

Д. А. Соловков

ЕГЭ по биологии

Практическая подготовка

8-е издание

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2025

УДК 58+59(075.3)
ББК 28я72
С60

Соловков Д. А.

С60 ЕГЭ по биологии. Практическая подготовка. — 8-е изд., испр. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2025. — 752 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-2033-1

Рассмотрены разделы школьного курса биологии, необходимые для подготовки абитуриентов к сдаче ЕГЭ по этому предмету: ботаника, зоология, анатомия и общая биология. Материал систематизирован по разделам и темам: сначала компактно излагаются теоретические знания, далее для закрепления материала предлагаются тесты по отдельным темам и по всему пройденному разделу, и как завершение – итоговые тесты по всему курсу в формате ЕГЭ, составленные на основе анализа вопросов ЕГЭ из открытого банка заданий. В пособии учтены возросшие требования в связи с усложнением ЕГЭ, делается акцент на анатомию человека и общую биологию, вопросы по которым составляют основную часть заданий ЕГЭ.

В 8-е издание добавлены новые рисунки и схемы, переработано много теоретического материала, а итоговые тесты в формате ЕГЭ приведены в соответствие со спецификатором 2025 года.

Для образовательных учреждений

УДК 58+59(075.3)
ББК 28я72

Группа подготовки издания:

Руководитель проекта	<i>Евгений Рыбаков</i>
Зав. редакцией	<i>Людмила Гауль</i>
Редактор	<i>Анна Кузьмина</i>
Компьютерная верстка	<i>Натальи Смирновой</i>
Оформление обложки	<i>Зои Канторович</i>

Подписано в печать 07.10.24.

Формат 70×100^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 60,63.

Тираж 5000 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 191036, Санкт-Петербург, Гончарная ул., 20.

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО «Принт-М», 142300, М.О., г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1

ISBN 978-5-9775-2033-1

© ООО "БХВ", 2025
© Оформление. ООО "БХВ-Петербург", 2025

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	17
ВВЕДЕНИЕ	19
ГЛАВА 1. БОТАНИКА	21
Строение клетки растения	24
Ткани растений	24
Образовательные ткани (меристемы)	25
Покровные ткани	26
Механические ткани	28
Проводящие ткани	29
Выделительные ткани	31
Основные ткани	32
Органы растений	32
Вегетативные органы растений	32
Корень	32
Побег	38
Почка	40
Лист	41
Стебель	47
Рост растений и его регуляция	52
Вегетативное размножение	53
Тест по темам "Ткани" и "Вегетативные органы растений"	54
Генеративные органы растений	58
Семя	58
Цветок	61
Соцветия	65
Плоды	67
Защита у растений	70
Тест по теме "Генеративные органы растений"	71
Систематика растений	75
Основные термины	75
Водоросли	76
Отдел Зеленые водоросли	77
Отдел Бурые водоросли	81

Отдел Красные водоросли (Багрянки).....	81
Значение водорослей в природе и использование их человеком	82
Отдел Мохообразные.....	82
Общие признаки	82
Класс Печеночники, или Печеночные мхи	82
Класс Листостебельные мхи, или Мхи	83
Подкласс Зеленые мхи	83
Подкласс Сфагновые мхи (Белые мхи, Торфяные мхи)	84
Образование торфа.....	85
Значение моховидных.....	85
Отдел Риниофиты (Псилофиты).....	85
Папоротникообразные.....	86
Общие признаки	86
Отдел Папоротниковидные (Папоротники).....	86
Отдел Плауновидные	88
Отдел Хвощевидные	89
Древние папоротникообразные	90
Образование каменного угля.....	90
Значение папоротникообразных	91
Семенные растения.....	91
Отдел Голосеменные.....	91
Значение голосеменных.....	94
Отдел Покрытосеменные (Цветковые).....	95
Генетические наборы у растений	103
Растительные сообщества (фитоценозы)	104
Тест по теме "Систематика растений"	105
Прокариоты	109
Археи.....	109
Эубактерии	109
Строение.....	110
Размножение	111
Питание	111
Условия жизни.....	112
Значение бактерий.....	112
Цианобактерии	112
Царство Грибы.....	113
Систематика грибов.....	113
Строение грибов.....	114
Питание.....	114
Размножение.....	115
Экологические группы грибов	115
Плесневые грибы.....	115
Дрожжевые грибы	116
Паразитические грибы	116
Шляпочные грибы.....	117
Значение грибов	118

Лишайники.....	119
Значение лишайников	120
Тест по темам "Бактерии", "Грибы" и "Лишайники"	120
Итоговый тест по ботанике	122
ГЛАВА 2. ЗООЛОГИЯ	129
Систематика животных.....	130
Подцарство Одноклеточные (Простейшие).....	131
Строение простейших	131
Жизнедеятельность простейших	131
Систематика простейших.....	132
Тип Саркожгутиконосцы.....	132
Тип Апикомплекса	136
Тип Инфузории.....	137
Значение простейших	139
Подцарство Многоклеточные	140
Тип Кишечнополостные.....	140
Строение и общие черты организации	140
Систематика типа	141
Значение кишечнополостных.....	145
Тип Плоские черви	145
Общие признаки	145
Происхождение	146
Систематика типа	146
Тип Круглые черви	153
Общие признаки	153
Класс Собственно Круглые черви (Нематоды)	153
Происхождение	156
Меры профилактики глистных болезней. Борьба с червями-паразитами	156
Тип Кольчатые черви	156
Общие признаки	156
Происхождение	157
Систематика типа	157
Значение кольчатых червей.....	160
Тест по теме "Простейшие, кишечнополостные и черви"	161
Тип Моллюски (Мягкотелые).....	165
Общие признаки	165
Систематика моллюсков.....	166
Значение моллюсков	170
Тип Членистоногие	171
Общие признаки	171
Происхождение членистоногих	172
Классификация типа	172
Тест по темам "Моллюски" и "Членистоногие".....	187
Тип Иглокожие.....	190
Общие признаки	190
Систематика типа	191

Тип Хордовые	192
Общие признаки	192
Происхождение хордовых	192
Систематика типа	193
Систематика подтипа Позвоночные	199
Тест по теме "Бесчерепные, рыбы и земноводные"	215
Тест по теме "Рептилии, птицы и млекопитающие"	250
Итоговый тест по зоологии	254
ГЛАВА 3. АНАТОМИЯ.....	261
Ткани человека	261
Эпителиальная ткань	261
Соединительная ткань	264
Клетки соединительной ткани	265
Волокна соединительной ткани	265
Виды соединительной ткани	265
Нервная ткань	267
Мышечная ткань	270
Тест по теме "Ткани"	272
Органы и системы органов	273
Нервная система	274
Отделы нервной системы	275
Спинальный мозг	275
Головной мозг	277
Соматическая и вегетативная нервная система	280
Тест по теме "Нервная система"	282
Эндокринная система	284
Гипоталамус	286
Гипофиз	286
Эпифиз (шишковидное тело)	287
Щитовидная железа	287
Околощитовидные (паращитовидные) железы	288
Вилочковая железа (тимус)	288
Надпочечники	288
Поджелудочная железа	289
Половые железы	289
Желтое тело	289
Плацента	290
Нейроэндокринная регуляция	291
Тест по теме "Эндокринная система"	291
Опорно-двигательный аппарат	294
Скелет	294
Череп	294
Скелет туловища	295
Верхняя конечность	297
Нижняя конечность	297

Состав костей	298
Строение кости.....	299
Классификация костей	300
Соединение костей.....	300
Повреждения скелета.....	301
Заболевания опорно-двигательного аппарата	302
Мышцы человека	303
Строение скелетной мышцы	303
Работа мышц.....	304
Тест по теме "Опорно-двигательный аппарат"	305
Внутренняя среда организма.....	307
Тканевая жидкость.....	307
Лимфа.....	307
Кровь	308
Состав крови	308
Свертывание крови	310
Группы крови.....	311
Иммунитет	312
Нарушения иммунитета.....	314
Тест по теме "Кровь"	315
Кровеносная система	317
Сердце	318
Строение сердца	318
Работа сердца.....	319
Сосуды	320
Круги кровообращения	321
Первая помощь при кровотечениях	323
Факторы, приводящие к болезням кровеносной системы	324
Лимфатическая система	324
Тест по теме "Кровеносная и лимфатическая системы"	325
Пищеварительная система.....	327
Методы изучения пищеварения	328
Строение пищеварительной системы	329
Отделы пищеварительного тракта	330
Пищеварительные железы	333
Слюнные железы	333
Печень	333
Поджелудочная железа	335
Пищеварение	335
Пищеварение в ротовой полости	335
Пищеварение в желудке	335
Пищеварение в кишечнике.....	336
Всасывание	337
Болезни желудочно-кишечного тракта	337
Влияние курения и алкоголя на пищеварение	338
Тест по теме "Пищеварительная система"	338

Обмен веществ и энергии	341
Обмен белков	341
Обмен углеводов	342
Обмен жиров	342
Обмен воды и минеральных веществ.....	343
Режим питания	343
Витамины.....	344
Тест по теме "Обмен веществ. Витамины"	346
Дыхательная система	348
Строение дыхательной системы.....	348
Воздухоносные пути	348
Респираторная часть	350
Механизмы дыхания.....	351
Внешнее дыхание	351
Транспорт газов кровью	353
Тканевое (внутреннее) дыхание.....	353
Регуляции дыхания.....	353
Дыхание при повышенном атмосферном давлении	354
Дыхание при пониженном атмосферном давлении.....	354
Болезни органов дыхания.....	355
Влияние курения на дыхательную систему.....	355
Первая помощь при остановке дыхания.....	356
Тест по теме "Дыхательная система"	356
Кожа.....	358
Строение кожи	359
Железы кожи	360
Производные кожи.....	360
Терморегуляция	361
Нарушение терморегуляции	361
Повреждения кожи	362
Гигиена кожи и одежды	362
Закаливание	363
Выделительная система	363
Строение выделительной системы.....	363
Почки.....	363
Мочеточники	366
Мочевой пузырь	366
Мочеиспускательный канал	366
Механизмы мочеобразования.....	366
Регуляция работы выделительной системы	367
Болезни мочевыделительной системы.....	367
Гигиена мочевыделительной системы.....	368
Тест по теме "Кожа. Почки. Выделение"	368
Анализаторы	370
Зрительный анализатор	370
Строение глаза.....	371
Зрительное восприятие	373

Нарушение зрения	373
Первая помощь при повреждении глаз	375
Гигиена зрения	375
Слуховой анализатор	375
Строение органа слуха	375
Слуховое восприятие	377
Работа вестибулярного аппарата	377
Гигиена слуха	377
Обонятельный анализатор	378
Вкусовой анализатор	378
Кожный анализатор	379
Тест по теме "Анализаторы"	380
Высшая нервная деятельность	382
Торможение	383
Психические процессы человека	384
Темперамент	386
Нарушения высшей нервной деятельности и их профилактика	386
Итоговый тест по анатомии	387
ГЛАВА 4. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ	393
Методы биологии	393
Признаки живых организмов	394
Уровни организации жизни	394
Цитология	395
Методы исследования клетки	395
Клеточная теория	396
Молекулярный состав клетки	397
Вещества клетки	397
Неорганические вещества клетки	397
Органические вещества клетки	398
Белки	399
Углеводы	402
Липиды	404
АТФ	405
Нуклеиновые кислоты	405
Методы изучения структуры биомолекул	408
Формы жизни	409
Вирусы	409
Вироиды	411
Прокариоты	411
Эукариоты	412
Метаболизм клетки	423
Диссимиляция у аэробов	424
Диссимиляция у анаэробов	426
Ассимиляция у автотрофов	427
Ассимиляция у гетеротрофов	431
Строение гена	437

Биотехнология.....	438
Размножение клеток	441
Интерфаза.....	441
Митоз.....	442
Мейоз.....	443
Амитоз.....	444
Тест по теме "Цитология"	445
Размножение и индивидуальное развитие организмов	451
Бесполое размножение	451
Половое размножение	452
Гаметогенез	452
Сперматогенез	453
Овогенез	453
Онтогенез.....	454
Оплодотворение	454
Эмбриональный период.....	455
Постэмбриональный период	459
Тест по теме "Размножение организмов. Гаметогенез. Онтогенез"	459
Генетика	463
Методы генетики	464
Основные термины генетики.....	464
Законы Менделя.....	466
Первый закон Менделя (закон единообразия гибридов F_1).....	466
Второй закон Менделя (закон расщепления)	466
Закон (гипотеза) чистоты гамет	467
Третий закон Менделя (закон независимого наследования).....	467
Анализирующее скрещивание.....	469
Взаимодействие генов	469
Взаимодействие аллельных генов	469
Взаимодействие неаллельных генов	470
Сцепленное наследование генов	471
Генетика пола.....	473
Сцепленное с полом наследование	474
Признаки организма	474
Изменчивость	475
Фенотипическая изменчивость	476
Генотипическая изменчивость.....	476
Закон гомологических рядов.....	479
Генетика человека.....	479
Методы генетики человека.....	479
Типы наследования признаков у человека.....	481
Геном человека.....	481
Наследственные болезни человека	481
Селекция	482
Центры происхождения культурных растений и домашних животных	483
Методы селекции	484
Тест по теме "Генетика и селекция".....	486

Эволюция	492
Теории эволюции	492
Креационизм	492
Трансформизм	493
Эволюционизм.....	493
Нейтральная теория эволюции	494
Современная теория эволюции.....	495
Доказательства эволюции	495
Филогенетические деревья	499
Микроэволюция	500
Факторы эволюции.....	500
Приспособленность организмов	506
Вид, его критерии и структура.....	507
Видообразование	508
Коэволюция	510
Макроэволюция.....	511
Направления макроэволюции	511
Пути макроэволюции	511
Формы макроэволюции	512
Правила макроэволюции	513
Возникновение и развитие жизни на Земле	514
Геологическая история Земли.....	518
Криптозой	518
Фанерозой	520
Антропология.....	523
Происхождение человека (антропогенез).....	523
Систематика человека.....	524
Доказательства происхождения человека от животных.....	524
Эволюция человека	526
Расы человека	529
Тест по теме "Эволюция. Развитие жизни на Земле. Антропогенез"	530
Экология.....	536
Методы экологии	536
Экологические факторы	537
Действие экологических факторов	538
Основные среды жизни	540
Основные пути приспособления организмов к среде	541
Биологические ритмы организмов	542
Популяция.....	543
Характеристики популяции.....	545
Численность популяций.....	546
Сообщества.....	548
Видовая структура сообщества.....	549
Экологическая ниша	551

Связи в биогеоценозе. Биологическая продуктивность.	
Экологическая пирамида	551
Взаимосвязи популяций в биогеоценозе	553
Примеры естественных биогеоценозов	555
Устойчивость биогеоценоза	555
Смена сообществ	556
Искусственные экосистемы	558
Биосфера	559
Круговорот веществ в биосфере	561
Превращение энергии в биосфере	564
Зональность биосферы	564
Эволюция биосферы	566
Основные пути отрицательного воздействия человека на природу	567
Основные загрязнители окружающей среды	568
Экологические кризисы	568
Воздействие человека на растительность и животный мир	569
Особо охраняемые природные территории	569
Красная книга	570
Основные принципы устойчивого развития	571
Охрана окружающей среды	571
Тест по теме "Экология"	572
Итоговый тест по общей биологии	576

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЗАДАНИЙ ЧАСТИ 2

ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА 583

Задание 22. Применение биологических знаний и умений в практических ситуациях, анализ экспериментальных задач	583
Задания для самостоятельного решения	585
Задание 24. Анализ геохронологической таблицы	587
Задания для самостоятельного решения	590
Задание 27. Решение задач по цитологии на применение знаний новой ситуации	591
Задачи для самостоятельного решения	598
Задание 27. Решение задач на применение закона Харди — Вайнберга	602
Задачи для самостоятельного решения	605
Задание 28. Решение задач по генетике на применение знаний в новой ситуации	606
Задачи для самостоятельного решения	616

ИТОГОВЫЕ ТЕСТЫ В ФОРМАТЕ ЕГЭ 621

Вариант 1	621
Вариант 2	629
Вариант 3	637
Вариант 4	645
Вариант 5	653
Вариант 6	660

ПРИЛОЖЕНИЯ.....	669
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. УЧЕНЫЕ, ВНЕСШИЕ ВКЛАД В РАЗВИТИЕ БИОЛОГИИ	671
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 . ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫЕ НЕРВЫ	674
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. НЕКОТОРЫЕ СКЕЛЕТНЫЕ МЫШЦЫ ЧЕЛОВЕКА	675
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ПОЛОВАЯ СИСТЕМА. РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА	676
Мужская половая система	676
Женская половая система	676
Развитие человека.....	677
Гигиена беременной женщины	678
Возрастные периоды развития человека.....	678
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ТАБЛИЦА ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА (иРНК).....	680
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	681
ОТВЕТЫ К ТЕМАТИЧЕСКИМ ТЕСТАМ.....	683
Глава 1. Ботаника	683
Тест по темам "Ткани" и "Вегетативные органы растений"	683
Часть 1	683
Часть 2	683
Тест по теме "Генеративные органы растений"	684
Часть 1	684
Часть 2	684
Тест по теме "Систематика растений"	685
Часть 1	685
Часть 2	685
Тест по темам "Бактерии", "Грибы" и "Лишайники"	686
Часть 1	686
Часть 2	686
Итоговый тест по ботанике.....	687
Часть 1	687
Часть 2	687
Глава 2. Зоология.....	688
Тест по теме "Простейшие, кишечнорастворные и черви"	688
Часть 1	688
Часть 2	688
Тест по темам "Моллюски" и "Членистоногие".....	689
Часть 1	689
Часть 2	689

Тест по теме "Бесчерепные, рыбы и земноводные"	690
Часть 1	690
Часть 2	690
Тест по теме "Рептилии, птицы и млекопитающие"	691
Часть 1	691
Часть 2	692
Итоговый тест по зоологии	693
Часть 1	693
Часть 2	693
Глава 3. Анатомия	694
Тест по теме "Ткани"	694
Часть 1	694
Часть 2	694
Тест по теме "Нервная система"	694
Часть 1	694
Часть 2	694
Тест по теме "Эндокринная система"	695
Часть 1	695
Часть 2	695
Тест по теме "Опорно-двигательный аппарат"	695
Часть 1	695
Часть 2	695
Тест по теме "Кровь"	696
Часть 1	696
Часть 2	696
Тест по теме "Кровеносная и лимфатическая системы"	696
Часть 1	696
Часть 2	697
Тест по теме "Пищеварительная система"	697
Часть 1	697
Часть 2	697
Тест по теме "Обмен веществ. Витамины"	698
Часть 1	698
Часть 2	698
Тест по теме "Дыхательная система"	698
Часть 1	698
Часть 2	698
Тест по теме "Кожа. Почки. Выделение"	699
Часть 1	699
Часть 2	699
Тест по теме "Анализаторы"	699
Часть 1	699
Часть 2	700
Итоговый тест по анатомии	700
Часть 1	700
Часть 2	700

Глава 4. Общая биология.....	701
Тест по теме "Цитология"	701
Часть 1	701
Часть 2	701
Тест по теме "Размножение организмов. Гаметогенез. Онтогенез".....	702
Часть 1	702
Часть 2	703
Тест по теме "Генетика и селекция".....	703
Часть 1	703
Часть 2	704
Тест по теме "Эволюция. Развитие жизни на Земле. Антропогенез"	705
Часть 1	705
Часть 2	705
Тест по теме "Экология"	706
Часть 1	706
Часть 2	706
Итоговый тест по общей биологии	707
Часть 1	707
Часть 2	708
ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ 22, 24, 27, 28.....	710
К заданиям 22.....	710
К заданиям 24.....	711
К заданиям 27 (цитология)	712
К заданиям 27 (закон Харди — Вайнберга).....	716
К заданиям 28.....	718
ОТВЕТЫ К ИТОВОГЫМ ТЕСТАМ В ФОРМАТЕ ЕГЭ	727
Часть 1	727
Часть 2	728
Вариант 1.....	728
Вариант 2.....	729
Вариант 3.....	730
Вариант 4.....	731
Вариант 5.....	733
Вариант 6.....	734
СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ.....	736
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	745

Предисловие

8-е издание подверглось существенной переработке в соответствии со спецификатором экзамена. Глава 1 "Ботаника" и глава 2 "Зоология" изменились незначительно, в главе 3 "Анатомия человека" добавлены материалы по иммунитету, по психическим процессам и темпераменту, а также внесены дополнения в некоторые другие темы. Самые большие изменения коснулись главы 4 "Общая биология": в нее добавлено очень много информации, а ряд разделов полностью переработан. Тематические тесты остались без изменений.

Итоговые варианты в формате ЕГЭ приведены в соответствие со спецификатором 2025 года: в первой части исправлена нумерация и удалено задание № 19 старого образца; во второй части также исправлена нумерация. К итоговым тестам имеются ответы.

В этом издании также расширена глава, посвященная подготовке и решению заданий 27 (задачи по цитологии) и 28 (задачи по генетике). Приведены наиболее типичные задания ЕГЭ с решениями, включая новые задачи ЕГЭ-2024, а также увеличено количество задач для самостоятельной работы (к ним есть ответы в конце книги). В задание 27 добавлены задачи на закон Харди — Вайнберга.

В это издание добавлено около 10 новых рисунков и схем. Всего в книге представлено примерно 300 рисунков, схем и таблиц, облегчающих восприятие информации и подготовку к экзамену.

Введение

Итак, вы держите в руках пособие по биологии для поступающих в вузы, и у вас возникает логичный вопрос: а чем же оно отличается от других книг со схожим названием? Стоит ли его покупать? Поможет ли эта книга в подготовке к ЕГЭ и к другим экзаменам? Я с удовольствием отвечу на эти вопросы.

Во-первых, мое пособие разрабатывалось и апробировалось в течение нескольких лет, поэтому перед вами не "скороспелое" издание, а книга, материал которой отшлифовывался годами работы с абитуриентами, а каждая глава проходила многократную проверку. Все темы, которые изложены в ней, необходимы для успешной сдачи ЕГЭ на самые высокие баллы. Во-вторых, тесты в книге составлены на основе анализа вопросов ЕГЭ из открытого банка заданий и полностью соответствуют требованиям программы по биологии, предъявляемым к выпускникам 11-х классов. В-третьих, книга имеет четкую структуру: сначала изложены теоретические основы данного раздела биологии, затем идут тематические тесты, а каждая глава оканчивается итоговым тестом по всему пройденному материалу.

Если говорить непосредственно о ЕГЭ и подготовке к нему, то следует отметить, что основной особенностью программы по биологии является огромный объем фактического материала. На экзамене от абитуриента требуется за очень короткий временной промежуток (4 часа) воспроизвести материал, который изучается в школе в течение нескольких лет учебы в 6–11-х классах, поэтому абитуриент должен обладать глубокими, структурированными знаниями по предмету, а также четко представлять себе план ответа на каждый вопрос.

Курс биологии, необходимый абитуриенту для успешной сдачи ЕГЭ, состоит из четырех разделов: ботаника, зоология, анатомия и общая биология, т. е. по сути экзамен по биологии включает в себя 4 предмета. Распределение их в тесте неравномерное, поэтому основной упор в книге сделан на анатомию человека и общую биологию, составляющие свыше 75% экзамена.

При работе с теоретическими материалами абитуриент должен четко понимать, что просто прочитать тему и ответить на вопросы теста к ней недостаточно для усвоения информации. Для того чтобы знания сохранились в памяти, а не выветрились

из нее через несколько недель, необходимо регулярно повторять пройденное и не пытаться механически запоминать информацию — это надо делать осмысленно, с полным погружением в предмет.

И последнее: я всегда говорю своим ученикам, что высокие баллы на экзамене — это сочетание трех вещей: знаний, психологической устойчивости и удачи. Первые две вещи зависят от вас, и только от вас. Поэтому я желаю вам удачи на экзамене!

ГЛАВА 1



Ботаника

Ботаника (от греч. "*ботане*" — зелень, трава) — это наука о растениях, изучающая их внешнее и внутреннее строение, процессы их жизнедеятельности, значение и распространение в природе, взаимодействие растений и окружающей среды. В Европе первые работы о растениях были написаны греческим ученым Теофрастом, который и считается основателем ботаники.

Растения распространены на Земле повсеместно. За исключением высокогорных районов и полюсов, вся суша покрыта растительными сообществами. Исторически сложившуюся совокупность видов растений, обитающих на определенной территории, называют *флорой*. Ее обычно подразделяют на дикорастущую и культурную. Совокупность растительных сообществ (фитоценозов) Земли или отдельных ее регионов называют *растительностью*. Распределение растительности зависит от условий обитания (прежде всего, от типа почвы и климата) и подчиняется законам географической зональности и поясности.

Основные признаки растений

- Автотрофный тип питания — растения способны синтезировать органические вещества из неорганических в процессе фотосинтеза.
- Особенности строения клетки: наличие жесткой клеточной стенки из целлюлозы и пектиновых веществ, центральной вакуоли, пластид. В клетках высших растений отсутствует клеточный центр.
- Поглощение веществ только в виде жидкостей или газов.
- Неспособность к передвижению (*искл.*: некоторые одноклеточные водоросли).
- Рост в течение всей жизни.
- Запасное вещество — крахмал.

Раздражимость у растений

Растения, как и все живые организмы, обладают раздражимостью — ответной реакцией на воздействие внешних или внутренних факторов. Наиболее характерным примером такой реакции у растений является изменение направления роста всего организма или отдельных органов — *тропизмы* и *настиши*.

Тропизмы — это направленные ростовые движения, возникающие благодаря внешнему воздействию. Если движение идет в сторону раздражителя, то это положительный тропизм, если от него, то отрицательный. В качестве примера можно привести фототропизм — рост по отношению к свету: у побега он положительный, у корня — отрицательный.

Настии, в отличие от тропизмов, представляют собой ненаправленные движения растения в ответ на раздражитель. К ним относят открытие или закрытие цветков из-за изменения температуры или уровня освещения (тюльпан, одуванчик, кувшинка), складывание листьев *мимозы стыдливой* в ответ на прикосновение и т. д.

Высшие и низшие растения

По морфологической организации выделяют две группы растений: высшие и низшие. Тело *низших растений* не разделено на органы и ткани, оно представлено одной клеткой или слоевищем (многоклеточное образование). Большинство низших растений обитает в воде. Согласно современным представлениям, к низшим растениям относятся только водоросли. *Высшие растения* имеют органы и ткани и преимущественно обитают на суше (хотя встречаются виды, обитающие в воде). Основные группы растений представлены на рис. 1.1.

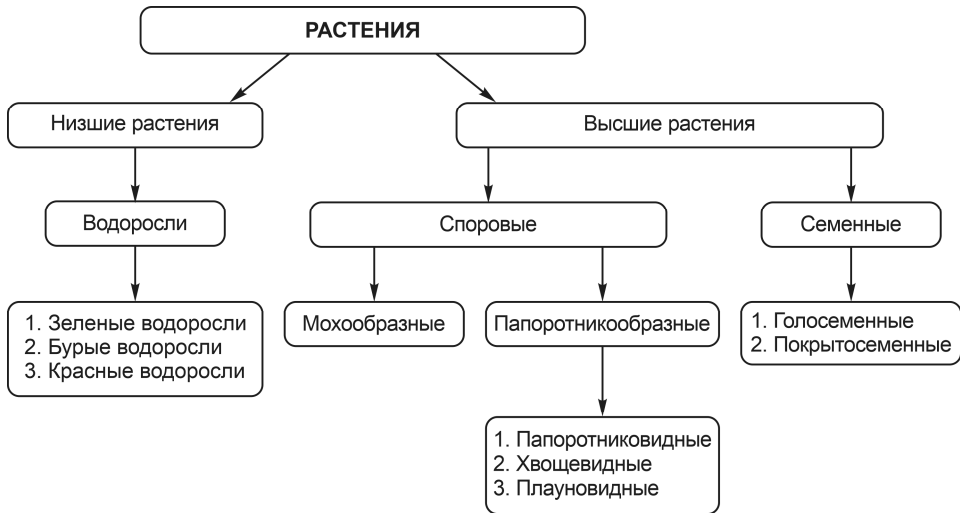


Рис. 1.1. Основные группы растений

Значение растений

□ В природе:

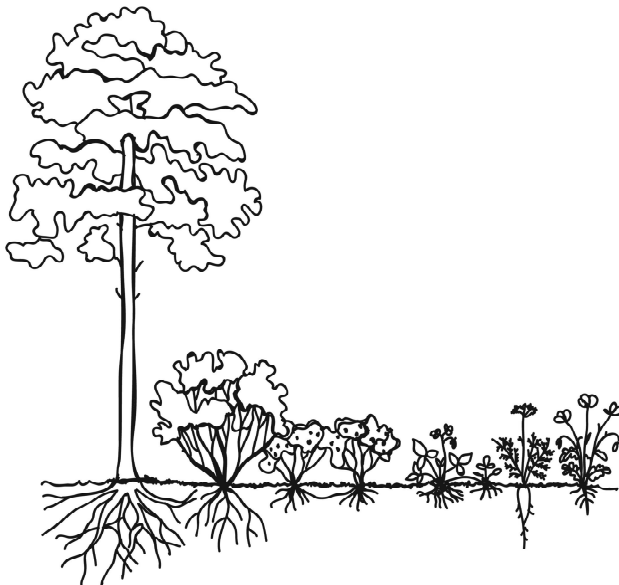
- выделение кислорода, необходимого для дыхания живых организмов;
- переводят энергию Солнца в энергию химических связей (космическая роль);
- начальное звено цепей питания.

□ В жизни человека:

- употребляются в пищу;
- декоративное;
- используются в строительстве;
- топливо;
- сырье для текстильной, химической, бумажной, парфюмерной и косметической промышленности;
- получение лекарств.

Жизненные формы растений

Жизненная форма растения (рис. 1.2) — это внешний облик растения, отражающий приспособленность к определенным условиям среды обитания.



Дерево Кустарник Кустарничек Травы

Рис. 1.2. Жизненные формы растений

Выделяют 4 основные жизненные формы.

- *Дерево* — это многолетнее растение с одним главным стеблем (стволом) и совокупностью боковых побегов, образующих крону. Стебель обычно одревесневший и прямостоячий. Продолжительность жизни может достигать несколько тысяч лет.
- *Кустарник* — это многолетнее растение с несколькими стеблями (стволиками). Стебель обычно также одревесневший и прямостоячий. Продолжительность

жизни отдельного стволика составляет от 2 (малина) до 20–25 лет (орешник), но общая продолжительность жизни всего растения может составлять несколько сотен лет. Необходимо отметить, что в зависимости от условий произрастания некоторые растения могут быть либо кустарниками, либо деревьями (например, рябина).

- *Кустарничек* — это небольшие кустарники, не превышающие в высоту 50 см (в среднем 10–30 см). Часто они имеют длинные корневища. Продолжительность жизни отдельных кустиков составляет в среднем 5–10 лет, растение в целом может существовать несколько сотен лет. К кустарничкам относятся черника, брусника, клюква, мирт, вереск.
- *Травы* — это растения, имеющие неодревесневший стебель. В умеренном поясе надземные побеги трав чаще всего живут всего один вегетационный период, после чего отмирают. По продолжительности жизни травы делят на однолетние, двулетние и многолетние. Однолетние травы за один сезон проходят один или несколько циклов развития от семени до взрослого растения, которое после образования плодов погибает (пастушья сумка, ярутка). Двулетние травы в первый год существования формируют только вегетативные органы, а на второй год образуют генеративные органы и после образования плодов погибают (морковь, свекла, капуста). Многолетние травы живут несколько десятков лет, ежегодно образуя новые надземные побеги, отмирающие в конце вегетационного периода. К многолетним травам относится большинство травянистых растений. Самым высоким травянистым растением является банан, достигающий 8–10 м.

СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ РАСТЕНИЯ

Клетка растений характеризуется наличием *клеточной стенки*, которая состоит из целлюлозы и пектиновых веществ. Под ней располагается цитоплазматическая мембрана. Внутри клетки находится цитоплазма с комплексом органоидов, присутствующих всем эукариотам, и ядро. Необходимо отметить, что в клетке растений содержатся органоиды, не характерные для других эукариот: вакуоль и пластиды.

Более подробно строение клетки рассмотрено в *главе 4*.

ТКАНИ РАСТЕНИЙ

Ткань — это группа клеток и межклеточного вещества, схожих по строению, происхождению, которая приспособлена к выполнению одной или нескольких функций. Ткани бывают простые (состоят из однородных клеток) и сложные (состоят из различных по форме клеток).

Клетки, относящиеся к одной ткани, могут быть рассеяны поодиночке среди клеток других тканей и разобщены между собой. Такие клетки называют *идиобластами*.

У растений выделяют 6 типов тканей (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Типы тканей растений

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ (МЕРИСТЕМЫ)

Они образуют новые клетки и обеспечивают рост растения. Способность к делению сохраняется только у клеток меристем. Возникающие из меристем клетки дифференцируются и дают начало всем тканям растений. Меристемы могут сохраняться в течение всей жизни растений (у некоторых деревьев — тысячи лет и более).

Все образовательные ткани состоят из недифференцированных клеток. Их клетки характеризуются небольшими размерами, тонкой клеточной стенкой, относительно крупным ядром, занимающим центральное положение, отсутствием крупной центральной вакуоли и хлоропластов. В цитоплазме много рибосом и митохондрий, что связано с интенсивно протекающими процессами синтеза белков и других веществ.

Выделяют несколько типов меристем.

- *Верхушечные (апикальные) меристемы* — находятся на вершине вегетативных органов (побег, корень). Они наращивают соответствующие органы в длину.

- *Боковые меристемы* — находятся в осевых органах и образуют цилиндрические слои, на поперечном разрезе имеющие вид колец. Одни из боковых меристем возникают непосредственно на вершине органа в тесной связи с верхушечными меристемами — их называют первичными (прокамбий и перицикл). Другие боковые меристемы возникают позже, и их называют вторичными (камбий и феллоген). Вторичные боковые меристемы у большинства однодольных растений отсутствуют. *Камбий* определяет рост органа в толщину. Клетки камбия бывают двух типов: длинные веретеновидные и короткие.
- *Вставочные меристемы* — находятся в основаниях междоузлий (например, у злаков). Они обеспечивают быстрый вставочный рост побега, имеют временный характер и в конце концов превращаются в постоянные ткани. Также вставочные меристемы встречаются в основании черешков листьев.
- *Раневые (травматические) меристемы* — возникают при залечивании поврежденных тканей и органов. Они возникают у поврежденного участка путем дедифференциации живых клеток с последующим образованием пробки или других тканей.

ПОКРОВНЫЕ ТКАНИ

Они располагаются на поверхности органов растений. Функции: барьерная, защита от высыхания, повреждения и поедания животными; газообмен, испарение воды, поглощение веществ.

Выделяют первичные (образуются из первичных меристем) и вторичные (возникают из феллогена) покровные ткани.

Эпидерма, или *кожица* (рис. 1.4), находится на поверхности листьев, молодых стеблей, цветков. Клетки эпидермы живые, прозрачные и очень прочно соединены друг с другом, межклеточное вещество практически отсутствует. Снаружи находится кутикула (это вещество, состоящее из растительных восков). Эпидерма защищает растение от потери воды и механических повреждений, выполняет барьерную функцию, участвует в выделении разных веществ, может функционировать как всасывающая ткань.

Эпидерма также имеет составляющие.

- *Основные клетки* — это основная масса эпидермы. Часто данные клетки имеют извилистые стенки для увеличения прочности. Хлоропласты этих клеток мелкие и немногочисленные.
- *Устьица* состоят из замыкающих клеток с неравномерно утолщенными клеточными стенками, между которыми находится устьичная щель. Эта щель может изменять свой просвет, регулируя транспирацию и газообмен. Иногда клетки, прилегающие к замыкающим, отличаются от основных клеток эпидермы, — тогда их называют околоустьичными клетками. Околоустьичные клетки вместе с замыкающими клетками образуют устьичный комплекс. Днем, во время фотосинтеза, замыкающие клетки поглощают ионы калия, в них повышается осмотическое давление и увеличивается объем (за счет всасывания воды), клеточная

стенка неравномерно растягивается, и устьичная щель открывается. Ближе к вечеру интенсивность фотосинтеза падает, происходит отток ионов и воды из замыкающих клеток, их объем уменьшается, и устьичная щель закрывается.

□ *Трихомы (волоски)* — это наружные выросты эпидермы.

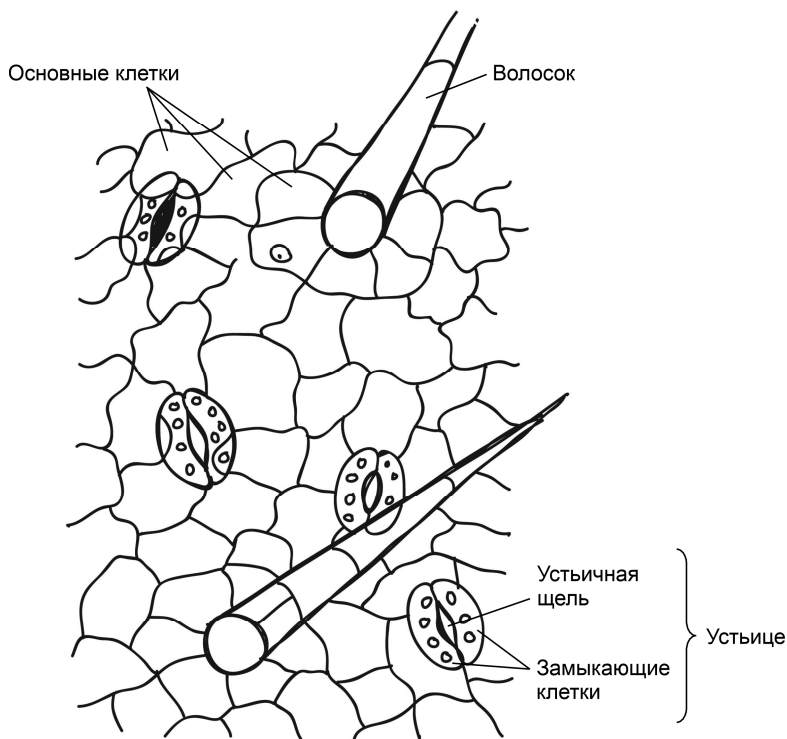


Рис. 1.4. Строение эпидермы

Ризодерма (эпиблема) — первичная покровная ткань молодого корня. Клетки расположены в один ряд, они живые, с тонкой клеточной стенкой, содержат много рибосом и митохондрий. В зоне всасывания клетки ризодермы образуют выросты — корневые волоски.

Перидерма — это вторичная покровная ткань (рис. 1.5). Она образуется на стебле и корне и состоит из нескольких слоев клеток. В умеренном климате у растений появляется в середине лета.

В перидерме выделяют три части: *пробку* (расположена на поверхности органов и составляет основную массу перидермы; клетки пробки мертвые и плотно прилегают друг к другу), *феллоген* (вторичная меристема, состоящая из одного слоя клеток; за счет его работы перидерма растет в толщину) и *феллодерму* (выполняет функцию питания феллогена). Основные функции: защита от потери влаги, барьер, механическая защита, защита от переохлаждения и перегрева. В пробке есть участки с рыхло расположенными клетками — чечевичками (служат для газообмена). На зиму чечевички закрываются.



Рис. 1.5. Строение перидермы

Корка (ритидом) — образуется у большинства деревьев на смену перидерме (у яблони через 6–8 лет, у граба — через 50 лет). У некоторых деревьев не образуется (эвкалипт). Корка состоит из чередующихся слоев пробки и прочих отмерших тканей коры. Клетки корки мертвые и не могут растягиваться, поэтому на ней периодически образуются трещины, которые не доходят до живых тканей.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ТКАНИ

Функции: защитная, поддержание определенного положения органов в пространстве. У водных растений механические ткани развиты слабо или не развиты вообще.

Колленхима — это первичная механическая ткань молодых побегов, которая состоит из живых клеток с неравномерно утолщенными клеточными стенками. Ее клетки не одревесневают и благодаря этому растяжимы, что позволяет расти органу в целом. Чаще всего находится непосредственно под эпидермой. Выделяют угловую и пластинчатую колленхиму. Клетки угловой колленхимы характеризуются клеточной стенкой, утолщенной по углам; при этом оболочки соседних клеток сливаются между собой, образуя многоугольники. В клетках пластинчатой колленхимы утолщенные части клеточной стенки расположены параллельно поверхности стебля.

Склеренхима состоит из мертвых клеток с очень толстыми, равномерно утолщенными и одревесневшими клеточными стенками. Склеренхима находится сразу под покровными тканями или располагается около проводящих тканей. По прочности клетки склеренхимы близки к стали, а по способности противостоять динамическим нагрузкам превосходят ее. Выделяют первичную (возникает из первичных меристем) и вторичную (образуется из клеток камбия) склеренхиму.

Различают два основных типа клеток склеренхимы: волокна и склереиды (рис. 1.6).

Волокна представляют собой сильно вытянутые клетки с очень толстой клеточной стенкой и узкой полостью. Волокна, входящие в состав флоэмы, называются лубяными, а входящие в состав ксилемы — древесинными. *Склереиды* могут быть округлыми, ветвистыми или иной формы. Могут образовывать сплошные группы (скорлупа ореха, косточка сливы) или располагаться среди других тканей поодиночке, в виде идиобластов (плоды груши).

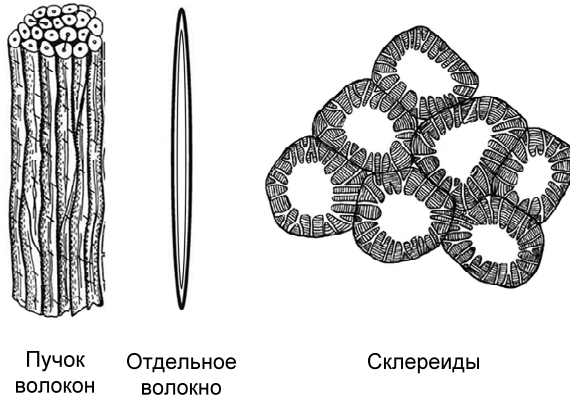


Рис. 1.6. Клетки склеренхимы
(волокно — продольный срез, склерейды — поперечный срез)

ПРОВОДЯЩИЕ ТКАНИ

Основная функция — транспорт веществ по растению. Проводящие ткани разделяются на первичные (развиваются из первичных образовательных тканей) и вторичные (образуются из производных камбия). Включают две группы — ксилему (древесина) и флоэму (луб). По ксилеме снизу вверх (от корней к листьям — восходящий ток) поднимается вода с растворенными в ней минеральными веществами; также по ксилеме двигаются органические вещества, синтезируемые в корнях. По флоэме сверху вниз двигаются органические вещества (нисходящий ток); но они могут двигаться и вверх (например, к цветкам, плодам или на вершину побега).

Обе ткани образуют внутри растения непрерывную разветвленную систему, соединяя все органы растения. Обе ткани являются сложными, основными их элементами являются проводящие, которые вытянуты по направлению тока веществ.

Ксилема (рис. 1.7) состоит из перечисленных далее клеток.

- *Проводящие элементы*: сосуды и трахеиды. *Трахеиды* (у риниофитов, папоротникообразных, голосеменных и покрытосеменных) — сильно вытянутые в длину клетки с ненарушенными первичными стенками. Движение веществ из одной трахеиды в другую происходит путем фильтрации через поры. *Сосуды* (у покрытосеменных) — мертвые клетки с толстой клеточной стенкой, между соседними клетками возникают сквозные отверстия, поэтому сосуд напоминает собой трубку. Оба типа проводящих элементов могут проводить вещества и в поперечном направлении. Трахеиды — эволюционно более древние элементы, сосуды появились позже путем преобразования трахеид.
- *Механические волокна* — клетки с толстыми клеточными стенками, увеличивающие прочность ткани.
- *Запасные элементы* — живые паренхимные клетки, расположенные между проводящими элементами.

- *Лучевые элементы* — образованы живыми паренхимными клетками, выполняют функцию транспорта веществ в радиальном направлении.

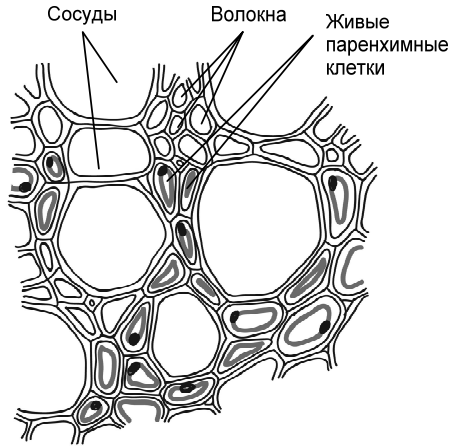


Рис. 1.7. Строение ксилемы

Флоэма (рис. 1.8) состоит из перечисленных далее клеток.

- *Проводящие элементы* — это ситовидные трубки (у цветковых) и ситовидные клетки (у папоротникообразных и голосеменных).

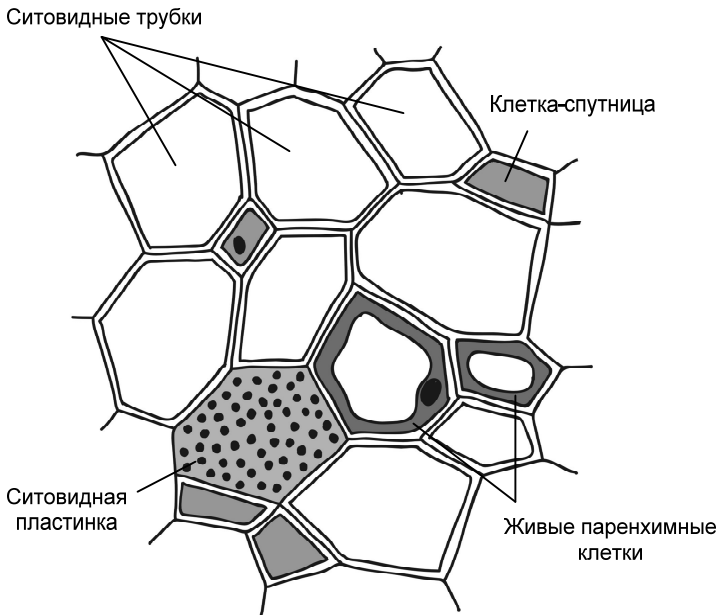


Рис. 1.8. Строение флоэмы

Это живые клетки, также образующие вертикальный ряд, на поперечных перегородках находится множество отверстий (перфораций; поэтому данная сторона

напоминает сито — отсюда и название). Около отдельных клеток ситовидных трубок находятся клетки-спутницы, которые обеспечивают питание проводящих элементов. Клетки проводящих элементов в зрелом состоянии не содержат центральной вакуоли и ядер, но остаются живыми.

- *Механические элементы* — это лубяные волокна. Чаще всего залегают в виде прослоек, между которыми и под их защитой находятся живые тонкостенные элементы луба.
- *Лубяная паренхима* — образует вертикальные и горизонтальные (лубяные лучи) тяжи. Вертикальные тяжи выполняют функцию запаса веществ, горизонтальные — транспорта веществ в этом направлении.

Часто ксилема и флоэма располагаются вместе, образуя проводящие пучки. Пучки бывают открытые (в них есть камбий, обычны у двудольных) и закрытые (нет камбия, обычны у однодольных).

ВЫДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ

Функции: удаление продуктов обмена веществ и излишней воды; накопление и изоляция продуктов обмена веществ от других органов.

Виды выделительной ткани

- *Млечники* — это живые клетки, содержащие в вакуолях млечный сок, обычно белого цвета (у чистотела — ярко-оранжевый). Млечный сок, вытекающий при повреждении млечника гевеи, называют *латексом*. Из латекса путем обработки получают натуральный каучук. Млечники бывают членистые и нечленистые. Членистые млечники образуются при слиянии содержимого отдельных клеток, контактирующих друг с другом (астровые, маковые, колокольчиковые). Нечленистые млечники представляют собой гигантскую клетку, которая непрерывно растет и ветвится (молочайные).
- Выделительные ткани наружной секреции.

Железистые волоски — это производные эпидермы и/или более глубоко лежащих тканей. Они содержат различные вещества, в том числе жгучие (крапива).

Нектарники выделяют сахаристую жидкость для привлечения насекомых-опылителей. Чаще всего находятся в цветках.

Гидатоды выделяют наружу воду и растворенные в ней соли. Также они работают при временном избыточном поступлении воды (например, по утрам после прохладных и влажных летних ночей на поверхности листьев манжетки или земляники можно наблюдать капельки воды).

- Выделительные ткани внутренней секреции.

Клетки-идиобласты рассеяны внутри органа. Они накапливают различные вещества (оксалат кальция, слизи и т. п.), в том числе ядовитые.

Вместилища выделений бывают схизогенные (возникают из межклетников; это смоляные ходы у хвойных) и лизигенные (возникают на месте группы клеток, которые распадаются после накопления веществ; встречаются у цитрусовых).

ОСНОВНЫЕ ТКАНИ

Ассимиляционная — отвечает за фотосинтез. Имеет относительно простое строение и состоит из довольно однородных тонкостенных паренхимных клеток, в которых содержится большое число хлоропластов. Эта ткань располагается в листьях и молодых стеблях непосредственно под эпидермой, реже она находится в глубине стебля, под механической тканью.

Запасающая — находится чаще всего в корнях и побегах или в специализированных органах (клубни, луковицы или корневища). В основном запасающие ткани в вегетативных органах формируются у многолетних растений, у однолетников запасающие ткани находятся в семенах и плодах. Эти ткани представлены живыми паренхимными клетками.

Воздухоносная (аэренхима) — это ткань с сильно развитыми межклетниками, основная функция которой — вентиляция. Клетки в ней могут иметь разную форму (округлую, звездчатую и т. п.). Иногда в ее состав входят механические и выделительные клетки. Наиболее сильно она развита у растений, погруженных в воду или обитающих на болоте.

Водоносная — это ткань, чаще всего развивающаяся у растений, обитающих в условиях недостаточного увлажнения (кактусы, агавы, алоэ). Ее основная функция — запасание воды.

ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ

У растений выделяют следующие органы: корень, побег, состоящий из стебля, листьев и почек, цветок, семя, плод. Все перечисленные органы встречаются только у покрытосеменных растений; у голосеменных нет цветка и плода, у папоротникообразных отсутствуют цветок, семя и плод, у мохообразных есть только побег.

Корень и побег относятся к вегетативным органам, остальные — к генеративным. Вегетативные органы отвечают за питание и обмен веществ растения, т. е. обеспечивают его существование. Генеративные органы осуществляют семенное размножение растений.

Иногда встречается термин "репродуктивные органы" — это органы, служащие для размножения, т. е. к ним можно отнести и вегетативные, и генеративные органы.

ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ

Корень

Корень — вегетативный осевой орган растения, обладающий радиальной симметрией и чаще всего находящийся в почве. На корнях растений никогда не образуется генеративных органов и листьев.

Функции:

- поглощение воды и минеральных веществ (минеральное питание растений);
- опора;

- запас питательных веществ;
- синтез органических веществ (фитогормоны, алкалоиды);
- втягивающая — затягивает семя в почву при прорастании.

Виды корней (рис. 1.9):

- главный (развивается из зародышевого корешка семени);
- придаточные (развиваются на подземных или надземных частях побега);
- боковые (возникают при боковом ветвлении корней, т. е. они развиваются на главном, придаточных и боковых корнях).

По расположению в субстрате выделяют: подземные корни (находятся в почве, у большинства растений), воздушные (орхидеи), подводные (ряска) и корни-паразиты или гаустории, развитые у растений, ведущих паразитический образ жизни (повилика).

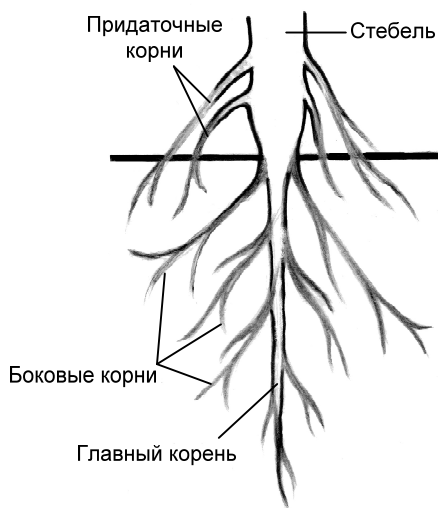


Рис. 1.9. Виды корней растения

Все корни растения образуют *корневую систему*. Типы корневых систем (рис. 1.10):

- *стержневая* — главный корень четко выражен (фасоль, клен). Стержневая корневая система образована в основном главным и боковыми корнями;
- *мочковатая* — главный корень развит слабо или отсутствует (пшеница, лук). Мочковатая корневая система в основном образована придаточными и боковыми корнями.

Ранее считалось, что у двудольных растений стержневая корневая система, у однодольных — мочковатая. В настоящее время установлено, что у многих двудольных растений мочковатая корневая система (лютик, мать-и-мачеха, земляника, подорожник большой и т. д.).

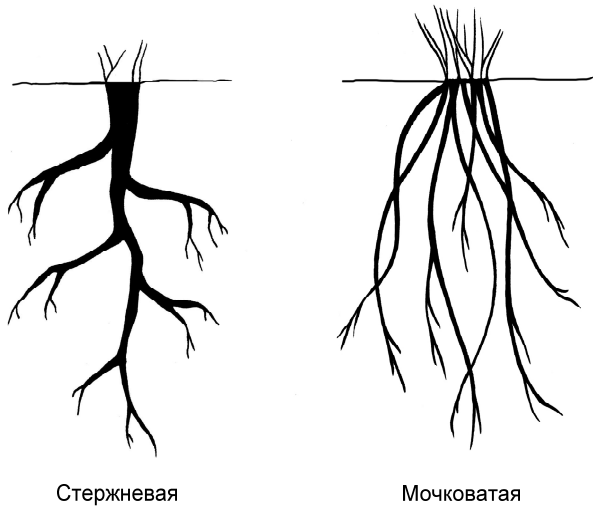


Рис. 1.10. Типы корневых систем

Строение корня на продольном срезе

Корень показан на рис. 1.11. Верхушка корня покрыта корневым чехликом (это живые клетки, которые защищают верхушечную меристему корня). У паразитов и некоторых водных растений чехлик отсутствует. Начиная с верхушки, выделяют перечисленные далее зоны корня.

- *Зона деления* — находится сразу под чехликом. В ней расположена верхушечная меристема корня, которая образует новые клетки.
- *Зона роста*, в которой также происходит деление клеток, но несколько реже, и где начинаются рост и дифференцировка клеток.
- *Зона всасывания*, в которой клетки ризодермы имеют выросты — корневые волоски, через которые корни растений всасывают из почвы воду и минеральные вещества. Благодаря корневым волоскам поверхность всасывания увеличивается в 10 раз и более. В корневом волоске есть крупная вакуоль, ядро смещено на кончик волоска.

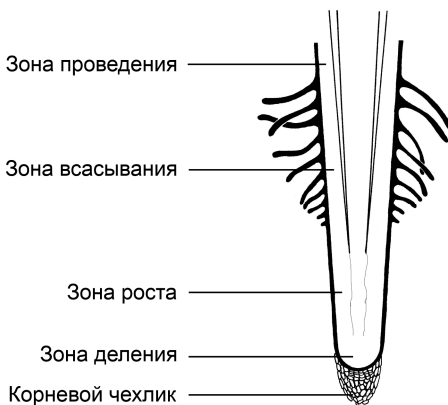


Рис. 1.11. Строение корня на продольном разрезе

- *Зона проведения и ветвления*, в которой происходит образование боковых корней, а также транспорт веществ в стебель и из стебля.

Строение корня на поперечном срезе

- **Первичное строение корня.** В зоне деления располагаются клетки образовательной ткани, которые интенсивно делятся. В зоне роста отдельные клетки продолжают делиться, а также начинается дифференцировка покровной, основной и проводящей тканей корня. Ризодерма достигает своего полного развития в зоне всасывания, где на ее клетках формируются корневые волоски. Под ризодермой расположена первичная кора, состоящая из тонкостенных живых паренхимных клеток.

Центральный цилиндр (осевой цилиндр или стела) начинает дифференцироваться в зоне роста. Его самый наружный слой образует перицикл, который впоследствии будет участвовать во вторичном утолщении корня. Под перициклом расположены клетки прокамбия, которые дифференцируются в первичные проводящие ткани. Сначала формируется флоэма, затем ксилема (в центре корня). Ксилема образует звезду, между лучами которой расположены клетки флоэмы, — так возникает радиальный проводящий пучок. Сердцевина в корне не образуется.

Первичное строение корня сохраняется в корне до начала утолщения с помощью вторичных боковых меристем — камбия и феллогена. У однодольных и папоротникообразных первичное строение сохраняется в течение всей жизни, т. к. вторичные меристемы у них в корне отсутствуют. У двудольных и голосеменных по мере роста корень утолщается и приобретает в конечном итоге вторичное строение. Между ксилемой и флоэмой возникает камбий, из клеток перицикла возникает феллоген. Ткани первичной коры не могут следовать за вторичным утолщением и погибают, а благодаря работе феллогена на поверхности корня появляется вторичная покровная ткань — перидерма. Вторичная структура корня сохраняется до конца жизни растения.

Поглощение корнями воды и минеральных солей. Водные растения способны поглощать воду всей поверхностью тела, а у наземных растений главным органом поступления воды является корень. Всасывание воды происходит всеми зонами корня, но наиболее активно идет в зоне всасывания (рис. 1.12). Из корневых волосков вода и минеральные соли попадают в кору корня, а из нее — в ксилему, по которой осуществляется дальнейший транспорт в стебель.

Существуют два пути поступления воды и растворенных в ней веществ: через клеточные стенки (по апопласту) или через живое содержимое клеток по цитоплазматическим канальцам (по симпласту).

В симпласт вода и растворенные в ней вещества попадают через клеточную стенку и мембрану. Поступление воды происходит по закону осмоса: вода движется в сторону большей концентрации растворенных веществ. Так как концентрация солей в почве меньше, чем в клетках корня, вода движется внутрь корня. Если же концентрация солей в почве становится больше, чем в корне, то растение будет неспособно поглощать почвенный раствор и погибнет.

Поступление воды в клетку не бесконечно: как только давление воды внутри клетки станет равным силе, способствующей поступлению молекул воды в клетку, возникает равновесие, во время которого скорость движения воды в/из клетки одинакова. Давление водного раствора изнутри клетки на клеточную стенку называют *осмотическим давлением*. Его величина зависит от концентрации растворенных веществ.

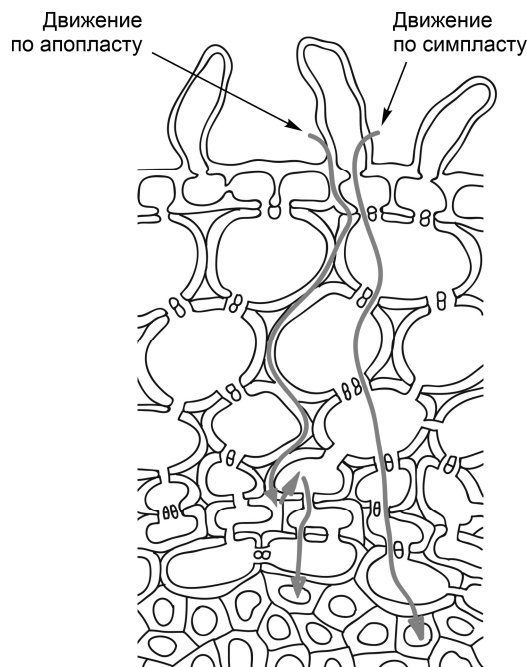


Рис. 1.12. Схема движения веществ по корню от ризодермы к древесине

Благодаря осмосу создается *корневое давление* — сила, способствующая одностороннему движению воды по ксилеме снизу вверх (из корня в стебель). Вертикальное перемещение по сосудам возникает в результате совместного действия корневого давления, транспирации и силы сцепления между молекулами воды.

Если почва плохо снабжена воздухом, то большинство корней расположено в поверхностном слое почвы (10–15 см в глубину). У пустынных и полупустынных растений в связи с тем, что водоносный слой почвы располагается очень глубоко, развиваются либо очень длинные корни — до 20 м (например, верблюжья колючка), либо поверхностные корни, использующие весеннюю влагу и конденсат (кактусы). У водных растений также либо очень длинные, мощные корни, достигающие дна (например, у рогоза), либо тонкие, короткие и почти исчезнувшие (у ряски).

Дыхание корней

Корень поглощает кислород и выделяет углекислый газ в процессе дыхания. Это подтверждается следующим опытом: если в пробирку на некоторое время помес-

тить корень растения, затем вынуть его и опустить в пробирку горящую спичку, то спичка практически мгновенно погаснет.

Видоизменения корней

Некоторые видоизменения корней показаны на рис. 1.13.

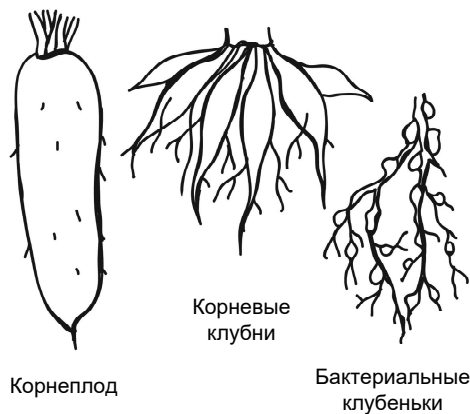


Рис. 1.13. Видоизменения корня

Корнеплод — это орган, в образовании которого участвуют нижняя часть стебля и главный корень (морковь, свекла, репа, редис). Основная функция корнеплода — запасание питательных веществ.

Корневые клубни, или *корневые шишки*, — это утолщение придаточных корней (георгин, батат, чистяк). Основная функция — запас питательных веществ и вегетативное размножение.

Присасывающие корни (корни-присоски) находятся в воздушной среде и обеспечивают растению возможность подниматься по вертикальным опорам, а также дополнительное питание (плющ).

Бактериальные клубеньки (бобовые) — это утолщения на корнях, внутри которых находятся бактерии. Бактерии переводят азот из атмосферы в вещества, которые усваиваются растением; растение дает бактериям органические вещества, т. е. это пример симбиоза.

Воздушные корни образуются у растений-эпифитов (орхидеи). Эти корни свободно висят в воздухе и поглощают воду и минеральные вещества, попадающие на них в виде росы или после дождя. На их поверхности формируется своеобразная покровная ткань (веламен).

Дыхательные корни хорошо развиты у растений, обитающих по болотистым побережьям или в приливно-отливной зоне. Эти корни находятся в наземно-воздушной среде и поглощают из воздуха кислород (болотный кипарис, мангровые деревья).

Столбовидные корни, или *корни-подпорки*, — это придаточные корни, которые образуются на горизонтальных ветках дерева. Достигнув почвы, они утолщаются и выполняют роль подпорок (баньян).

Влияние человека на корневые системы растений

Рыхление — это один из видов обработки почвы, при котором землю не переворачивают, а только разрушают поверхностную корку, что уменьшает испарение воды из глубоких слоев почвы. После рыхления воздух легче проникает в почву, поэтому улучшается дыхание почвенных организмов и корней растений и ускоряется распад мертвых органических останков. Также при рыхлении уничтожаются всходы сорняков.

Полив. Должен быть равномерным и достаточным. Для каждого растения своя норма. В сельском хозяйстве есть направление — гидропоника, когда выращивание растений осуществляется в водных питательных растворах без почвы.

Удобрения. Бывают минеральные и органические удобрения. Минеральные подразделяются на азотные (селитра, мочеви́на), фосфорные (суперфосфат, двойной суперфосфат), калийные (сульфат калия, хлорид калия), комплексные (содержат фосфор, азот и калий, например нитрофоска) и микроудобрения (содержат микроэлементы — цинк, железо, бор, молибден). К органическим относят навоз, торф, птичий помет (гуано).

Азотные удобрения отвечают за рост и более быстрое развитие растений (увеличение вегетативной массы). Калийные способствуют улучшению качества плодов, усиливают стойкость растений к некоторым заболеваниям, повышают морозостойкость и засухоустойчивость. Фосфорные улучшают рост корневой системы, увеличивают урожай и улучшают его качество, ускоряют созревание растений, повышают их устойчивость к засухе. Микроудобрения способствуют синтезу в растении необходимых для роста и развития веществ.

Все удобрения вносят в строго определенном количестве. Азотные удобрения вносят весной, калийные и фосфорные — обычно осенью. Применение удобрений возможно в сухом виде (весной перед посевом или осенью при перекопке) и в жидком виде — корневые и внекорневые подкормки во время вегетации.

Пикировка — это прищипывание кончика главного корня. Применяется при выращивании рассады томатов, капусты, астр и т. д. Вследствие этого главный корень прекращает рост, и растение начинает активно образовывать боковые корни. В целом корневая система такого растения становится более мощной и расположенной в наиболее плодородной части почвы.

Побег

Это орган, состоящий из стебля, листьев и почек и чаще всего располагающийся в наземно-воздушной среде. Для побега характерно метамерное строение (метамерия — это закономерная повторяемость строения). Метамером побега является узел с листом и лежащее ниже междоузлие (рис. 1.14).

Узел — это участок стебля, на котором находятся лист и пазушная почка. *Междоузлие* — это участок стебля между двумя соседними узлами. Угол, образованный листом и расположенным выше стеблем, называется *пазухой листа*.

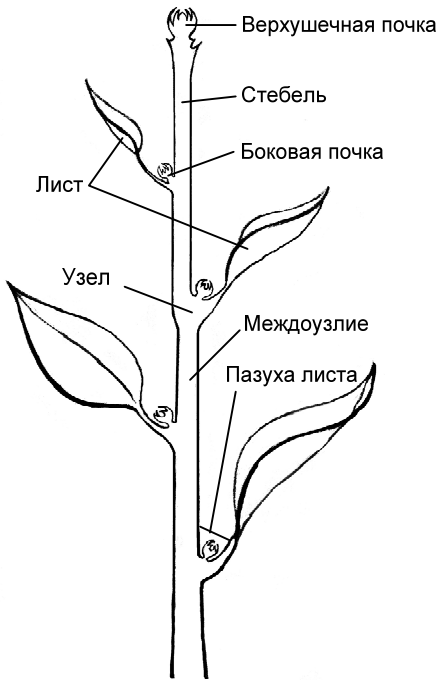


Рис. 1.14. Строение побега

Разнообразие побегов:

□ по положению (рис. 1.15):

- прямостоячие — стебель занимает вертикальное положение;

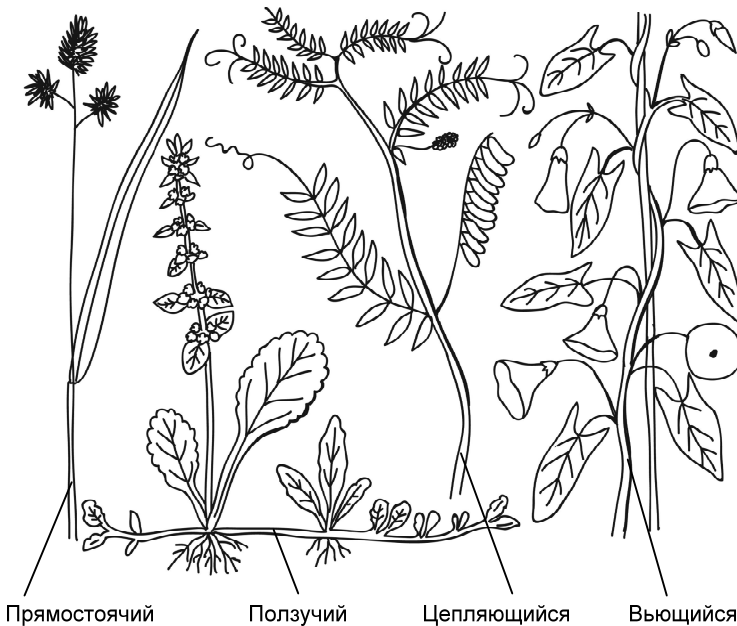


Рис. 1.15. Типы побегов

- стелющиеся — стебель занимает горизонтальное положение;
 - ползучие — стебель занимает горизонтальное положение, и на нем образуются придаточные корни (луговой чай);
 - вьющиеся (фасоль);
 - цепляющиеся (чина);
- ☐ в зависимости от структуры: деревянистые и травянистые;
- ☐ в зависимости от степени выраженности междоузлий: укороченные и удлиненные.

Почка

Почка — это зачаточный побег.

Строение почки

Снаружи большинство почек покрыто почечными чешуями, которые защищают почку и предохраняют ее внутреннее содержимое от пересыхания (рис. 1.16). Внутри находятся зачатки всех органов растения: зачаточные листья, зачаточный стебель, зачаточные почки. Также внутри почки могут содержаться зачатки будущих цветков. На вершине зачаточного стебля расположен конус нарастания — это образовательная ткань.

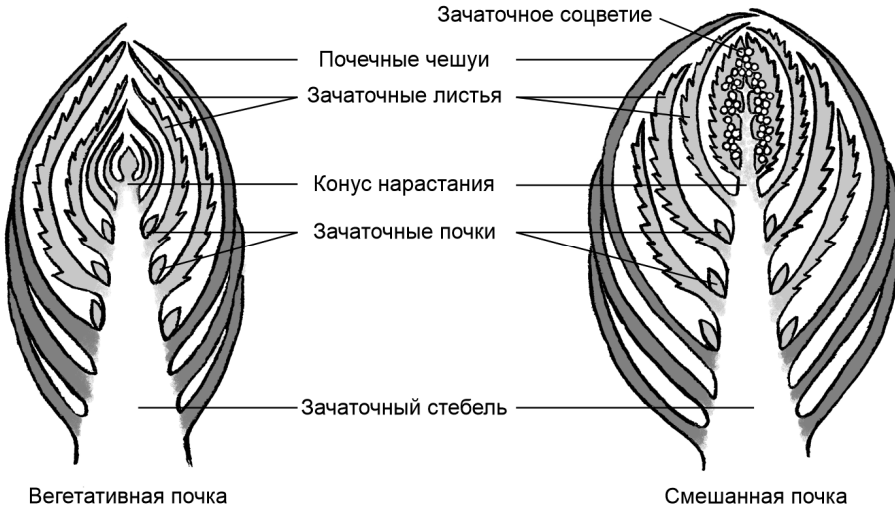


Рис. 1.16. Строение почек

Виды почек

По положению на стебле бывают *верхушечные* (на вершине побега) и *боковые*, или *пазушные*, почки (расположены в пазухе листьев).

По наличию или отсутствию почечных чешуй — *закрытые* (почечные чешуи есть — дуб, тополь, липа) или *открытые* почки (почечных чешуй нет — клевер, крушина, элодея).

По характеру внутреннего содержимого — *вегетативные, генеративные* (цветочные, у вишни) и *смешанные* почки (бузина, сирень). Вегетативные почки содержат зачатки только вегетативных органов, генеративные — только генеративных, смешанные — и генеративных, и вегетативных.

По количеству в узле — *одиночные* (береза, дуб), *серийные* (почки образуют вертикальный ряд в узле; жимолость) и *коллатеральные* (почки образуют горизонтальный ряд в узле; чеснок) почки.

Часто у растений образуются *придаточные* почки, по строению ничем не отличающиеся от других почек. Они находятся на междоузлиях стеблей, на листьях и на корнях. Основная роль придаточных почек заключается в обеспечении вегетативного возобновления и вегетативном размножении (например, у корнеотпрысковых растений).

Также бывают *спящие* почки, располагающиеся на стебле, но не раскрывающиеся сразу после образования. Они являются как бы резервом побега (именно из-за наличия спящих почек тополя формируют новые побеги после сильной обрезки).

Лист

Лист — это вегетативный орган растения, занимающий боковое положение и осуществляющий воздушное питание растений. В отличие от других вегетативных органов, для листа не характерен неограниченный (т. е. в течение всей жизни) рост.

Функции:

- фотосинтез;
- транспирация (испарение воды);
- газообмен.

Внешнее строение листа

Лист состоит из основания, черешка, листовой пластинки и прилистников (рис. 1.17). Основание — это часть листа, с помощью которой лист прикреплен к стеблю. Если основание разрастается и охватывает стебель, то образуется влагалище листа (пшеница, кукуруза, пырей).

Черешок — это участок листа от основания до листовой пластинки. Он усиливает механическую прочность пластинки. Если черешок есть, лист называется черешковым (липа, клен), если отсутствует — сидячим (алоэ, лилия).

Листовая пластинка — это самая широкая часть листа. Она выполняет функцию фотосинтеза и представляет собой основную часть листа, но может отсутствовать (чина луговая).

Прилистники могут быть развиты (горох), быть опадающими (липа) или отсутствовать (капуста). Часто прилистники зеленые и фотосинтезируют (чина), иногда видоизменены в колючки и выполняют защитную функцию (желтая акация). Прилистники могут срастаться, охватывая стебель, — при этом образуется раструб (щавель).

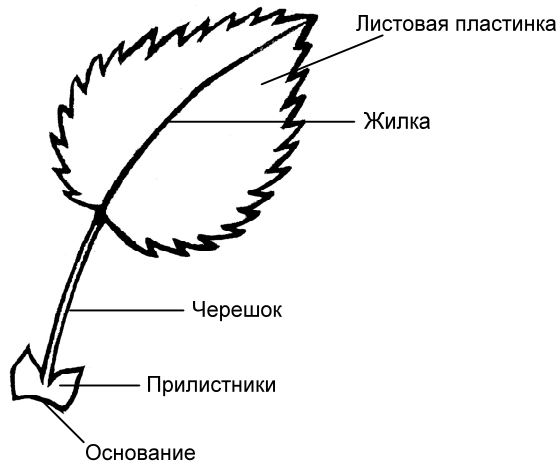


Рис. 1.17. Внешнее строение листа

Типы листьев

В зависимости от количества листовых пластинок листья делят на *простые* и *сложные* (рис. 1.18).

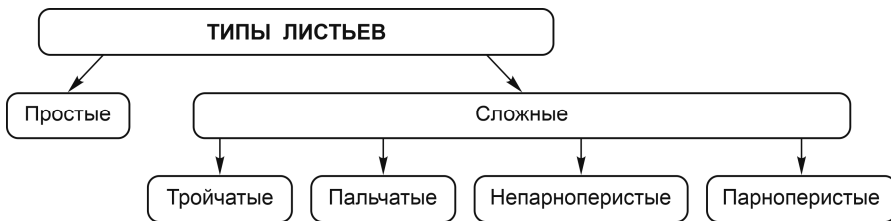


Рис. 1.18. Типы листьев

Простые листья имеют одну листовую пластинку, между ней и черешком нет сочленения. У сложных листьев одна или много листовых пластинок, обособленных от общего черешка — рахиса.



Рис. 1.19. Типы сложных листьев

По характеру листовой пластинки среди простых листьев выделяют *перисто-* и *пальчатолопастные*, *перисто-* и *пальчатораздельные*, *перисто-* и *пальчаторасчлененные* листья. Среди сложных листьев (рис. 1.19) выделяют *тройчатые* (клевер, земляника, кислица), *пальчатосложные* (конский каштан), *парноперистые* (желтая акация) и *непарноперистые* (ясень, рябина).

Жилкование

Это расположение проводящих пучков (жилок) в листовой пластинке. Жилкование бывает (рис. 1.20):

- перистое (сирень, береза, липа); дуговое (подорожник большой, ландыш);
- пальчатое (манжетка, клен); параллельное (рожь, кукуруза, мятлик).

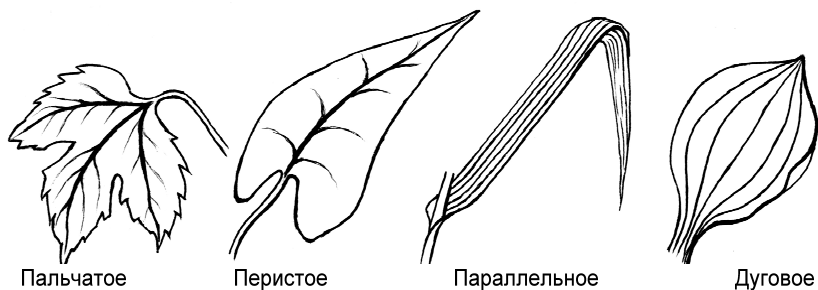


Рис. 1.20. Типы жилкования

Листорасположение

Листорасположение — это порядок размещения листьев на стебле. Различают (рис. 1.21):

- очерёдное листорасположение — от каждого узла отходит только один лист (береза, тополь, дуб);

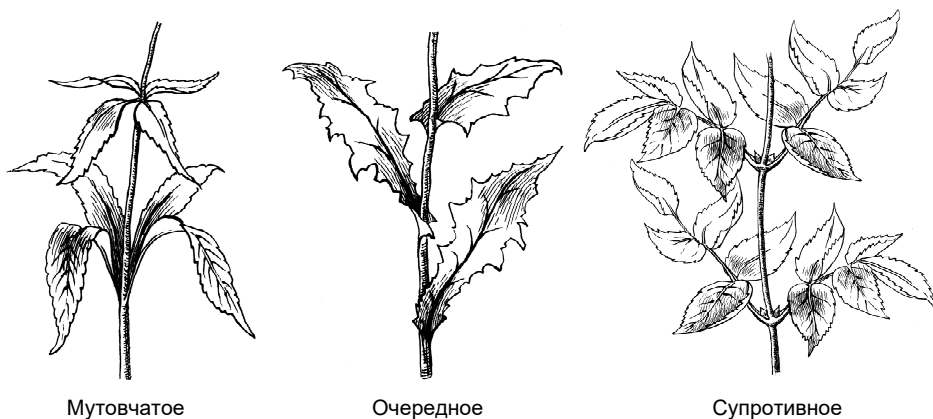


Рис. 1.21. Типы листорасположения

- супротивное листорасположение — от каждого узла отходят два листа (сирень, клен, бузина);
- мутовчатое листорасположение — от каждого узла отходят три листа и более (олеандр, вороний глаз, элодея).

Листовая мозаика

Листовая мозаика — это расположение листьев растений в одной плоскости. Листья в мозаике расположены горизонтально, при этом они имеют разные размеры и практически не затеняют друг друга, что позволяет максимально полно использовать солнечную энергию. Чаще всего листовая мозаика встречается у горизонтально расположенных побегов.

Внутреннее строение листа

Снаружи листа находится покровная ткань — эпидерма (рис. 1.22). Она состоит из одного ряда прозрачных, плотно соединенных между собой клеток. В эпидерме находятся устьица, через которые происходит испарение воды и газообмен. Устьица располагаются в основном с нижней стороны листа (у водных растений с плавающими листьями (кувшинка), наоборот, устьица в основном расположены на верхней стороне листьев). Покровная ткань листа выделяет особый слой, состоящий из восков, — кутикулу, что уменьшает испарение с поверхности и защищает лист от проникновения внутрь болезнетворных организмов. Сильнее всего она развита у растений, произрастающих в условиях недостаточного увлажнения и жаркого климата.

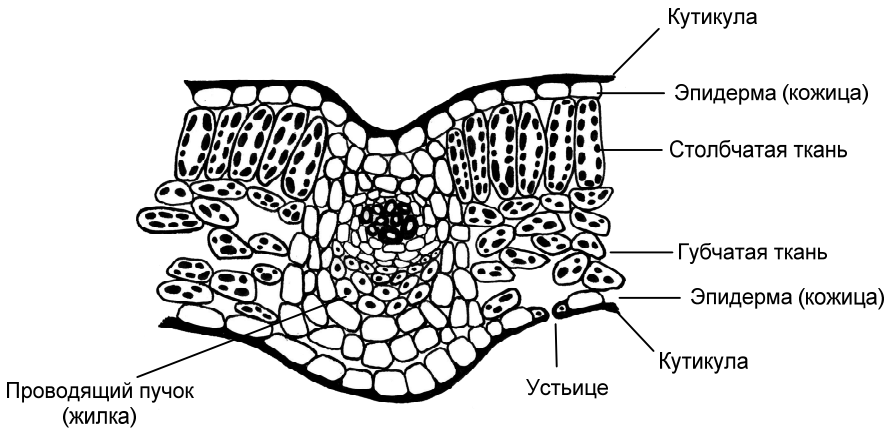


Рис. 1.22. Внутреннее строение листа

Также эпидерма может иметь одноклеточные или многоклеточные выросты (волоски), которые могут быть образованы живыми или мертвыми клетками. Волоски защищают лист от поедания (крапива) или от излишнего испарения (коровяк медвежье ухо), отвечают за выделение эфирных масел (герань) или запасание воды.

Между верхней и нижней эпидермой расположена основная ткань листа (мезофилл), которая состоит из столбчатой и губчатой паренхимы (хлоренхимы). Столб-

чатая (палисадная) паренхима расположена под верхней эпидермой и образована клетками, вытянутыми в перпендикулярном направлении к эпидерме. Ее клетки обычно образуют 1–2 ряда и содержат большое количество хлоропластов. У некоторых растений (например, у эвкалипта, гладиолуса) столбчатая паренхима расположена и под верхней, и под нижней эпидермой. Губчатая паренхима находится под столбчатой тканью и состоит из рыхло расположенных клеток с большим количеством межклетников.

Жилки листа представлены проводящими пучками закрытого типа, причем ксилема располагается ближе к верхней поверхности листа, а флоэма — ближе к нижней. Снаружи проводящего пучка обычно располагается склеренхима (волокна), а над и под пучком — колленхима.

Строение листьев одного и того же растения может различаться в зависимости от того, где они расположены — на свету или в тени. Световые листья (расположенные на свету) отличаются хорошо развитой столбчатой тканью, клетки которой становятся более длинными, и большим количеством проводящих пучков по сравнению с теневыми.

В листьях водных растений очень сильно развиты межклетники. Если листья полностью погружены в воду, устьиц и столбчатых клеток у них нет.

Процессы, происходящие в листе

Фотосинтез — это процесс образования органических веществ из неорганических при помощи солнечного света. Характерен для растений, бактерий и некоторых простейших (например, для эвглены). Для фотосинтеза необходимо наличие зеленого пигмента — *хлорофилла*.

Газообмен растений осуществляется в листьях через устьица. Днем в растение поступают и углекислый газ, и кислород, выделяются и кислород, и углекислый газ, т. е. днем в клетках растений параллельно идут два процесса — фотосинтез и дыхание. Ночью фотосинтез не происходит, в клетках происходит дыхание (в основном за счет кислорода, содержащегося в межклетниках).

Испарение воды (транспирация). Выделение воды растением происходит в основном через устьица эпидермы (небольшая часть воды испаряется через поверхность других клеток кожицы). Основным органом транспирации — лист, хотя испаряют воду также цветки, плоды, стебли. Скорость транспирации зависит от многих факторов, из которых наиболее важны свет, температура и влажность воздуха и почвы, а также ветер. Так, в жаркую и ветреную погоду скорость транспирации будет существенно выше, чем в прохладное безветренное время. Скорость также зависит от возраста: молодые листья испаряют больше воды, чем взрослые. При транспирации происходит охлаждение растения, что спасает от перегрева; кроме того, поддерживается непрерывный ток воды из корней к листьям. Когда очень жарко, замыкающие клетки устьиц теряют воду и закрываются, и испарение уменьшается.

От излишнего испарения растения могут защищаться следующим образом:

- уменьшение и/или видоизменение листовой пластинки (ковыль, кактус);
- хорошо развитая кутикула (агава);

- большое количество волосков в эпидерме (сенполия);
- изменение положения листовой пластинки в пространстве (поворот ребром к Солнцу).

Листопад

Листопад — это естественное опадение листьев. В связи с этим растения делятся на листопадные и вечнозеленые. Для *вечнозеленых* растений характерны многолетние листья (листья сосны живут 2–4 года, ели — 5–7 лет). У *листопадных* растений в конце вегетационного периода ежегодно опадают все листья (дуб, береза, клен). Также в нашем климате встречаются травянистые растения, у которых под снегом сохраняется часть зеленых листьев (копытень, живучка, земляника).

К концу лета — началу осени листья начинают стареть, в них уменьшается интенсивность обмена веществ, начинают разрушаться хлорофилл и хлоропласты, листья приобретают другую окраску (не у всех растений: например, листья сирени остаются зелеными). Между основанием листа и стеблем начинает формироваться отделительный слой клеток, состоящий из мертвых клеток пробки (рис. 1.23).

В пазухе листа в это время окончательно сформировывается почка, после чего лист опадает. След от опавшего листа на стебле называется *листовым рубцом*.

Значение листопада:

- удаление из организма ненужных веществ;
- уменьшение испарения, что особенно важно зимой, когда практически прекращается поступление воды из почвы;
- уменьшение массы побегов и их площади, что снижает количество снега, задерживающегося на ветках, следовательно, уменьшается вероятность поломки побегов.

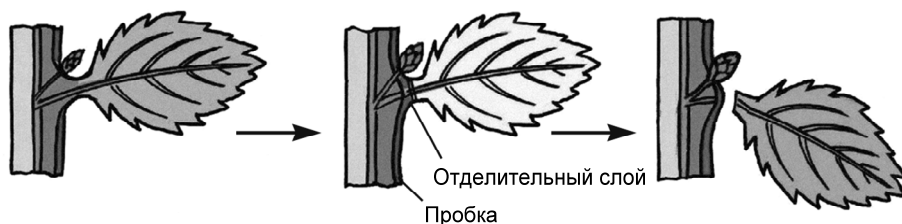
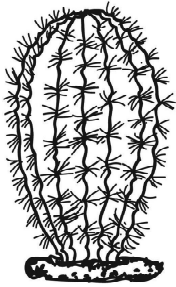


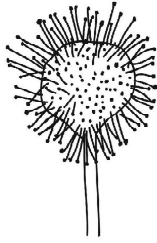
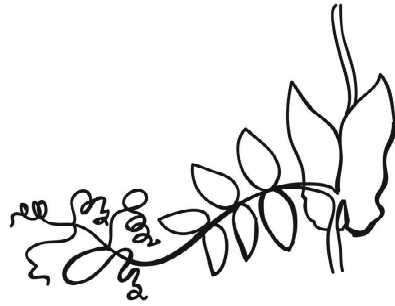
Рис. 1.23. Схема листопада

Видоизменения листьев

- Колючки — развиваются у растений, обитающих в условиях недостаточного увлажнения (кактус, барбарис), — рис. 1.24.
- Усики (горох, чина).
- Ловчие приспособления насекомоядных растений (росянка).
- Филлодии — лист, у которого редуцирована листовая пластинка, но сильно развит уплощенный черешок, отвечающий за фотосинтез (австралийские акации).
- Чешуйки — мелкие, недоразвитые листья (ландыш, горох).



Колючки кактуса

Ловчий лист
росянки

Усик гороха

Рис. 1.24. Видоизменения листьев

Стебель

Стебель — это осевая часть побега.

Функции:

- опора;
- транспорт веществ;
- запас веществ;
- фотосинтез (у молодых стеблей деревьев и кустарников, а также у трав).

Внутреннее строение стебля двудольных растений (на примере липы)

Первичное строение стебля. Возникает в результате деятельности первичных меристем. Необходимо отметить, что у двудольных и голосеменных первичная структура впоследствии заменяется вторичной. В первичной структуре стебля выделяют два элемента.

- Первичная кора.* Снаружи находится покровная ткань — эпидерма, под которой расположена основная фотосинтезирующая ткань. На границе с центральным цилиндром расположена эндодерма, в которой откладывается крахмал (поэтому ее часто называют крахмалоносным влагалищем). Кроме этих тканей, в состав первичной коры также входят механические ткани (чаще колленхима), паренхима и выделительные ткани (не у всех растений).
- Центральный цилиндр,* в котором выделяют перицикл, проводящие ткани и сердцевину. Перицикл представлен постоянными тканями — паренхимой и склеренхимой. Проводящие ткани представлены ксилемой и флоэмой; они образуют сосудисто-проводящие пучки. Серцевина состоит из паренхимы.

Вторичное строение стебля. Его появление связано с закладкой камбия и заменой одного вида покровной ткани (эпидермы) другим (перидермой). Вторичное строение стебля (рис. 1.25) включает следующие отделы: вторичную кору (перидерма, вторичная флоэма и остатки первичной коры и флоэмы), камбий, древесину и сердцевину.

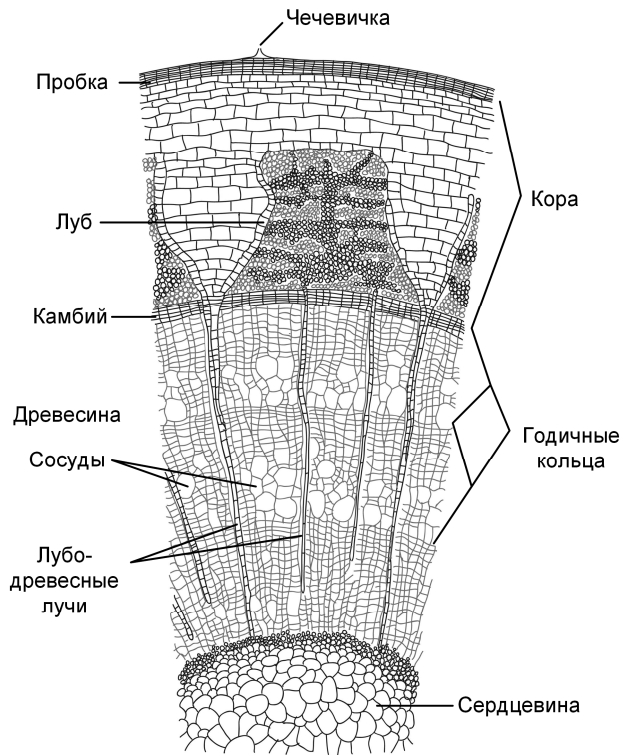


Рис. 1.25. Строение зрелого стебля липы

На поверхности стебля формируется пробка. Ее толщина может достигать 1,5 м (у пробкового дуба). В состав *флоэмы* (луба) входят проводящие элементы (ситовидные трубки с клетками-спутницами), механические элементы и паренхима. Различают твердый луб — это лубяные волокна — и мягкий луб — проводящие элементы и паренхима. Паренхимные клетки выполняют запасную функцию. *Камбий* находится между древесиной и лубом. Его клетки делятся и образуют новые клетки древесины и луба, обеспечивая рост стебля в толщину. *Ксилема* (*древесина*) занимает до 90% стебля. Она содержит проводящие элементы (сосуды), механические элементы (волокна), усиливающие прочность ткани, и живые клетки паренхимы (запас и транспорт веществ). В радиальном направлении стебель пронизывают тяжи паренхимы, которые называются лубодревесными лучами. В центре стебля находится *сердцевина*, состоящая из паренхимы.

Внутреннее строение стебля однодольных растений

У однодольных растений, как и у папоротникообразных, первичная структура стебля сохраняется в течение всей жизни.

Стебель однодольных растений состоит из коры и центрального цилиндра, граница между которыми, в отличие от двудольных, чаще всего практически не выражена. Снаружи располагается эпидерма с устьицами. Под ней — обычно кольцо из склеренхимы, что обеспечивает прочность стебля. Основную массу стебля занимает

паренхима, пронизанная проводящими пучками. Для этих растений характерны пучки закрытого типа (концентрические и коллатеральные), более или менее равномерно распределенные по всему стеблю. Проводящие пучки состоят из флоэмы, ксилемы, паренхимных и механических тканей (чаще всего, из склеренхимы). У некоторых однодольных стебель полый (например, у злаков). Также в стебле однодольных обычно присутствует хлоренхима, отвечающая за фотосинтез.

У однодольных растений нет камбия, поэтому для них нехарактерно вторичное утолщение. Рост стебля и в длину, и в толщину обеспечивается работой верхушечной образовательной ткани. Благодаря этому стебель чаще всего имеет цилиндрическую форму.

Развитие побега из почки. Ветвление

Весной в растениях начинается сокодвижение, и необходимые вещества попадают внутрь почки. Клетки конуса нарастания начинают активно делиться, зачаточный стебель увеличивается, почечные чешуи раздвигаются и постепенно опадают, на их месте образуется почечное кольцо. Побег растет и развивается, на нем формируются новые листья и новые почки. Побег, который развился из почки за один вегетационный период, называется *годовым приростом*.

Если нарастание главного побега в течение всей жизни происходит за счет одной верхушечной почки (ель, пихта), то его называют *моноподиальным*. Если нарастание главного побега в течение жизни происходит сначала за счет верхушечной почки, а затем наиболее сильной боковой, которая может ежегодно сменяться (береза), то его называют *симподиальным*.

Во время развития побега происходит его ветвление (рис. 1.26). *Ветвление* — это образование новых побегов, расположенных под углом друг к другу.

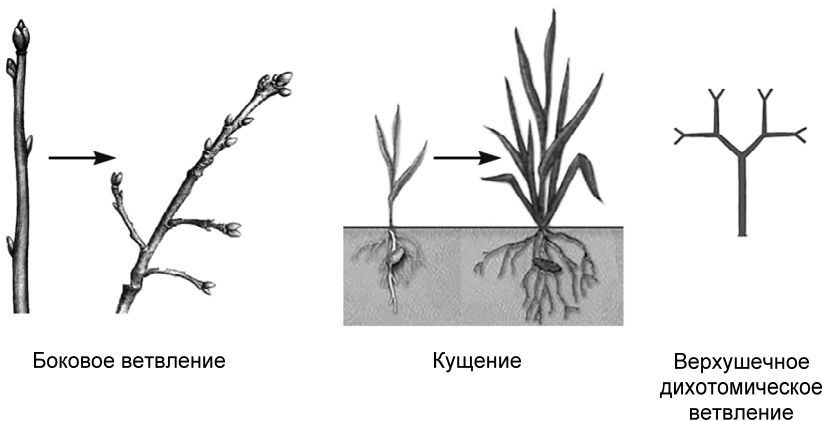


Рис. 1.26. Виды ветвления

У некоторых растений ветвление очень слабое или практически отсутствует (пальмы) — их крона формируется за счет листьев. Выделяют два типа ветвления: верхушечное и боковое. *Верхушечное ветвление* осуществляется за счет разделения верхушечной образовательной ткани на две части (так называемое дихотомическое ветвление) и характерно для плауновидных. При *боковом ветвлении* новые побеги

возникают из боковых почек. Разновидностью бокового ветвления является кущение, при котором образование новых побегов происходит из пазушных почек, находящихся у основания главного побега (злаки, кустарники).

Рост стебля

В длину осуществляется за счет деления и последующего роста клеток верхушечной и/или вставочной образовательных тканей. В толщину рост идет за счет деятельности камбия. Работа камбия периодична: весной и в начале лета интенсивна, к концу вегетационного периода затихает. Камбий откладывает больше клеток в сторону древесины. В начале вегетационного периода камбий образует сосуды с большим просветом, механических элементов образуется мало, к концу вегетации просвет вновь образующихся сосудов уменьшается и образуется больше механических элементов. На поперечном спиле дерева эти различия видны невооруженным взглядом в виде годичных колец. *Годичное кольцо* — это прирост древесины за год по толщине стебля. По годичным кольцам можно определить возраст растения.

Транспорт веществ

По древесине движется вода с растворенными в ней веществами (в основном это минеральные вещества, но также двигаются органические вещества, которые синтезируются или накапливаются в корнях) снизу вверх. В начале весны по древесине движется раствор с преобладанием органических веществ.

По лубу движутся растворенные органические вещества в обоих направлениях: от листьев в корни (сверху вниз) и от листьев к плодам и цветкам (снизу вверх).

Видоизменения побегов

□ *Надземные* (рис. 1.27).

- Колючки — это видоизмененный побег (боярышник) или лист (барбарис). Они выполняют защитные функции.
- Усик — это видоизмененный лист (горох) или весь побег (виноград). Функция: закручивание вокруг опоры, удержание побега в вертикальном положении.
- Надземный столон — это удлинённый ползучий побег. Он живет меньше года и выполняет функцию вегетативного размножения: на верхушке stolона образуется укороченный побег ("розетка"), который укореняется, и из него развивается новое растение (живучка, земляника).
- Кочан — это видоизмененная почка (капуста).

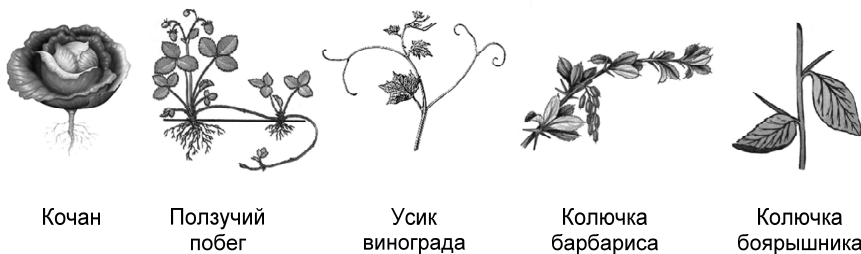
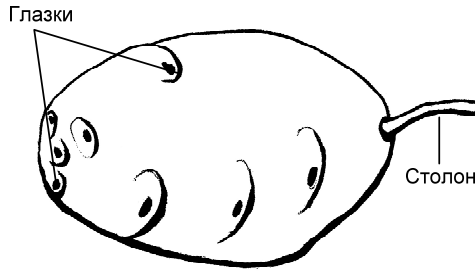


Рис. 1.27. Надземные видоизменения побега

□ *Подземные.*

- Подземный стolon. Выполняет функцию расселения и вегетативного размножения. Формируется из почек у основания стебля; обычно белого цвета с бесцветными чешуевидными листьями. У таких растений, как картофель, седмичник, на конце stolона формируется клубень.
- Клубень — сильно утолщенный подземный побег (картофель (рис. 1.28), топинамбур, хохлатка, седмичник). Выполняет функцию запаса питательных веществ, обеспечивает переживание неблагоприятных условий, вегетативное размножение и возобновление.



Клубень картофеля

Рис. 1.28. Строение клубня

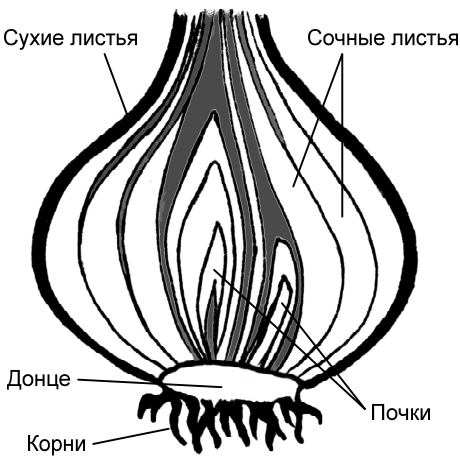


Рис. 1.29. Строение луковицы

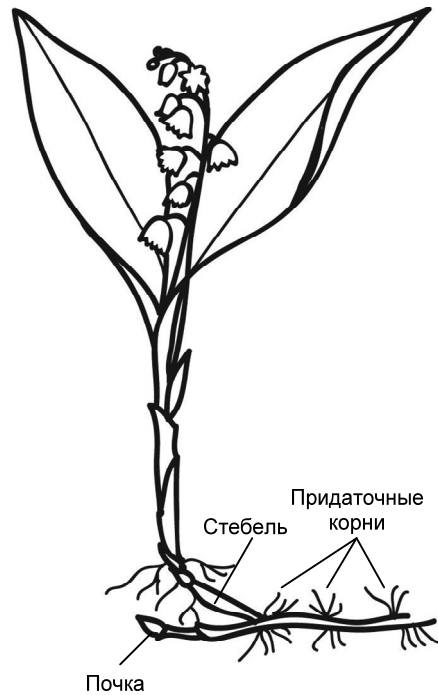


Рис. 1.30. Строение корневища (на примере ландыша)

- Луковица — подземный побег с очень коротким уплощенным стеблем (донцем) и сочными листьями (лук (рис. 1.29), лилия, тюльпан). Выполняет функции: запас питательных веществ, переживание неблагоприятных условий, возобновление, вегетативное размножение.
- Клубнелуковица — подземный побег растений. Имеет сухие, пленчатые листья, а запасные питательные вещества откладываются в стебле (крокус, гладиолус, безвременник).
- Корневище — подземный или надземный видоизмененный многолетний побег с чешуевидными или зелеными листьями. Отвечает за размножение, расселение, запас питательных веществ, возобновление и переживание неблагоприятных условий среды (пырей, ландыш (рис. 1.30), ирис).

РОСТ РАСТЕНИЙ И ЕГО РЕГУЛЯЦИЯ

Рост растений происходит благодаря работе меристем. У большинства вегетативных органов он неограничен, исключение составляют листья, обладающие ограниченным ростом. В длину рост осуществляется за счет работы верхушечной образовательной ткани, в толщину работают камбий и феллоген. Также стебель в длину может расти благодаря деятельности вставочной меристемы.

Процессы роста растений регулируются *ростовыми веществами*, большую часть которых относят к *фитогормонам*. Они могут ускорять или замедлять развитие тех или иных органов. Обычно ростовые вещества синтезируются в активно растущих частях растений, а затем по проводящим тканям разносятся по всему организму.

Рассмотрим некоторые фитогормоны и их действие.

- Ауксины — вещества, стимулирующие рост корней и побегов и образующиеся в верхушечных меристемах побега и, в меньшей степени, в корне, а также в молодых листьях. Они влияют на рост клеток, усиливая их растяжение и дифференцировку. При изменении освещения они поступают в затененную часть органа, что приводит к формированию изгибов побега. Также они принимают участие в регуляции транспорта веществ по растению.
- Гиббереллины также ускоряют рост стебля, регулируют процессы образования цветков, плодов и семян, участвуют в прорастании семян и подземных побегов (луковиц, клубней). В основном синтезируются в молодых листьях, а также в прорастающих семенах, в верхушках побегов и корней. Нехватка гиббереллинов в растении приводит к замедлению роста и уменьшению размеров (полное отсутствие — к карликовости), избыток — к чрезмерному росту.
- Цитокинины регулируют деление клеток, развитие почек, прорастание семян и рост растения в целом, замедляют старение. Также отвечают за повышение устойчивости растения к неблагоприятным воздействиям среды. Они образуются в верхушечной меристеме корня, оттуда поступают в побеги.
- Ингибиторы роста — это вещества, замедляющие рост растений, распускание почек, прорастание семян и т. д. (например, абсцизовая кислота). Их синтез уве-

личивается в конце вегетационного периода, перед переходом растений в состояние покоя, а весной их концентрация в органах резко снижается.

- Этилен — единственный фитогормон, являющийся газом. Он подавляет опадение листьев, рост проростков, замедляет деление клеток, ускоряет наступление периода покоя и стимулирует созревание плодов. Также он уменьшает действие других фитогормонов (ауксинов и т. д.). Его образование стимулируется светом.

ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ

Это размножение с помощью вегетативных органов или их частей. Все потомки при вегетативном размножении генетически одинаковы. Вегетативное размножение бывает естественным или искусственным.

Значение:

- увеличение количества особей одного вида (размножение);
- захват новых территорий (расселение);
- замена отмерших особей.

Естественное вегетативное размножение:

- ползучие надземные побеги (земляника);
- корневища (пырей ползучий);
- луковица (гусиный лук);
- клубни (хохлатка);
- корневые отпрыски — на корнях образуются почки, из них развиваются новые растения (осина);
- лист (бегония, молодило).

Искусственное вегетативное размножение:

- деление куста (пион);
- черенками — берут часть побега с 2–3 почками и листьями и сажают в почву (смородина, гортензия);
- отводками (крыжовник) — боковую ветвь пригибают к земле и частично засыпают почвой. Примерно через месяц образуются придаточные корни, ветвь отрезают от материнского растения и пересаживают;
- листьями (сенполия);
- прививка. Используют привой (культурное растение, которое надо размножить) и подвой (растение, на которое прививают). Есть разные способы прививки:
 - *копулировка* — способ прививки, когда привой и подвой имеют одинаковую толщину. Делают одинаковые косые срезы на прививаемых компонентах и прикладывают их один к другому. После совмещения привоя и подвоя место контакта обматывают до срастания привоя и подвоя, затем обвязку снимают;

- *окулировка* — в качестве привоя используют глазок — почку с корой и камбием. На подвое делается Т-образный надрез, в него вставляют привой и замазывают. После срастания привоя с подвоем обвязку снимают;
- корневые отпрыски (малина);
- с помощью подземных побегов — корневища, клубня, луковицы (купена, картофель, лилия);
- с помощью культуры тканей растений. Берется группа клеток растений и выращивается на питательных стерильных средах в пробирках. В специально подобранных условиях клетки начинают активно делиться и образуют каллус (мозоль). Меняя составляющие питательной среды, можно добиться образования корней и почек и таким образом получить новые растения (женьшень, драцена, хризантема).

ТЕСТ ПО ТЕМАМ "ТКАНИ" И "ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ"

Часть 1

В заданиях 1–5 выберите три верных ответа из шести.

1. Выберите признаки, характерные для пробки:
 - 1) состоит из мертвых клеток;
 - 2) находится на поверхности стебля;
 - 3) чаще всего встречается у трав;
 - 4) содержит чечевички;
 - 5) содержит устьица;
 - 6) расположена снаружи листьев.
2. В состав листа входят следующие ткани:
 - 1) верхушечная образовательная ткань;
 - 2) древесина;
 - 3) луб;
 - 4) пробка;
 - 5) камбий;
 - 6) фотосинтезирующая ткань.
3. У каких растений может развиваться главный корень?
 - 1) папоротник орляк;
 - 2) кукушкин лен;
 - 3) дуб красный;

- 4) подсолнечник однолетний;
 5) сфагновые мхи;
 6) сосна обыкновенная.
4. К подземным побегам относятся:
- 1) корневище ириса;
 2) луковица лилии;
 3) клубеньки азотфиксирующих бактерий;
 4) клубни георгина;
 5) корнеплоды свеклы;
 6) столоны картофеля.
5. Известно, что плаун булавовидный обладает дихотомическим ветвлением, мелкими зелеными листьями, а для бесполого размножения использует споры. Выберите из приведенного ниже текста три утверждения, относящиеся к описанию перечисленных выше признаков плауна.
- (1) Плаун булавовидный — многолетнее травянистое растение, имеющее вертикальные и горизонтальные побеги. (2) Споры созревают мейозом в спороносных колосках. (3) В цикле развития плауна преобладает спорофит, гаметофит представлен заростком. (4) Верхушечная образовательная ткань способна разделяться на две ткани, из которых развиваются новые побеги. (5) Плаун в основном встречается в сосновых лесах. (6) Фотосинтез у плауна проходит в листьях, поскольку они содержат хлорофилл.

При выполнении заданий 6–10 установите соответствие между содержанием первого и второго столбцов.

6. Установите соответствие между признаками строения и жизнедеятельности и типом ткани.

ПРИЗНАКИ

ТИП ТКАНИ

- | | |
|--|--------------------------|
| А) клетки обычно без центральной вакуоли | 1) образовательные ткани |
| Б) клетки живые или мертвые | ни |
| В) находятся на вершине органа | 2) покровные ткани |
| Г) обеспечивают рост и развитие растения | |
| Д) участвуют в газообмене | |

7. Установите соответствие между растениями и типом сложных листьев.

РАСТЕНИЯ

ТИП ЛИСТА

- | | |
|-------------|--------------------|
| А) ясень | 1) тройчатый |
| Б) шиповник | 2) парноперистый |
| В) клубника | 3) непарноперистый |

- Г) желтая акация
- Д) клевер
- Е) рябина

8. Установите соответствие между структурами и группами тканей:

СТРУКТУРЫ

ТКАНИ

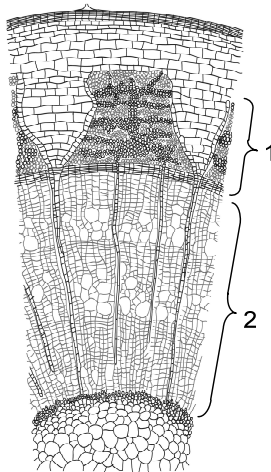
- | | |
|-----------------------|-----------------|
| А) склереиды | 1) покровные |
| Б) устьица | 2) проводящие |
| В) трахеиды | 3) механические |
| Г) сосуды | |
| Д) чечевички | |
| Е) железистый волосок | |

9. Установите соответствие между признаками и частями стебля, обозначенными на рисунке цифрами 1, 2:

ПРИЗНАКИ

ЧАСТИ

- | | |
|--|------|
| А) проводящие элементы живые | 1) 1 |
| Б) в них находятся ситовидные трубки | 2) 2 |
| В) расположены ближе к сердцевине | |
| Г) характерен только восходящий ток веществ | |
| Д) содержат древесные волокна | |
| Е) только весной по ним идут органические вещества | |



10. Установите соответствие между клетками организмов и набором хромосом в этих клетках.

КЛЕТКИ ОРГАНИЗМОВ

НАБОР ХРОМОСОМ

- | | |
|--------------------------------------|---------------|
| А) микроспоры сосны | 1) гаплоидный |
| Б) клетки стебля кукушкиного льна | 2) диплоидный |
| В) корневище ландыша | |
| Г) зигота хламидомонады | |
| Д) клетки зародышевого мешка капусты | |

При выполнении заданий 11–13 установите последовательность процессов, явлений и т. п.

11. Установите последовательность частей древесного стебля в правильном порядке, начиная с поверхности:
- 1) камбий;
 - 2) пробка;
 - 3) древесина;
 - 4) сердцевина;
 - 5) луб.
12. Установите последовательность зон корня, начиная с вершины корня:
- 1) зона всасывания;
 - 2) зона роста;
 - 3) зона деления;
 - 4) зона проведения.
13. Установите последовательность движения воды и минеральных веществ при поглощении почвенного раствора корнем:
- 1) раствор проходит через кору корня;
 - 2) раствор поступает в сосуды древесины;
 - 3) вода двигается вверх в стебель;
 - 4) клетки с корневыми волосками поглощают воду с минеральными веществами.

Часть 2

1. Устьица у наземных растений чаще всего расположены в нижней эпидерме. Объясните, почему.
2. Почему клетки колленхимы неравномерно утолщены?

3. Рассмотрите рисунок и ответьте на вопросы.
Какая корневая система изображена на рисунке? Свой ответ аргументируйте.
В каком случае такая корневая система развивается у двудольных растений?



4. Найдите 3 ошибки в приведенном тексте и исправьте их.
(1) Листья цветковых растений делятся на простые и сложные. (2) К простым листьям относятся цельные, рассеченные и тройчатые. (3) Снаружи лист покрыт кожицей. (4) Внутри находится проводящий пучок, в котором обязательно есть камбий. (5) В листе происходят различные процессы — фотосинтез, дыхание, испарение воды. (6) Фотосинтез происходит только днем, а дыхание — только ночью.
5. У одних цветковых растений преобладает бесполое (вегетативное) размножение, у других — половое. Как вы можете объяснить это явление? Приведите примеры и тех, и других растений.

ГЕНЕРАТИВНЫЕ ОРГАНЫ РАСТЕНИЙ

Семя

Семя возникает из семязачатка, который у покрытосеменных находится в завязи пестика, а у голосеменных — в женской шишке. Семя отвечает за размножение и расселение растений.

Семя содержит *зародыш* (рис. 1.31), который развивается из зиготы, возникшей после слияния мужской и женской половых клеток. Зародыш двудольных растений состоит из двух семядолей, зародышевого корня, зародышевого стебля и зародышевой почки. Зародыш однодольных растений состоит из одной семядоли (у злаков это щиток), зародышевой почки, зародышевого стебля и зародышевого корня. Функции семядоли: запас питательных веществ (бобовые, сложноцветные), защита зародышевой почки, фотосинтез (при надземном прорастании) и всасывание питательных веществ из эндосперма (например, у злаков).

Семена многих однодольных растений (пшеница, рожь) и многих двудольных растений (хурма, перец) характеризуются наличием запасяющей ткани — *эндосперма* (он возникает после слияния одного спермия с ядром центральной клетки зародышевого мешка). Эндосперм характеризуется триплоидным набором хромосом. В основном в эндосперме запасаются жиры, реже — углеводы или белки. В со-

зревшем семени эндосперм может отсутствовать, и в этом случае запас веществ находится в семядолях.

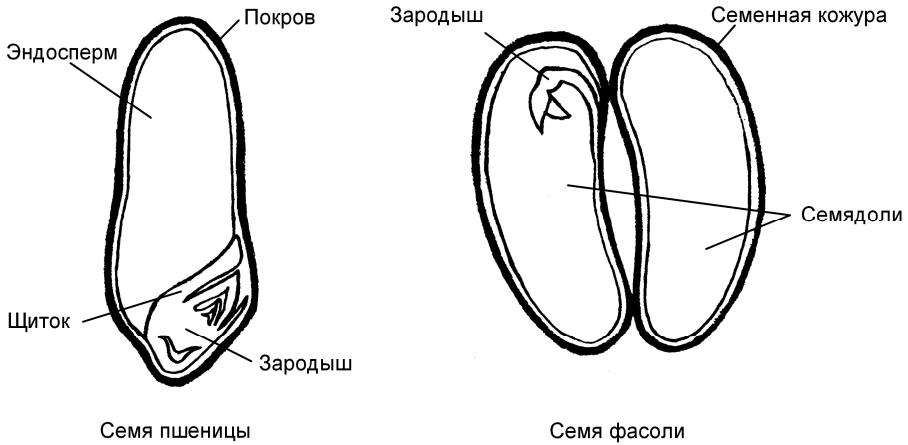


Рис. 1.31. Строение семян однодольных и двудольных растений

Еще одна обязательная составляющая семени — *семенная кожура* (возникает из интегумента — это внешний покров семязачатка), которая может быть однослойной или многослойной. Она выполняет защитную функцию. У семян одного и того же растения разная толщина семенной кожуры, что обеспечивает одновременное прорастание семян. На семенной кожуре имеется рубчик — место прикрепления семени к семяножке.

Условия прорастания семян

- *Кислород.* Для дыхания прорастающих семян необходим кислород. Если закрыть стеклом пробирку с проросшими семенами и пустую пробирку и на следующий день внести в обе пробирки горящие спички, то в пробирке с семенами спичка погаснет сразу.
- *Вода.* Она необходима для ускорения обменных процессов, т. к. в составе семени мало воды, что способствует лучшей сохранности семян в неблагоприятных условиях окружающей среды.
- *Определенная положительная температура.* Есть холодостойкие растения (рожь, пшеница, морковь) и теплолюбивые (огурец, томат, кукуруза). У них разные требования к температуре при прорастании семян. Семена холодостойких могут прорасти уже при $+1...+4\text{ }^{\circ}\text{C}$, тогда как семена теплолюбивых прорастают при $+12...+18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Оптимальная температура прорастания: $+15...+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ для холодостойких и $+20...+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ для теплолюбивых.

Также для прорастания семени должны пройти период органического покоя. Для прорастания семян некоторых растений необходимо наличие грибов (орхидеи).

Время посева

- Озимый посев осуществляется в конце лета (озимая пшеница, рожь и т. д.).
- Яровой посев проводится весной после таяния снегов и прогрева почвы до определенной температуры.

Глубина заделки семян зависит от размера семени. Мелкие заделывают в почву на 0,5–1 см; средние — на 2–4 см; крупные — на 4–6 см. Глубина посева также зависит от типа почвы: на легких почвах семена заделывают глубже, на тяжелых — выше. Семена некоторых растений (сельдерей) раскладываются практически на поверхности почвы.

Отношение числа проросших семян к общему числу взятых семян называется *всхожестью*, а число одновременно проросших семян к общему числу высеванных — *энергией прорастания* семян.

Типы прорастания семян

- Надземное (рис. 1.32, справа) — при прорастании семядоли выносятся наружу (фасоль, огурец, томат, клен), зеленеют и начинают фотосинтезировать. Участок стебля от зародышевого корешка до семядолей называется *гипокотилем* (подсемядольным коленом), участок стебля между семядолями и первыми настоящими листьями (первое междоузлие) называется *эпикотилем* (надсемядольным коленом).
- Подземное (рис. 1.32, слева) — при прорастании семядоли и гипокотиль не выносятся в наземно-воздушную среду (дуб, горох, злаки).

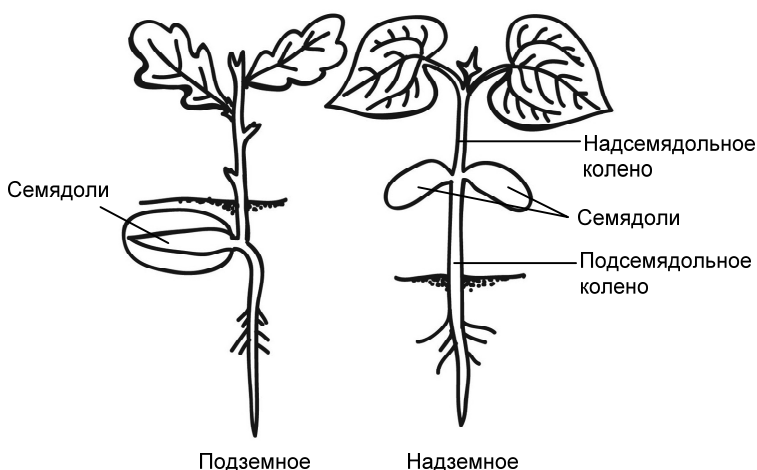


Рис. 1.32. Типы прорастания семян

Состав семян

В состав семян входят неорганические и органические вещества. К неорганическим веществам относятся вода (15–20%) и минеральные соли (около 1%).

Органические вещества:

- белки — особенно много белков содержится в семенах бобовых, у злаков белки в составе семян называют клейковиной;
- углеводы запасаются в форме крахмала и сахаров, больше всего крахмала в семенах злаков, сахар в семенах этих растений почти не содержится;
- жиры запасаются в семени в форме масел, много жиров содержится в семенах подсолнечника, горчицы, кукурузы.

Цветок

Это генеративный орган растений, представляющий собой видоизмененный спороносный побег. Образуется только у покрытосеменных. Большинство цветков развивается на цветоножке — это междуузлие под цветком (рис. 1.33). На ней могут

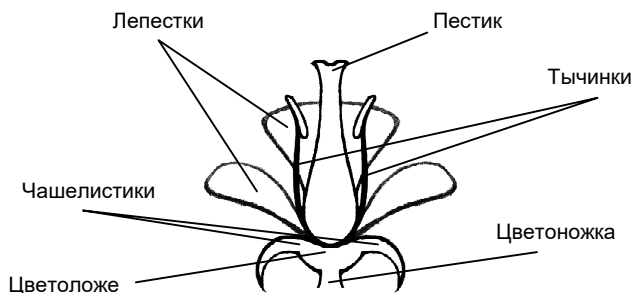


Рис. 1.33. Строение цветка

находиться 1 или 2 маленьких листочка, называемых прицветниками. Если цветоножка отсутствует, то цветок называют *сидячим*. Цветки бывают *актиноморфными*, или правильными (через цветок можно провести много плоскостей симметрии; у розоцветных, лилейных), и *зигоморфными*, или неправильными (через цветок можно провести одну вертикальную плоскость симметрии; у бобовых).

Строение цветка

- Цветоложе — осевая часть цветка, представляющая собой расширенный участок стебля.
- Чашелистики — произошли из листьев.
- Лепестки — произошли из тычинок.
- Тычинки — произошли из микроспорофиллов.
- Пестики — произошли из мегаспорофиллов.

В случае простого околоцветника чашелистики и лепестки не выделяют, считают, что околоцветник представлен листочками околоцветника (лилия, тюльпан). Если присутствуют чашелистики и лепестки, то околоцветник называют двойным (вишня, шиповник). Обычно чашелистики зеленого цвета, все чашелистики цветка образуют чашечку. Лепестки отличаются по цвету, выполняют функцию привлечения опылителей и образуют венчик цветка. И чашечка, и венчик могут быть свободными и сросшимися. Листочки околоцветника также могут быть свободными или сросшимися. У некоторых растений околоцветник отсутствует (белокрыльник), его функции выполняет прицветник.

Цветки могут быть обоеполыми и однополыми (рис. 1.34).

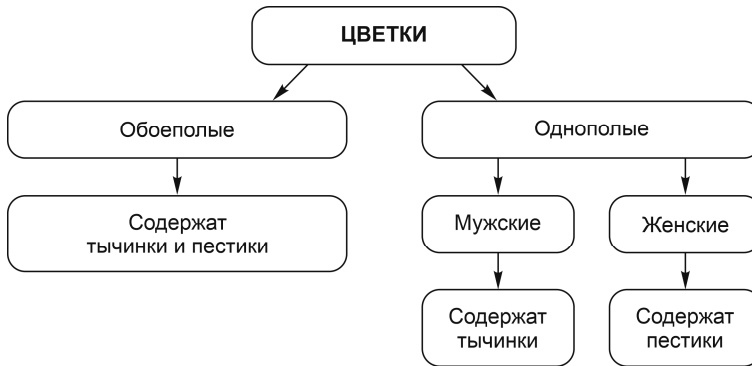


Рис. 1.34. Типы цветков

Если однополые цветки располагаются на одном и том же растении, то растение называется *однодомным* (тыква, огурец, кукуруза). Если однополые цветки расположены на разных растениях (на одном — только женские, на другом — только мужские), растение называется *двудомным* (облепиха, тополь, ива, крапива).

Тычинки. Все тычинки цветка образуют андроцей. Тычинка (рис. 1.35) состоит из тычиночной нити и пыльника. Пыльник состоит из двух половинок, каждая половинка имеет два пыльцевых гнезда, в которых образуются микроспоры. Микроспоры возникают в результате мейоза особых клеток внутри пыльцевых гнезд. Из микроспоры митозом образуется мужской гаметофит (пыльцевое зерно, или пылинка), состоящий всего из двух клеток: генеративной и сифоногенной (ее иногда называют вегетативной). Пылинка покрыта оболочкой, состоящей из двух слоев: внешнего (экзина) и внутреннего (интина). В дальнейшем из генеративной клетки митозом образуются мужские гаметы — спермии.

Пестик (рис. 1.36) состоит из одного или нескольких сросшихся плодолистиков. Совокупность всех плодолистиков в цветке называется гинецеем. Гинецей, состоящий из несросшихся плодолистиков, каждый из которых формирует пестик, называют апокарпным. Гинецей, состоящий из нескольких сросшихся плодолистиков (при этом образуется один пестик), называют ценокарпным.

В пестике выделяют три части: рыльце, столбик и завязь. Завязь может быть верхняя (слива), в этом случае пестик срастается с цветоложем только основанием, и

нижняя (крыжовник), когда стенки завязи срастаются с другими частями цветка. Завязь пестика содержит один или несколько семязчатков.

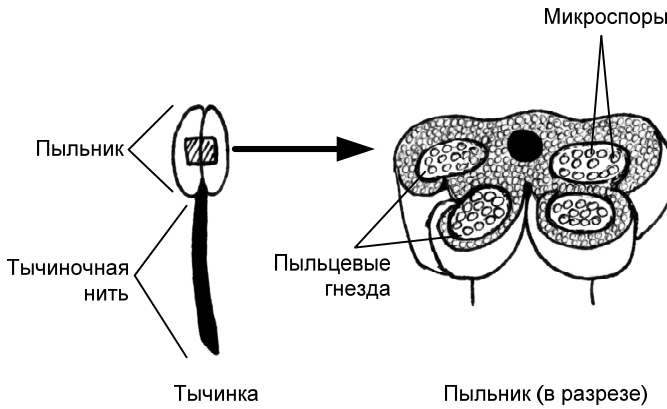


Рис. 1.35. Строение тычинки

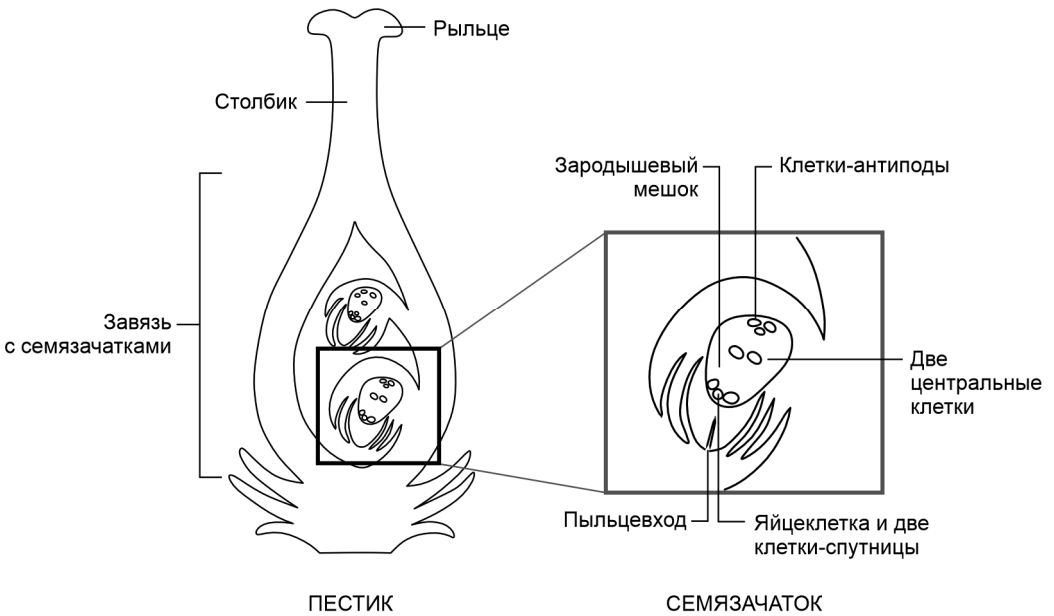


Рис. 1.36. Строение пестика

Семязчаток состоит из интегументов (это покровы, края которых образуют узкий канал — микропиле, или пыльцевход), нуцеллуса (по морфологической природе это мегаспорангий, преобразованный в процессе эволюции из мегаспорангия предковых форм — разноспоровых папоротникообразных) и семяножки, которая прикрепляет его к стенке завязи. В нуцеллусе происходит мейоз и возникают 4 гаплоидные мегаспоры, 3 из них погибают, а оставшаяся образует зародышевый мешок (женский гаметофит). Эта мегаспора делится митозом, в результате чего образуют-

ся 8 ядер (или клеток): яйцеклетка и две синергиды на одном полюсе; два ядра (в центре), которые чаще всего сливаются и образуют центральное ядро (или клетку); три клетки-антиподы на противоположном полюсе (рис. 1.37).

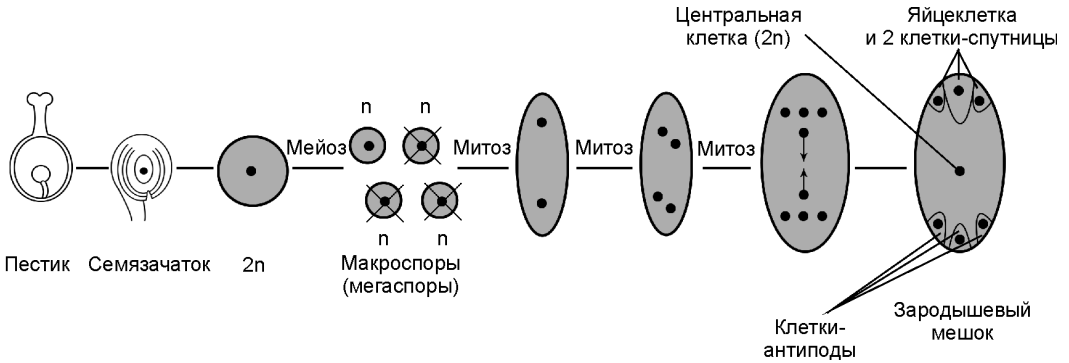


Рис. 1.37. Образование зародышевого мешка у покрытосеменных

Для краткой записи строения цветка применяется **формула цветка**:

- О — простой околоцветник;
- Ч — чашелистики;
- Л — лепестки;
- Т — тычинки;
- П — пестик;
- () — части цветка срослись;
- * — правильный (актиноморфный) цветок;
- ! — неправильный (зигоморфный) цветок.

Графически строение цветка изображают с помощью диаграммы, в которой указывают расположение и количество всех его структурных элементов (рис. 1.38).

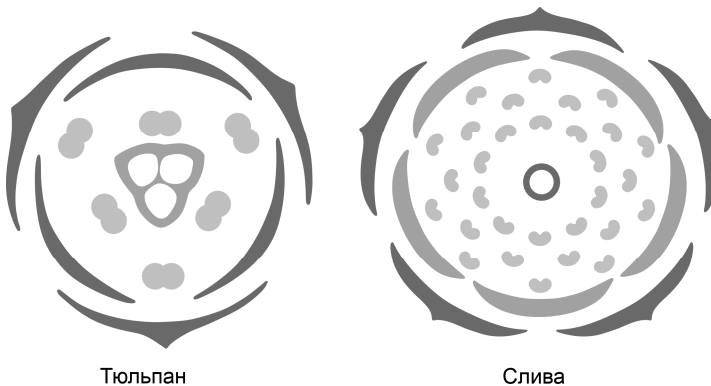


Рис. 1.38. Диаграммы цветков

Примеры

1. Тюльпан $*O_{3+3}T_{3+3}P_{(3)}$ — цветок актиноморфный с простым околоцветником, состоящим из 6 листочков, расположенных в двух кругах, в цветке 6 тычинок, также расположенных в два круга, и один пестик, состоящий из трех сросшихся плодолистиков, завязь верхняя.
2. Слива $*C_{(5)}L_5T_{\infty}P_1$ — цветок актиноморфный с двойным околоцветником, чашечка из пяти сросшихся чашелистиков, венчик из пяти свободных лепестков, тычинок много, пестик один, завязь верхняя.

Соцветия

Соцветие — это порядок расположения цветков у растения. У некоторых растений соцветий не образуется (тюльпан, нарцисс). Преимущество соцветий заключается в том, что цветки развиваются и распускаются последовательно друг за другом, что увеличивает общее время цветения и возможность опыления.

Соцветия бывают простые (рис. 1.39) и сложные. У простых соцветий цветки расположены на главной оси, у сложных — на боковых осях.

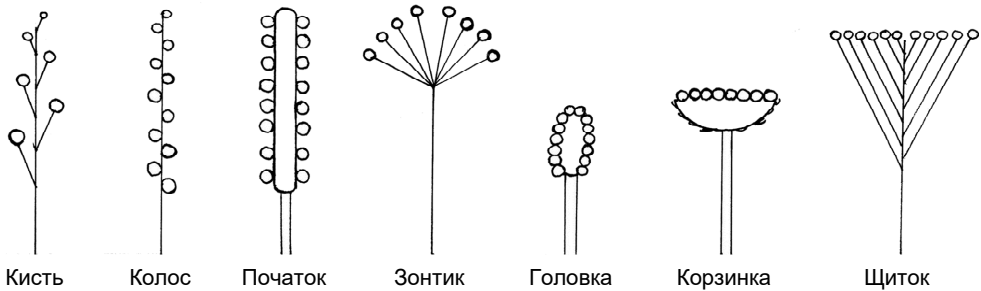


Рис. 1.39. Простые соцветия

Простые соцветия

- Кисть — имеет удлиненную главную ось, на которой расположены цветки на цветоножках (черемуха, фиалка, ландыш, колокольчик).
- Щиток — имеет удлиненную главную ось, но цветоножки цветков обладают разной длиной, из-за чего все цветки оказываются расположенными примерно на одном уровне (груша).
- Зонтик — имеет сильно укороченную главную ось, все цветки имеют цветоножки примерно одной длины (примула, проломник).
- Колос — имеет удлиненную главную ось с расположенными на ней сидячими цветками (подорожник, ятрышник).
- Початок — имеет удлиненную толстую главную ось, с расположенными на ней сидячими цветками (женское соцветие кукурузы, белокрыльник).
- Головка — имеет сильно укороченную главную ось, все цветки сидячие или цветоножки плохо развиты (клевер).

□ Корзинка — имеет плоскую, реже конусовидную, ось соцветия, на которой находятся сидячие цветки (ромашка, одуванчик, астра).

У початка и корзинки расширена ось соцветия.

Сложные соцветия

□ Сложная кисть — на удлиненной главной оси расположены простые кисти (донник).

□ Сложный колос — на удлиненной главной оси расположены колоски. Каждый колосок представляет собой простой колос (пшеница, рожь, ячмень).

□ Сложный зонтик — на укороченной главной оси расположены простые зонтики (укроп, морковь, борщевик).

□ Метелка — сильно ветвящееся соцветие, на удлиненной главной оси которого расположены цветки или простые соцветия — колоски или кисти (сирень, рябина, овес, боярышник, мужское соцветие кукурузы).

Опыление

Опыление — это перенос пыльцы на рыльце пестика. Основные способы опыления изображены на рис. 1.40.

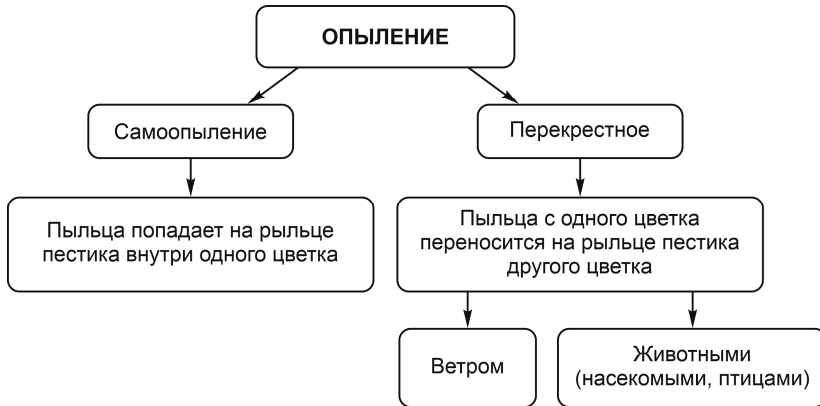


Рис. 1.40. Способы опыления

Наиболее эволюционно выгодно перекрестное опыление, т. к. повышается вероятность рекомбинаций генетического материала, что способствует увеличению внутривидового разнообразия.

Признаки самоопыляющихся растений: нет нектара и запаха, тычинки обычно выше пестиков, иногда пыльца созревает еще в бутоне и опыление происходит в еще не распустившемся цветке (горох, томат, ячмень).

Признаки ветроопыляемых растений: пыльца легкая и сухая, ее образуется очень много, цветки мелкие и невзрачные, чаще всего собраны в соцветия, околоцветники развиты слабо, длинные тычиночные нити, пестики с мохнатыми рыльцами, нет запаха и нектара, цветение часто происходит ранней весной, до появления листьев (лещина, дуб, береза).

Признаки насекомоопыляемых растений: сильный запах, наличие нектара, часто крупные цветки с яркими околоцветниками, липкая пыльца (ландыш, рябина, яблоня, липа).

При выведении новых сортов человеком используется *искусственное опыление* растений, когда берется пыльца одного цветка и переносится на пестик другого цветка вручную.

Оплодотворение

При опылении пыльца попадает на рыльце пестика и начинает прорастать: вегетативная клетка разрастается в направлении завязи и образует пыльцевую трубку, по которой начинает двигаться генеративная клетка. Генеративная клетка делится митозом с образованием двух спермиев. Пыльцевая трубка входит в зародышевый мешок через микропиле, и один спермий сливается с яйцеклеткой с образованием зиготы, из которой в дальнейшем развивается зародыш семени, а другой спермий сливается с центральной клеткой, в результате чего образуется триплоидная клетка, из которой в дальнейшем формируется эндосперм семени — запасаящая ткань (рис. 1.41).



Рис. 1.41. Схема двойного оплодотворения

Из покровов семязачатка развивается семенная кожура, а из завязи в целом развивается плод. Таким образом, для цветковых растений характерно двойное оплодотворение (открыто С. Г. Навашиным в 1898 г.): один спермий сливается с яйцеклеткой, другой — с центральной клеткой зародышевого мешка.

Плоды

Плоды образуются только у покрытосеменных растений. Развиваются из цветка; в образовании плодов обязательно участвует завязь. Из стенки завязи развивается околоплодник, из семязачатка — семя. Также в образовании плода может принимать участие цветоложе (земляника).

Сочные плоды

- Костянка — односемянной плод с сочным околоплодником (вишня, слива, абрикос).
- Многокостянка — плод состоит из нескольких костянок на общем цветоложе (малина, ежевика, костяника).

- Ягода — многосемянной сочный плод, в его формировании участвует только завязь (томат, картофель, виноград).
- Яблоко — многосемянной плод, семена расположены по одному (каждый в своей камере) ближе к центру плода. В формировании плода помимо завязи участвуют другие части цветка (яблоня, груша, рябина).
- Тыквина — имеет твердый и прочный внешний слой, под которым находится сочная мякоть с большим количеством семян (огурец, кабачок, тыква).
- Померанец (гесперидий) — многосемянной плод с кожистым внешним слоем околоплодника, содержащим эфирные масла (цитрусовые — апельсин, лимон, грейпфрут).

Некоторые сочные плоды показаны на рис. 1.42.

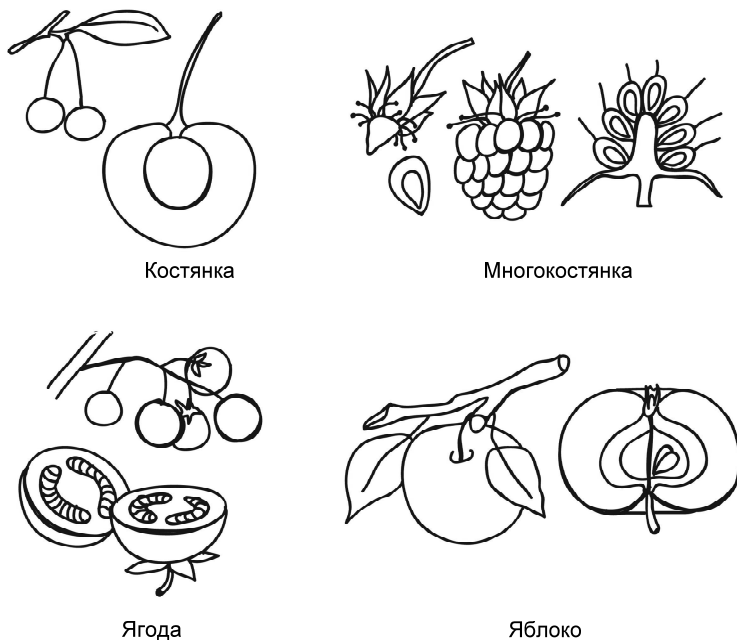


Рис. 1.42. Сочные плоды

Сухие плоды

- Боб — многосемянной вскрывающийся плод, не имеющий перегородки; семена расположены на створках (горох, фасоль, клевер).
- Стручок — длина превышает ширину в 4 и более раз. Состоит из двух створок, семена расположены на перегородке между ними (капуста, редис, репа).
- Стручочек — длина превышает ширину не более чем в 3–4 раза или равна ей (пастушья сумка, ярутка).
- Коробочка — возникает при полном срастании плодолистиков цветка и содержит несколько гнезд, число которых соответствует числу плодолистиков цветка (мак, тюльпан, белена).

- Зерновка — односемянной плод; околоплодник срастается с семенной кожурой (пшеница, кукуруза, овес).
- Семянка — односемянной плод; околоплодник не срастается с семенной кожурой (подсолнечник, астра).
- Орех — односемянной плод, имеющий жесткий одревесневший околоплодник (лещина).
- Желудь — односемянной плод, имеющий кожистый околоплодник (дуб).
- Многоорешек — многосемянной плод, состоящий из односемянных орешков (лапчатка, гравилат, лютик).

Сухие плоды изображены на рис. 1.43.

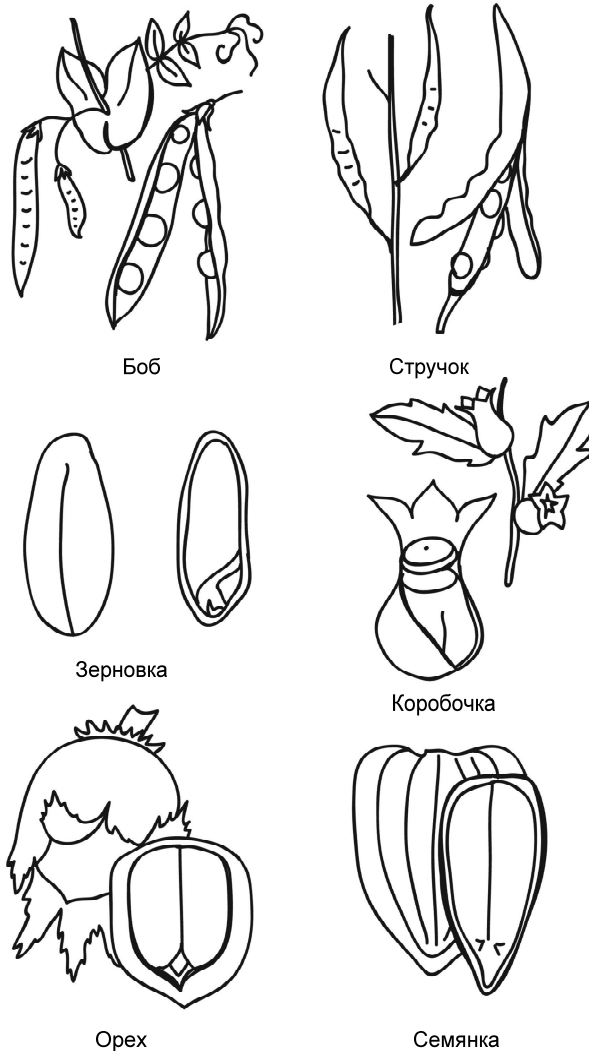


Рис. 1.43. Сухие плоды