

(повторяющимся по продольной оси) строением. Стебель чаще всего имеет цилиндрическую форму и выполняет преимущественно механическую и проводящую функции. Листья – в типичном случае плоские боковые органы, в тканях которых осуществляется фотосинтез, газообмен и транспирация. Почка – зачаток нового побега, который обеспечивают длительное нарастание и ветвление. В результате глубокого преобразования строения или метаморфоза, части побега приобретают способность к выполнению таких функций, как запасание органических веществ и воды, прикрепление к опоре, защита от повреждения и др.

Специфика анатомического строения органов во многом определяет выполнение ими тех или иных функций. Так, для осевых органов (стебля и корня) характерно наличие стелы – системы первичных проводящих тканей, осуществляющей двусторонний транспорт веществ и укрепление органов, для листа – мезофилла – ассимиляционной паренхимы (хлоренхимы), в клетках которой происходит фотосинтез.

В ходе роста и развития осевые органы могут изменяться в строении вследствие заложения камбия и феллогена. В связи с этим различают *первичное* и *вторичное* анатомическое строение корня и стебля. У голосеменных растений, а также у покрытосеменных растений из класса двудольные первичное анатомическое строение органов встречается только на ранних стадиях развития, а затем после формирования камбия и феллогена оно сменяется на вторичное строение. У покрытосеменных растений из класса однодольные первичное строение органов сохраняется в течение всей жизни.

Анатомическое строение корня

Объекты исследований:

1. поперечный срез корня *Triticum aestivum* L. (пшеница мягкая);
2. поперечный срез корня *Iris germanica* L. (ирис германский);
3. поперечный срез корня *Cucurbita pepo* L. (тыква обыкновенная);
4. поперечный срез многолетнего корня *Tilia cordata* Mill. (липа сердцевидная).

Характеристика объектов.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть временный препарат верхушки корешка пшеницы мягкой. В растущем корне выделяют несколько зон, между которыми нет резких границ и, наблюдается постепенный переход от одной зоны к другой. Каждая из них отличается по строению клеток и функциям.

На верхушке корня располагается **корневой чехлик**, который прикрывает и защищает апикальную (верхушечную) меристему корня (рис. 24). Корневой чехлик состоит из живых паренхимных клеток. Клетки чехлика содержат амилопласты с крахмальными зёрнами и имеют тонкие ослизняющиеся оболочки. Крахмальные зёрна представляют собой статолиты, которые участвуют в определении пространственного положения корня. Поверхностные клетки корневого чехлика отслаиваются вследствие ослизнения стенок, что облегчает продвижение корня сквозь почвенные частички, а высвобождающиеся при этом органические вещества способствует частичному растворению минеральных солей и переводу их в доступную растению форму.

Апикальная меристема состоит из плотно сомкнутых между собой изодиаметрических клеток с тонкими оболочками, густой цитоплазмой и относительно крупным ядром в составе. Участок апикальной меристемы корня длиной 1,5 – 2мм называется **зоной деления**.

К зоне деления примыкает **зона растяжения**. В этой зоне клетки делятся менее интенсивно и начинают увеличиваться в размерах в продольном направлении за счет вакуолизации. В пределах этой зоны, наряду с ростом клеток наблюдается и дифференциация некоторых из них (например, проводящие элементы флоэмы). Вследствие вытягивания клеток в продольном направлении осуществляется рост корня в длину и продвижение его в почве.

Участок корня, несущий корневые волоски, называется **зоной всасывания** или **зоной дифференциации постоянных тканей**. На поверхности корня дифференцируется **ризодерма (эпиблема)** – абсорбционная ткань корня. Поглощение почвенных растворов происходит через корневые волоски, которые образуются вследствие вытягивания клеток ризодермы. Клетки ризодермы, из которых образуются корневые волоски, называются **трихобласты**, а клетки, не образующие волосков – **атрихобласты**. Корневой волосок

содержит тонкий постенный слой цитоплазмы, крупную центральную вакуоль и ядро, которое смещается в кончик волоска. Корневые волоски недолговечны, на более старых частях корня они отмирают, но закладываются вновь на образовавшихся молодых участках вблизи верхушки. Поэтому ризодерма представляет собой эфемерную ткань.

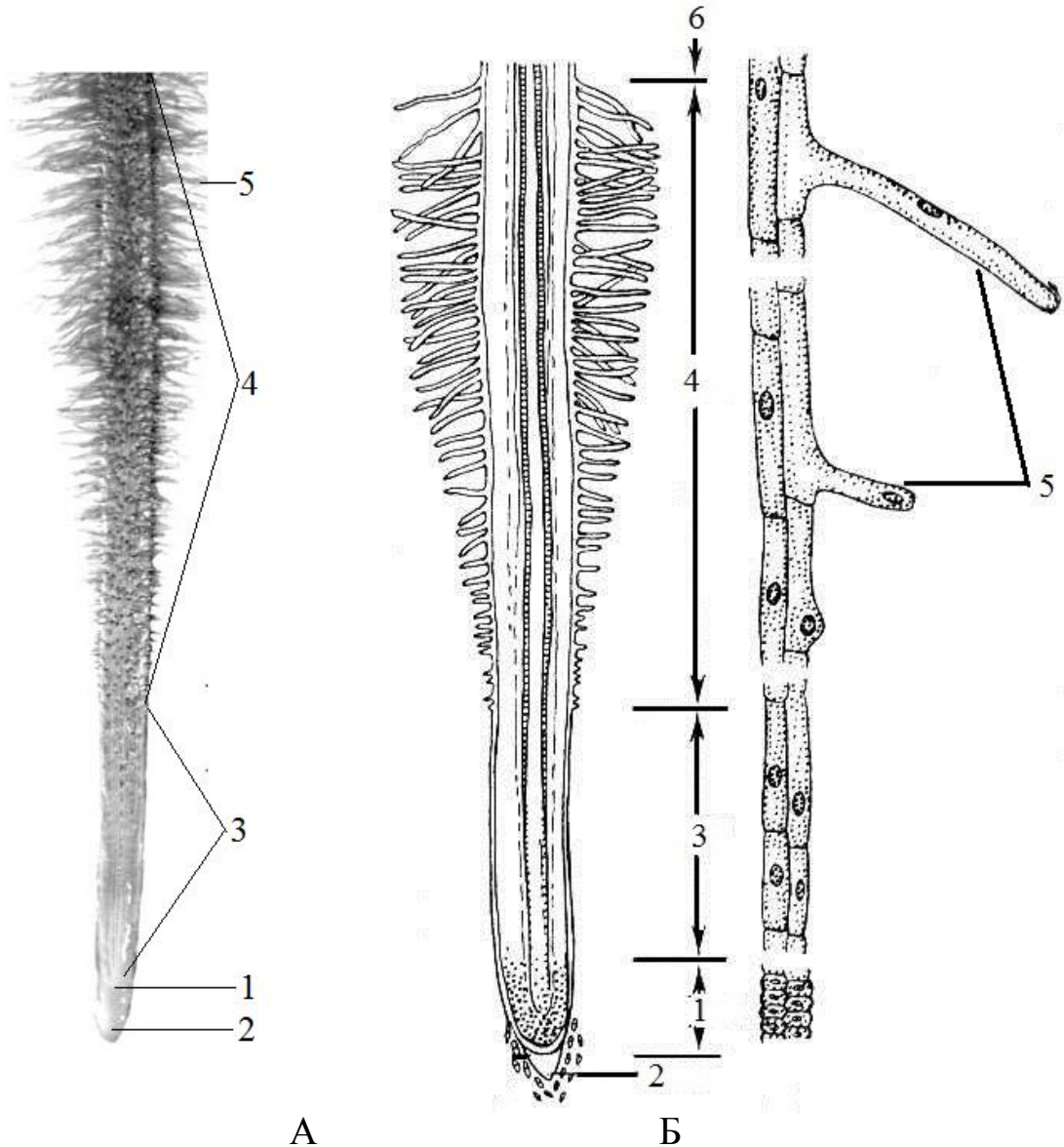


Рис. 24. Строение корня *Triticum aestivum* L. (пшеница мягкая) при увеличении объектива микроскопа х8 (А) и на схема (Б):

1 – зона деления, 2 – корневой чехлик, 3 – зона растяжения, 4 – зона всасывания, 5 – корневой волосок, 6 – зона проведения

В зоне всасывания формируется первичное анатомическое строение корня, поэтому поглощенные корневыми волосками вода и минеральные соли транспортируются в ксилему для дальнейшего транспорта в надземные части растения.

Последняя самая протяженная зона корня – **зона проведения**, по которой происходит двусторонний транспорт веществ.

При увеличении объектива микроскопа х40 на вершукше корня в составе зоны деления можно рассмотреть, как и в конусе нарастания побега, расположение полумеристем или гистогенов, из которых на некотором удалении от вершукши будут формироваться определенные ткани: **протодерму** (дерматоген), **прокамбий** (плерому) и **основную меристему** (периблему). Из поверхностного слоя клеток протодермы дифференцируется ризодерма, из центрального тяжа прокамбия – ксилема и флоэма, из клеток основной меристемы – паренхима коры (рис. 25).

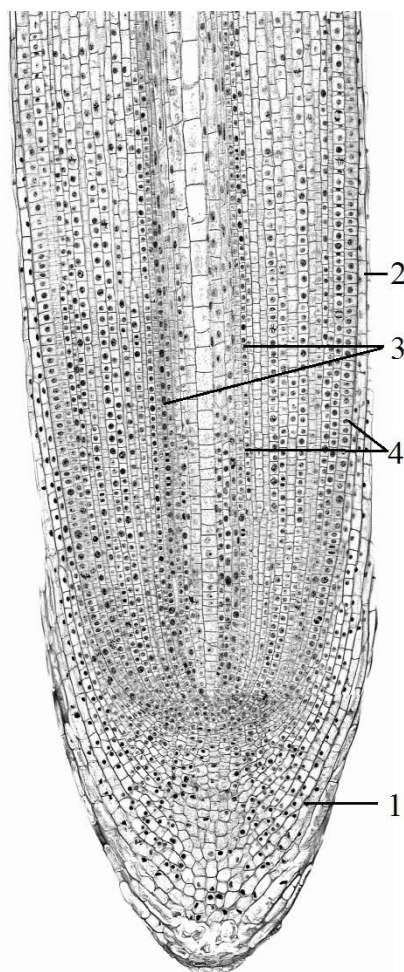


Рис. 25. Строение вершукши корня *Triticum aestivum* L. (пшеница мягкая):
1 – корневой чехлик, 2 – протодерма, 3 – прокамбий, 4 – основная меристема

При увеличении объектива микроскопа х8 и х40 рассмотреть поперечное строение корня ириса германского – растения из класса однодольные. На поверхности корня могут сохраняться отмершие и

частично разрушенные клетки ризодермы. Под ризодермой хорошо различимы широкая **первичная кора (кортекс)** и относительно узкий **центральный цилиндр** (рис. 26).

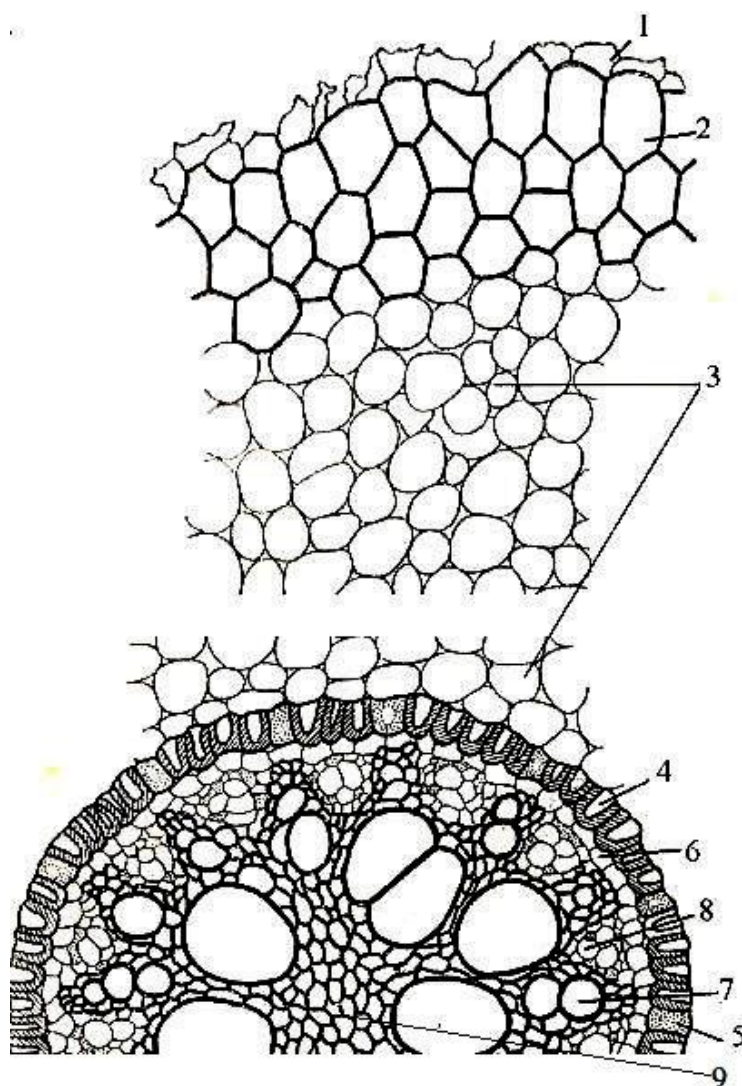


Рис. 26. Анатомическое строение корня *Iris germanica* L. (ирис германский): 1 – остатки ризодермы, 2 – экзодерма, 3 – мезодерма, 4 – клетки эндодермы, 5 – пропускная клетка, 6 – перицикл, 7 – первичная ксилема, 8 – первичная флоэма, 9 – тяжевая склерофицированная паренхима.

В первичной коре выделяют экзодерму, мезодерму и эндодерму. Первичная кора начинается двух–трехслойной **экзодермой**. Она состоит из крупных многоугольных клеток с опробковевшими и одревесневшими оболочками, протопласты которых отмирают. Срединная зона кортекса (**мезодерма**) представлена округлыми рыхло расположенными паренхимными клетками с большим количеством крахмальных зерен в составе. Внутренний слой первичной коры –

однослойная **эндодерма**. В клетках эндодермы радиальные и внутренние тангенциальные стенки сильно утолщаются, одревесневают и опробковывают из-за чего они приобретают подковообразные очертания, а протопласты клеток отмирают. Среди них встречаются живые тонкостенные клетки с густой цитоплазмой и крупным ядром, которые называют **пропускными клетками**. Транспорт почвенных растворов через пропускные клетки эндодермы происходит под контролем цитоплазмы.

Внутри от эндодермы располагается **стела** – совокупность первичных проводящих тканей корня. Самый наружный слой мелких тонкостенных клеток стелы – **перицикл**. Клетки перицикла сохраняют способность к делению и дают начало боковым корням. Элементы первичной ксилемы располагаются в виде лучей, количество которых может составлять более восьми. Узкопросветные трахеальные элементы **протоксилемы** примыкают к перициклу, а широкопросветные сосуды **метаксилемы** – к центральной части стелы. Первичная флоэма, содержащая ситовидные трубки с сопровождающими клетками и тяжелой паренхимой располагается небольшими участками между лучами ксилемы. Первичные проводящие ткани располагаются в виде полиархного (многолучевого) радиального проводящего пучка. Центральную часть стелы занимает механическая ткань из клеток с равномерно утолщенными одревесневшими стенками.

Корни двудольных растений сохраняют первичное строение недолго, в них быстро происходит переход к вторичному строению. При первичном строении корни двудольных растений имеют ряд отличий: в клетках эндодермы имеются лишь небольшие участки утолщений радиальных стенок, называемых **пояски Каспари**, а также в стеле формируется ди-, тетра- или пентархная первичная ксилема.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 изучить вторичное строение корня двудольного растения на примере тыквы обыкновенной. При рассмотрении поперечного среза в центре корня следует прежде всего отыскать первичную ксилему (рис. 27). Первичная ксилема представлена четырьмя, реже тремя или пятью короткими радиальными цепочками узкопросветных мелких элементов протоксилемы, сходящихся к одному более широкому

сосуду метаксилемы. Это исходная ксилема первичного радиального пучка корня.

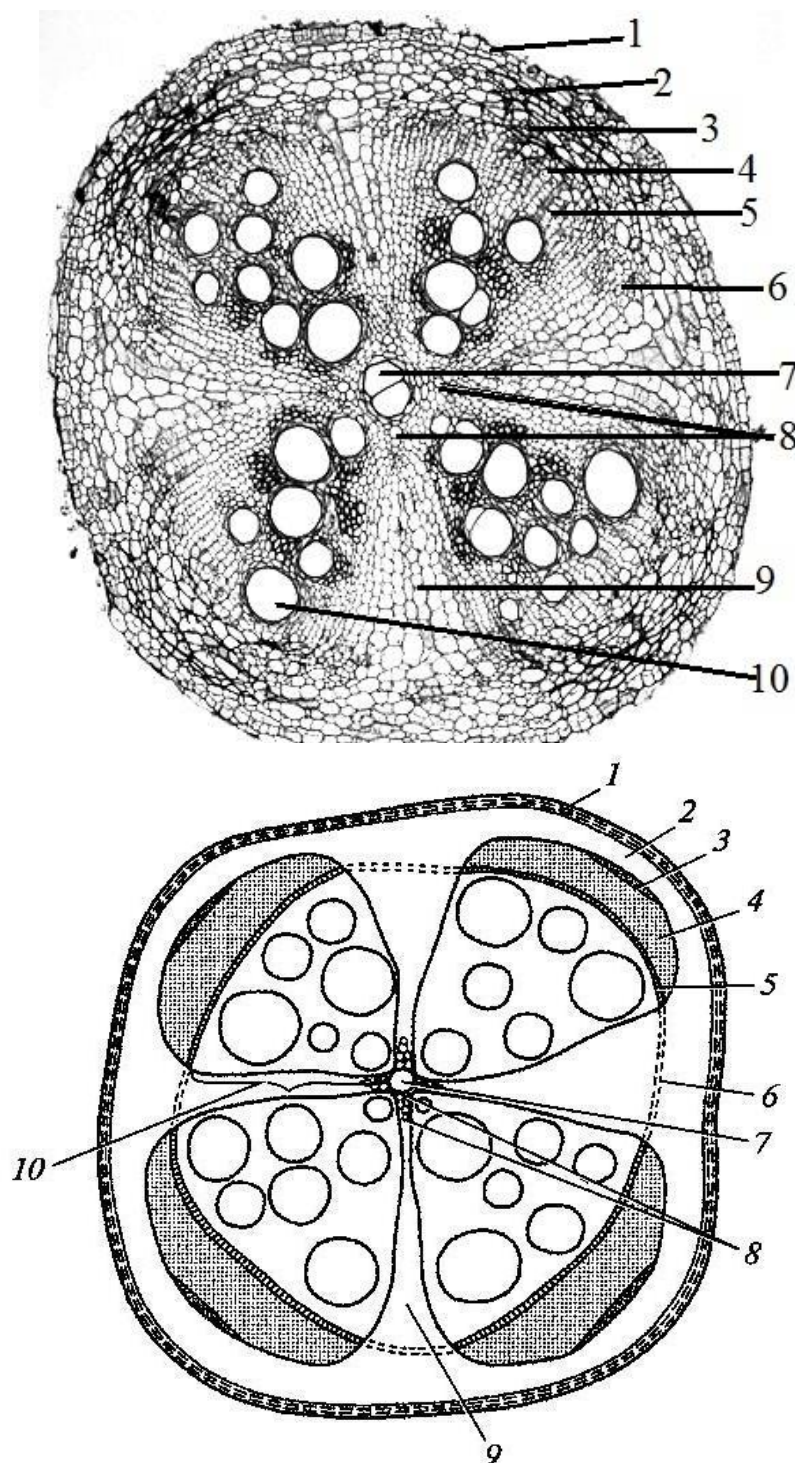


Рис. 27. Поперечный срез корня *Cucurbita pepo* L. (тыква обыкновенная):
 1 – перидерма; 2 – паренхимная зона; 3 – первичная флоэма; 4 – вторичная флоэма; 5 – пучковый камбий; 6 – межпучковый камбий; 7 – сосуд метаксилемы; 8 – цепочка сосудов протоксилемы; 7 и 8 – первичная ксилема; 9 – первичный паренхимный луч; 10 – вторичная ксилема

Лучи первичной ксилемы переходят в расширяющиеся участки паренхимы – **первичные лучи**. Между лучами первичной ксилемы располагаются четыре (три-пять) крупных открытых **коллатеральных проводящих пучка**, сформированные камбием. Большую часть площади каждого пучка занимает вторичная ксилема, состоящая из широкопросветных сосудов, древесинных волокон и мелких клеток паренхимы. С внешней стороны от вторичной ксилемы находится камбиальная зона, состоящая из мелких таблитчатых клеток и имеющая слегка волнистые очертания. В проводящих пучках снаружи от камбия находится вторичная флоэма, состоящая из ситовидных трубок и тяжелой паренхимы. Первичная флоэма оттеснена к периферии пучка, клетки ее сплющены и плохо различимы. Межпучковый камбий в корне с вторичным строением не всегда заметен, именно при его делении формируются первичные паренхимные лучи. Проводящие пучки окружает паренхимная зона, образованная перициклом. На поверхности корень покрыт тонкой (3 – 4 слоя клеток) перидермой.

При увеличении объектива микроскопа x8 и x40 рассмотреть анатомическое строение многолетнего корня липы сердцевидной на постоянном препарате. В корне хорошо выделяются зоны перидермы, вторичной флоэмы (луба), камбия и древесины (первичная и вторичная ксилема) (рис. 28).

На поверхности корня развита многослойная темно-бурая перидерма, состоящая из 4–10 слоев сильно уплощенных клеток, внутренние из которых живые, а наружные мертвые с опробковевшими (суберенизированными) стенками (рис. 28, 29). Внутрь от пробки развита зона из живых, вытянутых в тангенциальном направлении клеток паренхимной ткани, которые сформировались в результате деления клеток перицикла.

Глубже паренхимной зоны располагается луб, в составе которого заметны чередующиеся тангенциальные полосы лигнифицированных механических элементов – **лубяные волокна (твердый луб)**, а также нелигнифицированных – ситовидные трубки с клетками–спутницами и тяжелая паренхима (**мягкий луб**). Наружный слой лубяных волокон относится к волокнам протофлоэмы, остальные слои механических

элементов – к вторичной флоэме. Луб рассечён **первичными** (берут начало от первичной ксилемы) и **вторичными** (начинаются в толще вторичной ксилемы) **паренхимными лучами**. Все первичные лучи и некоторые вторичные лучи **дилатируют**, т.е. в зоне луба расширяются благодаря антиклинальному делению клеток, и, тем самым, обеспечивают растяжение корня по периферии.

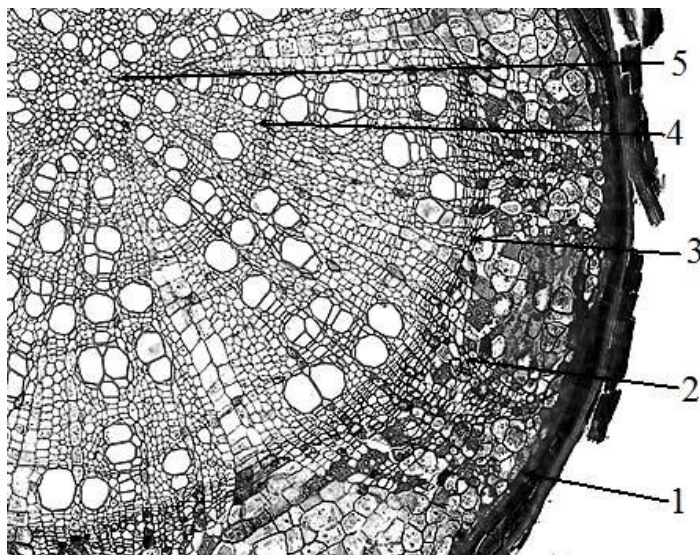


Рис. 28. Поперечный срез многолетнего корня *Tilia cordata* Mill. (липа сердцевидная) при увеличении объектива микроскопа х8:

1 – перидерма, 2 – вторичная флоэма, 3 – камбий, 4 – вторичная ксилема, 5 – первичная ксилема

Луб отделен от древесины **камбиальным кольцом**, который состоит из одного слоя делящихся клеток и нескольких слоев еще не дифференцированных элементов ксилемы и флоэмы.

Древесина, представленная преимущественно вторичной ксилемой, занимает основной объем корня, в ее составе заметны слабо выраженные границы колец прироста, образование которых связано с периодичностью деятельности камбия. Во внутренней части годичного прироста заметны широкопросветные сосуды, а в средней и наружной частях – узкопросветные. В состав древесины, помимо сосудов, входят **волокна либриформа**, которые отличаются небольшими размерами поперечного сечения и более утолщенными одревесневшими стенками, а также древесинная (тяжевая) паренхима. Все паренхимные лучи во вторичной ксилеме 1–3–слойные, состоят из вытянутых в радиальном направлении паренхимных клеток со слабо одревесневшими стенками.

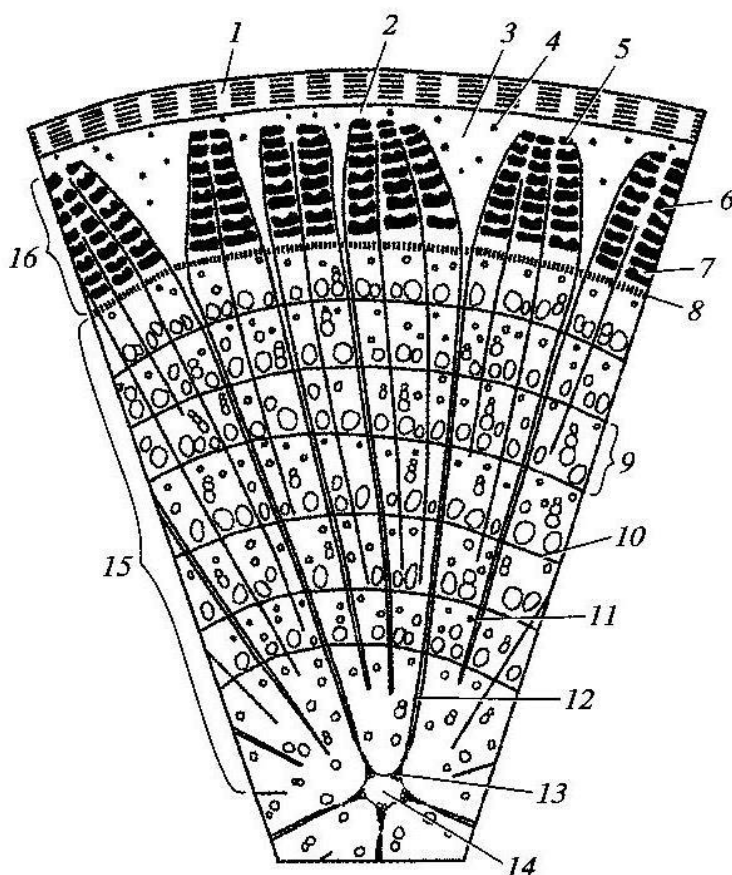


Рис. 29. Схема поперечного среза многолетнего корня *Tilia cordata* Mill.
(липа сердцевидная):

1 – перидерма, 2 – паренхимная зона, 3 – дилатирующий луч, 4 – идиобласт с друзой оксалата кальция, 5 – волокна протофлоэмы, 6 – волокна вторичной флоэмы (твердый луб), 7 – мягкий луб, 8 – камбий, 9 – кольцо годовичного прироста вторичной ксилемы, 10 – граница кольца прироста, 11 – вторичный паренхимный луч, 12 – первичный паренхимный луч, 13 – первичная ксилема, 14 – склерифицированная сердцевина

К вторичной ксилеме изнутри примыкает обычно пятилучевая (пентархная) первичная ксилема, лучи которой образованы узкопросветными сосудами. Центральная часть корня занята склерофицированными паренхимными клетками сердцевины.

Задания по теме «Анатомическое строение корня».

1. Приготовить временный препарат верхушки корешка пшеницы мягкой. Для этого корешок длиной 1,5-2см помещают в каплю воды на