как правило, верхняя часть склона наиболее сухая, а нижняя – самая влажная.

Наряду с высотой над уровнем моря на перераспределение элементов климата сильное воздействие оказывают **экспозиция и крутизна склонов**. Известно, что на склонах юж-

ной экспозиции угол падения солнечных лучей ближе к прямому, чем на горизонтальной поверхности. Склоны же северной экспозиции получают прямые лучи под очень острыми углами («скользящие лучи»), а при большой крутизне в дневные часы довольствуются лишь рассеянной радиацией. Отмечено, что различие между солнечной радиацией, поступающей на южные и северные пологие склоны, весной составляет 20–30 %, а осенью – 35–40 %. Отсюда существенная разница в прогревании воздуха и почвы, режиме увлажнения (в частности, скорости снеготаяния и иссушения почвы) и других элементах микроклимата. В частности, по имеющимся данным, северные склоны всегда более влажны, чем южные. Нередко при переходе с северного склона на южный условия так резко отличаются, как будто расстояние составляет несколько сот километров к югу в широтном направлении.

Сумма температур на пологих южных склонах за период вегетации на 120°, а на крутых на 300–350° больше, чем на ровных местах.

Примечательно, что для южного склона при большем притоке тепла характерна и повышенная амплитуда суточных температур (Горышина, 1979; Черепахин, Бабук, Карпенчук, 1991).

Северные склоны получают меньше тепла, на них медленнее тает снег и образуются слабые потоки вешних вод. На склонах южной экспозиции эти явления выражены более контрастно. Выпадающие на водораздельных выровненных участках осадки в основном впитываются в почву. Со склонов же значительная их часть стекает в понижения, вызывая эрозионные процессы, переувлажнение и заболачивание пониженных участков.

В нижней части склонов и в долинах более плодородна и увлажнена наносная почва. Однако она нередко засолена.

В степных и засушливых районах на почвообразование существенное влияние оказывает и микрорельеф. В западинках и степных блюдцах накапливается излишняя влага, что

может сопровождаться, например, развитием в почвах оглеения или засоления. Это приводит к тому, что на весьма ограниченной территории при одинаковых климатических условиях формируются в совокупности различные почвы. Последнее обуславливает так называемую комплексность почвенного покрова (Филатов, Баздырев, Объедков и др., 1999).

7.2 Влияние рельефа на растения

Особенности рельефа отражаются на всех сторонах жизнедеятельности растений – строении, физиологии, сезонном развитии.

В частности, для высокогорных растений характерен приземистый рост. Отмечено, например, что деревья яблони на семенных подвоях на высоте 520 м над уровнем моря превосходят по размерам деревья, произрастающие на более высоких отметках, и имеют большее количество основных ветвей (Семенов, 1987).

Низкорослость высокогорных растений, по-видимому, связана как с адаптацией к низким температурам, так и с формообразующим действием радиации, богатой коротковолновой частью спектра, которая тормозит ростовые процессы.

В анатомическом строении высокогорных растений есть ряд черт, которые отчасти способствуют защите от избыточной радиации, отчасти связаны с особенностями водного режима и некоторых сторон обмена веществ в высокогорьях: утолщение покровных тканей, опушение, усиленное развитие механических тканей, придающих устойчивость к сильным ветрам, и т. д. Однако в горах довольно обычны растения с листьями, лишенными опушения и воскового налета. С увеличением высоты местности, как правило, уменьшаются размеры клеток и возрастает плотность тканей, увеличивается число устьиц на единицу поверхности листа и уменьшаются их размеры; иными словами, наблюдаются изменения в сторону ксероморфоза. Особенно четко они выражены у растений,

растущих на склонах. Напротив, у растений обитающих вблизи источников увлажнения, листья крупнее, а ксероморфные черты выражены гораздо слабее.

Низкие температуры и сильная освещенность способствуют образованию больших количеств антоциана. Отсюда – глубокие, насыщенные тона окраски цветков и плодов.

Основные физиологические процессы у растений в высокогорных условиях характеризуются повышенной интенсивностью.

Так, по мере поднятия в горы прослеживается тенденция к увеличению фотосинтеза.

Влияние низких температур сказывается на характере накопления продуктов фотосинтеза: увеличивается содержание сахаров, играющих большую роль в холодостойкости растений. Особенно возрастает оно к осени, перед наступлением морозов.

На больших высотах в растениях увеличивается концентрация важных для метаболизма веществ (например, аскорбиновой и других органических кислот), а также ароматических соединений и т. д. Недаром ценятся питательные и вкусовые свойства плодов, полученных в горных условиях. Во многих исследованиях на больших высотах отмечено усиление дыхания растений.

В целом сопоставление основных физиологических показателей у горных и равнинных популяций показывает, что на больших высотах жизнедеятельность растений значительно интенсивнее. Очевидно, эволюция высокогорных растений шла в направлении наиболее полного использования всех возможностей короткого и холодного вегетационного периода (Горышина, 1979).

Существенно изменяется при поднятии в горы сезонное развитие плодовых растений. Это хорошо иллюстрируют результаты фенологических наблюдений, проведенных в один день по вертикальному профилю: Невинномыск (330 м) – Черкесск (540 м) – Карачаевск (860 м) – Теберда (1330 м) –

Домбай (1620 м). Местоположения точек наблюдений приурочены к долинам Кубани и Теберды (таблица 11).

Чем выше, тем позже у растений одного и того же вида начинается весеннее развитие. Отмечено также, что различия во времени созревания плодов по указанному высотному профилю достигают 32 дней: с поднятием в горы на 100 м созревание плодов яблони запаздывает примерно на 3 дня. На отметках 1300–1350 м съемная зрелость осеннего сорта Пармен зимний золотой наступает около 10 октября, т. е. в те же сроки, когда в предгорьях созревают зимние сорта яблони.

Таблица 11 – Фенологические фазы плодовых деревьев на разных высотах (по Семенову)

Высота местности, м	Порода, сорт	Фенологическая фаза
1	2	3
330	Абрикос Краснощекий	Конец цветения
	Алыча	Конец цветения
	Вишня	Конец массового цветения
	Слива Венгерка домашняя	Конец массового цветения
	Груша Любимица Клаппа	Начало цветения
540	Яблоня	Розовый конус
	Абрикос Краснощекий	Конец массового цветения
	Алыча	Конец массового цветения
	Вишня	Середина массового цветения
	Слива Венгерка домашняя	Массовое цветение
	Груша Любимица Клаппа	Начало цветения
	Яблоня Пармен зимний золотой	Обособление бутонов
860	Орех грецкий	Распускание почек
	Абрикос Краснощекий	Массовое цветение
	Алыча	Массовое цветение
	Слива Венгерка домашняя	Начало массового цветения
	Груша Любимица Клаппа	Начало цветения

Продолжение таблицы 11

1	2	3
	Яблоня Пармен зимний золотой	Обособление бутонов
	Орех грецкий	Зеленый конус
1330	Абрикос Краснощекий	Начало цветения
	Алыча	Начало цветения
	Вишня	Начало цветения
	Слива Венгерка домашняя	Обособление бутонов
	Груша Любимица Клаппа	Зеленый конус
	Яблоня Пармен зимний золотой	Набухание почек
	Орех грецкий	Набухание почек
1620	Яблоня (сорта разного срока созревания)	Вегетация не началась

Созревание летних сортов в этих же высотных обитаниях отмечено в конце августа – начале сентября, когда на отметках 300–450 м снимают урожай плодов яблони осенних сроков созревания. На всех высотных уровнях листопад завершается в конце октября – начале ноября, при этом несколько раньше на высоте 1620 м.

Таким образом, с увеличением высоты местности сокращается период вегетации.

На Северном Кавказе самый продолжительный вегетационный период зафиксирован в предгорной части, где он равен 204–210 дням. В горах на высоте 1330 м вегетационный период составляет 186 дней, а на высоте 1620 м – 178 дней. По данным наблюдений на отметках 1300–1350 м, плоды зимних сортов яблони типа Ренет Симиренко в некоторые годы не вызревают. Поэтому сокращение вегетационного периода по мере увеличения высоты местности определяет возможность вызревания плодов, а следовательно, перспективность возделывания того или иного сорта определенной плодовой культуры.

По мере продвижения в горы уменьшаются размеры плодовых деревьев, замедляется их рост, снижается продуктивность. Разным высотным уровням свойственны опреде-

ленный облик и своеобразная структура крон деревьев яблони. В нижней части вертикального профиля основная масса генеративных образований расположена ближе к периферии кроны. Здесь же имеет место более раннее старение деревьев, проявляющееся в оголении и отмирании основных ветвей и более раннем, чем в горах, отмирании генеративных органов.

Высота места произрастания оказывает влияние и на качество урожая. В условиях Северного Кавказа высокое качество имели плоды яблони позднего срока созревания на высотах 540–860 м. В интервале высот 1000–1600 м над уровнем моря в плодах яблони снижается содержание сухих веществ и сахара, но повышается кислотность и содержание витамина Р (Семенов, 1987).

Разные виды растений неодинаково относятся к высотной зональности. Одни имеют широкий высотный диапазон и растут в разных поясах, но при этом у них сильно изменяются внешний облик и основные стороны жизнедеятельности.

Другие виды распространены в ограниченных пределах нескольких или одного (иногда довольно узкого) высотного пояса и исчезают при переходе в соседние, сменяясь замещающими видами (Горышина, 1979).

Верхняя граница распространения плодовых культур достигает наивысших значений в горах Тибета, где на высоте 3930 м над уровнем моря выращивают яблоню и сливу, а на высоте 3600 м растут абрикосы, персики, орех грецкий.

Вертикальные границы для плодовых растений в Горно-Бадахшанской области (Таджикистан) находятся на следующих уровнях: тутовое дерево и абрикос – 3000 м, яблоня и черешня – 2800 м, груша и орех грецкий – 2700 м, виноград – 2300 м.

Высотная граница плодовых растений на Кавказе лежит несколько ниже. До 2000 м в Закавказье поднимаются алыча выше 2100 м – мичуринские и местные сорта яблони. На уровне 1672 м в Верхней Сванетии отмечен орех грецкий. Персик в Грузии распространен до высоты 1100 м, а инжир и

гранат – до 450–900 м. Участки произрастания винограда в Грузии находятся выше 1500 м над уровнем моря.

В районах Западного Кавказа яблоня, слива, вишня, произрастают на высотах до 1620 м над уровнем моря; груша – 1330 м (в потребительских садах в Теберде). Орех грецкий встречается от берега Черного моря до высоты 1300–1350 м (урочище Грушевая поляна – Адлерский район и в Теберде). Земляника, малина, смородина (черная и красная) встречаются в потребительских садах на высоте до 1500–1600 м. Вертикальный предел распространения диких плодовых проходит более высоко. Лещина в виде подлеска растет на высотах, превышающих 2000 м. Ареал яблони восточной простирается до высоты 1900–2000 м (бассейн р. Теберды), т. е. на 480 м выше плодового сада в Домбае. Высотная граница груши кавказской более ограничена – 1750 м. Другие дикие плодовые отмечены на высотах: алыча – 1650 м, черешня – 1500 м, кизил – 1250 м. Более высок вертикальный предел распространения ягодных растений (черника). В бассейне р. Теберды этот вид встречается на высоте 2500 м над уровнем моря. Малина и ежевика в этом же районе растут на высоте 1950–2000 м.

В верховьях Лабы на высоте 1100 м встречается смородина, а выше – малина (1800 м). В западной части высокогорий Кавказа (севернее плато Лагонаки) ягодные растения на таких высотах не обнаружены. Малина, смородина черная и красная здесь не поднимаются выше 1200–1250 м над уровнем моря. Несколько ниже Камышановой Поляны произрастают дикая черешня, рябина, алыча, а также плодоносящие сеянцы яблони (Семенов, 1987).

Условия для жизни растений в горах в большей мере определяются не только высотой, но и экспозицией склонов. Поэтому на склонах разной экспозиции заметно различается состав растительности, облик и состояние растений. Известно, что на южных склонах граница древесной растительности поднимается гораздо выше, чем на северных. В целом грани-

цы всех зон сдвигаются кверху, а в составе растительных группировок преобладают более южные и теплолюбивые элементы. Различны в зависимости от экспозиции и морфофизиологические особенности, а также скорость развития растений одного и того же вида: на южных склонах она, как правило, выше, чем на северных (Горышина, 1979; Кирюшин, 1998).

Влияние различной экспозиции отражается на составе растительности не только в случае крупных элементов рельефа; оно хорошо заметно и на небольших холмах, повышениях, валунах.

Влияние крутизны склона на условия жизни растений сказывается главным образом через особенности почвенной среды, водного и температурного режимов. Сильный сток воды и смыв почвы с крутых склонов создают трудные условия для возделывания плодовых культур. Таким образом, в горных странах с весьма сложным рельефом складывается очень сложное переплетение влияний – широтных факторов, вертикальной зональности, различий экспозиции склонов, их крутизны, степени изрезанности, а также особенностей почвенно-грунтовых условий, водного режима и т. д. Их необходимо учитывать в горном плодоводстве для оптимального размещения садов на склонах.

ГЛАВА 8

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Лишь в очень редких случаях растения произрастают в естественных условиях в виде изолированных особей и испытывают влияние только комплекса абиогенных факторов. Обычно же растения образуют растительные сообщества, которые наряду с другими компонентами – животными, микроорганизмами, почвой и др. – входят в состав более или менее сложных экосистем, в которых все члены связаны разнообразными взаимовлияниями. Влияние сообитателей – растений, животных, микроорганизмов – выделяют в особую группу **биотических факторов**. Их действие на растение может быть как прямым (поедание животными, опыление насекомыми, паразитирование одних растений на других), так и косвенным (изменение абиогенных факторов среды). Влияние биотических факторов не менее (а иногда и гораздо более) действенно, чем влияние факторов неорганической среды. Оно во многом определяет особенности строения и жизнедеятельности растений, а на уровне экосистемы – направление, характер и интенсивность превращения веществ и энергии.

8.1 Зоогенные факторы

Наиболее прямая и ощутимая форма влияния животных на растения – потребление растительной массы в пищу. В начале трофической цепи находится зеленое растение – автотроф, создатель органического вещества. Зеленые растения представляют первый трофический уровень – первичных продуцентов органического вещества, за счет которых живут организмы второго трофического уровня – фитофаги (животные, микроорганизмы, а в некоторых случаях и растения).

Растительоядные животные обычно питаются определенными растениями: или одним видом (монофаги), или группой близких видов (олигофаги). Реже встречаются фито-

фаги многоядные (полифаги). Среди фитофагов есть крупные животные, потребляющие большие количества растительной массы. Например, взрослый лось летом съедает за сутки до 30–40 кг разнообразной растительной пищи, зимой – около 10 кг побегов и коры, ежедневно объедая около 300–400 деревьев и кустарников (Горышина, 1979).

Растительную пищу потребляют и другие крупные животные – олени, кабаны, зайцы и т. д. Они предпочитают молодые ветви деревьев и кустарников («веточный корм») как наиболее доступные и имеющие наибольшую кормовую ценность. Для растений эти повреждения означают потерю наиболее важных растущих частей, снижение прироста, изменение направления роста и ветвления.

Потребляют фитомассу и многие птицы. Очень часто они повреждают плоды на деревьях и кустарниках.

Мелкие животные – фитофаги, например мышевидные грызуны, съедают относительно небольшие количества фитомассы в расчете на особь, но благодаря многочисленности популяций их деятельность в целом весьма ощутима для садов. Мыши могут повреждать кору штамбов. При этом нарушается связь между корнями и кроной. Водяная крыса (водяная полевка) уничтожает главным образом корневую систему растений.

Весьма многочисленные, распространенные и разнообразные потребители растений – насекомые.

В нашей стране встречается более 1500 видов насекомых, повреждающих сельскохозяйственные растения, 700 из которых относятся к опасным вредителям плодовых, ягодных и других культивируемых растений (Корчагин, 1987).

Примечательно, что в южной зоне садоводства России на деревьях семечковых пород обнаружено 45 видов вредителей, вызывающих потери до 20 % урожая и сокращающих жизнь сада более чем на 5 лет. Для косточковых культур реальную угрозу представляют 11–15 видов вредителей (Смольякова, Холод, Жидовкин и др., 1999).

Древесные породы повреждаются различными специализированными группами насекомых: листогрызущими, древоядными, высасывающими сок и др.

Большое участие в потреблении растительной массы принимают и другие беспозвоночные фитофаги (клещи, нематоды, простейшие и т. д.).

К числу защитных реакций растений относится их способность к быстрому восстановлению потерь. Один из основных способов защиты растения от листогрызущих насекомых и других фитофагов – образование избыточной фитомассы. Еще одна защитная реакция – увеличение фотосинтетической активности листьев, оставшихся не съеденными, что позволяет растениям сохранить общую продуктивность фотосинтеза.

Более локальные способы ликвидации повреждений – образование защитных тканей (каллусов), выделение смол и камедей. Это одновременно и «перевязка» раны, и способ защиты от дальнейшего проникновения вредителей.

Защитным свойством может служить биохимическая непригодность тканей растений для фитофага. Некоторые вырабатываемые растением «вторичные» химические соединения, непосредственно не участвующие в его метаболизме, являются ядовитыми или отпугивающими (репеллентами).

Перечисленные признаки обеспечивают растениям относительную устойчивость к поеданию животными. Защитные свойства и реакции у растений свидетельствуют не об одностороннем влиянии животных, а о взаимодействии животных-фитофагов и растений как одной из форм биотических связей в экосистемах. Популяции растений обычно обладают достаточным запасом устойчивости к поеданию животными. В результате совместной эволюции животных- фитофагов и растений их отношения сбалансированы таким образом, что фитофаг не уничтожает полностью тот вид растения, который служит ему источником существования.

Правда, бывают случаи нарушения равновесия, когда массовая вспышка размножения фитофага приводит к гибели

популяции кормового растения и, как правило, к смене растительного сообщества.

В этой связи автор учебника «Экология растений» Т. К. Горышина (1979) задает правомерный вопрос: представляет ли поедание фитофагами неблагоприятный фактор в жизни растений и можно ли отождествлять его с «повреждениями» или с «вредными влияниями». Далее Т. К. Горышина (1979) отмечает, что эти термины вполне правомерны в экономическом аспекте, когда речь идет о хозяйственно ценных для человека растениях (например, древесных породах). Оправданы они также с аутоэкологической точки зрения (если рассматривать нарушение целостности особи растения или тем более ее гибель как выход за пределы оптимальных условий) и – отчасти – с популяционно-экологической (если иметь в виду неблагоприятные последствия снижения численности популяций). Однако на уровне экосистемы оценки «вредности» в значительной степени теряют смысл: каждый компонент экосистемы занимает свое место и выполняет свою работу, и животные-фитофаги – одно из естественных звеньев потока энергии и круговорота веществ. Поэтому потребление растений в пищу фитофагами, вряд ли следует рассматривать только как неблагоприятный фактор в жизни растений. Более того, явления, которые привычно оцениваются как нежелательные, на уровне экосистемы могут оказаться способствующими интенсификации общего биологического круговорота.

Большое влияние на растения оказывает роющая деятельность животных.

По данным Ч. Дарвина, для механического перемешивания почвы важны дождевые черви. Они проглатывают растительные остатки или втягивают в свои норы (ходы) и таким образом смешивают их с минеральными частицами почвы.

Ч. Дарвин подсчитал, что дождевые черви пропускают ежегодно через свой пищевой тракт около 25 т почвы на гектаре. Он писал, что еще задолго до того времени, когда земля стала подвергаться правильной вспашке, она непрерывно пе-

репахивалась дождевыми червями. Установлено, что некоторые виды дождевых червей пронизывают почву и подпочву на 8–10 м. И не будь этих ходов, корни не в состоянии были бы проникнуть на такую глубину.

В почве обитает огромное количество разнообразных землероев. По некоторым данным, на 1 га не удобренной почвы находилось 12,5 млн, а на удобренной – свыше 37 млн насекомых, нематод, паукообразных, земляных и других червей, моллюсков.

На Кубани количество ходов землероев в зависимости от почвенных условий колебалось на 1 га от 1 млн до 9,5 млн.

Несомненно, что продолжительная связь между деятельностью дождевых червей, почвенной среды и дерева в целом огромна. Благодаря повседневной работе дождевых червей улучшается водно-воздушный, тепловой и питательный режимы почвы, повышается ее плодородие, создаются благоприятные условия для жизнедеятельности плодового дерева и получения максимальных урожаев плодов (Колесников, 1979).

В этой связи необходимо всячески способствовать работе дождевых червей в плодовых насаждениях, тем более что требования к оптимальным условиям почвенного комплекса и агротехнике для плодового дерева и дождевых червей очень близки.

Широко известна роль животных в опылении растений. Опыление насекомыми – **энтомофилия** – способствовало выработке ряда тонких приспособлений у растений и насекомых, неоднократно описанных в специальной и популярной литературе. Упомянем здесь о таких интересных адаптациях энтомофильных цветков, как узоры, образующие «путевые нити» к нектарникам и тычинкам (нередко видимые лишь в ультрафиолетовых лучах, доступных для зрения насекомых); различие окраски цветков до и после опыления; синхронизация суточных ритмов раскрытия венчика и выделения нектара с ритмами активности опылителей; особенности строения венчика и тычинок, обеспечивающие безошибочное по-

падение пыльцы на тело насекомого, а с него – на рыльце другого цветка; и т. д.

8.2 Фитогенные факторы

Входя в состав различных растительных сообществ, зачастую очень сложно организованных, растения испытывают многообразные влияния соседних растений и сами оказывают воздействие на сообитателей. Формы взаимовлияний весьма разнообразны и зависят от способа и степени контактов растений, проводников влияний и т. д. Из разных классификаций форм взаимоотношений в отечественной литературе наиболее употребительна классификация В. Н. Сукачева (дается в обобщенном виде)*.

Остановимся более подробно на некоторых из них, наиболее значимых для садовых экосистем.

Прямые, или контактные, взаимодействия между растениями. Механические взаимодействия возможны при совместном (и достаточно близком) произрастании. Одним из примеров может служить охлестывание крон деревьев гибкими ветвями соседних деревьев, которые раскачиваются при ветре и повреждают почки и молодые побеги.

Еще одна форма механических контактов – использование одним растением другого в качестве субстрата. Растения, существующие без связи с почвой и живущие на других растениях, главным образом на ветвях и стволах деревьев, называют эпифитами (а поселяющиеся на листьях получили специальное название эпифиллов). В отличие от паразитов они не вступают в прямой физиологический контакт с растением-субстратом, а самостоятельно существуют как автотрофные организмы. Считают, что около 10 % всех видов растений ведет эпифитный образ жизни. Во влажных и теплых областях (в том числе горных районах) распространены эпифитные мхи и лишайники.

* Из книги «Экология растений» (Горышина, 1979).



М е х а н и ч е с к и е

(охлестывание ветвями, эпифитизм, давление и сцепление стволов и корней)

(через животных и микроорганизмы)

(средообразующие влияния, конкуренция, аллелопатия)

Ф и з и о л о г и ч е с к и е

(симбиоз, паразитизм и полупаразитизм, срастание корней)

Рисунок 14 – Основные формы взаимоотношений между растениями (по Сукачеву В. Н., Дылису Н. В. и др.)

Физиологические контакты между растениями включают симбиоз, паразитизм, сапрофитизм.

Один из примеров симбиоза – сожительство высших растений с бактериями (бактериотрофия). Симбиоз с клубеньковыми бактериями-азотфиксаторами широко распространен среди представителей семейств бобовых (93 % изученных видов). В корневых клубеньках некоторых древесных и кустарниковых пород живут симбионты-актиномицеты, также способные связывать атмосферный азот. Высшие растения потребляют азотистые вещества, создаваемые бактериями и актиномицетами, и снабжают их углеводами.

Часто встречается микоризообразование – симбиоз мицелия гриба с корнем высшего (в том числе плодового) растения. Такие растения называют микотрофными или микотрофами.

Польза, извлекаемая микотрофным растением из сожительства с грибом – это прежде всего увеличение поглощающей поверхности корня. У микотрофных растений корневая система слабо развита и потому без дополнительной поглощающей поверхности мицелия гриба-микоризообразователя им было бы трудно или невозможно обеспечить получение нужного количества воды и минеральных веществ.

Есть сведения, что грибы-симбионты способны разлагать некоторые сложные органические соединения, недоступные высшим растениям, а также выделять витамины и ростовые вещества, стимулирующие развитие корней.

Для гриба-микоризообразователя польза от сожительства с высшим растением состоит в том, что он извлекает из корня некоторые питательные вещества (в основном углеводы).

Паразитизм – наиболее яркий пример прямых физиологических взаимодействий между растениями – переход одного из партнеров на гетеротрофный способ питания и существование за счет организма-хозяина. Паразиты многочисленны среди грибов и бактерий. Растения паразитируют в основном на растениях.

У растений-эктопаразитов большая часть тела находится вне хозяина, а в него внедряются и вступают в контакт с живыми клетками лишь органы чужеядного питания – присоски (гаустории). У растений-эндопаразитов почти все тело помещается внутри тканей хозяина, наружу выходят лишь органы размножения.

В связи с паразитическим образом жизни у растений редуцируется ряд физиологических функций и соответствующих органов. Отсутствуют (или сильно редуцированы) корни. Потеря способности к фотосинтезу привела к отсутствию хлорофилла.

По мере усиления паразитических свойств сокращается ферментный аппарат, остаются лишь специализированные ферменты, позволяющие паразитировать на узком круге хозяев. Эта биохимическая специализация послужила основой

строгой избирательности многих паразитов по отношению к растениям-хозяевам.

Между растениями-паразитами (или полупаразитами) и растением-хозяином складывается сложная система отношений, которые включают со стороны первого ряд адаптаций, гарантирующих заражение, а со стороны второго – защитные реакции.

Для успешного заражения хозяина растению-паразиту важно обеспечить контакт с ним не только в пространстве, но и во времени: иными словами, активные фазы жизненного цикла паразита должны совпадать с такими же фазами хозяина. Важная адаптация паразитов – синхронизация их жизненных циклов с сезонным развитием растений-хозяев, позволяющая осуществить заражение хозяина в нужный момент.

Адаптация паразита к существованию на определенном хозяине включает также весьма тонкую биохимическую специализацию – выработку определенного набора ферментов, облегчающих проникновение в тело хозяина и использование поступающих от него веществ.

Защитные реакции растения-хозяина состоят прежде всего в выработке иммунитета – невосприимчивости к заражению паразитами. Известны устойчивые к паразитным грибам сорта яблони и других сельскохозяйственных культур. К защитным приспособлениям относятся также особенности покровных тканей, затрудняющие проникновение зачатков паразита (толстая кутикула, опушение и др.), выделение защитных веществ (фитоалексинов), особенности химического состава клеток и тканей. Так, отмечено, что к грибным паразитам устойчивы растения, содержащие много эфирных масел, сапонинов, алкалоидов, многие галофиты с повышенным содержанием солей.

Отношения между растением-паразитом и растением-хозяином на популяционном и видовом уровнях определенным образом уравновешены: очевидно, паразит не может размножаться до такой степени, чтобы привести к вымиранию

популяции хозяина и лишить себя «кормовой базы». Регулятором равновесия служит сравнительно медленное воздействие на хозяина некоторых паразитов (например, грибов, вызывающих мучнистую росу), а иногда даже наблюдается некоторая биохимическая стимуляция роста хозяина со стороны паразита.

Другую группу растений с гетеротрофным питанием составляют сапрофиты – виды, использующие в качестве источника углерода органические вещества отмерших организмов. Это важное звено в биологическом круговороте, осуществляющее разложение органических остатков и перевод сложных соединений в более простые, представлено в основном грибами, актиномицетами, бактериями.

Косвенные трансбиотические взаимоотношения растений

Эти взаимоотношения осуществляются через изменение растениями среды, воздействующей на сообитателей. Это наиболее универсальный и широко распространенный тип взаимоотношений растений при их совместном существовании.

Если какой-то вид или группа видов растений в результате своей жизнедеятельности сильно изменяет в количественном и качественном отношении основные экологические факторы, так что другим видам сообщества приходится жить в условиях, значительно отличающихся от зонального комплекса факторов физической среды, то говорят о средообразующей роли, средообразующем влиянии первого вида по отношению к остальным. Средообразующие влияния осуществляются разными путями. Один из них – взаимовлияния через изменение факторов микроклимата.

Недаром микроклимат, складывающийся внутри растительного сообщества под влиянием присутствия и жизнедеятельности растений, обозначают особым термином – фитоклимат, или фитосреда. Существенное значение имеет изменение растениями и «почвенного климата» под растительным

покровом (например, защита поверхности слоев от резких колебаний температуры).

Взаимовлияние растений через почву сложны и многообразны. В результате жизнедеятельности растений изменяются физические и химические свойства почв. Иными словами, накапливаются средообразующие эдафические влияния, небезразличные для растений – сообитателей. В лесоводстве давно уже сложилось понятие о «почвоулучшающих» и «почвоухудшающих» древесных породах. К первым относятся большинство лиственных пород (из хвойных – лиственница), которые способствуют перекачке элементов минерального питания из глубоких горизонтов почвы в ее верхние слои, а также имеют быстроразлагающийся и минерализующийся опад; ко вторым – ель и сосна, способствующие накоплению слабо разлагающихся остатков с кислой реакцией («грубого» гумуса) и ухудшению водно-физических свойств почв.

Еще один существенный путь взаимного влияния растений – взаимодействие через химические выделения. Живые растения выделяют в окружающую среду (воздух, воду, почву) разнообразные вещества (рисунок 15) в процессе гуттации, секреции нектара, эфирных масел, смол и т. д.; при вымывании минеральных солей дождевыми водами; в ходе метаболизма. Наконец, растения выделяют летучие вещества при нарушении целостности тканей и органов (так называемые фитонциды) и вещества из отмирающих частей растения. Многие из выделяемых соединений не являются «отбросами», они необходимы растениям. Однако в связи с развитием большой поверхности тела растений их потеря, по-видимому, столь же неизбежна, как и транспирация.

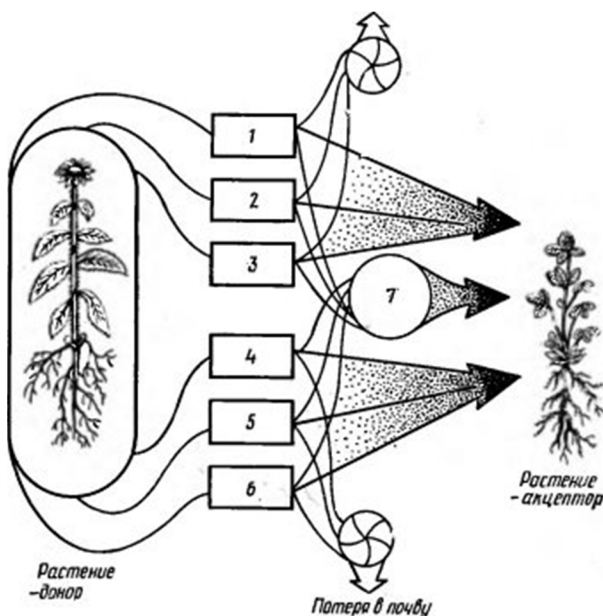


Рисунок 15 - Схема аллелопатических влияний одного растения на другое (по Гродзинскому А. М.):

1 – миазмины, 2 – фитонцидные вещества, 3 – фитогенные вещества, 4 – активные прижизненные выделения, 5 – пассивные прижизненные выделения, 6 – посмертные выделения, 7 – переработка гетеротрофными организмами

Химические выделения растений имеют значение для сообитателей и могут служить одним из способов взаимодействия между растениями в сообществе. Такие химические взаимовлияния получили название **аллелопатии**. Многочисленные доказательства возможности влияния одних растений на другие химическим путем получены в лабораторных и полевых опытах.

Так, в исследованиях, проведенных в Крыму и на Кубани (Колесников, 1979), отмечены разные варианты взаиморасположения корней плодовых растений, обусловленные химическими особенностями корневых выделений:

- корни яблони в одних местах не входят, а в других входят в корни соседней яблони;
- корни яблони входят в корневую систему выкорчеванного в прошлом году дерева яблони, но уходят от корневых систем сеянцев яблони только что выкорчеванного питомника;
- корни сливы, черешни свободно входят в корневую систему яблони.

Показано также, что у двух соседних сеянцев персика четырехлетнего возраста корни резко расходятся, оставляя коридор шириной 80–120 см (рисунок 16).



Рисунок 16 – Взаимовлияние корневых систем в саду
(Колесников, 1979):

1,2 – персик (корнесобственные растения); 3–7 – яблоня; 8 – черешня

По данным Т. Л. Исаевой (1968), корневые выделения абрикоса задерживают появление проростков абрикоса, но стимулируют рост проростков груши. Корневые выделения груши содержат нитраты, фосфаты, соли калия и органические кислоты. Вместе с тем, корневые выделения абрикоса содержат только нитраты и соли калия. В целом же корневые выделения плодовых пород играют большую роль в биохимических процессах, процессах роста и развития растений, и их влияние необходимо учитывать при создании устойчиво функционирующих садовых экосистем.

Изменение условий существования растений под влиянием сообитателей влечет за собой изменение внешнего облика растения (рисунок 17) и основных процессов его жизнедеятельности – интенсивности физиологических процессов, скорости роста и развития. Поэтому не будет преувеличением сказать, что косвенные трансбиотические отношения растений сводятся в конечном итоге к взаимодействию на уровне взаимного изменения физиологических процессов.

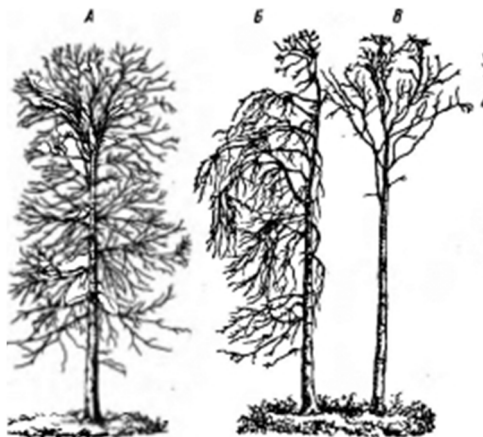


Рисунок 17 – Изменение формы кроны в зависимости от окружения.

А – бук, выросший на открытом месте; Б – на опушке;
В – в густом лесу (по Jankovic M. M., 1996)

Степень воздействия на среду (а следовательно и на жизнь сообитателей) у разных видов растений неодинакова в соответствии с особенностями их морфологии, биологии, сезонного развития и т. д. Растения, наиболее активно и глубоко преобразующие среду и определяющие условия существования для других сообитателей, называют *э д и ф и к а т о - р а м и*. Различают сильные и слабые эдификаторы (или виды с сильной и слабой эдификаторной ролью).

Наряду со средообразующими влияниями в качестве особой формы трансбиотических взаимоотношений растений

иногда выделяют конкуренцию. По определению Н. В. Дылиса, это те взаимные или односторонние отрицательные влияния, которые возникают на основе использования энергетических и пищевых ресурсов местообитания. Так, в густых сообществах (применительно к отрасли садоводства – в высокоплотных насаждениях) в результате сильного сближения надземных частей между растениями возникает конкуренция за свет. Сильное влияние на жизнь растений оказывает конкуренция за почвенную влагу, особенно выраженная в областях с недостаточным увлажнением, и конкуренция за питательные вещества почвы, более заметная на бедных почвах.

Косвенные трансбиотические взаимодействия между растениями

Эти взаимодействия осуществляются через посредство других организмов.

Существуют специфические формы трансбиотических отношений. Например, взаимовлияние высших растений через взаимодействие микробного населения их ризосфер. От продуктов жизнедеятельности корней высшего растения может отчасти зависеть подбор определенного состава окружающей корнями микрофлоры; а изменение ее численности, состава и активности не остается безразличным для населения соседних ризосфер, в результате чего изменяются условия корневого питания для других растений (Горышина, 1979).

Данное заключение подтверждается следующими результатами исследований.

В хозяйстве «Михайловский перевал» (Черноморское побережье) был проведен опыт с плодоносящими деревьями яблони сорта Ренет Симиренко. Установлено, что при паросидеральной системе общее количество бактерий в 4–5 раз больше, чем в контроле (черный пар). Благоприятный режим для микрофлоры при паросидеральной системе обуславливает более высокие урожаи плодов (черный пар – 100 ц/га, паросидеральный – 124 ц/га) (Перов, Фисенко, 1969). Следова-

тельно, рост и плодоношение плодовых растений находятся в теснейшей взаимосвязи с жизнедеятельностью микроорганизмов ризосферы. Крайне важно дальнейшее изучение данного вопроса в плодководстве (Колесников, 1979).

Пространственное распределение организмов, связанных с растениями пищевыми и иными связями, подчинено определенным закономерностям. В биогеоценозе можно выделить определенные группировки – **консорции, т. е. сочетания разнородных организмов, тесно связанных в своей жизнедеятельности.**

Растение служит основой для формирования консорции, субстратом для питания и поселения ее членов (консортов), а для некоторых – партнером (например, в симбиозе). Консортивные связи специфичны для каждого вида растений. Иными словами, на растениях одного вида в сходных условиях складываются сходные консорции.

8.3 Влияние сообитателей на положение экологического оптимума

Отношение растений к экологическим факторам тесно зависит от влияния других сообитателей (в первую очередь от конкурентных отношений). Вид может успешно произрастать в широком диапазоне действия какого-либо фактора, но присутствие сильного конкурента вынуждает его ограничиваться более узкой зоной.

В связи с этим различают понятия об **экологическом оптимуме** вида (при отсутствии конкуренции) и о **фитоценотическом** (или биоценотическом) **оптимуме**, соответствующем реальной позиции вида в ценозе*. Для определения фитоценотического оптимума чаще всего служат критерии популяционного и видового уровней: численность, продуктивность фитомассы, способность занять и удержать территорию.

* В зарубежной литературе принято первый оптимум называть физиологическим, а второй – экологическим.

Кроме положения оптимума различают пределы выносливости вида: **экологический ареал** (потенциальные пределы распространения вида, определяемые только его отношением к данному фактору) и реальный **фитоценотический ареал**.

У разных видов соотношение между экологическим и фитоценотическим ареалами и оптимумами может быть неодинаковым (рисунок 18).



Рисунок 18 – Основные типы соотношения оптимумов: экологического (область, ограниченная кривой) и фитоценотического (заштрихованная часть) у высших растений (по Knapp R., 1954)

Как правило, экологический ареал шире фитоценотического, поскольку при совместном существовании растений в сообществе конкурентные взаимоотношения между ними ограничивают возможность массового произрастания видов во всем диапазоне их экологического ареала. Местообитания, еще доступные тому или иному виду по его экологическим возможностям, нередко оказываются занятыми более конкурентоспособными сообитателями, в результате чего происходит сужение ареала вида, а иногда также и сужение или сдвиг экологического оптимума (Горышина 1979).

ГЛАВА 9

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ

9.1 Основные формы воздействия человека на плодовые растения

Человек как представитель гетеротрофного звена экосистем уже с незапамятных времен оказывал влияние на растительный покров. С развитием трудовой деятельности его влияние становится новым, мощным и весьма разнообразным фактором, действующим на среду обитания.

По А. П. Шенникову, основные типы воздействия человека на растения – это **прямое влияние** (например, обрезка деревьев, кольцевание, выкопка саженцев и др.) и **косвенное изменение** человеком природной среды обитания растений. Последнее может быть результатом непосредственного влияния на среду (орошение, загрязнение почвы и воздуха). Но и при прямых влияниях человека на растительность среда может изменяться через изменение растительности (например, при посадке новых видов). Таким образом, разграничение прямых и косвенных влияний человека на растения очень условно (Горышина, 1979).

В последние десятилетия чрезвычайно действенным фактором изменения среды для растений служат загрязнения воздуха, почвы и воды в результате производственной деятельности человека.

При работе промышленных предприятий и энергетических установок в воздух выбрасываются *огромные количества отходов в виде газов, пыли, жидких аэрозолей*. Их концентрация особенно велика в крупных промышленных центрах, а с воздушными потоками они проникают и в удаленные местности.

Среди веществ, загрязняющих воздух, весьма токсичны для растений продукты сгорания, содержащие серу, и прежде

всего диоксид серы (SO_2), который вызывает разрушение хлорофилла, недоразвитие пыльцевых зерен, нарушает функции сосудистой системы и т. д. Токсичны также соединения фтора (HF), оксиды азота и др. Вредные вещества проникают из воздуха в растения в результате газообмена, а также с дождем и при осадении тумана и пыли на поверхности побегов. Токсическое действие зависит от концентрации вредного вещества и длительности его воздействия. Признаками повреждения могут быть: аккумуляция вредных веществ в растении, сдвиги pH на поверхности побегов и в тканях, пониженная или, наоборот, повышенная активность определенных ферментов, распад хлорофилла, депрессия фотосинтеза, изменения в белковом обмене и во вторичном метаболизме, нарушения роста и, наконец, изменения проницаемости и паралич замыкающих клеток.

У деревьев нарушается механизм всасывания воды и водный режим, листья опадают, верхушечные побеги засыхают. При менее сильном повреждении деревья не погибают, но их продуктивность и прирост заметно снижаются. Рост побегов замедляется, годичные кольца в древесине становятся заметно более узкими. Иногда физиологические повреждения не сопровождаются внешними изменениями, но обычно признаки поражения растений токсикантами выражаются в некрозе края листа, побурении листьев, уродливых формах роста («смятые» листья и т. д.), скручивании, «ожогах». У пораженных токсикантами растений снижается общая устойчивость к засухе, холоду, вредителям.

Разные виды растений неодинаково чувствительны к вредным газам. Например, к фтористому водороду очень чувствительна слива, а к оксидам азота – земляника (Горышина, 1979; Кирюшин, 1996).

Наиболее вероятные и опасные загрязнители окружающей среды *«тяжелые металлы»*. К ним относятся более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева, масса атомов которых составляет свыше 50 атомных

единиц. Уместно отметить, что «тяжелые металлы» и «микроэлементы» во многом совпадают. Однако, если речь идет о повышенных концентрациях элементов (кадмия, свинца, цинка, меди и др.), применяют термин «тяжелые металлы». Эти металлы, широко используемые в промышленности и транспорте, попадают с отходами или выбросами в окружающую среду.

Основное количество металлов (более 95 %) от предприятий поступает в почву в виде техногенной пыли.

Вблизи крупных автодорог весьма ощутимо влияние на растения соединений свинца, поступающих в воздух и в почву с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания (в бензин добавляют антидетонатор – тетраэтилсвинец, повышающий октановое число).

Часть соединений свинца оседает на поверхности листьев. Значительная его доля задерживается в тканях растений. В многочисленных исследованиях установлено повышенное содержание свинца в растениях и почве на расстоянии до 50 м в сторону от автодорог.

Ввиду высокой токсичности даже небольшой уровень загрязнения продукции свинцом представляет опасность для здоровья человека.

Между тем исследования, проведенные в придорожных яблоневых садах, показали, что свинец накапливается главным образом в листьях яблони.

Несколько повышенный уровень содержания свинца в плодах обнаружили только на очень близком расстоянии от дороги (8 м) (Глуховский, Сергеев, Ежов, 1994).

В результате многолетнего применения медьсодержащих пестицидов (фунгицидов) в почве плодовых насаждений резко возрастает концентрация меди. Значительное количество меди, цинка и свинца содержится и в минеральных удобрениях (таблица 12).

Повышение содержания тяжелых металлов в почве приводит к угнетению жизненных функций и снижению продуктивности растений яблони (Дорошенко, 2000). Более того, в

разных областях России отмечается интенсивное накопление тяжелых металлов в плодах яблони (Ерин, 1994).

Таблица 12 – Содержание тяжелых металлов в минеральных удобрениях, мг/кг (по Державину)

Тяжелые металлы	Удобрения		
	азотные	фосфорные	калийные
Свинец	174,4	138,1	196,5
Медь	201,9	1555,1	186,4
Цинк	186,4	1230,1	182,3
Кадмий	1,3	2,6	0,6
Ртуть	0,4	4,6	0,7

Дело осложняется еще и тем, что высшие растения могут без каких-либо визуальных признаков содержать опасные для человека количества тяжелых металлов.

Нами установлен следующий характер распределения ионов Cu^{2+} в органах и тканях надземной части растений яблони при повышении содержания элемента в почве: ткани приростов прошлых лет > ткани приростов текущего года > листья > плоды. Причем наиболее резкое снижение концентрации меди отмечено на границе «листья-плоды» (Дорошенко, 2000). Сделано заключение о существовании у растений яблони «барьеров», препятствующих транспорту избытка элемента к жизненно важным органам и структурам. Установлено, что у ореха грецкого значительную роль играют «барьеры» на границах: экзо-, эндодерма и эндодерма-семя (Глуховский, Сергеев, Ежов, 1994).

К источникам загрязнения окружающей среды относятся и *пестициды*.

Особое место среди них занимают химические средства защиты плодовых растений от вредителей и болезней.

Следует упомянуть и о таком химическом агенте, как гербициды. Действие гербицидов на растение многогранно: в малых дозах они оказывают стимулирующее влияние (усиливается рост, плодоношение, накопление витаминов, белков), в

больших – усиливают дыхание и приводят к расстройством обмена веществ. Следует также иметь в виду, что все гербициды со временем распадаются, и продукты их распада, вступая в реакции с другими веществами, могут образовывать не безвредные соединения. Через растения гербициды и их производные включаются в пищевые цепи, которые могут доходить до человека.

Случаи злонамеренного и варварского применения гербицидов и дефолиантов (веществ, вызывающих сбрасывание листьев) с целью уничтожения растений имели место во время войны, проводившейся США во Вьетнаме. С 1961 г. в течение нескольких лет этими веществами было обработано более 2 млн га (20 %) лесов Южного Вьетнама, в результате чего погибли или необратимо пострадали огромные лесные массивы (главным образом, джунгли и манговые леса) (Горышина, 1979).

В настоящее время химизация сельского хозяйства достигла такого уровня, когда на каждого человека в среднем приходится более 1 кг пестицидов. Вместе с тем, как утверждают некоторые исследователи, многократное применение широкого спектра химических средств не приводит к адекватному увеличению урожайности сельскохозяйственных культур. Более того, значительная часть применяемых препаратов теряется в ущерб урожаю, загрязняя воздух, воду, и почву.

Интересна деталь. В хозяйствах центральной и черноморской зон Краснодарского края с 1970 г. не применяется хлорорганический препарат ДДТ. Однако до сих пор остатки этого соединения обнаруживаются в почве. Наличие ДДТ и его метаболитов в контроле свидетельствует о сохраняемости препаратов на протяжении многих лет. Уместно отметить также, что в 12 хозяйствах Краснодарского края на 96 % территории в почве обнаружены остатки пестицидов (Глуховский, Сергеев, Ежов, 1994). Очевидно, специалистам следует обратить на эти факты пристальное внимание.

Один из источников загрязнения окружающей *среды-удобрения*.

В данном случае ухудшение экологической ситуации может быть связано с потерями удобрений при транспортировке, производстве, а также с неправильным их хранением и применением.

Доказано, что избыточное внесение *азотных удобрений* приводит к негативным последствиям: накоплению значительных количеств *нитратов* в продукции, загрязнению ими природных водных источников, увеличению потерь и снижению экономической эффективности внесенного азота. Более того, нитриты образующиеся из нитратов, вызывают разрушение гемоглобина крови, обладают канцерогенным, мутагенным и эмбриотоксическим действием.

Уровень накопления нитратов в плодах определяется действием многих факторов, среди которых сорт (подвой), возраст растений, световой, тепловой и водный режимы, обеспеченность растительного организма другими элементами питания. Причем каждый из этих факторов может оказывать существенное влияние на концентрацию нитратов в органах и тканях растений. Например, при снижении освещенности содержание нитратов в растении может возрасть до 10 раз.

Элементы – загрязнители попадают в почву при использовании для орошения сточных вод, а также отходов промышленности и оказывают негативное влияние на растение. Говоря о косвенном изменении человеком природной среды обитания растений, нельзя не обсудить еще одного аспекта этой проблемы – возможных последствий радиоактивного загрязнения почвы, воды и воздуха. Естественными источниками ионизирующего (или, как его стали называть по имени одного из элементов, радиоактивного) излучения служат космическое излучение и излучение элементов *радионуклидов* (*радиоактивных веществ* – РВ): изотопов урана, радия, тория, калия (^{40}K) и продуктов их распада, а также природных изотопов некоторых других элементов. В последние десятилетия на земном шаре появились *РВ искусственного происхождения*. Их источники – радиоактивные отходы предприятий, атомных

электростанций, судовых и ракетных установок, научно-исследовательских и медицинских учреждений и др. При нарушении правил обращения с РВ и тем более при аварийных ситуациях возможно их проникновение в атмосферу, воду и почву. Радионуклиды перемещаются, накапливаются, проникают в биосферу и в биологические круговороты.

Наземная растительность – первый экран, задерживающий выпадающие из атмосферы радионуклиды. Другой источник поступления РВ в растения – поглощение их из почвы в случае проникновения РВ в почву из воздуха и при переносе их грунтовыми водами из мест захоронения радиоактивных отходов.

Поглощенные растениями радионуклиды сравнительно медленно выводятся из растительных тканей.

Действию ионизирующих излучений в наибольшей степени подвержен хромосомный аппарат ядра: при «остром» облучении (600–6000 p) происходит поломка хромосом, ведущая к нарушению управления обменом веществ и формообразовательных процессов. У растений очень чувствительны быстро делящиеся и наименее дифференцированные клетки верхушечных меристем, где под влиянием облучения нарушаются процессы митоза, останавливается деление. В результате в первую очередь отмирают верхушечные почки, что иногда приводит к усилению роста боковых побегов, ненормальному ветвлению (образованию «ведьминых метел») и уродливым формам роста. Нередко отмечается утолщение листьев, образование опухолей.

Более высокие дозы облучения вызывают замедление роста и развития, стерильность растений и, наконец, их гибель.

В небольших дозах (от десятков до нескольких сотен рентген) ионизирующая радиация оказывает на некоторые виды растений стимулирующее действие. Так, умеренное облучение деревьев увеличивает их прирост.

Необходимо отметить, что лиственные древесные породы довольно устойчивы к облучению, поскольку их кроны

задерживают меньше РВ (особенно в необлиственном состоянии), а значительная часть РВ удаляется при осеннем листопаде.

Еще менее чувствительны к радиационным воздействиям многие травянистые растения.

Результат действия радиоактивности на растения в большой степени зависит от общего экологического фона. Если облучение происходит на фоне сильной засухи, высокой температуры и прочих экстремальных влияний, то гибель растения возможна при дозах радиации, не достигающих летальных величин. Этим объясняется кажущееся уменьшение радиоустойчивости в природных условиях по сравнению с лабораторными опытами, где все остальные условия обычно близки к оптимуму.

Особого внимания заслуживает проблема накопления радионуклидов на поверхности и в теле растений до концентраций, вредных для человека, и включения их в цепи питания, ведущие к человеку (Горышина, 1979).

9.2 Охрана окружающей среды в плодоводстве

Экологическая охрана среды обитания, особенно среды производства ценной (питательной и лечебной) продукции плодовых культур, является по своей сути охраной здоровья и жизни людей. Совершенно очевидно, что решение этой сложной и ответственной задачи в первую очередь связано со снижением химического пресса, остро ощущаемого в различных отраслях сельского хозяйства, в том числе плодоводстве.

В этой связи необходим более тщательный подход к разработке рекомендаций по применению пестицидов, введение строжайшего контроля за содержанием этих соединений и продуктов их распада в сельскохозяйственной продукции.

В настоящее время уже доказана возможность снижения загрязнения окружающей среды пестицидами за счет внедрения устойчивых к болезням сортов (например, сортов яблони отечественной и зарубежной селекции Имрус, Аленушкино,

Слава победителям, Прима, Флорина и т. д.), а также постепенного увеличения доли биологических средств в защите садов от вредителей. В последние годы опубликованы серьезные учебники и методические рекомендации по биологической защите плодовых растений. Предложены, например, приемы максимального использования природных врагов вредных организмов, а также физиологически активные вещества природного происхождения (антибиотики) и др.

Мы полагаем, что работы в этом направлении будут способствовать получению стабильных и достаточно высоких урожаев экологически чистых плодов в различных регионах России.

В результате многолетних исследований нами установлено, что при правильном выборе доз минеральных (и особенно азотных) удобрений с учетом биологической потребности в них возделываемых привойно-подвойных комбинаций можно обеспечить не только охрану окружающей среды, но и получение высоких урожаев плодов хорошего качества.

В литературе последних лет отмечена необходимость поиска путей устранения угрозы загрязнения продукции сельского хозяйства вредными веществами. Наиболее перспективен с этой точки зрения подбор сортов и подвоев плодовых культур, обладающих повышенной устойчивостью к избытку тяжелых металлов (Косицын и др., 1983). По нашим данным, достаточно устойчивы к токсическому действию тяжелых металлов (например, меди) сорта яблони Зимнее МОСВИР, Ай-доред, Корей, привитые на подвое ММ106. Подвой ММ106 более устойчив к неблагоприятному фактору, чем М9 (Дорошенко, Кондратенко, 1998). Агротехнические приемы – известкование кислых почв, оптимизация минерального питания плодовых культур, внесение органических удобрений – также существенно снижают возможность поступления металлов в растения (Глуховский, Сергеев, Ежов, 1994).

Для предотвращения употребления в пищу плодов с избыточным количеством нитратов, тяжелых металлов, а также

с остаточным количеством пестицидов и продуктов их распада во многих странах, в том числе и в России, введены ограничения на содержание этих веществ.

Например, допустимый уровень содержания нитратов в яблоках и грушах – 60 мг/кг. На современном этапе важно организовать глобальный мониторинг, охватывающий весь спектр природных объектов; проводить дальнейшее изучение теоретических основ питания плодовых растений, гигиенических аспектов негативного действия загрязнителей. Это позволит своевременно и эффективно контролировать состояние окружающей среды.

Контрольные вопросы и задания для самопроверки

1. Перечислите основные экологические факторы, оказывающие влияние на плодовые растения?
2. Что такое лимитирующий фактор?
3. Какова роль света в жизни плодовых растений?
4. Назовите приемы регулирования светового режима растений и повышения использования энергии солнечной радиации в насаждениях.
5. Что такое зимостойкость, морозо- и жароустойкость плодовых растений?
6. Расскажите об особенностях подмерзания надземной части и корневой системы у плодовых деревьев.
7. Какова потребность плодовых растений в воде в разные возрастные периоды и фазы вегетации?
8. Как регулируют воздушный режим в насаждениях?
9. Как влияют физические и агрохимические свойства почвы на рост и плодоношение плодовых насаждений?
10. Расскажите о влиянии рельефа на жизнедеятельность плодовых растений.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Эффективность дальнейшего развития плодовоговодства во многом зависит от экологического предвидения специалистов, их умения увязывать вопросы технологии выращивания плодовых культур с задачами ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Рассмотрим более подробно возможные пути решения этой проблемы в отрасли.

ГЛАВА 1 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПЛОДОВЫХ ПОРОД

1.1 Пространство экологических факторов

Термин «пространство», как правило, употребляют для обозначения тех факторов или тех ресурсов, которые из этого пространства можно извлечь. Так, например, при программировании урожаев сельскохозяйственных культур на конкретных территориях учитывают различные экологические факторы – солнечную энергию, водный режим почв, режим питания и др. При этом необходимо оптимальное их сочетание, служащее основой для создания типовых моделей высокопродуктивных агрофитоценозов.

Пространство экологических факторов, в изложении В. В. Паракина (2000), условно имеет следующие классификационные подразделения: экотоп, биотоп, экологическая ниша, экотип. **Экотоп** (от гр. oikos – дом, жилище и topos – ме-

сто) – внешние, не относящиеся к биоценотической среде условия жизни. **Биотоп** (от греческого *bios* – жизнь, *topos* – место) – однородный в экологическом отношении участок, соответствующий отдельным частям биоценоза или ценоэкосистемы, являющийся местом обитания того или иного вида растений или животных. **Экологическая ниша** – это определенное место, занимаемое организмом и обусловленное его потребностью в питании, территории и функцией воспроизводства. Как бы ни были близки два вида по своей систематике, они всегда занимают разные экологические ниши. Термин **«среда обитания»** обозначает лишь пространство, где существует и распространяется определенный вид, тогда как термин «экологическая ниша» включает в себя ту функцию, которую выполняет вид в среде обитания.

Виды, занимающие экологические ниши в экосистемах разных континентов или областей, называются экологическими эквивалентами (например, в лесных экосистемах Евразии – черника обыкновенная, а на Дальнем Востоке и в Северной Америке ее эквивалент – черника овальнolistная).

Экотипы (от гр. *oikos* – дом, *typos* – тип) – это экологические расы и разновидности растений и животных, чаще всего, находящихся в пределах непрерывных рядов изменчивости (климатической, эдафической и ценотической). Исследования различных экотипов начаты еще в 30-х годах XX века. Большой вклад в их проведение внес Н. И. Вавилов. В результате его научной деятельности обоснованы экологическая классификация и районирование культурных растений. Выявлены закон помологических рядов в наследственной изменчивости и центры происхождения культурных видов и сортов.

Проблемы, поставленные Н. И. Вавиловым, не потеряли актуальности и для современных экологических исследований. В частности, целесообразно: проведение дальнейших географических испытаний для культурных растений; определение закономерностей, лежащих в основе сложных взаимо-

отношений между экотипами сельскохозяйственных растений и экологическими факторами.

Вызывает интерес и изучение устойчивости различных экотипов к загрязнению токсичными тяжелыми металлами (свинцом, цинком, медью и др.).

Показана необходимость дальнейших экспериментов в биотопах с различными антропогенными и географическими условиями для районирования сельскохозяйственных культур. Игнорирование же границ экологических возможностей приводит к серьезным просчетам и многомиллионным потерям. Этот тезис особенно актуален для плодоводства, объектом культуры которого являются многолетние растения, произрастающие на одном месте долгие годы.

1.2 Почвенно-климатическое районирование плодоводства

Основополагающий принцип почвенно-климатического районирования и рационального размещения пород, сортов, подвоев и их сочетаний состоит в соблюдении соответствия экологических факторов требованиям культивируемых растений.

С учетом важности этой проблемы в Российской Федерации проведены работы по научно обоснованному размещению промышленного садоводства (плодоводства) (Кашин, Косьякин, Одинцов, 1999).

В основу исследований были положены агробиологические требования плодовых и ягодных культур и экологические ресурсы территории (таблица 13). В результате на территории России выделено три региона:

1. Регион промышленного плодоводства, виноградарства и чаеводства.
2. Регион промышленного ягодоводства и ограниченного плодоводства.
3. Регион ягодных дикорастущих форм, культурного ягодоводства и рискованного плодоводства.

Таблица 13 – Агробиологические требования садовых растений к климатическим условиям (Кашин, Косякин, Одинцов, 1999)

Культура	Сумма активных температур (свыше 10 °С), °С	Продолжительность вегетационного периода с температурой выше 10 °С, сут	По-вреждающая температура (ниже 0 °С), °С	Сумма осадков за год, мм
1	2	3	4	5
Яблоня сортов Урала и Сибири:				
летних	1700	115	45	300–500
осенних	1900	130	42	
зимних	2100	140	40	
То же, высокозимостойких сортов:				
летних	1800	125	40	500–600
осенних	2000	140	37	
зимних	2200	150	35	
То же, среднезимостойких сортов:				
летних	2000	140	35	600–650
осенних	2200	155	32	
зимних	2400	165	30	
Груша среднерусских сортов:				
летних	2200	145	30	500–600
осенних	2400	160	27	
зимних	2600	180	25	
Вишня сортов:				
ранних	1400	110	39	300–400
поздних	1700	115	35	
Слива сортов:				
ранних	1800	130	35	300–400
поздних	2000	140	30	

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5
Абрикос	2600–2800	150–160	23–28	450–500
Черешня	2700–2900	160–200	25–30	500–600
Персик	3500–4000	210–230	15–17	800–900
Виноград сортов:				
очень ранних	2200–2400	110–120	24–26	400–500
ранних	2900–3200	130–140	22–24	400–500
средних	3000–3300	140–150	20–22	350–500
поздних	3300–3700	150–160	13–20	350–450
Земляника сортов:				
ранних	1660	100	10–15	600–700
поздних	1880	115		
Черная смородина сортов:				
ранних	1400	90	40–50	600–700
поздних	1600	105		
Красная и белая смородина сортов:				
ранних	1550	105	40–45	600–700
поздних	1750	120		
Малина сортов:				
ранних	1100	70	30	700–750
поздних	1200	75	37	
Крыжовник сортов:				
ранних	1500	95	30	400–500
поздних	1600	105	35	
Арония	1800	122	30–35	500–600
Облепиха	1900	130	40–50	700–750
Калина	1600	110	45–50	500–600
Актинидия	1700	115	40	500–600
Лещина	2600–2800	160–170	26	400–450
Грецкий орех	2800–3000	170–180	21	550–600
Миндаль	2600–2800	160–170	25	450–500
Яблони южных сортов	2600–3000	170–180	25–30	600–700
Цитрусовые и субтропические (инжир, хурма, лимон, апельсин)	4000–4500	230–250	12–16	800–900

Анализ данных (таблица 14) показывает, что **первый регион** имеет самые лучшие условия для развития промышленного садоводства. Здесь, в южном подрегионе (в основном Северный Кавказ и Черноморское побережье), абсолютный минимум (в среднем) не слишком низкий и колеблется от минус 11° до минус 30°, сумма температур свыше 10° достигает максимума 4000°, самый длительный безморозный период – до 288 дней в году, в отдельных микроразонах выпадает до 900 мм осадков и наивысшая сумма солнечной радиации. Почвы в основном черноземные и серые лесные. В этом подрегионе должны быть усилены работы по развитию чаеводства, а также производству цитрусовых культур. Внутри этого же региона находится и территория традиционного русского плодового садоводства – Центральная часть европейской России с оптимальными климатическими показателями для среднерусских сортов яблони, груши, вишни и сливы.

Пространства, охватывающие Поволжье, Южный Урал и Дальний Восток, характеризуются значительными морозами. И, хотя здесь достаточно термических ресурсов и солнечной радиации, на большей части территории не хватает осадков. В этом регионе должны создаваться товарные хозяйства по производству винограда, зимних яблок и черешни.

Второй регион занимает среднюю полосу России. Здесь абсолютный минимум значительно понижается от минус 29° до 60°, что создает угрозу частого вымерзания садов. Почти вдвое ниже сумма активных температур (900–2030°) и длительность безморозного периода (60–180 дней). Почвы преимущественно дерново-подзолистые. Однако почти в 1,5 раза повышается количество осадков, что создает возможность эффективно развивать промышленное ягодоводство.

В этом регионе должны создаваться товарные хозяйства по производству летне-осенних яблок, ягод земляники, смородины и малины.

Таблица 14 – Регионы садоводства России (Кашин, Косякин, Одинцов, 1999)

Области	Температурный режим		Продолжительность с.-х. периодов, дни		Годовая сумма осадков, мм	Сумма солнечной радиации, ккал/кв. см в год	Продолжительность солнечного сияния в году, часов
	Среднее из абсолютных минимумов	Сумма активных температур выше 10 °С	С температурой выше 10 °С	Безморозного периода			
1	2	3	4	5	6	7	8
1. РЕГИОН ПРОМЫШЛЕННОГО ПЛОДОВОДСТВА, ВИНОГРАДАРСТВА И ЧАЕВОДСТВА							
1. Южный подрегион плододства, виноградарства и чаеводства							
1. Дагестанская республика	11–18	2800–4000	147–206	200–247	350–570	122–125	1800–2000
2. Чеченская республика	18–20	1600–3400	125–180	132–190	600–700	122–125	1700–1800
3. Сев. Осетинская республика	20–21	1600–3400	125–180	132–190	700–900	115–117	1700–2000
4. Ингушская республика	18–20	1600–3400	125–180	132–190	600–700	122–125	1700–1800
5. Кабардино-Балкарская республика	21–22	1600–3400	125–180	132–190	500–700	115–117	1700–2000
6. Краснодарский край, в т. ч. Адыгейская республика	20–23	2800–4000 2800–4000	190–248	190–288 190–288	250–700 800–1410	115–120 115–120	1700–2000 1700–2100
7. Ставропольский край, в т. ч. Карачаево-Черкесская республика	22–30	1800–3600 1800–3600	125–185	100–200 100–200	200–800 300–400	115–120 115–120	1800–2100 1800–2100
9. Астраханская область	23–26	3200–3500	169–190	177–190	160–350	115–120	2100–2300
10. Республика Калмыкия	18–28	3000–3700	170–185	176–205	200–350	110–120	1800–2100

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8
11. Волгоградская область	28–30	2800–3200	154–167	161–177	300–425	110–117	2000–2250
12. Белгородская область	26–28	2400–2900	150–159	157–166	500–560	100–105	1800–1900
13. Воронежская область	27–30	2500–2980	148–165	150–164	470–510	100–105	1700–1800
14. Липецкая область	28–30	2200–2400	142–148	146–150	470–510	95–100	1700–1750
В СРЕДНЕМ	11–30	1600–4000	125–248	100–288	160–1410	95–125	1700–2250
2. Подрегион среднерусского плодоводства и ягодоводства							
1. Курская область	27–28	2400–2520	149–165	156–162	500–590	95–100	1700–1750
2. Тамбовская область	26–31	2380–2480	144–147	142–146	470–510	90–100	1735–1770
3. Орловская область	29–30	2268–2390	137–144	146–148	522–600	90–100	1666–1700
4. Тульская область	31–32	2100–2360	138–146	135–140	550–600	90–100	1660–1700
5. Брянская область	28–31	2130–2350	140–146	142–157	590–600	92–97	1560–1600
6. Смоленская область	29–31	1900–2180	129–143	120–145	640–720	90–95	1500–1600
7. Калужская область	30–32	2020–2070	138–146	135–145	660–680	87–93	1650–1670
8. Рязанская область	31–32	2150–2350	138–145	135–150	530–620	90–93	1660–1700
9. Владимирская область	32–33	2060–2170	133–138	130–135	580–610	85–90	1600–1650
10. Московская область	32–35	1880–2100	128–135	125–135	540–620	85–95	1600–1660
11. Псковская область	29–33	1910–1980	127–133	120–155	610–660	80–85	1500
В среднем	26–35	1880–2520	127–165	120–162	500–720	80–100	1500–1735

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8
3. Поволжский подрегион морозостойкого плодоводства							
1. Саратовская область	29–34	2300–2900	143–162	130–160	280–450	103–107	1780–2250
2. Куйбышевская область	32–35	2300–2500	140–148	128–150	350–430	95–99	1850–1900
3. Пензенская область	32–33	2200–2380	140–146	136–147	360–490	90–100	1760–1800
4. Ульяновская область	30–34	2200–2400	138–145	129–147	410–480	95–99	1800–1850
5. Мордовская республика	32–34	2200–2350	138–143	144–146	520–550	95–99	1750–1780
6. Республика Татарстан	32–38	2100–2200	132–141	112–150	380–440	90–95	1830–1850
7. Чувашская республика	34–37	2100–2280	138–140	135–145	540–570	90–95	1750–1780
8. Республика Марий-Эл	35–37	1990–2260	128–138	122–135	540–570	88–92	1700–1800
9. Нижегородская область	33–35	2020–2200	126–134	131–144	450–550	88–92	1700–1750
В среднем	29–38	1990–2900	126–162	112–160	280–570	88–107	1700–2250
4. Южноуральский подрегион морозо- и засухоустойчивого плодоводства и ягодоводства							
1. Оренбургская область	34–38	2350–2680	139–149	109–147	370–400	100–110	1800–2200
2. Республика Башкортостан	34–38	2200–2230	138–139	133–144	450–580	100–110	1800–2100
3. Челябинская область	36–40	1000–2300	90–131	105–124	360–450	100–110	1800–2100
В среднем	34–40	1000–2680	90–149	105–147	360–580	100–110	1800–2200

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8
5. Дальневосточный подрегион плодводства, ягодоводства и виноградарства							
1. Приморский край	30–50	1300–2200	90–140	135–180	600–1000	100–120	2000–2200
2. Амурская область	45–60	1200–2600	90–120	60–120	400–700	90–100	1900–2300
3. Хабаровский край, в т. ч. Еврейская АО	30–60	1600–2600	30–130	105–120	500–1000	85–100	1800–2300
В среднем	30–60	1200–2600	30–140	60–180	400–1000	85–120	1800–2300
Калининградская область	20–22	2230–2320	147–148	165–180	690–780	90–100	1500–1800
Сахалинская область	30–50	1200–1600	70–120	100–150	400–1000	90–100	1300–1800
II. РЕГИОН ПРОМЫШЛЕННОГО ЯГОДОВОДСТВА И ОГРАНИЧЕННОГО ПЛОДОВОДСТВА							
1. Северный подрегион ягодоводства и ограниченного плодводства							
1. Кировская область	39–40	1600–1800	108–116	97–112	510–680	82–87	1550–1600
2. Тверская область	32–34	1850–1900	126–130	120–137	640–780	82–87	1600–1650
3. Ивановская область	34–35	1850–2030	120–130	123–130	600–660	82–87	1500–1700
4. Ярославская область	33–34	1730–2000	118–127	120–125	690–710	82–87	1600
5. Костромская область	34–38	1640–1910	111–125	115–134	590–660	82–87	1600
6. Новгородская область	31–32	1730–1960	119–132	112–137	610–710	82–85	1500
7. Вологодская область	34–40	1530–1700	110–116	107–116	570–610	82–85	1500–1600

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8
8. Ленинградская область	29–32	1450–1870	104–123	113–140	620–680	80–85	1500–1600
В среднем	29–40	1450–2030	104–132	97–140	510–780	80–87	1500–1700
2. Уральский подрегион ягодоводства и морозоустойчивого плодоводства							
1. Курганская область	–	1900–2000	130	97–105	300–400	90–95	1800–2000
2. Свердловская область	37–46	900–1844	80–121	60–121	450–590	85–90	1500–1800
3. Пермская область	38–42	1000–1940	104–124	80–118	620–720	82–85	1600–1700
4. Удмуртская республика	36–40	1790–1980	116–126	105–125	510–600	82–85	1600–1700
В среднем	36–46	900–2000	80–130	60–125	450–720	82–95	1500–2000
3. Западно-Сибирский подрегион морозо- и засухоустойчивого ягодоводства и плодоводства							
1. Алтайский край в т. ч. Горно-Алтайская АО	50–52 40–60	1600–2000 1600–2000	120–140 30–120	90–105 90–105	350–500 200–600	100–120 87–100	1900–2300 1700–1800
2. Омская область	50–52	1600–2000	115–130	90–120	300–400	87–100	1700–1800
3. Новосибирская область	50–52	1800–1935	117–130	90–108	350–400	90–99	1800–2100
4. Кемеровская область	45–55	1600–1800	100–118	90–105	400–600	90–99	1700–1900
5. Томская область	55–60	1500–1800	110–120	97–105	400–500	82–87	1600–1700
6. Тюменская область	50–52	1600–1900	115–125	98–105	350–400	85–90	1700–1800
В СРЕДНЕМ	40–60	1500–2000	30–140	90–120	200–600	82–120	1600–2300

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8
III. РЕГИОН ДИКORAСТУЩИХ ЯГОДНЫХ ФОРМ, КУЛЬТУРНОГО ЯГОДОВОДСТВА И РИСКВАННОГО ПЛОДОВОДСТВА							
1. Северный подрегион дикорастущих ягодных форм, культурного ягодоводства и рискованного плодководства							
1. Республика Коми	40–46	871–1480	69–102	60–105	470–570	70–80	1200–1500
2. Архангельская область	30–45	275–1480	26–104	80–106	480–630	70–80	1300–1600
3. Республика Карелия	30–40	1030–1570	77–110	77–100	530–640	70–80	1500–1600
4. Мурманская область	28–34	720–970	62–75	75–125	450–550	67–70	1300–1500
В СРЕДНЕМ	28–46	275–1570	26–110	60–125	450–640	67–80	1200–1600
2. Средне-Сибирский подрегион дикорастущих ягодных форм и рискованного ягодоводства							
1. Республика Тува	45–55	1200	30–130	60–90	200–600	100–115	1900–2200
2. Республика Бурятия	40–55	900–1600	30–110	60–90	250–800	87–110	2000–2400
3. Иркутская область	45–60	800–1200	90–110	90	300–350	95–100	1700–2200
4. Читинская область	55–60	1200–1600	30–100	90	350–500	90–110	1900–2400
5. Красноярский край в т. ч. республика Хакасия	55–65 45–50	200–1600 1400	10–130 60–100	60–90 90	250–800 500–800	65–100 65–100	1200–2200 1700
6. Республика Саха (Якутия)	60–65	200–1000	10–90	60–90	150–500	70–85	1200–2000
В СРЕДНЕМ	40–65	200–1600	10–130	60–90	150–800	65–115	1200–2400

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8
3. Северо-Восточный подрегион дикорастущих ягодных форм							
1. Магаданская область	50–65	400–860	30–60	60–90	300–1000	77–80	1500–1800
2. Камчатская область	25–55	400–800	30–80	60–120	350–1200	77–80	900–1600
3. Чукотский округ В СРЕДНЕМ	25–65	400–860	30–80	60–120	300–1200	77–80	900–1800

Третий регион характеризуется очень сильными морозами – до 65°, низкой суммой температур – 200–1600°, небольшой длительностью безморозного периода – 60–125 дней, переувлажнением почв из-за недостаточного испарения и низким уровнем солнечной радиации. Преобладающие почвы – подзолистые и лесотундровые. Здесь необходимо широко заниматься окультуриванием ягодных дикорастущих форм. Продвижению в эту географическую полосу плодовых культур препятствуют сильные морозы, недостаток тепла, мало-пригодные почвы, что потребует проведения большой научно-исследовательской и практической работы. В этом регионе могут быть созданы хозяйства по заготовке и сбору дикорастущих ягод, грибов и др.

В целом же результат действия экологических факторов в садовых экосистемах непосредственно проявляется в уровне эффективности хозяйственной деятельности человека. И надо отметить, что экономические показатели убедительно подтверждают правомерность выделения обозначенных регионов и подрегионов в них. Следует подчеркнуть, что экологический подход в плодоводстве предполагает более детальное районирование соответствующих территорий. Так, внутри регионов определяют подрегионы, а на территории подрегионов выделяют зоны (микрзоны), наиболее пригодные для возделывания семечковых, косточковых, ягодных и других плодовых культур.

Например, Азово-Кубанская равнина в пределах Краснодарского края представлена двумя зонами садоводства: степной и прикубанской. Кубанскому Кавказу в пределах края и Республике Адыгея соответствует предгорная зона, а Черноморскому Кавказу – черноморская зона садоводства. Эти зоны подразделяются на соответствующие подзоны.

Дагестан подразделяется на три зоны садоводства: равнинную, предгорную и горную, которые, в свою очередь, состоят из 10 подзон. Обоснованы и выделены зоны и подзоны

садоводства в Ставропольском крае, Ростовской области, республиках Северного Кавказа.

Разработано районирование и для садоводства обширной территории Западного Кавказа (предгорная и горная часть Краснодарского и Ставропольского краев, Республики Адыгеи и Карачаево-Черкессии).

Теоретической предпосылкой районирования плодородства на Западном Кавказе явилась закономерность физико-географической дифференциации территории региона по высотным зонам. Анализ и систематизация материалов оригинальных экологических исследований и литературных данных по геоботаническому и лесотипологическому районированию Западного Кавказа, базирующихся на экологической классификационной основе, а также данные геоморфологического районирования позволили выделить на этой территории четыре вертикальные садоводческие зоны, а именно: предгорную, центрально-предгорную, среднегорную и высокогорную. Границы предгорного плодородства совмещены с линией, разделяющей предгорные и равнинные районы Предкавказья.

Черноморское побережье Краснодарского края от Тамани до р. Псоу по своим орографическим и экологическим особенностям во многом своеобразно и по существу является отдельной зоной садоводства. Это высшие таксономические единицы в системе районирования плодородства Западного Кавказа.

Выделение в пределах соответствующих высотных зон районов плодородства представляется дальнейшим этапом районирования горной территории.

Оно учитывает долготную изменчивость природного комплекса Западного Кавказа и его влияние на плодовые культуры. Обнаружить территориальные различия в пределах зон позволяет анализ данных о реакции теплолюбивых растений на условия среды соответствующей части вертикального пояса. Эколого-географический анализ делает возможным выявить различия несмотря на близкие условия среды. Такой подход,

безусловно, является системным, ибо позволяет выбрать из обширного арсенала знаний результаты, которые в большей мере отвечают задачам районирования плодоводства. Дробное подразделение будет способствовать максимальному использованию природных ресурсов территории, даст возможность решить вопросы, связанные с улучшением условий среды обитания, дифференцировать способы возделывания плодовых растений на склонах в связи с проявляющейся водной эрозией, разработать систему мероприятий по получению устойчивых урожаев. Практика и опыт других стран и областей говорят о значительной эффективности такого районирования.

Исходя из положений Н. И. Вавилова (1940), за район плодоводства была принята часть соответствующей вертикальной зоны, имеющая одинаковую экологическую обстановку, которая обуславливает возможность промышленной культуры определенных видов плодовых растений. Для установления границ районов плодоводства (их выделено 20) использованы материалы экологических исследований. Литературные данные о распределении естественной растительности, которая, в известной степени, является интегральным показателем характерных климатических и почвенных особенностей; учтены и другие признаки (Семенов, 1987).

В таблице 15 приведена обобщенная характеристика зон плодоводства Западного Кавказа, а на рисунке 19 представлена схема этих зон.

Обозначения к схеме следующие:

I-предгорная зона: Ia – Крымско-Абинский; Ib – Ильско-Ключевский и Iv – Пшехско-Майкопский районы плодоводства.

II – центральная предгорная зона: IIa – Лабинский; IIб – Отрадненско-Черкесский и IIв – Минераловодский районы плодоводства.

III – среднегорная зона: IIIa – Псекупско-Курджипский; IIIб – Каменноостко-Хамкетинский; IIIв – Псебайско-Преградненский; IIIг – Зеленчукско-Карачаевский; IIIд – Кисловодский районы плодоводства.

Таблица 15 – Зоны плодводства Западного Кавказа и их характеристика (по Семенову)

Зоны	Кол-во районов	Интервал высот, м над уровнем моря	Средняя годовая температура воздуха, °С	Средняя из минимальных температур, °С	Суммы среднесуточных температур, °С	Годовое количество осадков, мм
Предгорная	3	50–400	10,5	–22, –25	3350–3600	628–911
Центрально-предгорная	3	250/300–600/650/	9,0–10,5	–20, –24	2800–3200	450–560
Среднегорная	5	300–1000	8,5–9,9	–21, –24	2500–3000	725–1660
Высокогорная	4	900–1750	4,3–6,6	–25, –29,9	1500–1950	433–1350
Горно-Черноморская	5	10–600	12,0–14,0	–6, –16	3700–4500	417–1676



Рисунок 19 – Схема зон и районов плодводства Западного Кавказа (по Семенову)

IV – высокогорная зона: IVа – Лабинско-Зеленчукский; IVб – Тебердинский; IVв – Верхне-Кубанский; IVг – Подкумский районы плодородства.

V – горно-черноморская зона плодородства: Va – Анапо-Геленджикский; Vб – горно-долинный; Vв – Туапсинский; Vг – субтропический; Vд – среднегорный (Солох-Аул-Красная Поляна-Аибга) районы.

По данным Н. И. Семенова (1987), яблоню можно культивировать во всех указанных районах плодородства, но для лучших ее зимних сортов наиболее подходящие условия районов Ib, Vб, южной части Iv, а также районы плодородства среднегорной зоны.

В высокогорной зоне плодородства возможно производство высококачественных плодов осенних сортов яблони. Показано, что промышленную культуру груши осеннего и зимнего сроков потребления целесообразно сосредоточить в тех районах, что и сортов яблони зимнего срока потребления. Для летних сортов этого вида перспективны условия и других районов (но не высокогорная зона).

В высокогорной зоне плодородства возможно производство высококачественных плодов осенних сортов яблони. Показано, что промышленную культуру груши осеннего и зимнего сроков потребления целесообразно сосредоточить в тех районах, что и сортов яблони зимнего срока потребления. Для летних сортов этого вида перспективны условия и других районов (но не высокогорная зона).

Культура сливы возможна в районах плодородства предгорных зон (кроме I в), а культура вишни – в IIб и IIд районах. Промышленную культуру черешни следует создавать в Ia, Va, Vб районах и в определенных местоположениях IIа и IIв районов. Промышленная культура персика перспективна и рентабельна в районах Ia, Va, Vб, Vв, Vг, а также на определенных местоположениях Ib, Iv, IIд, IIб, IIв и в северной части IIIб и IIIа районов. Ограниченные насаждения абрикоса экономически целесообразны лишь на благоприятных для его культуры

формах рельефа Шб, Шв, Шг, Шд районов. Производство ореха грецкого перспективно в Ib, IIIa, Vв, Vг, Vд районах, а также в среднегорной зоне плодоводства. Весьма благоприятны для промышленной культуры земляники, малины и черной смородины условия среднегорной и высокогорной зон плодоводства.

Плодоводческий район предложено рассматривать как низшую таксономическую единицу. В такой район могут быть выделены сочетания природно-территориальных комплексов, объединенных понятием «ландшафтная сфера». Ландшафтное земледелие (плодоводство) с современных позиций должно играть главную роль в решении экологической проблемы в сельском хозяйстве. **Ландшафтное плодоводство** – это абсолютная дифференцированность и максимально возможная его технологичность, направленная на решение двуединой задачи современного плодоводства России: создание гармонии с природой и не во вред ей.

Обычно в пределах каждой зоны на нижней и средней частях склонов размещают морозоустойчивые, влаголюбивые породы (яблоня, груша, слива, айва и др.), а в средней и верхней частях склонов – тепло- и светолюбивые породы.

Определено, что лучшими являются склоны крутизной 3–10°, а для более засухоустойчивых пород – террасированные, крутизной 10–18°. Кроме склонов и горных долин, для плодовых и ягодных насаждений благоприятны также широкие долины крупных рек, вторая и третья террасы.

При выборе экспозиции склона учитывают местные особенности, требования пород, сортов и типов подвоев. Так, в предгорье и нижнем поясе гор Северного Кавказа (до 400–500 м над уровнем моря) растения семечковых и косточковых пород (слива) лучше приживаются и плодоносят на более влажных северных и северо-западных склонах. На Западном Урале наиболее благоприятны (заветренные) склоны восточной ориентации. Сады и ягодники в этих условиях меньше страдают от юго-западных и северо-западных ветров (Куренной, Колтунов, Черепяхин, 1985; Черепяхин, Бабук, Карпенчук, 1991).

В настоящее время обозначились новые современные подходы к решению задачи оптимального размещения плодовых насаждений в России. В частности, разработаны математические модели комплексной оценки территории и связи параметров продуктивности сортов плодовых культур с лимитирующими факторами (Драгавцева, Лопатина, 2001; Кашин, 2001). Предложены также оригинальные методики определения по физиологическим показателям степени соответствия в системе «генотип – среда», используемые при подборе перспективных сортов (сорто-подвойных комбинаций) для многолетних насаждений различных зон садоводства. Например, хорошо приспособлены к природным условиям прикубанской зоны садоводства интродуцированные сорта яблони Прима, Ламбурне, Голден Делишес, Флорина на подвое М9.

Таким образом, на современном этапе уже обоснованы важные составляющие единой системы формирования устойчиво функционирующих садовых экосистем, обеспечивающих максимальную реализацию биологического потенциала растений.

ГЛАВА 2

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕДЕНИЯ ПЛОДОВОДСТВА И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Анализ динамики развития отечественного плодоводства показал, что его пик приходится на 60-е годы, когда были заложены десятки тысяч гектаров садов, главным образом, в общественном секторе. Однако с 1965 г. расширение площадей плодовых насаждений постепенно прекращается, а отрасль развивается на интенсивной основе; создаются сады с уплотненным размещением деревьев, привитых на клоновых подвоях; выделяются достаточно большие средства на завоз зарубежных сортов, химических средств защиты, обеспечение хозяйств техникой и удобрениями. При этом производство плодов в основном концентрируется в специализированных хозяйствах. Отмечено, например, что период высокоинтенсивного развития плодоводства в сельскохозяйственных предприятиях Краснодарского края (южная зона садоводства Российской Федерации) приходится на 1976–1985 гг. (Кашин, 1995; Егоров, 1998; 2013).

Индустриальный подход к развитию отрасли несомненно способствовал увеличению урожайности плодовых насаждений и существенному наращиванию производства плодов.

Необходимо отметить, что интенсивные сады многих плодовых культур (насаждения с высокой плотностью размещения деревьев, приспособленные для ухода с земли, скороплодные и имеющие относительно короткий срок хозяйственного использования) создавали в различных странах мира и обеспечивали при этом достаточную экономическую эффективность. В развивающихся странах, особенно в Мексике и Индии, «зеленая революция» также внесла важнейшие изменения в судьбы народов (Раскатов, 2000).

В этой связи нелишне вспомнить, что еще во второй половине XVIII – начале XIX вв. основоположники научной аг-

рономии А. Т. Болотов и А. Тэр главной целью сельского хозяйства считали не только достижения высокой урожайности, но и получение возможно большей прибыли. При этом авторы рациональной системы ведения сельского хозяйства исходили из того, что высокие экономические показатели могут быть достигнуты лишь в том случае, если сельскохозяйственное производство базируется на широком использовании достижений как агрономических, так и естественных наук.

Однако научная обоснованность и экономическая целесообразность, положенные в основу рационального ведения сельского хозяйства А. Т. Болотовым в России и А. Тэром в Германии, к концу XIX – началу XX вв. были заменены односторонней ориентацией на конъюнктурные требования рынка и результаты только прикладных исследований. Открывшиеся возможности значительного повышения урожайности сельскохозяйственных культур за счет применения техники, минеральных удобрений и пестицидов, а также возросший спрос на продукты сельского хозяйства в условиях нарастающей промышленной революции на долгий период предопределили приоритет техногенных факторов в интенсификации земледелия.

Негативные последствия такого одностороннего подхода широко известны. К числу наиболее важных из них относятся:

- снижение устойчивости многих интенсивных сортов к абиотическим стрессам, повлекшее за собой высокую зависимость величины и качества урожая от «капризов» погоды;

- массовое поражение генетически однородных сортов болезнями и вредителями;

- ухудшение качества продукции, в том числе снижение содержания биологически ценных веществ;

- возросшая зависимость агроэкосистем от применения удобрений, пестицидов, мелиорантов и других техногенных средств;

- разрушение и загрязнение окружающей среды и т. д. (Жученко, 1994)

К этому следует добавить, что современные процессы интенсификации характеризуются весьма высокой энерго- и ресурсоемкостью. Например, повышение урожайности с 2 до 4 т/га обуславливает десятикратное увеличение затрат энергии. Между тем существует природно – обусловленный предел допустимого привнесения в агроэкосистемы искусственной энергии, да и возможности наращивания ее производства не безграничны (Черников, 2000).

Причем, если ресурсо-энергорасточительность и антропогенная деградация природной среды в странах Западной Европы и США связаны с ориентацией на достижение экономической выгоды любой «ценой» (переход к монокультуре, использование высоких доз минеральных удобрений и пестицидов), то попытки реализовать на этих же условиях плановые показатели валового производства сельскохозяйственной продукции в государствах с чрезмерно централизованной системой планирования привели к еще худшим экологическим и экономическим результатам (Жученко, 1994).

Очевидно, невозможно регулировать экономическую эффективность в сфере агропроизводства без учета экологического фактора.

Например, необходимы затраты на сохранение почвенного плодородия, предотвращение загрязнения окружающей природной среды. Они требуются также для производства экологически чистой продукции, компенсации потерь в случае получения продуктов, не отвечающих нормативам.

Многочисленные факты негативных последствий, обусловленных сугубо технократическим подходом к интенсификации, стимулировали интерес к так называемому **«биологическому земледелию»** (тождественные или близкие к нему понятия «альтернативное», «неортодоксальное», «природное» и т. п.). Свидетельством этому являются научные конференции, появление специальных журналов, создание международного центра биологического земледелия и др.

Основа альтернативного (биологического) земледелия – сокращение до разумного минимума внешнего антропогенно-

го воздействия на агроэкосистему, создание максимума благоприятных предпосылок для полноценного использования ее собственного биопотенциала.

Цель альтернативного (биологического) земледелия можно свести к следующему: сохранение и повышение плодородия почвы; защита окружающей природной среды; активизация круговоротов веществ и переноса энергии в агроэкосистемах; снижение материало- и энергоемкости получаемой продукции; улучшение качества производимой продукции; производство гарантированного количества продукции; обеспечение устойчивости агроэкосистем (Раскатов, 2000). При этом подразумевается, в частности:

- биологическое рыхление и оструктурирование почвы взамен технико-механического;

- биологический перевод азота воздуха в органические азотосодержащие соединения и отказ от синтетических продуктов (аммония, нитратов, мочевины, цианамиды);

- биологическая борьба с сорняками путем лишения их природных факторов роста (вода, свет, кислород) или подавления корневыми экссудатами других растений вместо использования синтезированных гербицидов;

- биологическая борьба с возбудителями грибных и бактериальных болезней путем правильного чередования культур в севообороте, целенаправленного внесения органических удобрений, сокращения площадей под восприимчивыми культурами в конкретных регионах или селекции на устойчивость, а не обработка посевов химическими бактерицидами или фунгицидами;

- биологическая борьба с вредителями за счет использования вышеупомянутых способов и активизации полезных организмов (хищников, паразитов) вместо применения инсектицидов или нематодов (Кант, 1988).

В ряде западных стран альтернативное земледелие получило название «сельское хозяйство выживания». В 1972 г. в Версале (Франция) была создана Международная организация

органического земледелия (IFOAM). В нее вошли, в частности ассоциации и объединения по экологически чистому плодоводству, организованные более чем в 30 странах мира. В рамках Международной организации разработаны правила и рекомендации по выращиванию биологически полноценных плодов и ягод. Чтобы отказаться от применения пестицидов, плодоводам рекомендуется в первую очередь перейти к выращиванию устойчивых сортов плодовых и ягодных растений. Необходимо также соблюдать севообороты (особенно при выращивании земляники), исключить применение минеральных азотных удобрений. Фермеры, выращивающие биологически полноценные плоды и ягоды, для их реализации по более высоким ценам должны состоять членами официально признанных государственными органами Союзов и Объединений и получать от этих организаций специальные сертификаты, подтверждающие биологическую полноценность плодов и ягод. В Германии такие продукты реализуются под товарными марками «Биоленд» и «Деметер» (Ortlieb, 1988).

В августе 1990 г. в Будапеште состоялось Генеральное собрание IFOAM, на котором было принято решение довести мировое производство экологически безопасных продуктов до 10–20 % общего объема рыночного потенциала.

О развитии альтернативного земледелия в разных странах можно судить по материалам IFOAM.

Страна	Площадь, млн га
Канада	1,0
Уругвай	1,1
Германия	1,6
Италия	1,7
Испания	1,8
Китай	1,9
Аргентина	3,3
Австралия	12
Франция	1,5
США	2,1

Самый крупный органический рынок в США, в 2008 г. по объемам продаж он достиг 22,9 млрд долл. США. Канада также является важным рынком органической продукции, объем продаж которого в 2008 г. достиг 2,4 млрд долл. США. Для поддержки развития органического сельского хозяйства создана здесь Ассоциация производителей натуральной продукции (Organic Farmers Marketing Association), которая объединяет 850 членов (производители, торговцы, сертифицирующие организации, грузоотправители и др.) США, Канады и Мексики.

Комиссия ЕС разрабатывает и обсуждает законодательные проекты, направленные на защиту альтернативного земледелия, поскольку более высокие цены на экологически чистую продукцию спровоцировали мошенничество с сертификатами.

Законодательное регулирование альтернативного земледелия осуществляют в Австрии, Германии, Дании, Испании и Франции.

Заслуживает также внимания и опыт производства органической плодовой продукции (абрикос, фундук, инжир, калина и др.) в Турции.

Производство в Турции нацелено на получение экологически безопасных свежих и замороженных фруктов, а также плодовых концентрированных соков, реализуемых в гипермаркетах и экспортируемых зарубеж, преимущественно в страны ЕС.

Италия лидирует среди стран Европы по общей площади органических сельскохозяйственных угодий (1,1 млн га). Более 65 % органических ферм Италии расположены в Южных областях, которые занимают 41 % территории страны и где проживает 37 % населения. Четверть органических земель используются под кормовые травы, 20 % – под зерновые культуры, 15 % – плодовые культуры, оливы, виноградники. Большая часть зерновых выращивается на севере и в центре страны. Садоводство и овощеводство более развиты на юге страны.

Испания находится на втором месте по общей площади органических сельскохозяйственных угодий в Европе (почти 1 млн га). Первые небольшие органические фермы появились в стране в конце 1970-х гг. Фермеры заключали контракты на поставку этой продукции во Францию, Германию и Великобританию. Однако основным импульсом для резкого развития органических хозяйств стало принятие в 1995 г. (в некоторых регионах в 1997 г.) законов относительно органического сельского хозяйства и, главное, выделение специальных субсидий. В результате площадь органических земель с 1995 г. по 2002 г. увеличилась почти в 30 раз. Основная часть органических земель Испании находится на юго-западе страны в автономных областях Андалусия (34 % от общей площади органических сельскохозяйственных угодий в стране), Эстремадура (25 %) и Арагон (около 10 %). Максимальные темпы роста площади органических сельскохозяйственных угодий характерны для северных автономных областей: Наварра, Кантарбия, Каталония, Галисия.

Германия – одна из первых стран, где появилось органическое сельское хозяйство. В настоящее время она занимает 9-е место в мире и 3-е место в Европе по площади органических сельскохозяйственных угодий – 1044 тыс. га, что составляет более 4 % от всех фермерских хозяйств. Основная часть земель приходится на посевы кормовых культур, бобовых растений, овощеводство и садоводство (рисунок 20). Во всех немецких землях доля площади земель органического сельского хозяйства – выше 2 %, а максимума она достигает в таких землях как Бранденбург (9 %), Мекленбург-Передняя Померания (8 %) и Гессен (7,4 %).

Германия занимает первое место среди стран ЕС (и второе в мире после США) по товарообороту экологически чистых продуктов и третье – по числу экологических хозяйств – в 2011 г. их насчитывалось 23003. Площадь, отведенная под органическое земледелие, превысила 1 млн га. В странах ЕС рентабельность органического сельского хозяйства во многом обеспечивается за счет государственной поддержки.



Рисунок 20 – Пример органического сада (Равенсбург, Германия)

В Германии фермеры, занимающиеся производством органической продукции, получают помощь сразу из двух источников – от Евросоюза и своей Федеральной земли, размер ее составляет 200–400 евро в расчете на 1 га сельхозугодий. Субсидии и дотации со стороны государства достигают 40 % в структуре дохода органических фермеров.

В земле Баден-Вюртемберг финансовая поддержка хозяйствам, которые находятся в стадии перехода к системе органического земледелия (от одного до пяти лет), а также перешедшим на эту систему, оказывается с 1996 г.

Дотации для производителей экологически чистой плодовой продукции одни из самых высоких в Германии –

700 евро/га. Серьезный источник помощи для многих фермеров – средства, предназначенные для сохранения существующих (имеющихся) в обороте земель под органическим земледелием и не допущения возврата их в традиционное сельское хозяйство.

Большинство экологически «чистых» хозяйств состоят в экологических союзах. Это позволяет им проходить сертификацию и маркировать продукцию в соответствии со знаком принадлежности к союзу, земле, государству. В Германии экологические продукты маркируются государственной биопечатью и печатью соответствующей земли. В 2011 г. 3521 предприятие маркировало свою продукцию биопечатью. Это позволяет им подтверждать качество продукции на государственном и региональном уровнях, тем самым повышая конкурентоспособность и укрепляя доверие потребителей к своему бренду. В свою очередь, экологические союзы осуществляют контроль и мониторинг качества продукции.

Все больше внимания альтернативному земледелию уделяют и в России. Основным пропагандистом альтернативного сельского хозяйства призвана стать ассоциация фермеров России АЛЬТАГРО при поддержке IFOAM. Надо отдать должное: исторически российское земледелие (садоводство) было экологичным. Достаточно вспомнить старые небольшие сады адыгов (Западный Кавказ), в которых размещались «по 2–3 дерева каждой породы» (Тхагушев, 1948). Это говорит о том, что моносортных насаждений у них не было. Последнее, возможно, обеспечивало активизацию хищных организмов и максимальное равновесие в экосистеме «сад». Стимулированию жизнедеятельности полезной многообразной фауны в садах адыгов (насекомых, жуков, пауков, птиц и т. д.) служила богатая по своему составу флора в местах произрастания плодовых растений. Очевидно, имеются объективные предпосылки для возрождения традиционных элементов садоводства на экологической основе.

В настоящее время в России уже есть примеры успешного длительного использования принципов альтернативного земледелия. Правда, они касаются в основном зерновых культур.

Определенную работу по усилению экологической направленности плодородства проводят сотрудники Кубанского государственного аграрного университета. Ими разработаны и внедрены в практику элементы технологии возделывания яблони с ограниченным применением (или даже полным исключением азотных) минеральных удобрений и без пестицидов. В учхозе университета заложен сад, где реализуются эти идеи.

В целом же доля хозяйств, работающих по альтернативным технологиям, пока не превышает 1–2 % общего их числа, а вклад в общую продукцию сельского хозяйства весьма и весьма незначителен.

Альтернативное земледелие развивается в следующих направлениях: органическое, биодинамическое, органобиологическое и др.

Органическое земледелие. При ведении его исключается или существенно сокращается применение минеральных удобрений и пестицидов. Широко распространено в США. Приемы органического земледелия обеспечивают рациональное использование природных ресурсов, эффективное применение природной энергии при выращивании сельскохозяйственных культур, в том числе и яблони. Однако при этом увеличиваются трудовые затраты (на 12–20 %), снижается производительность труда (на 22–45 %), возможно уменьшение урожайности насаждений.

В органическом земледелии США обычным для севооборотов является чередование бобовых культур с культурами, характеризующимися высокой потребностью в азоте. Почву обрабатывают без оборота пласта (дискование, щелевание и т. п.), борьбу с сорняками ведут как с помощью культур, представленных в севообороте, так и покровных культур в междурядьях. От насекомых растения защищают энтомофаги

(златоглазка, хищные клещи), а также биопрепараты. Хорошо зарекомендовали себя инсектициды растительного происхождения, а также специальные ловушки с аттрактантами для чешуекрылых. А против болезней – растительные составы и слаботороксичные препараты. В органическом земледелии минеральные азотные удобрения заменяют высококачественными органическими (навозом, компостом, зелеными удобрениями).

Считают, что полную отдачу от органического удобрения можно получить, если его применять в биологически благоприятное время, а форма удобрения максимально способствует наилучшему усвоению питательных веществ агроэкосистемой (Раскатов, 2000).

В этой связи, безусловно, заслуживает внимания опыт зарубежных плодоводов. Так, в садах северной Италии (долина Вол Веноста) уже в 2001 г. получено 2000 т (около 5 % валового сбора) плодов яблони, выращенной по органическим технологиям при полном отсутствии химических обработок и синтетических продуктов (рисунок 21).

Более того, есть намерения эти объемы постепенно увеличивать.

Биолого-динамическое земледелие. Развитие данного направления приходится на конец 30-х годов XX века. В общей структуре сельскохозяйственных предприятий Западной Европы оно составляет менее 1 %.

Основоположником биодинамики является немецкий ученый Рудольф Штайнер (1861–1925). В этом случае проблему земледелия рассматривают комплексно, т. е. не только сельское хозяйство, но и человека и окружающую среду, вплоть до Влияния космоса на человека, растения, животных, на сельское хозяйство и общество. Минеральные удобрения и пестициды не применяются вообще. Для борьбы с болезнями растений широко используются препараты растительного происхождения (настои тысячелистника, крапивы, ромашки, валерианы и т. д.), а в качестве удобрений – различные компо-

сты и специальные минеральные добавки (кремний, роговая мука, костяная мука, известняки и др.).



Рисунок 21 – Плоды яблони, выращиваемой по органическим технологиям

Элементы биодинамики приводятся в астрологических календарях. Начиная с 1928 г., биодинамическое движение впервые организовало продажу сертифицированных продуктов питания, продукция соответствующих фирм носит марку «Деметр». В современном обществе биолого-динамическое земледелие, как, впрочем, любое направление сельского хозяйства со слишком сильным духовным базисом, пока еще находит признание. Однако оно не способствует массовому распространению вышеуказанных предпосылок, и потому в дальнейшем число его приверженцев едва ли возрастет (во

всяком случае в странах Центральной Европы). Вероятно, как отмечают некоторые авторы, наблюдение за расположением звезд при проведении сева или обработки почвы, получение препаратов из растений, которые можно хранить только в емкостях естественного происхождения (мочевой пузырь оленя, черепа животных, телячьи кишки или рога коровы) и смешивать с водой, не используя металлические предметы, чтение курса Штайнера, который трудно понять даже подготовленному читателю, и отсутствие достаточного числа хорошо обученных и опытных консультантов – это слишком мощная преграда для распространения биолого-динамического метода на большое число предприятий. В то же время это отнюдь не означает, что биолого-динамическое земледелие не даст сильного импульса для какого-то нового биологического направления (Кант, 1988, Раскатов, 2000).

Органобиологическое земледелие. Это направление равнозначно экологическому, альтернативному и биологическому, а также технологии Леметра-Буше (Франция) или Мюллера-Руша (Швейцария). В основе его лежит идея о том, что минеральные вещества из почвы поглощаются не только в форме ионов, но и макромолекул (микросом) и служат питательным веществом для почвенных микроорганизмов, которые перерабатывают трудно усвояемые соединения в легкодоступные для растений формы. Поэтому главное в органо-биологическом земледелии – повышение плодородия почвы за счет управления питания путем активизации почвенной микрофлоры. Защита растений от вредителей и болезней осуществляется так же, как и в органическом земледелии.

Свойства почвы улучшают, прежде всего, путем возделывания травяных смесей в севооборотах. Следует отметить, что при использовании данных систем земледелия не исключена возможность применения удобрений (известняк, бентониты, фосфаты, костная мука и др.), содержащих в своем составе минеральные элементы в труднорастворимой форме.

Система ANOG (разработана комитетом по выращиванию овощей и фруктов с естественным качеством). По срав-

нению с другими эта система ближе к традиционному сельскому хозяйству. Она получила условное название «близкое к природе» и в основном совпадает с органо-биологическим земледелием. Исходя из научного анализа состояния почв, для каждого хозяйства разрабатывают индивидуальные планы внесения органических удобрений. Допускается применение всех синтетических препаратов (кроме гербицидов), но при тщательном контроле содержания остаточных количеств химикатов в продукции. Исходя из приведенных примеров, четко разграничить биологическое, а также традиционное или интенсивное земледелие достаточно сложно. Между ними существуют плавные переходы. Одни агроприемы характерны для всех направлений растениеводства, другие же применяются преимущественно в какой-то одной системе. Суть проблемы заключается в том, чтобы заимствовать все лучшее, что есть в различных технологических системах и использовать с учетом накопленного научного и практического потенциала ведения сельскохозяйственного производства. В этой связи уместно вспомнить известные в теории систем компромиссы Паретто, представляющие собой стратегию разумных соглашений. При реализации этой стратегии положение отдельных компонентов системы становится хуже, но состояние системы в целом улучшается и, следовательно, в итоге приводит к улучшению состояния всех компонентов системы. Если эту теорию применить к экологии, то в результате такой стратегии должно улучшаться состояние биосферы и соответственно всех ее составляющих. Компромиссные решения характерны для взаимоотношений между материальными и экологическими интересами. Нетрудно заметить, что альтернативное земледелие по своей сути тоже своеобразный компромисс (Раскатов, 2000). В результате подробного анализа тенденций развития агропромышленного комплекса мира академик *А. А. Жученко* (1994) обосновал необходимость его перехода к стратегии адаптивной интенсификации. При этом автор концепции считает, что в России негативные последствия неадаптивности преимущественно химико-техногенной интенсификации сельского хозяйства и «уравнительных» систем земле-

пользования резко усугубляются неблагоприятными почвенно-климатическими и погодными условиями на большей части сельскохозяйственных угодий.

Стратегия адаптивной интенсификации должна базироваться, по мнению А. А. Жученко, на более дифференцированном и комплексном использовании природных ресурсов, адаптивного потенциала культивируемых видов и сортов растений, а также техногенных факторов. Особое внимание при этом уделяется экологизации и биологизации интенсификационных процессов за счет агроэкологического макро-, мезо- и микрорайонирования территории, адаптивной селекции, конструирования высокопродуктивных и экологически устойчивых агроэкосистем и агроландшафтов, а также повышения наукоемкости всей системы сельскохозяйственного производства.

Изложенной концепции полностью соответствуют представления (Кашин, 1995) **об устойчивом (адаптивном или адаптивно-ландшафтном) садоводстве**, как о многофакторной динамичной системе отношений человека и природы, нацеленной на стабильное ведение отрасли.

В результате экспериментов, проведенных в многолетних насаждениях различных зон садоводства юга России, установлено следующее. Повышение устойчивости агроэкосистем и агроландшафтов к нерегулируемым абиотическим и биотическим стрессам может быть достигнуто за счет:

– использования адаптивно-ландшафтного подхода к районированию территории (размещения плодовых культур с учетом рельефа, микроклимата, типа почв, эрозионной опасности и т. д.) (см. главу 10);

– применения защитных лесонасаждений с целью регулирования физических параметров внешней среды (ветрового, теплового, водного режимов) и поддержания экологического равновесия в агроландшафте;

– правильного подбора сортов (сортово-подвойных комбинаций) плодовых культур, устойчивых к болезням и гарантирующих реальную экономию ресурсов и энергии за счет достаточно высокой потенциальной продуктивности в условиях

пониженной влаго- и теплообеспеченности, при недостатке элементов питания, а также обладающих низкими сорбционными способностями относительно тяжелых металлов и т. д.;

– увеличения видового (например, посадка растений аронии, кизила, калины и др.) и сортового разнообразия садовых экосистем;

– защиты садовых экосистем от вредителей путем регуляции динамики численности их популяции;

Теоретически доказана и подтверждена на практике целесообразность использования в адаптивном садоводстве, например, средне- и сильнорослых сорто-подвойных комбинаций яблони (сорта Слава победителям на подвоях М9 и ММ106, сорта Прима на подвое М9, сорта Кальвиль снежный на подвое ММ106 и др.), относительно устойчивых к грибным болезням и мирящихся с недостатком элементов питания (Дорошенко, Кондратенко, 1998).

Установлена необходимость дифференцированного использования для оптимизации условий внешней среды техногенных факторов с учетом биологической потребности в них выращиваемых сорто-подвойных комбинаций и особенностей ландшафта, в частности, систем формирования кроны деревьев (Дорошенко, 2000).

Итак, альтернативой индустриальным системам земледелия и интенсивным технологиям возделывания сельскохозяйственных, в том числе плодовых культур с учетом требований оптимизации природопользования являются высокопродуктивные экологически адаптивные агроэкосистемы и применяемые технологии, представляющие собой структурное и функциональное единство абиотических, биотических и антропогенных факторов. Экологизация земледелия призвана, в конечном счете, перейти от стихийности природопользования к сознательной переориентации на гибкие научные стратегии, обеспечивающие природосообразную деятельность в сфере сельского хозяйства.

В заключение следует отметить, что после Римского симпозиума, состоявшегося в 1986 г., получило распространение

ние понятие «вторая зеленая революция». Как отмечают Р. М. Хазиахметов и Л. Г. Наумова, концепция сторонников этого направления заключается в том, чтобы снизить вложения антропогенной энергии в агроэкосистемы и заменить ее «внутренней» энергией биосистем. Между тем, согласно исследованиям Б. М. Миркина и Р. М. Хазиахметова, «вторая зеленая революция», направленная на изменение системы природопользования в сельском хозяйстве, не имеет под собой «социального заказа», поскольку в противовес «первой зеленой революции» способна привести не к росту, а к некоторому уменьшению производства сельскохозяйственной продукции (Раскатов, 2000). Между тем, экологизация сельского хозяйства (плодоводства) является неизбежной, как одно из условий «устойчивого развития» отрасли (Башкин и др., 1991).

Контрольные вопросы и задания для самопроверки:

1. Дайте определение понятиям «биотип», «экологическая ниша», «среда обитания».
2. Сформулируйте основополагающий принцип почвенно-климатического районирования.
3. Перечислите основные регионы производства плодовой продукции, выделенные на территории России.
4. Перечислите зоны плодоводства Западного Кавказа.
5. Что такое ландшафтное плодоводство?
6. Сформулируйте цель биологического земледелия.
7. Перечислите основные направления альтернативного земледелия.
8. На чем базируется стратегия адаптивной интенсификации агропромышленного комплекса?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Учебники и учебные пособия

1. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В. И. Филатов, Г. И. Баздырев, М. Г. Обьедков [и др.] ; под ред. В. И. Филатова. – М. : Колос, 1999.
2. Агроэкология / В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев [и др.] ; под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М. : Колос, 2000.
3. Акимова Т. А. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда : учебник для вузов / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. – М. : ЮНИТИ ДАНА, 2001.
4. Биологическая защита растений : учебник / И. Т. Король, В. И. Сидляревич, Н. А. Таран, А. В. Свиридов. – Мн. : Ураджай, 2000.
5. Бродский А. К. Краткий курс общей экологии : учеб. пособие / А. К. Бродский. – СПб. : ДЕАН, 2000.
6. Вронский В. А. Прикладная экология : учеб. пособие / В. А. Вронский. – Ростов н/Д : Феникс, 1996.
7. Глуховский А. Б. Загрязнение почв тяжелыми металлами в условиях интенсивного земледелия : учеб. пособие / А. Б. Глуховский, В. Г. Сергеев, М. Ю. Ежов. – Краснодар, 1994.
8. Горышина Т. К. Экология растений : учеб. пособие / Т. К. Горышина. – М. : Высшая школа, 1979.
9. Дорошенко Т. Н. Органическое садоводство : учеб. пособие / Т. Н. Дорошенко, Б. С. Гегечкори, Л. Г. Рязанова. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – 159 с.
10. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М. : Колос, 1996.
11. Куренной Н. М. Плодоводство / Н. М. Куренной, Колтунов, В. Ф. Колтунов, В. И. Черепяхин. – М. : Агропромиздат, 1985.
12. Плодоводство / под ред. В. А. Колесникова. – М. : Колос, 1979.

13. Плодоводство / В. А. Потапов, В. В. Фаустов, Н. Ф. Пильщиков [и др.] ; под ред. В. А. Потапова, Ф. Н. Пильщикова. – М. : Колос, 2000.

14. Плодоводство / Ю. В. Трунов, Е. Г. Самощенко, Т. Н. Дорошенко [и др.] ; под ред. Ю. В. Трунова, Е. Г. Самощенко. – М. : КолосС, 2012. – 415 с.

15. Протасов В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России : учеб. и справ. пособие / В. Ф. Протасов. – 3-е изд. – М. : Финансы и статистика, 2001.

16. Сельскохозяйственная экология / Н. А. Уразаев, А. А. Вакулин, А. В. Никитин [и др.]. – М. : Колос, 2000.

17. Черепяхин В. И. Плодоводство / В. И. Черепяхин, В. И. Бабук, Г. К. Карпенчук ; под ред. В. И. Черепяхина. – М. : Агропромиздат, 1991.

18. Шилов И. А. Экология : учебник / И. А. Шилов. – 2-е изд. – М. : Высшая школа, 2000.

Монографии, сборники, брошюры

1. Вальков В. Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений / В. Ф. Вальков. – М. : Агропромиздат, 1986.

2. Грязев В. А. Выращивание саженцев для высокопродуктивных садов / В. А. Грязев. – Ставрополь : Кавказский край, 1999.

3. Гудковский В. А. Окислительный стресс плодовых и ягодных культур / В. А. Гудковский, Н. Я. Каширская, Е. М. Цуканова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2001.

4. Дорошенко Т. Н. Адаптивный потенциал плодовых растений юга России : монография / Т. Н. Дорошенко, Н. В. Захарчук, Л. Г. Рязанова. – Краснодар, 2010. – 131 с.

5. Дорошенко Т. Н. Физиолого-экологические аспекты южного плодоводства / Т. Н. Дорошенко. – Краснодар, 2000.

6. Дорошенко Т. Н. Подбор сортов и подвоев для садов юга России / Т. Н. Дорошенко, Н. И. Кондратенко. – Краснодар, 1998.

7. Дорошенко Т. Н. Устойчивость плодовых и декоративных растений к температурным стрессорам: диагностика и пути повышения: Монография / Т. Н. Дорошенко, Н. В. Захарчук, Д. В. Максимцов. – Краснодар : Кубанский ГАУ, 2014. – 174 с.

8. Егоров Е. А. Организационно-экономические проблемы развития регионального плодового подкомплекса / Е. А. Егоров. – Краснодар, 1998.

9. Егоров Е. А. Эколого-экономическая эффективность интенсификации плодового хозяйства / Е. А. Егоров // науч. тр. ГНУ СКЗНИИСиВ. – 2013. – Т. 2. – С. 7–21.

10. Жученко А. А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция) / А. А. Жученко. – Пушкино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1994.

11. Иванов В. Ф. Почва и плодовое растение / В. Ф. Иванов. – М. : Агропромиздат, 1986.

12. Кант Г. Биологическое растениеводство: возможности биологических агросистем / Г. Кант ; пер. с нем. С. О. Эбель. – М. : Агропромиздат, 1988.

13. Кашин В. И. Научные основы адаптивного садоводства / В. И. Кашин. – М. : Колос, 1995.

14. Кашин В. И. История садоводства России / В. И. Кашин, А. С. Косякин, В. А. Одинцов. – Рязань : Рус. слово. 1999.

15. Кичина В. В. Селекция плодовых и ягодных культур на высокий уровень зимостойкости (концепция, приемы и методы) / В. В. Кичина. – М. : Агропромиздат, 1999.

16. Климашевский Э. Л. Генетический аспект минерального питания растений / Э. Л. Климашевский. – М. : Агропромиздат, 1991.

17. Коробской Н. Ф. Агроэкологические проблемы плодородия черноземов Западного Предкавказья / Н. Ф. Коробской. – Пушкино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1995.

18. Продуктивность яблони / Р. П. Кудрявец. – М. : Агропромиздат, 1987.

19. Метлицкий З. А. Зимнее повреждение плодовых деревьев / З. А. Метлицкий. – М. : Сельхозгиз, 1956.

20. Неговелов С. Ф. Почвы и сады / С. Ф. Неговелов, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д : Изд-во Ростовского университета, 1985.

21. Органические сады на юге России : монография / Т. Н. Дорошенко [и др.]. – Краснодар : 2012. – 141 с.

22. Перспективы возделывания плодовых, ягодных, субтропических культур и чая в Республике Адыгея : сб. статей. – Майкоп, 1994.

23. Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ // ВСТИСП. – М., 1998.

24. Рылов Г. П. Груша в Белоруссии / Г. П. Рылов. – Минск : Ураджай, 1991.

25. Савельев Н. И. Генетические основы селекции яблони / Н. И. Савельев. – Мичуринск : Изд-во ВНИИГ и СПР им. Мичурина, 1998.

26. Селекция на зимостойкость плодовых и ягодных культур : материалы совещания / ВСТИСП. – Москва, 1993.

27. Селекция яблони / Е. Н. Седов, В. В. Жданов, З. А. Седова [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1989.

28. Семёнов Н. И. Экологические основы развития промышленного плодоводства в предгорных и горных районах Западного Кавказа : автореф. дис. ... д-ра с-х. наук / Н. И. Семёнов. – Ереван, 1987.

29. Системообразующие экологические факторы и критерии зон устойчивого развития плодоводства на Северном Кавказе / Е. А. Егоров, А. Н. Фисенко, Т. Н. Дорошенко [и др.]. – Краснодар, 2001.

30. Соловьёва М. А. Атлас повреждений плодовых и ягодных культур морозами / М. А. Соловьёва. – Киев : Урожай, 1988.

31. Сторчевая Е. М. Приемы активизации энтомофагов местных популяций в адаптивно-ландшафтном садоводстве юга России / Е. М. Сторчевая. – Краснодар, 2001.

32. Трусевич Г. В. Интенсивное садоводство / Г. В. Трусевич. – М. : Россельхозиздат, 1978.

33. Тхагушев Н. А. Адыгейские (черкесские) сады / Н. А. Тхагушев. – Майкоп : Адыг. кн. изд-во, 1956.

34. Физиологические основы адаптации многолетних культур к неблагоприятным факторам среды / под ред. С. И. Тома. – Кишинёв : Штиинца, 1984.

35. Шидаков Р. С. Сортимент яблони и совершенствование его путем селекции в предгорьях Северного Кавказа / Р. С. Шидаков. – Нальчик, 1991.

36. Ortlieb, R. Okologischer Obstbau – Problemfall mit Perspektiven. Проблемы «экологического» плодоводства // Obst Garten. – 1988. – 107.

37. Van Laer P. Sujets porte – greffe pour le pommier//Fruit belge. – 1989. – 57, N427.

Методики, методические рекомендации и указания.

1. Драгавцева И. А. Оптимизация размещения косточковых культур в Краснодарском крае: метод. рекомендации / И. А. Драгавцева, О. Н. Мишкова – Краснодар, 1999.

2. Иванов В. Ф. Определение солеустойчивости плодовых культур / В. Ф. Иванов // Почвоведение. – 1970. – № 4.

3. Методические указания по фитосанитарному и токсикологическому мониторингам плодовых пород и ягодников / В. М. Смольякова, Н. А. Холод, А. М. Жидовкин [и др.]. – Краснодар, 1999.

Интернет-источники

1. Органические продукты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://organicproducts.narod.ru>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РАЗДЕЛ 1. ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА.....	7
РАЗДЕЛ 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ В ЖИЗНИ ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ	39
ГЛАВА 1. ПЛОДОВЫЕ РАСТЕНИЯ И СРЕДА	39
1.1 Среда и основные экологические факторы	39
1.2 Особенности действия экологического фактора на растение.....	43
1.3 Взаимодействие экологических факторов	46
1.4 Лимитирующий фактор.....	47
1.5 Реакция растений на действие среды	48
1.6 Влияние растений на среду.....	50
ГЛАВА 2. СВЕТ И ЕГО РОЛЬ В ЖИЗНИ ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ.....	52
2.1 Характеристика света как экологического фактора.....	52
2.2 Роль света в жизни плодовых растений	61
2.3 Пути регулирования светового режима в плодовых насаждениях.....	66
ГЛАВА 3. ТЕМПЕРАТУРА В ЖИЗНИ ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ	69
3.1 Характеристика тепла как экологического фактора	69
3.2 Плодовые растения и высокая температура.....	74
3.3 Сезонные адаптации к перенесению холодного периода	75
3.4 Зимостойкость и морозоустойчивость плодовых растений.....	80
3.5 Повреждения плодовых растений низкими отрицательными температурами	87
3.6 Пути повышения морозоустойчивости плодовых растений	92
3.7 Заморозки и плодовые растения.....	94
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ПЛОДОВЫЕ РАСТЕНИЯ.....	99
4.1 Характеристика воды как экологического фактора	99
4.2 Потребность плодовых растений в воде	105
4.3 Засухоустойчивость плодовых пород	107
4.4 Влияние переувлажнения на особенности роста и плодоношения плодовых пород	110
4.5 Регулирование водного режима в насаждениях.....	113
ГЛАВА 5. ВОЗДУХ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР	114
5.1 Движение воздуха.....	114
5.2 Газовый состав воздуха	116
5.3 Регулирование воздушного режима в насаждениях.....	120
ГЛАВА 6. ПОЧВЕННЫЕ ФАКТОРЫ	122
6.1 Реакция плодовых растений на почвенные условия	122

6.2 Требования плодовых пород к почвам.....	139
6.3 Охрана почв в многолетних насаждениях.....	145
ГЛАВА 7. РЕЛЬЕФ (ОРОГРАФИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ).....	147
7.1 Значение рельефа в перераспределении агроклиматических ресурсов.....	147
7.2 Влияние рельефа на растения.....	150
ГЛАВА 8. БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ.....	157
8.1 Зоогенные факторы.....	157
8.2 Фитогенные факторы.....	162
8.3 Влияние сообитателей на положение экологического оптимума.....	172
ГЛАВА 9. АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ.....	174
9.1 Основные формы воздействия человека на плодовые растения.....	174
9.2 Охрана окружающей среды в плодоводстве.....	181
РАЗДЕЛ 3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР.....	184
ГЛАВА 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПЛОДОВЫХ ПОРОД.....	184
1.1 Пространство экологических факторов.....	184
1.2 Почвенно-климатическое районирование плодоводства.....	186
ГЛАВА 2. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕДЕНИЯ ПЛОДОВОДСТВА И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ.....	205
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	222

Учебное издание

Дорошенко Татьяна Николаевна
Максимцов Денис Витальевич

ПЛОДОВОДСТВО С ОСНОВАМИ ЭКОЛОГИИ

Учебник

В авторской редакции

Компьютерная верстка – А. А. Багинская
Дизайн обложки – Н. П. Лиханская

Подписано в печать 27.10.2016. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 13,3. Уч.-изд. л. – 10,4.

Тираж 90 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного
аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13