

ОСНОВЫ АГРОНОМИИ

Под редакцией члена-корреспондента РАСХН,
профессора **Н. Н. ТРЕТЬЯКОВА**

*Допущено
Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для образовательных учреждений
начального профессионального образования*

5-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2010

УДК 633/635
ББК 41я723
А26

Авторы:

чл.-кор. РАСХН, проф. *Н. Н. Третьяков* — введение, главы 1, 7
(совместно с доц. *Н. Н. Третьяковым*), 8—14; акад. РАСХН,
проф. *Б. А. Ягодин*, доц. *Е. Ю. Бабаева* — глава 6;
проф. *А. М. Туликов* — главы 3, 4; проф. *Н. Н. Дубенко* — глава 5;
проф. *С. С. Михалев* — глава 15; доц. *Н. Н. Третьяков* — главы 2, 9, 16—19

Рецензенты:

д-р с.-х. наук, проф. *И. П. Фирсов* (Московский государственный
агроинженерный университет им. В. П. Горячкина);
Н. Д. Павлюк (преподаватель совхоза-колледжа «Яхромский»)

Основы агрономии : учебник для образоват. учреждений
А26 нач. проф. образования / [Н. Н. Третьяков и др.]; под ред.
Н. Н. Третьякова. — 5-е изд., стер. — М. : Издательский центр
«Академия», 2010. — 464 с.

ISBN 978-5-7695-7317-0

В учебнике изложены основы знаний по земледелию, растениеводству, агрохимии, почвоведению, селекции и семеноводству, агрометеорологии, агроэкологии, защите растений. Представлены материалы о строении и жизнедеятельности растений, способах обработки почвы и повышения ее плодородия, основных вредителях, болезнях и сорняках, а также методах защиты от них. Рассматриваются приемы агротехники главнейших сельскохозяйственных культур, способы уборки урожая, возможность использования техники при механизации основных видов сельскохозяйственных работ. Уделено внимание вопросам охраны окружающей среды и получения экологически чистой продукции растениеводства. Второе издание (2006 г.) было переработано и дополнено.

Для обучающихся в образовательных учреждениях начального профессионального образования. Может быть полезно агрономам разных специальностей, фермерам и владельцам садовых участков.

УДК 633/635
ББК 41я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Коллектив авторов, 2004
© Коллектив авторов, 2006, с изменениями
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2004
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2004

ISBN 978-5-7695-7317-0

Агрономия (от греч. *agros* — поле и *nomos* — закон) — это комплекс наук о возделывании сельскохозяйственных растений, теория и практика полеводства, совокупность знаний о сельскохозяйственных отраслях сельского хозяйства. Ее подразделяют на ряд самостоятельных наук: растениеводство, земледелие, агрохимию, селекцию и семеноводство, сельскохозяйственную энтомологию и сельскохозяйственную фитопатологию, агрометеорологию и др. Теоретической основой агрономических дисциплин служат такие естественные науки, как физиология растений, ботаника, генетика, биохимия, микробиология, почвоведение, экология и др.

Земледелие — раздел агрономии, изучающий общие приемы возделывания сельскохозяйственных растений, способы наиболее рационального использования земли и повышения плодородия почвы. В последние годы в США и индустриально развитых странах Западной Европы применяют технологии возделывания сельскохозяйственных культур, позволяющие при внесении больших доз минеральных удобрений и пестицидов в 1,5—2 раза повысить продуктивность этих культур, что связано с большими материальными затратами и нарушением экологического равновесия. Одновременно в ряде зарубежных стран и в России стал изучаться метод ведения земледелия без использования минеральных удобрений и химических средств защиты растений при ограниченном применении техники — так называемое *биологическое (органическое) земледелие*. Главные составляющие этого направления — использование севооборотов, повышенных доз высококачественных органических удобрений, а также агротехнических и биологических способов борьбы с сорняками, вредителями и болезнями. В Голландии, Англии, Германии существуют фермерские хозяйства, работающие на основе органической системы земледелия, где при меньшей урожайности получают экологически чистые продукты, реализуемые по повышенным ценам. Большинство отечественных и зарубежных ученых считают, что в настоящее время и на перспективу наиболее приемлемая система земледелия должна отвечать трем принципам: ресурсосбережения, экологической безопасности и надежного обеспечения растущего спроса на сельскохозяйственную продукцию. Эта система базируется на рациональном применении химических и технических средств интен-

сификации в сочетании с методами биологического земледелия. Этим требованиям в значительной мере отвечает *ландшафтная система земледелия*, основу которой составляет организация земель сельскохозяйственного использования по контурам и естественным рубежам.

Главный путь увеличения продуктивности растениеводства — повышение урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур за счет рациональной и экологически обоснованной эксплуатации земли — основного средства сельскохозяйственного производства, применения современных технологий возделывания, сортов и гибридов растений, отличающихся устойчивостью к абиотическим (факторы внешней среды) и биотическим (болезни, вредители, сорняки) факторам.

Основа всех звеньев системы земледелия — культурное растение, биологический потенциал которого зависит от оптимального функционирования системы земледелия в целом. Использование растением климатических и агротехнических факторов невозможно без посреднической роли почвы, ее плодородия — способности обеспечить растения водой, азотом и зольными элементами, а также в значительной степени диоксидом углерода, физиологически активными веществами. Наиболее полно это взаимодействие в системе «растение — почва — атмосфера» может быть реализовано именно в ландшафтной системе земледелия.

С принципами ландшафтной системы земледелия во многом перекликаются принципы *адаптивного растениеводства*. Оно предусматривает: 1) агроэкологическую оптимизацию землеустройства и районирования видовой структуры посевов; 2) «биологизацию» растениеводства путем создания и употребления сортов и гибридов с высокой продуктивностью, устойчивых к болезням, вредителям и неблагоприятным почвенно-климатическим условиям; широкое использование почвозащитных и фитомелиоративных свойств разных видов растений; конструирование высокопродуктивных экологически устойчивых агроценозов и агросистем; 3) строго дифференцированное применение техногенных средств интенсификации (всемерное энергосбережение).

Россия относится к числу стран с экстремальными природными условиями для ведения сельского хозяйства. На большей части территории нашей страны климат континентальный, отличается суровыми зимами, недостатком тепла и неравномерным выпадением атмосферных осадков в период вегетации культур. Это необходимо учитывать при их возделывании.

К настоящему времени агрономическая наука накопила достаточно знаний для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур при одновременном повышении плодородия почвы. В развитие агрономической науки большой вклад внесли отечественные ученые. Зарождение науки о возделывании растений в

России относится к XVIII в. При Российской академии наук М. В. Ломоносов (1711 — 1765) учредил «класс земледельства», внес ряд ценных предложений по выращиванию сельскохозяйственных культур. Первые русские агрономы А. Т. Болотов (1738 — 1833) и И. М. Комов (1750 — 1792) еще во второй половине XVIII в. делали попытки обеспечить более рациональное использование земли. Эти идеи получили дальнейшее развитие в трудах А. В. Советова (1826 — 1901) «О разведении кормовых трав на полях» и «О системах земледелия». Одним из первых русских агрохимиков был А. Н. Энгельгардт (1832 — 1893), автор знаменитых двенадцати «писем из деревни».

«Отцом» науки о почве с полным основанием считают почвовед и агронома В. В. Докучаева (1846 — 1903). Большой вклад в развитие земледелия внес выдающийся агроном, почвовед, химик, микробиолог и ботаник П. А. Костычев (1845 — 1895). С историей создания науки о почве и ее плодородии связано имя А. А. Измайловского (1851 — 1914), много сделавшего для разработки агротехнических приемов борьбы с засухой.

И. А. Стебут (1833 — 1923) в своих трудах систематизировал большой опыт возделывания полевых культур в России, описал приемы их агротехники, а также обобщил опыт в области обработки, известкования и гипсования почв и лесомелиорации. Крупный вклад в развитие агрономической науки внес Д. И. Менделеев (1834 — 1907). Он придавал большое значение применению удобрений и использованию питательных веществ подпахотных слоев почвы путем глубокой пахоты.

Развитие земледельческой науки в России теснейшим образом связано с именем физиолога, ботаника и агронома К. А. Тимирязева (1843 — 1920) — классика научной биологии и растениеводства. Особое место в развитии отечественной агрономии занимают работы Д. Н. Прянишникова (1865 — 1948) — основоположника отечественной агрохимии. Огромный вклад в развитие современных знаний о растениях внесли физиолог Н. А. Максимов (1880 — 1952), ботаник П. М. Жуковский (1888 — 1975).

Неоценимый вклад в биологию, систематику и географию культурных растений внес Н. И. Вавилов (1887 — 1943). Собранный им мировая коллекция растительных ресурсов и организация географических посевов растений оказали огромное влияние на развитие селекции сельскохозяйственных культур в нашей стране. Используя эти ресурсы, селекционеры П. П. Лукьяненко, В. С. Пустовойт, В. Н. Ремесло, Ф. Г. Кириченко, П. Ф. Гаркавый, М. И. Хаджинов, И. Г. Галеев, В. Н. Мамонтова, Б. П. Соколов, А. Л. Мазлумов и другие создали выдающиеся по продуктивности и качеству сорта и гибриды многих растений полевой культуры, сочетающие высокую потенциальную продуктивность с другими ценными хозяйственными свойствами и обладающие повышенной отзывчи-

востью на высокий агрофон. Значительный вклад в развитие растениеводства внесли И. В. Якушкин (зерновые, картофель, корнеплоды), Н. Н. Кулешов (кукуруза, пшеница), А. И. Носатовский (пшеница), В. А. Харченко (кормовые корнеплоды), Н. А. Майсурян (зернобобовые), П. П. Вавилов (новые кормовые культуры), Н. Г. Андреев (многолетние травы) и многие другие.

К настоящему времени российскими учеными-аграриями разработаны и предложены производству системы земледелия для основных природно-экономических зон Российской Федерации, научно обоснованные севообороты, эффективные методы обработки почвы, рационального использования удобрений, мелиорации, борьбы с эрозией почв, а также комплексного применения средств защиты сельскохозяйственных культур от сорняков, вредителей и болезней. Для использования в хозяйствах рекомендованы сорта и гибриды зерновых и других культур, разработаны методы их семеноводства. В ближайшие годы повышение эффективности сельского хозяйства России будет определяться практической реализацией коллективными и фермерскими хозяйствами научно-технических достижений, неразрывно связанных с дальнейшим развитием науки.

«Агрономия из описательной науки превращается в науку точных расчетов, моделей и нормативов с использованием компьютерной техники» (И. С. Шатилов). Созданы и находят применение в хозяйствах новые высокоэффективные машины, удобрения, пестициды, а в условиях орошаемого земледелия — автоматизированные системы управления водным режимом. В научных технологических центрах РАСХН и сельскохозяйственных вузах разрабатываются технологии, предусматривающие сокращение и совмещение операций по обработке почвы, севу и уходу за посевами, применение умеренных, экономически обоснованных доз минеральных удобрений, снижение пестицидной нагрузки на посевы, а также рациональные методы и приемы использования высокопроизводительной техники, обеспечивающие ресурсосбережение, получение достаточно стабильных урожаев сельскохозяйственных культур.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКИХ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Глава 1

БОТАНИКА И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Роль зеленых растений в природе и сельскохозяйственном производстве

Живой организм может существовать только при постоянном притоке энергии, единственный источник которой — Солнце. Способность непосредственно использовать солнечную энергию присуща только зеленым растениям. К. А. Тимирязев считал, что главная роль зеленых растений состоит в преобразовании свободной энергии Солнца в энергию создаваемого органического вещества.

Вырабатывая органические вещества, растения потребляют большое количество диоксида углерода, одновременно обогащая воздух кислородом, необходимым для дыхания всех живых существ. Вторая важная роль зеленых растений в природе заключается в регулировании состава воздуха атмосферы и непрерывном пополнении его запасами кислорода.

Растения участвуют также в почвообразовательном процессе, так как их корневые выделения, пожнивные и корневые остатки обогащают почву органическим веществом, обеспечивают условия для образования гумуса и поддержания плодородия почвы. Кроме того, бобовые растения (клевер, люцерна, горох, люпин и др.) способствуют увеличению содержания азота в почве. Образую симбиотические комплексы с азотфиксирующими микроорганизмами, они связывают молекулярный азот атмосферы и делают его доступным для других видов растений.

Зеленые растения имеют огромное значение в жизни и хозяйственной деятельности человека. Возделывая разнообразные культуры и используя естественную растительность лугов, степей и пустынь, человек ежегодно получает необходимые продукты питания в виде зерна, клубней, корней, плодов и ягод; сырье для промышленности, вырабатывающей растительные масла, крахмал, сахар, глюкозу, спирт, волокно, краски, лекарства и т. п., а также разнообразные корма для сельскохозяйственных животных.

Огромные запасы используемого энергетического сырья в виде каменного угля, нефти, торфа и газа также представляют собой органические вещества, созданные растениями в прошлые геологические эпохи.

Строение растений

Особенности строения растительных клеток

При рассмотрении под микроскопом тонкого среза любой части растения можно легко убедиться, что он состоит из плотно прилегающих друг к другу клеток. Величина и форма клеток, составляющих разные органы растений, отличаются большим разнообразием, но принципиальная схема их строения одинакова. Клетка представляет собой целостную живую систему, состоящую из неразрывно связанных между собой цитоплазмы и ядра. От внешней среды цитоплазма ограничена тончайшей пленкой — наружной клеточной мембраной, состоящей главным образом из упорядоченно расположенных молекул белков и липидов (рис. 1). Одно из важнейших свойств цитоплазматической мембраны — ее избирательная проницаемость. Некоторые вещества проходят через нее легко, причем даже против градиента концентрации, другие — с трудом. Благодаря этому наружная клеточная мембрана регулирует проникновение веществ в клетку и выход их из клетки. Помимо тонкой мембраны клетки растений снаружи покрыты твердой клеточной стенкой, состоящей в основном из целлюлозы. Стенка имеет поры, через которые проходят тонкие тяжи цитоплазмы, соединяющие соседние клетки друг с другом. Иногда стенки растительных клеток пропитываются лигнином, суберином, что ведет к их одревеснению или опробковению. Возможны и другие видоизменения клеточной стенки.

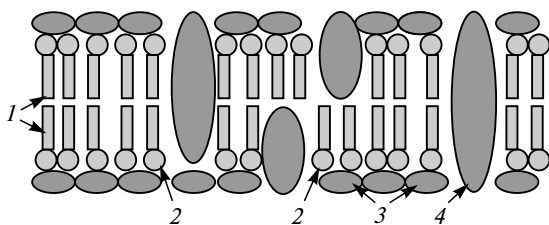


Рис. 1. Схема строения цитоплазматической мембраны.

В двойном липидном слое (1) молекулы липидов направлены гидрофильными концами (2) к наружным слоям мембраны, состоящим из молекул белков (3). Некоторые из них (4) пересекать мембрану

Цитоплазма содержит специализированные структуры — органоиды (органеллы), выполняющие определенные функции. Важнейшие из них — митохондрии, рибосомы, пластиды, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи.

Митохондрии образованы двумя мембранами — наружной и внутренней, между которыми находится бесструктурная жидкость — матрикс. Внутренняя мембрана митохондрий, на которой находятся ферменты, образует многочисленные выросты (кристы), увеличивающие ее поверхность. В матриксе митохондрий могут находиться рибосомы и молекулы ДНК. В митохондриях осуществляются процессы клеточного дыхания, которые обеспечивают клетку энергией.

Рибосомы — небольшие, лишенные мембранной структуры органеллы, состоящие из рибосомальной РНК и белков. Каждая рибосома образована двумя соединенными между собой субъединицами различной величины. Основная функция рибосом — «сборка» новых белковых молекул.

Пластиды — двухмембранные органеллы, характерные только для растительных клеток. Различают три типа пластид: 1) бесцветные — лейкопласты; 2) зеленые — хлоропласты; 3) желто-красные — хромопласты. Все три группы пластид связаны общим происхождением и сходным строением.

Лейкопласты сосредоточены преимущественно в тканях и органах растений, лишенных доступа света: семенах, клубнях, корневищах, корнеплодах. Их основная функция — накопление запасных органических веществ, главным образом крахмала, образующегося в листьях из сахаров. Крахмальные зерна могут полностью заполнять лейкопласт.

Хлоропласты — это пластиды, где осуществляется процесс фотосинтеза. В связи с этим они сосредоточены преимущественно в фотосинтезирующих органах и тканях (листья, молодые стебли, зеленые плоды). Их внутренняя мембрана образует сложную систему, состоящую из замкнутых уплощенных мешочков — тилакоидов, которые группируются стопками в граны. В тилакоидах в основном и находятся пигменты, улавливающие кванты света и преобразующие их энергию в энергию химических связей. В хлоропластах содержатся в основном зеленые пигменты — хлорофилл *a* и хлорофилл *b*. Присутствуют также желто-красные пигменты — каротиноиды. Пространство между тилакоидами заполнено бесцветным матриксом (стромой).

Хромопласты содержат каротиноиды. Они придают желтую, оранжевую и красную окраску осенним листьям, лепесткам цветков, зрелым плодам. Все пластиды содержат ДНК и РНК и размножаются делением.

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) представляет собой разветвленную систему микроскопических каналов и цистерн, ограниченных мембраной. Различают два типа ЭПС: *гладкую (агранулярную)* и *шероховатую (гранулярную)*. На мембранах гладкой ЭПС находятся ферменты жирового и углеводного обмена, поэтому здесь синтезируются липиды и углеводы. На мембранах шероховатой ЭПС располагаются рибосомы, в которых синтезируются белки. Синтезируемые органические вещества по каналам эндоплазматической сети доставляются к различным органеллам клетки, т.е. ЭПС выполняет также транспортную функцию.

Аппарат Гольджи состоит из расположенных один над другим плоских мешочков — диктиосом, от краев которых отчленяются пузырьки различного диаметра. Он выполняет функцию синтеза полисахаридов, необходимых для формирования клеточной стенки, а также некоторых других веществ.

Ядро обычно находится в центральной части клетки. Основная его функция — хранение и воспроизводство наследственной информации. Оно регулирует процессы обмена веществ клетки и контролирует работу других органелл. В нем различают ядерную оболочку, хромосомы (хроматин), ядрышки, ядерный сок — карิโอплазму.

Ядерная оболочка состоит из двух мембран, имеет многочисленные поры, через которые происходит обмен веществ между ядром и цитоплазмой.

Хромосомы, состоящие в основном из ДНК, осуществляют хранение и реализацию генетической информации. В процессе подготовки к делению клетки хромосомы удваиваются (копируются), а затем во время деления расходятся в дочерние клетки, обеспечивая стабильность наследственной информации и ее передачу следующим поколениям. Все клетки организмов одного вида имеют одинаковое число хромосом, причем в соматических (неполовых) клетках число хромосом обычно двойное — диплоидное ($2n$). Половые же клетки (гаметы) всегда содержат одинарное — гаплоидное число хромосом (n).

Ядрышки (одно или несколько), как правило, обнаруживаются лишь в неделящемся ядре, а при делении ядра исчезают. Состоят они в основном из клубочка деспирализованной молекулы ДНК, погруженной в аморфный матрикс. В ядрышке происходят процессы, обеспечивающие образование субъединиц рибосом.

Кроме основных органелл, растительные клетки могут иметь одну или несколько крупных *вакуолей*, заполненных клеточным соком, а также другие включения (например, кристаллы). В старых клетках вакуоли могут занимать большую часть внутреннего объема.

Некоторые вещества, входящие в состав клеточного сока (сахара, минеральные соли, органические кислоты и др.), хранятся

в вакуолях в качестве запасных питательных веществ, другие представляют собой конечные продукты обмена веществ.

Важнейшее свойство клеток — способность расти (увеличиваться в размерах и в числе). Молодые клетки, возникающие на верхушках стеблей или на кончиках корней, вначале бывают очень маленькими. Затем, накапливая органические вещества, они вытягиваются, увеличиваются в размерах, начинают делиться.

Деление клеток

Становясь взрослыми, клетки перестают расти; прекращается и рост органов растений, состоящих из старых клеток. Различают три способа деления клеток: amitoz, mitoz и meioz.

Амитоз — это прямое деление клеток, не связанное с прохождением каких-либо фаз. Оно сопровождается перетяжкой ядра, иногда даже без деления цитоплазмы. Амитоз чаще всего наблюдается у больных, а также некоторых специализированных клеток. Например, путем амитоза может увеличиваться число клеток эндосперма семени у растений.

Митоз — основной способ деления клеток, при котором хромосомы удваиваются, а затем равномерно распределяются между двумя дочерними клетками. Каждая из этих клеток получает такой же набор хромосом и те же гены, которые были у исходной родительской клетки, что сохраняет преемственность в ряду «клеточных поколений». Выделяют несколько фаз митоза: профазу, метафазу, анафазу и телофазу. Период между двумя последовательными делениями называется интерфазой, в течение которой клетка готовится к последующему делению.

Мейоз — это особый тип деления клеток, в результате которого в образующихся клетках достигается редукция (уменьшение) числа хромосом вдвое по сравнению с родительской. Он представляет собой единый непрерывный процесс, состоящий из двух последовательных делений, которым предшествует одна интерфаза. В результате мейоза из одной исходной диплоидной клетки образуются четыре гаплоидные клетки. Важная особенность мейоза состоит в том, что при таком способе деления образуются хромосомы нового генетического состава благодаря обмену участками гомологичных (парных) хромосом материнской клетки. У растений мейоз наблюдается при образовании спор.

Ткани растений

Однородные по происхождению, строению и выполняемым функциям группы клеток называются тканями. У растений различают следующие типы тканей: образовательные, основные, покровные, механические, проводящие и выделительные.

Образовательные ткани (меристемы) состоят из клеток с очень тонкими стенками, густой цитоплазмой, слабо развитыми вакуолями и относительно крупным ядром. Характерное их свойство — способность к делению, а следовательно, к образованию новых клеток. Различают *верхушечные* и *боковые образовательные ткани — меристемы*. В результате деления клеток верхушечных меристем (ткани на концах стеблей и корней) растение растет в длину. Боковые меристемы (например, *камбий*, находящийся между корой и древесиной) обеспечивают рост органов растений в толщину. Выделяют три последовательные фазы изменения молодых клеток: деление, растяжение и дифференциация. С отдалением от верхушек стеблей и кончиков корней клеточное деление (фаза деления) замедляется и прекращается. Молодые клетки переходят в фазу растяжения и затем в фазу специализации (дифференциации) для выполнения определенных функций. Таким образом, из первичной образовательной ткани возникают все остальные ткани растений.

Основная ткань (паренхима) состоит из живых паренхимных клеток с межклеточными пространствами. В растениях основные ткани обычно занимают наибольший объем, составляя основу органов. Они выполняют функции выработки, поглощения и накопления различных питательных веществ и подразделяются на ассимиляционную, запасную и воздухоносную паренхимы. *Ассимиляционная паренхима (хлоренхима)* расположена под кожицей листьев и зеленых стеблей. В ее клетках, содержащих большое количество хлоропластов, осуществляется фотосинтез. Клетки *запасной паренхимы* приспособлены к накоплению крахмала, сахара, масла и других питательных веществ. Практическое значение запасной паренхимы понятно: она представляет собой источник разнообразного растительного сырья. Запасная вода *водоносная паренхима* развивается обычно у растений засушливых мест обитаний (например, у кактусов). *Аэренхима — воздухоносная паренхима* — встречается лишь у некоторых видов растений (рис, кукуруза и др.), облегчает дыхание в условиях переувлажнения и переуплотнения почвы.

Покровные ткани состоят из плотно сомкнутых клеток с утолщенными наружными стенками. Эти ткани защищают растение от неблагоприятного влияния внешних условий. Различают три разновидности покровных тканей: *кожицу*, как правило, покрывающую однолетние молодые органы растения (в корне она называется *эпидермой*, в остальных органах — *эпидермой*), *пробку* и *корку*, которые защищают многолетние части растений и образованы мертвыми клетками. Кожица (эпидерма) может иметь дополнительные образования в виде кутикулы, волосков, воскового налета и др.

Механические ткани имеют утолщенные клеточные стенки, входят в состав проводящих сосудисто-волокнистых пучков и придают прочность всем органам растений, особенно стеблям. Разли-

чают три типа механических тканей: склеренхиму, колленхиму и каменистые клетки (склереиды). *Склеренхиму* образуют толстостенные плотно прилегающие одна к другой удлинённые клетки. В коре стеблей растений из таких клеток образуются лубяные волокна, отличающиеся у многих растений, например у льна, очень большой прочностью. Прочность и твердость древесины деревьев также объясняется скоплением в ней большого количества древесинных волокон. Клетки *колленхимы* имеют утолщение оболочки лишь в определенных ее частях. Обычно колленхима расположена под эпидермой двудольных растений (свекла, тыква, капуста и пр.). *Склереиды* (каменистые клетки) имеют очень сильно утолщенные слоистые клеточные стенки. Это большей частью одревеневшие клетки, находящиеся в стеблях, твердых стенках плодов, семенах многих растений. Так, твердость косточек у слив, вишни, скорлупы у орехов, жесткая мякоть плодов груши, айвы обусловлены присутствием склереид.

Проводящие ткани служат для транспортировки растворов питательных веществ от одних органов растения к другим. По *сосудам*, а также *трахеидам* древесины (ксилемы), состоящим из мертвых вытянутых клеток, от корней к другим органам поступают вода и растворенные в ней минеральные вещества. По *ситовидным трубкам* луба (флоэмы), образованным также удлинёнными, но живыми клетками, от листьев к различным органам перемещаются органические соединения, синтезирующиеся в процессе фотосинтеза. Древесина и луб формируют проводящие пучки, пронизывающие корни, стебли и листья (жилки). Сосуды и ситовидные трубки окружены клетками паренхимы и тесно связаны с ней.

Выделительная система. К продуктам выделения растений относят эфирные масла, смолы, дубильные вещества, слизи, нектар и др. Они могут выделяться наружу или накапливаться в клетках различных органов. К выделительной системе относятся не только ткани, но и отдельные клетки.

Органы цветковых растений

Растения — сложные живые организмы, имеющие взаимосвязанные и согласованно функционирующие органы. Различают вегетативные и генеративные органы. Вегетативные органы (корень, стебель, лист) служат для поддержания индивидуальной жизни растения, обеспечения его роста и развития, генеративные органы (цветок, плод и семя) — для полового воспроизведения растений.

Корни укрепляют растения в почве, придают им устойчивость, поглощают из почвы необходимые для жизни растения воду и растворенные в ней питательные вещества, которые направляются по стеблю к листьям. Кроме того, корень может служитьместилищем запасных питательных веществ. В нем синтезируются многие

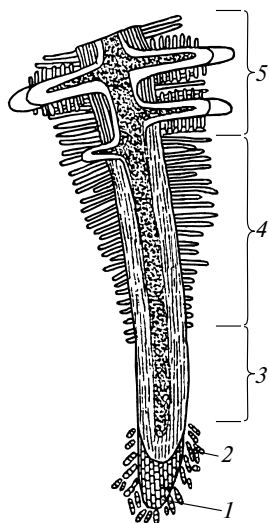


Рис. 2. Внутреннее строение корня:

1 — корневой чехлик; 2 — зона деления (конус нарастания); 3 — зона растяжения; 4 — зона всасывания; 5 — зона проведения и образования боковых корней

органические соединения, значительная часть которых выделяется в почву и используется почвенной микрофлорой (грибы, бактерии) и другими растениями. У корнеотпрысковых растений корни выполняют функцию вегетативного размножения. Различают *главный корень*, который образуется из зародышевого корешка, *придаточные корни*, развивающиеся на стеблях и листьях, и *боковые корни*, представляющие собой ответвления любых корней. Верхушка растущего корня покрыта своеобразным защитным покровом — *корневым чехликом*, клетки которого постоянно обновляются (рис. 2). Он прокладывает корню проходы в почве. Под чехликом находится *зона деления (конус нарастания)*, представленная делящимися клетками верхушечной образовательной ткани. Далее расположена *зона растяжения*, в которой клетки интенсивно растут, вытягиваясь вдоль оси корня, и начинают дифференцироваться. Следующая за ней *зона всасывания* содержит большое количество корневых волосков — наружных выростов клеток кожицы длиной до 20 мм, функция которых состоит в поглощении

воды и минеральных солей из почвенного раствора. Здесь же формируются проводящие ткани корня, по которым в расположенной выше *зоне проведения* транспортируются питательные вещества. Корневых волосков эта зона не имеет и покрыта пробковевшими тканями. У некоторых растений корни могут сильно видоизменяться. Обычно это связано с накоплением питательных веществ. При этом корни становятся толстыми и мясистыми. Особенно часто встречается утолщенный запасующий *главный корень*, называемый *корнеплодом* (морковь, свекла, репа, редька, редис и т.д.).

Совокупность всех корней растения называется *корневой системой*. По форме различают *стержневую корневую систему*, в которой главный корень сильно развит и выделяется среди остальных корней, и *мочковатую корневую систему*, в которой главный корень отсутствует или незаметен среди многочисленных придаточных корней (рис. 3).

Лист представляет собой боковой вегетативный орган растения, развивающийся на стебле. В листьях осуществляется процесс фотосинтеза, т.е. из воды и минеральных веществ, поглощенных корнями из почвы, а также из диоксида углерода (углекислого газа)

атмосферного воздуха с помощью солнечной энергии, которую улавливают хлоропласты, содержащие зеленый пигмент — хлорофилл, образуются органические вещества: крахмал, сахар, белки, жиры. Эти вещества передвигаются по стеблю в другие части растений: корни, цветы, семена и плоды.

Лист обычно состоит из *листовой пластинки и черешка*, но у листьев некоторых растений черешок отсутствует (например, растения сем. Мятликовых). Такие листья называют *сидячими*. У разных растений листья различаются по форме листовой пластинки (сердцевидные, ланцетовидные, овальные и т.д.), форме ее края (цельнокрайние, зубчатые и др.), расположению жилок (у листьев двудольных растений жилкование обычно перистое или пальчатое, у листьев однодольных — параллельное или дуговое). Различают также листья *простые*, имеющие одну листовую пластинку, опадающую осенью целиком, и *сложные*, распадающиеся после отмирания на отдельные части. Сложные листья бывают пальчато- и перисто-сложными.

Порядок прикрепления листьев на стебле называется *листорасположением*. При *очередном* листорасположении листья растут на стебле по одному, чередуясь друг с другом, при *супротивном* — по два друг против друга, при *мутовчатом* — прикрепляются к стеблю пучками, состоящими из нескольких листьев.

Стебель — осевой вегетативный орган растения, который соединяет два полюса питания растения — корни и листья, обеспечивая обмен между ними необходимыми питательными веществами. Он выносит листья к свету, служит опорой для генеративных органов, может запасать питательные вещества. Стебли различают по расположению в пространстве (прямостоячие, стелющиеся, вьющиеся, лазающие и т.д.), степени одревеснения (травянистые и древеснистые), продолжительности жизни, длине (до 300 м у некоторых тропических лиан).

Стебель с расположенными на нем листьями и почками называется *побегом*. Участки стебля, на которых развиваются листья, называются узлами, а участки стебля между двумя узлами — междоузлиями.

Побеги у некоторых видов растений, так же как корни, могут видоизменяться, приспособляясь к выполнению дополнитель-

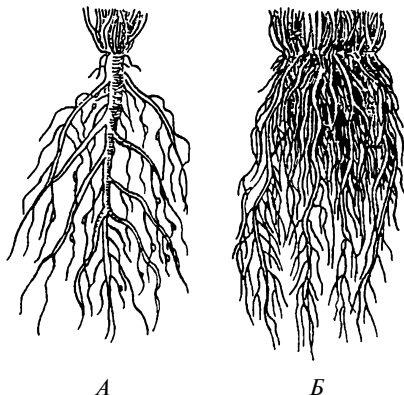


Рис. 3. Корневая система растений:

А — стержневая; Б — мочковатая

ных, например, запасующих функций. Особенно важное значение имеют утолщенные подземные побеги, служащие для вегетативного размножения. К ним относятся *корневище* (пырей ползучий, сныть, ландыш), *клубень* (картофель), *луковица* (лук, чеснок).

Почка — это зачаточный побег, состоящий из укороченного стебля со сближенными зачаточными листьями. На верхушке укороченного стебля почки находится конус нарастания, состоящий из верхушечной образовательной ткани. За счет деления его клеток стебель растет в длину, образуются другие органы. Почки бывают *вегетативными*, *генеративными* (*цветковыми*) и *смешанными*.

Цветок — орган семенного размножения, укороченный видоизмененный побег, приспособленный для образования половых клеток (гамет), опыления, оплодотворения и формирования семян и плодов. Цветок включает следующие части: *цветоножку*, на которой могут быть прицветники (листья, сопровождающие цветки), расширенное *цветоложе*, *чашечку*, *венчик*, *тычинки* и *пестик* (рис. 4). Чашечка и венчик образуют *околоцветник*. У многих ветроопыляемых растений околоцветник мелкий, невзрачный, в то время как у растений, опыляемых насекомыми, он хорошо развит, белый или ярко окрашенный. Тычинки состоят из *тычиночной нити* и *пыльника*. В пыльнике образуется большое количество *пыльцы* (*мужской гаметофит*). Пестик состоит из нижней расширенной части — *завязи* и верхней суженной — *столбика* и *рыльца*. Внутри завязи находится *семяпочка* (*семязачаток*), в которой формируется *зародышевый мешок* (*женский гаметофит*). Столбик выносит из цветка рыльце, что способствует лучшему улавливанию пыльцы.

По строению различают растения с *обоеполюми* (картофель, рожь) и *раздельнополюми* цветками, в которых есть или только тычинки, или только пестики. Растения с раздельнополюми цветками могут быть *однодомные*,

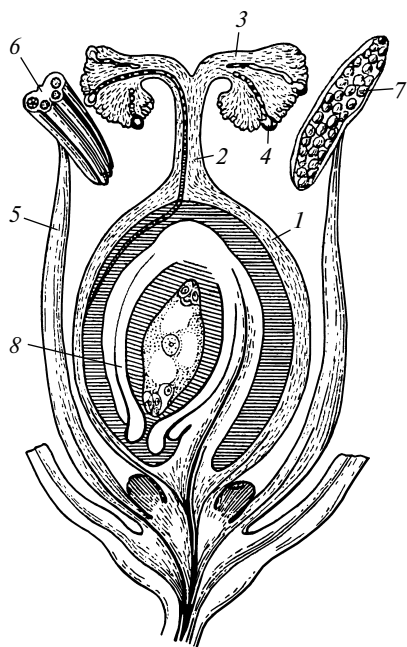


Рис. 4. Схема строения цветка:

1 — завязь; 2 — столбик; 3 — рыльце; 4 — пыльцевые зерна, образующие пыльцевые трубки; 5 — тычиночная нить; 6 — поперечный разрез пыльника тычинки; 7 — продольный разрез пыльника; 8 — семяпочка

если на одном растении находятся мужские и женские цветки (кукуруза, огурец), и *двудомные*, если мужские цветки развиваются на одном растении, а женские — на другом (конопля, облепиха, тополь).

Соцветия. Цветки часто собраны в соцветия. У ветроопыляемых растений это позволяет эффективнее улавливать пыльцу. Соцветия насекомоопыляемых растений более заметны для насекомых, чем отдельные цветки. Соцветия бывают *простыми* и *сложными* (рис. 5). К простым относятся: *кисть* (капуста), *простой колос* (подорожник), *початок* (кукуруза), *простой зонтик* (лук, яблоня), *головка* (клевер), *корзинка* (подсолнечник), *щиток* (груша). К сложным соцветиям, имеющим ветвящуюся главную ось, относят *метелку* (овес), *сложный колос* (пшеница, рожь), *сложный зонтик* (укроп).

Семя — орган размножения цветковых растений, который образуется из семяпочки в результате двойного оплодотворения. Оно состоит из зародыша и кожуры. *Зародыш* — это зачаточное растение, имеющее корешок, стебелек, почку и семядоли (первые листья зародыша). У однодольных растений (зерновые хлеба) семядоля одна, у двудольных (зернобобовые) — две. Семя однодольных включает также специальную запасную ткань — *эндосперм*

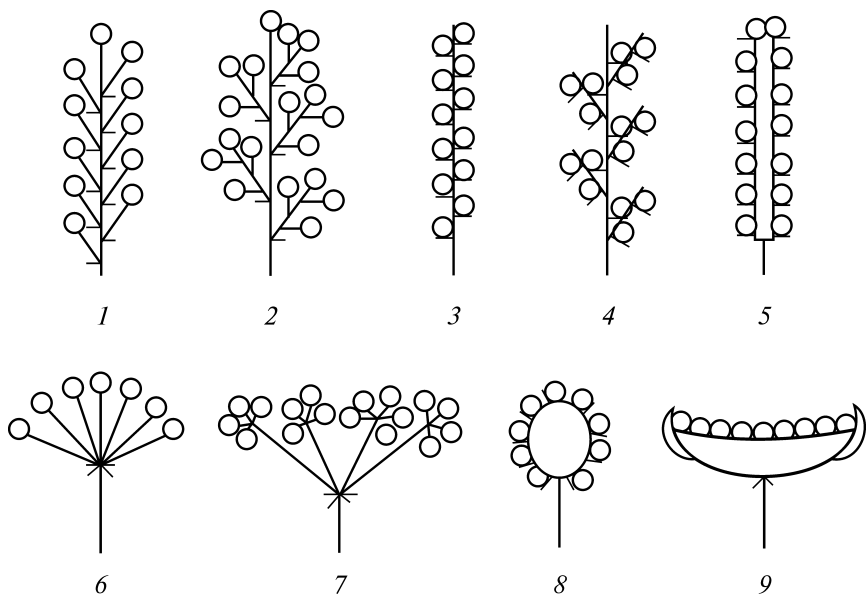


Рис. 5. Схемы наиболее распространенных соцветий:

1 — кисть; 2 — метелка; 3 — простой колос; 4 — сложный колос; 5 — початок;
6 — простой зонтик; 7 — сложный зонтик; 8 — головка; 9 — корзинка

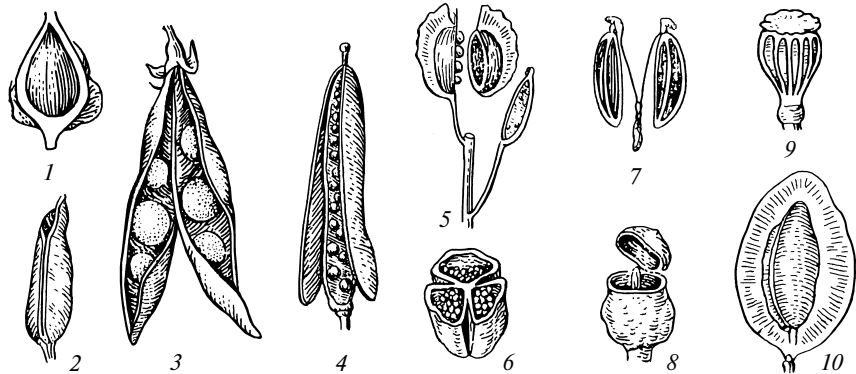


Рис. 6. Разнообразие плодов растений:

1 — семянка; 2 — листовка; 3 — боб; 4 — стручок; 5 — стручочек; 6, 8, 9 — коробочки; 7 — двусемянка; 10 — костянка

(мятликовые, пасленовые, гречишные). У двудольных растений запас питательных веществ сосредоточен в семядолях.

Плод —местилище семян. Плоды состоят из околоплодника, который образуется в основном из стенок завязи и семян. Околоплодник одних плодов сочный, мясистый. Это сочные плоды. К ним относятся *ягода* (плоды винограда, томата, картофеля), *костянка* (плоды вишни, сливы, черемухи), *яблоко* (плоды яблони, груши), *тыква* (арбуз, дыня). Другую группу составляют плоды с сухим околоплодником: *боб* (горох, бобы), *стручок*, *стручочек* (капуста, редька, ярутка), *коробочка* (мак, лен), *орех* (лещина, липа), *зерновка* (рожь, овес, пшеница), *семянка* (подсолнечник) (рис. 6). Встречаются и *сложные (сборные) плоды*, формирующиеся из цветка с несколькими пестиками (сборная костянка у малины, сборная семянка у земляники и т. д.). Распространению плодов и семян дикорастущих форм растений способствуют ветер, насекомые, животные.

Систематика растений

Все сельскохозяйственные растения относятся к отделу покрытосеменных, или цветковых. Он подразделяется на два класса: *Двудольные* и *Однодольные*. Двудольные растения имеют обычно стержневую корневую систему, сетчатое жилкование листьев, зародыши их семян содержат две семядоли. Однодольные растения, как правило, формируют мочковатую корневую систему, у них дуговое или параллельное жилкование листьев, зародыши семян содержат только одну семядолю. Каждый класс включает ряд семейств. Главная отличительная особенность растений разных се-

мейств — строение их цветков. В класс Двудольных входят сем. Розоцветные (Розанные) — Rosaceae, Бобовые — Fabaceae, Капустные (Крестоцветные) — Brassicaceae, Пасленовые — Solanaceae, Астровые (Сложноцветные) — Asteraceae и многие другие. К однодольным относятся сем. Мятликовые (Злаковые) — Poaceae, Лилейные — Liliaceae.

Размножение растений

Цветковые растения размножаются двумя способами: половым и бесполом — вегетативным.

Вегетативное размножение основано на способности отдельных частей растений и даже отдельных клеток давать начало новым организмам. Этим путем может размножаться большинство древесных, кустарниковых и многие травянистые растения. Различают следующие способы вегетативного размножения: отводками (виноград, крыжовник и др.), усам (земляника), корневыми отпрысками (малина), луковицами (лук, чеснок, тюльпаны, лилии), клубнями (картофель, топинамбур), корневыми клубнями (георгины), черенками (смородина, крыжовник), корневищами (пырей ползучий), делением куста (флокс), прививками (плодовые культуры).

Половое размножение цветковых растений связано с образованием гаплоидных мужских и женских половых клеток — гамет. В результате слияния гамет (оплодотворения) образуется диплоидная клетка — зигота, из которой развивается зародыш — зачаток нового организма, основная часть семени.

Оплодотворению предшествует опыление — перенос пыльцы из пыльников на рыльце пестика. Различают *перекрестное опыление* растений, при котором пыльца с цветков одного растения переносится на цветки других растений насекомыми или ветром (реже водой), и *самоопыление*. К самоопыляющимся растениям относятся ячмень, пшеница, овес, горох, фасоль и др. На рыльце пестика пыльцевые зерна, состоящие из двух клеток, прорастают. Из так называемой вегетативной клетки развивается пыльцевая трубка, которая по тканям столбика дорастает до завязи и проникает в семяпочку. Из второй генеративной клетки пыльцевого зерна образуются две мужские гаметы — спермии, которые по пыльцевой трубке попадают в семяпочку, где находится восьмиядерный зародышевый мешок. Один спермий оплодотворяет яйцеклетку, а второй — центральное ядро зародышевого мешка. Из оплодотворенной яйцеклетки впоследствии образуется зародыш семени, а из центральной клетки — эндосперм (особая ткань, содержащая питательные вещества). Из семяпочки образуется семя, из завязи — плод.

Рост и развитие растений

Все вегетативные органы растений закладываются в виде зачатков еще в зародыше семени. При прорастании первым появляется зародышевый корешок, который направляется вертикально в глубь почвы, а через некоторое время — проросток растения, выходящий на поверхность почвы. Некоторое время проросток использует питательные вещества семени, а после укоренения и появления всходов молодые растения переходят на собственное корневое питание, формируют листья и за счет фотосинтеза образуют органические вещества, необходимые для их роста и развития.

Рост и развитие — явления, тесно связанные между собой, но не тождественные. Под *ростом* следует понимать увеличение массы и размеров тех или иных органов растений, под *развитием* — качественные изменения, происходящие в их конусах нарастания, которые ведут к образованию половых органов, цветению и плодоношению.

У растений существуют *фазы развития*, или фазы образования вегетативных и генеративных органов. У мятликовых (пшеница, рожь, ячмень, овес, просо) отмечают следующие фазы: всходы; появление 3-го листа; кущение или развитие боковых побегов из подземных узлов стебля; выход в трубку или начало роста стебля; колошение (у растений, имеющих соцветие колос, — пшеницы, ржи, ячменя) или выметывание (у растений с соцветием метелка — проса, овса, сорго, риса); затем цветение, молочная спелость, восковая спелость и полная спелость зерна. У кукурузы, кроме того, отмечают фазу образования початков.

У других культур, например у бобовых и гречихи, различают следующие фазы: всходы (выход на поверхность семядолей); образование первой пары настоящих листьев; ветвление стебля; появление бутонов; цветение; образование плодов (зеленая спелость); налив семян и созревание семян (полная спелость).

Наблюдения за развитием растений необходимы для того, чтобы лучше изучить их требования к условиям жизни и в связи с этим применять приемы агротехники, с помощью которых можно создавать наиболее благоприятные условия для получения высокого урожая. При этом следует иметь в виду, что у всех растений закладка вегетативных органов (листьев и будущего стебля) заканчивается очень рано (ко времени появления 3—4-го листьев и начала кущения у злаков или ветвления у бобовых культур). Чем благоприятнее условия, создаваемые приемами агротехники в этот период (рыхление до и после появления всходов, подкормка и др.), тем больше листьев и междоузлий закладывает растение и тем более высокорослым оно становится. В очень ранний период (фаза кущения — начало выхода в трубку у хлебов, фаза 3—4-й пары листьев у подсолнечника и других культур) у растений закладываются бу-

душие соцветия — колос или метелка у хлебов, корзинка у подсолнечника, а затем и цветки. Это очень важный период в жизни растений, когда с помощью агротехники можно в значительной мере повлиять на мощность и продуктивность будущих соцветий. Чем благоприятнее условия увлажнения и питания в этот период, тем больше колосков в колосе или метелке, цветков в корзинке подсолнечника и тем выше будет урожай. В этот период проводят междурядные обработки пропашных культур, подкормки, борьбу с сорняками. Велика отзывчивость растений на все приемы ухода и в период, предшествующий цветению, а также во время цветения и начала плодообразования.

Физиология растений

Для жизни растений необходимы определенные условия внешней среды. Основные из них — солнечный свет, тепло, вода, элементы питания из почвы, диоксид углерода и кислород из воздуха. Они влияют на все физиологические процессы, происходящие в тканях растений.

Фотосинтез и дыхание

Фотосинтез — важнейшая жизненная функция зеленых растений, результат которой — первичный синтез органического вещества. Для осуществления фотосинтеза необходим одновременный приток света, тепла, воды, диоксида углерода из воздуха и питательных веществ из почвы (элементов минерального питания). Сущность фотосинтеза заключается в том, что под действием энергии солнечного луча, поглощаемой хлоропластами листьев и других зеленых органов растений, вода разлагается (фотолиз воды). При этом образуется свободный кислород, который выделяется в окружающую среду, а водород присоединяется к углероду диоксида углерода, восстанавливает его и в результате образуются органические вещества: углеводы, белки, кислоты, витамины, фитогормоны и др. Фотосинтез — сложный многоступенчатый процесс, протекающий с участием многих ферментов. В нем выделяют световую и темновую фазы. Световая фаза осуществляется только на свету.

Одновременно с созданием органического вещества в растениях происходит противоположный процесс — *дыхание*. Дыхание сопровождается расходом органического вещества с высвобождением заключенной в нем энергии химических связей, необходимой растениям для поглощения из почвы воды вместе с растворенными в ней питательными веществами и подачи их к листьям, для осуществления процессов роста и многих других жизненных

функций. При дыхании органы растений поглощают кислород и выделяют диоксид углерода.

В продуктивных посевах листья растений поглощают до 80—85 % фотосинтетически активных лучей с длиной волн 380—710 нм (0,38—0,71 мкм). Эту часть солнечного спектра называют фотосинтетически активной радиацией (ФАР). Лучи хорошо поглощаются зеленым пигментом хлоропластов — хлорофиллом и являются энергетической основой фотосинтеза. Однако на фотосинтез расходуется не более 1,5—3 % поглощенной энергии ФАР. Фотосинтез у растений начинается при очень слабом освещении, затем возрастает и у многих сельскохозяйственных культур достигает максимальной величины при освещенности порядка трети — половины полной солнечной радиации (полная — около 100 тыс. лк в июне — июле). В условиях сильного затенения, а также в утренние и вечерние часы интенсивность фотосинтеза и дыхания растений выравниваются (световой компенсационный пункт). Световой компенсационный пункт у теневыносливых растений составляет примерно 1 % от полного света, у светолюбивых — около 3—5 % от полного солнечного света. При дальнейшем снижении освещенности дыхание превосходит фотосинтез, органическое вещество не накапливается, а расходуется. Подобное наблюдается в излишне загущенных и засоренных посевах. Количество (интенсивность) и качество (спектральный состав) света, длительность светового периода (длина дня) влияют не только на фотосинтез, но и на темпы роста и развития растений, сокращают или увеличивают время от посева до цветения и уборки урожая. Световые условия в посевах можно регулировать сроками сева, густотой стояния растений, составом травосмесей и другими приемами агротехники.

Для начала фотосинтеза минимальная температура у большинства сельскохозяйственных культур составляет 0—5 °С, хотя у некоторых растений северных широт фотосинтез идет и при более низких температурах (у сосны, ели при -15 °С). Наиболее благоприятная, или оптимальная, температура, при которой интенсивность фотосинтеза достигает максимального уровня, у разных групп растений колеблется в пределах 20—30 °С. Дальнейшее повышение температуры снижает интенсивность фотосинтеза, а при 40—45 °С он полностью прекращается.

В отличие от фотосинтеза дыхание практически у всех растений проходит при отрицательной температуре. У большинства растений нижний температурный предел дыхания составляет примерно -10 °С. У зимующих частей растений, например почек деревьев, хвои сосны и ели, заметное дыхание наблюдается даже при -20, -30 °С. Максимальная интенсивность дыхания у большинства видов растений средних широт наблюдается при 35—40 °С, т. е. на 5—10 °С выше, чем при фотосинтезе. Максимальные (предельные)

температуры для дыхания (45—55 °С) определяются способностью белков растений к денатурации.

Отношение растений к теплу

Приток *тепла* необходим для набухания и прорастания семян, формирования всходов, поглощения растениями воды и питательных веществ, роста, формирования органов и прохождения всех этапов развития. Поэтому температура окружающей среды оказывает большое влияние на все стороны жизни растений.

По отношению к теплу все сельскохозяйственные растения делят на две основные группы: растения умеренного пояса и теплолюбивые растения южных широт. Растения первой группы, исторически сформировавшиеся в условиях умеренного климата (горчица, горох, пшеница, рожь, ячмень, овес, лен и др.), отличаются малой требовательностью к теплу. Семена их прорастают при температуре от 1 до 5 °С, а цветение и созревание возможно при средней температуре 10—12 °С. Эти растения холодостойки: всходы способны переносить заморозки до минус 6—10 °С. Еще более холодостойки озимые формы. Большинство растений первой группы относится к так называемым растениям длинного дня, которые ускоряют свое развитие при продвижении на север (оптимальная длина дня 15—17 ч).

Теплолюбивые растения южных широт (рис, кукуруза, фасоль, просо, хлопчатник, арбузы, дыни, огурцы и др.) более требовательны к теплу. Для прорастания их семян нужна температура 8—15 °С, а для цветения 15—20 °С. Эти растения, сформировавшиеся в условиях тропического или субтропического климата, малоустойчивы к низкой температуре. Только некоторые из них (кукуруза, просо) могут выдержать кратковременные заморозки до минус 2—3 °С, большинство же практически не переносит отрицательных температур. В то же время они отличаются высокой жаростойкостью. Большинство растений южных широт относится к растениям короткого дня, ускоряя развитие при продвижении с севера на юг (оптимальная длина дня 12—14 ч).

Возделываемые в России сельскохозяйственные растения и их сорта очень разнообразны по длине вегетационного периода и потребности в тепле. На севере возделывают скороспелые сорта ячменя, овса, гороха, турнепса и других культур, которые созревают за 60—70 суток. Потребность в тепле, выраженная суммой активных температур (среднесуточных температур выше 10 °С) за вегетационный период, у этих растений не превышает 1000 °С. Для яровой и озимой пшеницы в зависимости от скороспелости сорта этот показатель составляет 1300—1700 °С, для кукурузы — 2100—2900 °С, для льна — 900—1300 °С, для подсолнечника — 1600—2300 °С, картофеля — 1200—1800 °С.